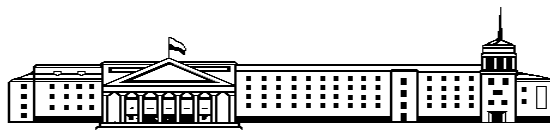


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ВОДНЫХ КОММУНИКАЦИЙ»



ЖУРНАЛ УНИВЕРСИТЕТА ВОДНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Выпуск 4 (8)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

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

Журнал университета водных коммуникаций. — СПб.: СПГУВК, 2010. — 174 с. (Вып. 4).

ISSN 2073-6169

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

В Журнале публикуются:

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

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



УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!



Дорогие читатели и авторы нашего Журнала, позвольте поздравить вас с Новым, 2011 годом и пожелать вам, вашим родным и близким здоровья, благополучия и успехов в трудовой деятельности по подготовке высококвалифицированных специалистов для транспортной отрасли. В свою очередь редакционная коллегия Журнала приложит все усилия, чтобы результаты исследовательской работы авторов нашли отражение в нашем издании и помогли в реализации творческих идей. Пусть в наступающем году Журнал будет интересен и полезен нашим читателям.

*Главный редактор Журнала
С. О. Барышников*



РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

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

Гидротехническому факультету университета

90 лет



Гидротехнический факультет —

старейший технический факультет в составе университета водных коммуникаций.

Его становление происходило в первом транспортном высшем учебном заведении России — институте Корпуса инженеров

водяных и сухопутных сообщений (с 1809 г.), преобразованном в 1864 г. в Петербургский институт инженеров путей сообщения (ПИИПС).

До начала железнодорожного строительства институт готовил инженеров в области гидротехнического строительства водных путей, портов и сухопутных дорог, а с 1836 до 1918 г. он выпускал инженеров путей сообщения по всем видам транспорта. С 1918 г. в ПИИПС начала осуществляться подготовка специалистов по отдельным видам транспорта, а 1 августа 1920 г. были открыты водный, сухопутный и воздушный факультеты.

При разделении в 1929–1930 гг. института инженеров путей сообщения на самостоятельные профильные вузы факультет водных сообщений стал основой создания в стране высшего учебного заведения в области водного транспорта (ЛИИВТа).

Подготовка инженеров-гидротехников в Ленинградском институте инженеров водного транспорта (с 1959 г. в ЛИВТе, а с 1993 г. в СПГУВК) осуществлялась в соответствии с основными этапами гидротехнического строительства в стране. За 90 лет существования гидротехнического факультета в составе ЛИИВТа-ЛИВТа-СПГУВК подготовлено 7314 инженеров-строителей и 458 инженеров по комплексному использованию и охране водных ресурсов (специальность открыта в 1992 г.).

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

Поздравляем профессорско-преподавательский состав, сотрудников и студентов гидротехнического факультета со славным юбилеем и желаем дальнейших творческих успехов!

**Ректор СПГУВК
профессор С. О. Барышников**

СОДЕРЖАНИЕ

ВОДНЫЕ ПУТИ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ПОРТЫ	8
<i>Матросов А. В.</i> Расчет гидротехнических сооружений численно-аналитическим методом	8
<i>Мишин А. С.</i> Оценка действующих напряжений в металлоконструкции нижних двустворчатых ворот судоходных шлюзов	14
<i>Приходько В. М., Спиридонов М. В., Смирнов П. А.</i> Эффективность работ по техническому обслуживанию систем электроснабжения портов, гидросооружений и электротехнических комплексов «берег – судно»	20
<i>Федотова О. А.</i> Насосная система для создания майны у причала при помощи тепла глубинных вод	25
ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТА	30
<i>Курников А. С., Панов В. С.</i> Повышение показателей качества водотопливных эмульсий	30
<i>Лопарев В. К.</i> Анализ влияния технического состояния судовых ДВС на их экономические показатели	33
СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ	37
<i>Барышников С. О., Куликов С. А.</i> Оптимизация составляющих допусков сопряженных деталей узлов при ремонте	37
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	43
<i>Ныркв А. П., Караваев В. И., Багаева Н. Г., Караваева Е. Д., Соколов С. С.</i> Алгоритмы автоматизированного управления технологическими процессами мультимодальных перевозок	43
<i>Голоскоков Д. П.</i> Моделирование температурных полей при частичном нарушении теплоизоляции	53
<i>Саушев А. В., Шошмин В. А.</i> Моделирование многомассовых механических систем электроприводов методом электрической аналогии	57
<i>Сапунов Н. О.</i> Интеграция разнородных источников данных посредством XML Web-сервисов при организации управления транспортным процессом	64
<i>Васильченко Д. С.</i> Распознавание изоморфизма алгоритмических сетей при моделировании транспортных процессов	68
СУДОВОЖДЕНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ	74
<i>Каретников В. В., Сикарев А. А.</i> Развитие и перспективы современных инфокоммуникационных систем для обеспечения судоходства на внутренних водных путях России	74
<i>Тедонзонг Эрик Тадо.</i> Регрессионная модель опасной изобаты	77
<i>Алексеева Е. К., Алексеев С. А.</i> Модель системы управления качеством тренажерной подготовки специалистов по судовождению	81

ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ 92

Наумов В. С., Пластинин А. Е. Организация контроля потенциально опасных объектов судоходства 92

Решняк В. И., Посашкова С. Е., Решняк К. В. Исследование процесса образования сточной воды на судах 97

Костюничев Д. Н., Отделкин Н. С. Оценка потерь и отрицательного влияния на окружающую среду открытых складов с сыпучими грузами 103

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ 109

Ковалева Е. Н. Методика определения показателей транспортного обеспечения локальных экономических систем 109

Бабурин В. А. Современные проблемы организации российского судоходства, экологическая безопасность и качество жизни 116

Людоговская М. В. Система управления транспортными потоками в туристической индустрии 122

Маслова Е. А. Проблемы повышения качества государственных услуг на водном транспорте 126

Артамонова М. Ю. Методы оценки эффективности работы службы контроллинга в морских портах 131

Ивашин И. В. Финансирование строительства судов в Российской Федерации при участии паевых инвестиционных фондов 137

Микулинская Т. В. Программно-целевое управление комплексом городского пассажирского транспорта (на примере предприятий Санкт-Петербурга) 143

Григорян М. Г. Методология параметрической оценки в системе управления транспортным предприятием 147

Ботнарюк М. В. Особенности формирования межфирменных отношений участниками морских транспортных узлов 154

Мухина А. Г. Методика планирования производственной мощности портового контейнерного терминала в транспортно-логистической системе 161

Тимченко Т. Н. Теоретические особенности выявления спроса потенциальных потребителей услуг водного транспорта 168

ВОДНЫЕ ПУТИ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ПОРТЫ

УДК 519.6+626.4

А. В. Матросов,
канд. техн. наук, доцент,
СПГУВК

РАСЧЕТ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

A NUMERICAL-ANALYTIC ANALYSIS OF HYDRAULIC STRUCTURES

В статье представлен численно-аналитический метод расчета конструкций сложной конфигурации, работающих в условиях плоской задачи теории упругости, основанный на декомпозиции конструкции на прямоугольные области и использовании общего решения для прямоугольника, построенного на основе метода начальных функций. На примере расчета головы шлюза показана применимость развиваемого подхода к гидротехническим сооружениям.

An algorithm for building a numerical-analytical solution for the problem of deformation of linearly-elastic anisotropic solid with irregular shape on basis of its decomposition on a set of simple rectangular elements and using a general solution for a rectangular area based on a method of initial functions is presented. A lock head analysis has shown an applicability of the developed approach to hydraulic structures.

Ключевые слова: краевая задача, плоская задача теории упругости, метод начальных функций, конструкции сложной конфигурации.

Key words: boundary problem, plane elastic problem, method of initial functions, irregular shape structures.

1. Общее решение для прямоугольной области. В работе [1] разработан и реализован алгоритм построения общего решения в виде тригонометрических рядов для граничной задачи анизотропного линейно-упругого прямоугольного в сечении тела с размерами $(0, h) \times (0, a)$ вдоль координат x и y соответственно, находящегося в условиях плоской деформации или обобщенного плоского напряженного состояния. Общее решение строится на основе метода суперпозиции, предложенного Г. Ламе еще в 1851 г. [2]. Суть его заключается в том, что если имеются два решения, обладающие функциональным произволом для удовлетворения граничным условиям (ГУ) на альтернативных противоположных гранях прямоугольника, то сумма их даст общее решение для всего прямоугольника.

В качестве указанных решений в [1] используются два, построенные методом начальных функций (МНФ). В первом начальные функции задаются на линии $x = 0$, а во

втором — на линии $y = 0$, причем выбираются они в виде тригонометрических рядов.

Обозначим через

$$\bar{U}_0 = \{\bar{u}^0(y), \bar{v}^0(y), \bar{\sigma}_x^0(y), \bar{\tau}_{xy}^0(y)\}$$

и

$$\bar{\bar{U}}_0 = \{\bar{\bar{u}}^0(x), \bar{\bar{v}}^0(x), \bar{\bar{\sigma}}_y^0(x), \bar{\bar{\tau}}_{xy}^0(x)\}$$

векторы начальных функций, заданных соответственно на линиях $x = 0$ и $y = 0$. Векторы перемещений и напряжений

$$\bar{U} = \{\bar{u}(x, y), \bar{v}(x, y), \bar{\sigma}_x(x, y), \bar{\sigma}_y(x, y), \bar{\tau}_{xy}(x, y)\}$$

и

$$\bar{\bar{U}} = \{\bar{\bar{u}}(x, y), \bar{\bar{v}}(x, y), \bar{\bar{\sigma}}_x(x, y), \bar{\bar{\sigma}}_y(x, y), \bar{\bar{\tau}}_{xy}(x, y)\}$$

в соответствии с решением МНФ выражаются через векторы начальных функций следующим образом:

$$\bar{U} = \bar{L} \bar{U}^0, \tag{1}$$

$$\bar{\bar{U}} = \bar{\bar{L}} \bar{\bar{U}}^0,$$

где $\bar{L} = [\bar{L}_{ij}]$ и $\bar{\bar{L}} = [\bar{\bar{L}}_{ij}]$ ($i = 1, \dots, 5, j = 1, \dots, 4$) —

матрицы операторов МНФ с элементами вида $\bar{L}_{ij} = \sum_{k=0}^{\infty} \bar{L}_{ij}^k (A_{qr}, \partial_y) \cdot x^k$ и $\bar{\bar{L}}_{ij} = \sum_{k=0}^{\infty} \bar{\bar{L}}_{ij}^k (A_{qr}, \partial_x) \cdot y^k$,

в которых коэффициенты $\bar{L}_{ij}^k$ и $\bar{\bar{L}}_{ij}^k$ зависят от упругих постоянных A_{qr} анизотропного тела и соответственно операторов дифференцирования ∂_y по переменной y и ∂_x по переменной x .

Начальные функции выберем в виде тригонометрических рядов

$$\bar{U}_0 = \sum_{m=0}^{\infty} \bar{U}_0^{(m)}, \quad (2)$$

$$\bar{\bar{U}}_0 = \sum_{n=0}^{\infty} \bar{\bar{U}}_0^{(n)},$$

в которых

$$\bar{U}_0^{(m)} = \{a_1^{(m)} s_m^a, a_2^{(m)} c_m^a, a_3^{(m)} s_m^a, a_4^{(m)} c_m^a\}$$

и

$$\bar{\bar{U}}_0^{(n)} = \{b_1^{(n)} c_n^h, b_2^{(n)} s_n^h, b_3^{(n)} s_n^h, b_4^{(n)} c_n^h\},$$

$a_i^{(m)}$ и $b_i^{(n)}$ ($i = 1, \dots, 4$) — произвольные числовые коэффициенты, а

$s_m^a = \sin(\alpha_m y)$, $c_m^a = \cos(\alpha_m y)$, $s_n^h = \sin(\beta_n x)$, $c_n^h = \cos(\beta_n x)$, $\alpha_m = m\pi/a$, $\beta_n = n\pi/h$, m и n — любые целые неотрицательные числа.

В этом случае в соответствии с решениями МНФ (1) векторы перемещений и напряжений $\bar{U}$ и $\bar{\bar{U}}$ будут получены в виде:

$$\bar{U} = \sum_{m=0}^{\infty} \bar{U}^{(m)}, \quad (3)$$

$$\bar{\bar{U}} = \sum_{n=0}^{\infty} \bar{\bar{U}}^{(n)},$$

где

$$\bar{U}^{(m)} = \{\bar{L}_1^{(m)} s_m^a, \bar{L}_2^{(m)} c_m^a, \bar{L}_3^{(m)} s_m^a, \bar{L}_4^{(m)} c_m^a, \bar{L}_5^{(m)} c_m^a\},$$

$$\bar{\bar{U}}^{(n)} = \{\bar{\bar{L}}_1^{(n)} c_n^h, \bar{\bar{L}}_2^{(n)} s_n^h, \bar{\bar{L}}_3^{(n)} s_n^h, \bar{\bar{L}}_4^{(n)} s_n^h, \bar{\bar{L}}_5^{(n)} c_n^h\}, \text{ а}$$

$\bar{L}_i^{(m)}$ и $\bar{\bar{L}}_i^{(n)}$, $i = 1, \dots, 5$ — числовые степенные ряды по переменным x и y соответственно:

$$\bar{L}_i^{(m)} = \sum_{p=1}^4 a_p^{(m)} \bar{L}_{ip} \Big|_{\partial_y = \pm \alpha_m} = \sum_{p=1}^4 a_p^{(m)} \sum_{k=0}^{\infty} \bar{L}_{ip}^k \Big|_{\partial_y = \pm \alpha_m} x^k = \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{p=1}^4 a_p^{(m)} \bar{\tilde{L}}_{ip}^k \cdot x^k,$$

$$\bar{\bar{L}}_i^{(n)} = \sum_{p=1}^4 b_p^{(n)} \bar{\bar{L}}_{ip} \Big|_{\partial_x = \pm \beta_n} = \sum_{p=1}^4 b_p^{(n)} \sum_{k=0}^{\infty} \bar{\bar{L}}_{ip}^k \Big|_{\partial_x = \pm \beta_n} y^k = \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{p=1}^4 b_p^{(n)} \bar{\bar{\tilde{L}}}_{ip}^k \cdot y^k.$$

В рядах $\bar{L}_{ip}$ и $\bar{\bar{L}}_{ip}$ операторы дифференцирования ∂_x и ∂_y появляются в виде целых степеней. Их замена на числовые значения, представляющие целые степени α_m и β_n с соответствующими знаками, должна выполняться последовательным дифференцированием исходной тригонометрической

функции, на которую оператор воздействует. Так, например, оператор ∂_y^3 должен быть заменен на $-\alpha_m^3$, если функцией, на которую он воздействует, является функция $\sin(\alpha_m y)$ ($\partial_y^3 s_m^a = \alpha_m \partial_y^2 c_m^a = -\alpha_m^2 \partial_y s_m^a = -\alpha_m^3 c_m^a$), и на $+\alpha_m^3$ в случае его воздействия на $\cos(\alpha_m y)$ ($\partial_y^3 c_m^a = -\alpha_m \partial_y^2 s_m^a = -\alpha_m^2 \partial_y c_m^a = \alpha_m^3 s_m^a$). Аналогичное правило применяется и к оператору дифференцирования ∂_x^3 по переменной x , только функции, на которые он воздействует, суть $\sin(\beta_n x)$ и $\cos(\beta_n x)$.

Каждое из решений (3) позволяет решить задачу удовлетворения ГУ на альтернативных противоположных гранях прямоугольника: первое — на гранях $x = 0$ и $x = h$, тогда как второе — на гранях $y = 0$ и $y = a$. В соответствии с методом суперпозиции Ламе сумма двух этих решений

$$U = \bar{U} + \bar{\bar{U}} \quad (4)$$

будет обладать достаточным функциональным произволом для удовлетворения ГУ на всех четырех гранях упругого анизотропного прямоугольника, являясь, таким образом, общим решением задачи для упругой анизотропной прямоугольной области. Неизвестные коэффициенты $a_p^{(m)}$ и $b_p^{(n)}$ ($p = 1, \dots, 4$, $m, n = 0, \dots, \infty$) решения находятся из условия удовлетворения ГУ, заданного на четырех гранях прямоугольника. В результате получается бесконечная система линейных уравнений относительно указанных неизвестных, решение которой осуществляется методом редукции [3] (подробности см. в [1]).

2. Алгоритм расчета упругих систем сложной конфигурации. В [4] предложен алгоритм расчета тел с сечением сложной конфигурации, находящихся в условиях плоской задачи теории упругости, с использованием общего решения (4) в прямоугольной декартовой системе координат. Предполагается, что сечение тела представлено совокупностью соприкасающихся прямоугольников, причем каждая из четырех граней любого из них может принадлежать границе сечения всего тела либо соприкасаться с гранью другого прямоугольника, полностью с ней совпадая. На гранях, принадлежащих границе сечения тела, могут быть заданы граничные условия одного из следующих видов:

- 1) σ_x и τ_{xy} (на грани $x = const$);
- 2) σ_y и τ_{xy} (на грани $y = const$);
- 3) u и v (на грани $x = const$ или $y = const$);
- 4) σ_x и v (на грани $x = const$);
- 5) σ_y и u (на грани $y = const$);
- 6) τ_{xy} и u (на грани $x = const$);
- 7) τ_{xy} и v (на грани $y = const$).

На гранях, соприкасающихся с гранями других прямоугольников, граничные условия могут обеспечивать непрерывность перемещений и напряжений при переходе из одного прямоугольника в другой через общую грань, а могут рассчитываться и из других условий сопряжения соприкасающихся граней прямоугольников, например, обеспечивая скольжение с трением или без трения.

Прямоугольные области рассчитываемого тела с граничными условиями указанного типа будем называть простыми телами. На рис. 1 показано разбиение модельной конструкции на составляющие ее простые тела R_i , $i = 1, \dots, 3$.

Для каждого простого тела R_i вводится локальная система координат $Ox_i y_i$ с осями, параллельными соответствующим осям глобальной системы координат Oxy , началом координат в одной из вершин прямоугольника так, чтобы он весь располагался в первой четверти введенной локальной системы координат.

Для простого тела R_i можно построить общее решение типа (4) с использованием тригонометрических рядов (2) с неизвестными коэффициентами для представления начальных функций

$$U_i = \bar{U}_i + \bar{\bar{U}}_i. \quad (5)$$

Вектор $U_i = \{u_i, v_i, \sigma_x^i, \sigma_y^i, \tau_{xy}^i\}$, образованный из компонентов вектора перемещения и тензора напряжений в точках простого тела R_i , представлен суммой векторов $\bar{U}_i = \{\bar{u}_i, \bar{v}_i, \bar{\sigma}_x^i, \bar{\sigma}_y^i, \bar{\tau}_{xy}^i\}$ и $\bar{\bar{U}}_i = \{\bar{\bar{u}}_i, \bar{\bar{v}}_i, \bar{\bar{\sigma}}_x^i, \bar{\bar{\sigma}}_y^i, \bar{\bar{\tau}}_{xy}^i\}$

вида

$$\bar{U}_i = \sum_{m=0}^{\infty} \bar{U}_i^{(m)}, \quad (6)$$

$$\bar{\bar{U}}_i = \sum_{n=0}^{\infty} \bar{\bar{U}}_i^{(n)},$$

где

$$\bar{U}_i^{(m)} = \{\bar{L}_{1,i}^{(m)} s_m^{a_i}, \bar{L}_{2,i}^{(m)} c_m^{a_i}, \bar{L}_{3,i}^{(m)} s_m^{a_i}, \bar{L}_{4,i}^{(m)} s_m^{a_i}, \bar{L}_{5,i}^{(m)} c_m^{a_i}\},$$

$$\bar{\bar{U}}_i^{(n)} = \{\bar{L}_{1,i}^{(n)} c_n^{h_i}, \bar{L}_{2,i}^{(n)} s_n^{h_i}, \bar{L}_{3,i}^{(n)} s_n^{h_i}, \bar{L}_{4,i}^{(n)} s_n^{h_i}, \bar{L}_{5,i}^{(n)} c_n^{h_i}\},$$

$$s_m^{a_i} = \sin(\alpha_m^i y_i), \quad c_m^{a_i} = \cos(\alpha_m^i y_i) \quad \text{и}$$

$$s_n^{h_i} = \sin(\beta_n^i x_i), \quad c_n^{h_i} = \cos(\beta_n^i x_i),$$

$$\bar{L}_{j,i}^{(m)} = \sum_{p=1}^4 a_{p,i}^{(m)} \bar{L}_{jp,i} \Big|_{\partial y = \pm \alpha_m^i} = \sum_{p=1}^4 a_{p,i}^{(m)} \sum_{k=0}^{\infty} \bar{L}_{jp,i}^k \Big|_{\partial y = \pm \alpha_m^i} x_i^k = \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{p=1}^4 a_{p,i}^{(m)} \bar{L}_{jp,i}^k \cdot x_i^k,$$

$$\bar{L}_{j,i}^{(n)} = \sum_{p=1}^4 b_{p,i}^{(n)} \bar{L}_{jp,i} \Big|_{\partial x = \pm \beta_n^i} = \sum_{p=1}^4 b_{p,i}^{(n)} \sum_{k=0}^{\infty} \bar{L}_{jp,i}^k \Big|_{\partial x = \pm \beta_n^i} y_i^k = \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{p=1}^4 b_{p,i}^{(n)} \bar{L}_{jp,i}^k \cdot y_i^k,$$

а $\bar{L}_{jp,i}$ и $\bar{\bar{L}}_{jp,i}$ ($j = 1, \dots, 5, p = 1, \dots, 4$) — операторы МНФ для простого тела R_i .

Решение (6) получается из (3), если начальные функции для простого тела R_i имеют вид тригонометрических рядов (2)

$$\bar{U}_{0,i}^{(m)} = \{a_{1,i}^{(m)} s_m^{a_i}, a_{2,i}^{(m)} c_m^{a_i}, a_{3,i}^{(m)} s_m^{a_i}, a_{4,i}^{(m)} c_m^{a_i}\} \quad \text{и}$$

$$\bar{\bar{U}}_{0,i}^{(n)} = \{b_{1,i}^{(n)} c_n^{h_i}, b_{2,i}^{(n)} s_n^{h_i}, b_{3,i}^{(n)} s_n^{h_i}, b_{4,i}^{(n)} c_n^{h_i}\}.$$

Построив решения типа (6) для всех простых тел R_i , вычисляют необходимые

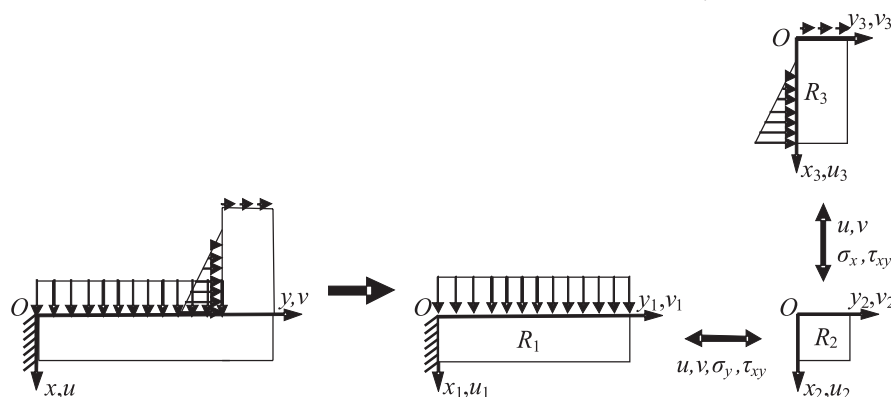


Рис. 1. Декомпозиция модельной конструкции на составляющие ее простые тела

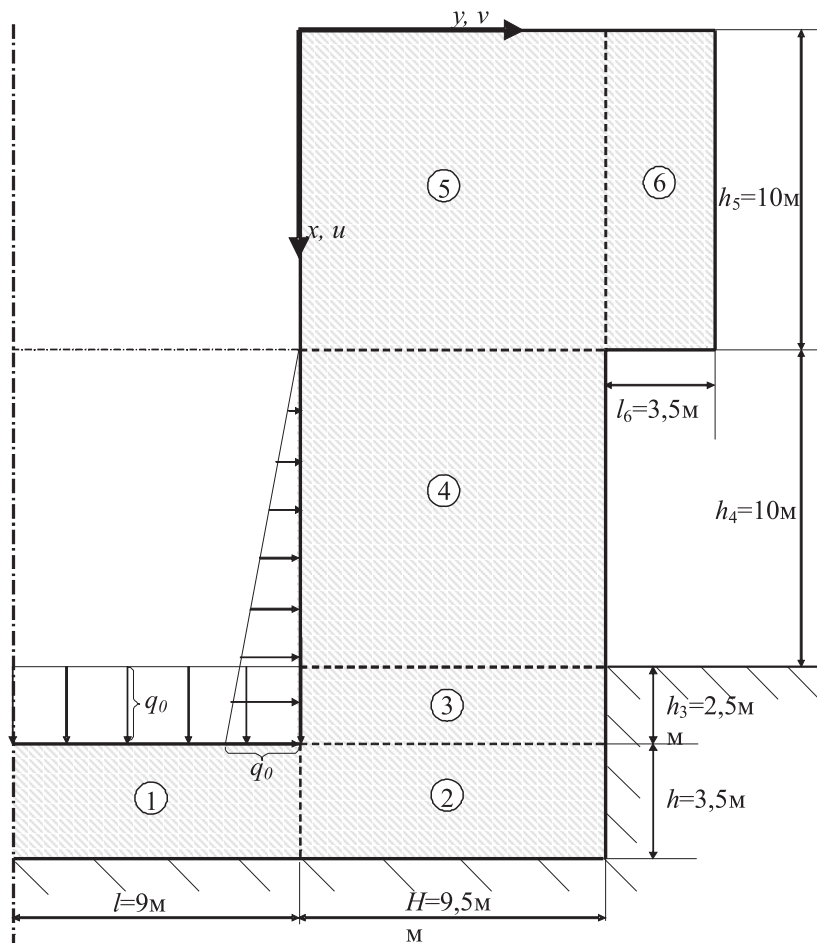
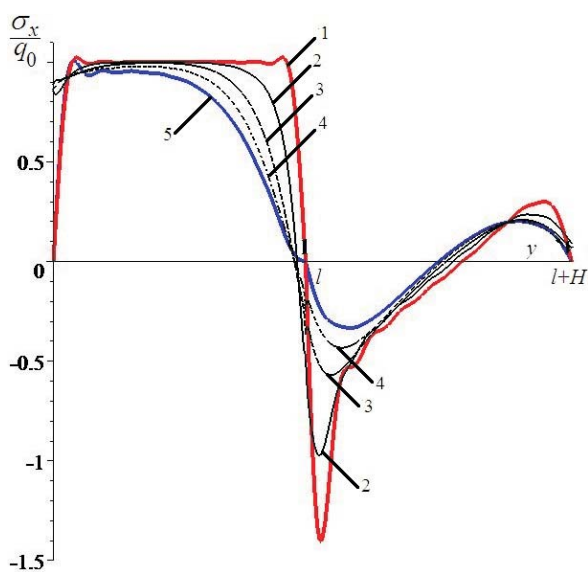
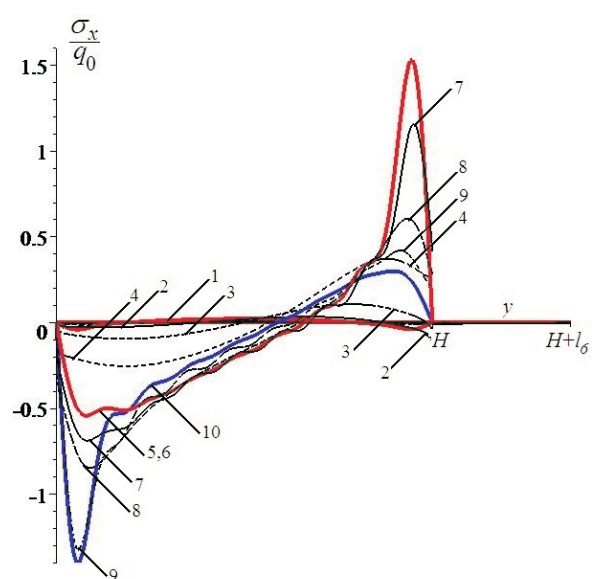


Рис. 2. Расчетная схема головы шлюза

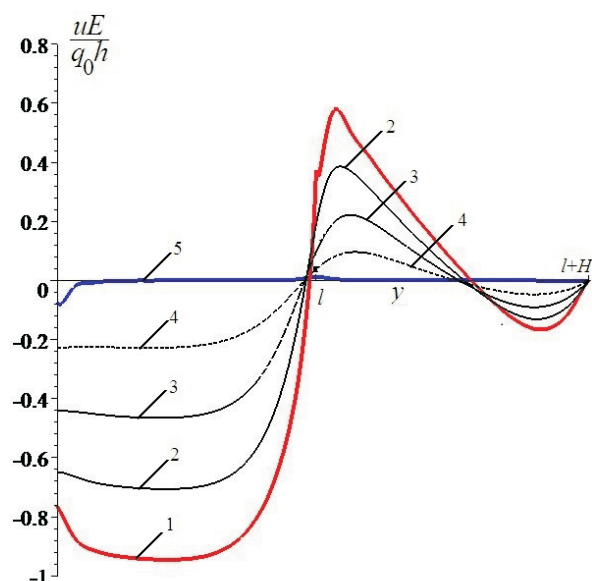


а

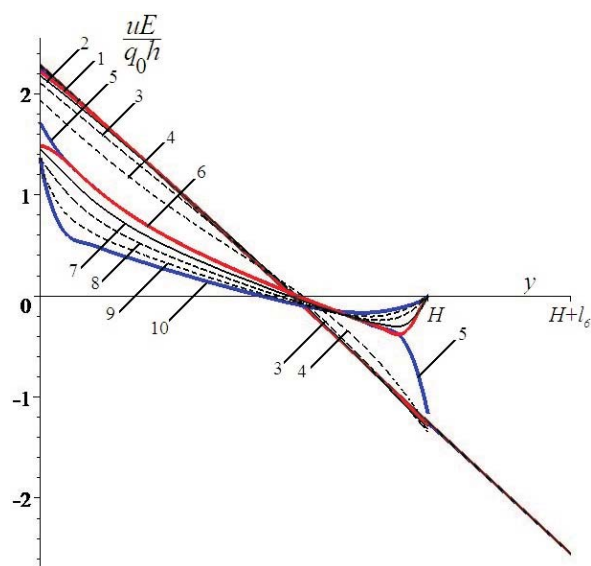


б

Рис. 3. Безразмерное нормальное напряжение σ_x/q_0 в горизонтальных сечениях тел 1–2 (а) и 3–4–5–6 (б)



а



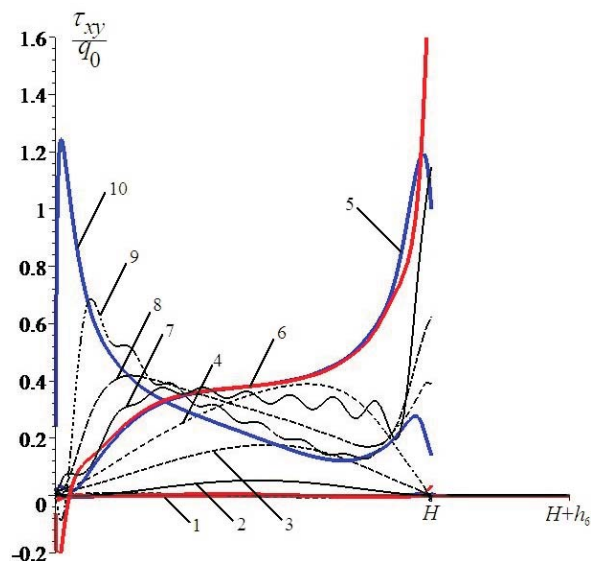
б

Рис. 4. Безразмерное вертикальное перемещение uE/q_0h в горизонтальных сечениях тел 1–2 (а) и 3–4–5–6 (б)

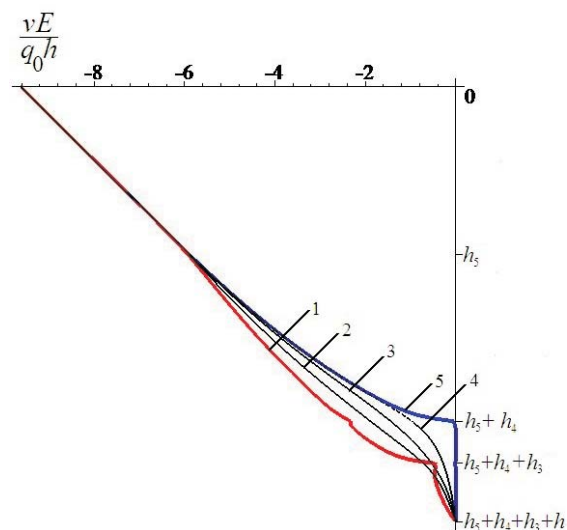
компоненты напряженно-деформированного состояния (НДС) на их гранях. Для удовлетворения граничным условиям полученные функции компонентов НДС раскладывают в ряды Фурье и строят систему бесконечных линейных алгебраических уравнений для определения неизвестных коэффициентов $a_{p,i}^{(m)}$ и

$b_{p,i}^{(n)}$ начальных функций, приравнивая соответствующие гармоники компонентов НДС.

В практических расчетах ограничиваются конечным числом гармоник в представлении как начальных функций, так и заданных граничных условий. Таким образом, решаемая система линейных алгебраических



а



б

Рис. 5. Безразмерное касательное напряжение τ_{xy}/q_0 в горизонтальных сечениях тел 3–4–5–6 (а) и безразмерное горизонтальное перемещение vE/q_0h в вертикальных сечениях тел 2–3–4–5–6 (б)

уравнений является конечной, что равносильно применению метода редукции [3] к исходной бесконечной системе уравнений.

3. Расчет головы шлюза. Приведенный метод применялся к анализу (НДС) головы шлюза, расчетная схема которого представлена на рис. 2. В силу симметрии показана только правая ее часть. Здесь же приведено разбиение расчетного сечения на простые тела. Всего было выявлено 6 простых тел. Материал головы шлюза — бетон — рассматривался как линейно-упругий материал со следующими константами: модуль упругости $E = 4 \cdot 10^4$ МПа и коэффициент Пуассона $\nu = 0,25$. Предполагалось, что сооружение опирается на скальное основание, и поэтому на нижних гранях простых тел 1 и 2, а также на правых гранях тел 2 и 3 перемещения $u = 0$ и $v = 0$. На левой грани тела 1 в силу симметрии сооружения $v = 0$, $\tau_{xy} = 0$. Расчет производился при заполненном водой шлюзе. В представлении нагрузки и начальных функций простых тел тригонометрическими рядами удерживалось по 17 гармоник.

На рис. 3, а представлены графики безразмерных нормальных напряжений σ_x/q_0 в горизонтальных сечениях $x_1 = h(i-1)/4$ ($i = 1, \dots, 5$ и соответствует номеру кривой на рисунке) локальной системы координат тел 1 и 2.

Графики безразмерных нормальных напряжений σ_x/q_0 в горизонтальных сечениях тел 3, 4, 5, и 6 показаны на рис. 3, б. Кривые с первой по пятую относятся к телу 4 и вычислены в сечениях $x_4 = h_4(i-1)/4$ ($i = 1, \dots, 5$), а кривые 6–10 представляют напряжения в горизонтальных сечениях $x_3 = h_3(i-6)/4$ ($i = 6, \dots, 10$) тела 3. Сечения определены в локальной системе координат соответствующего тела. Нормальные напряжения σ_x/q_0 в телах 5 и 6 нулевые.

Характер вычисленных напряжений показывает, что вертикальная стенка камеры шлюза изгибается практически как консоль: ее слои, расположенные со стороны нагрузки, на протяжении тел 2, 3 и 4 растянуты вплоть почти до 2/3 ее толщины, а оставшаяся 1/3 сжата. Причем наибольшие растягивающие

напряжения возникают в окрестности точки соединения тел 1, 2 и 3, а сжимающие — в окрестности точки, лежащей на грани соединения тел 3 и 4 с внешней стороны (где завершается скальное основание). Отсюда вытекает вывод, что со стороны нагрузки (растянутая зона) на протяжении тел 2, 3 и 4 стенка должна быть усилена армированием, причем особое внимание следует уделить окрестности точки стыковки тел 1, 2 и 3.

Графики рис. 4 дают представление о распределении вертикальных перемещений в горизонтальных сечениях основания (тела 1 и 2) и стенки (тела 3, 4, 5, 6), которые полностью соответствуют сечениям на рис. 3.

Рис. 5, а представляет графики касательных напряжений в горизонтальных сечениях стенки (тела 3, 4, 5 и 6), которые полностью соответствуют сечениям на рис. 3, б. Видно, что наибольшие касательные напряжения возникают также в окрестности точки соединения тел 1, 2 и 3 (кривая 10), а также в окрестности точки, лежащей на грани соединения тел 3 и 4 с внешней стороны, где завершается скальное основание (кривая 6).

Из графиков горизонтальных перемещений в вертикальных сечениях $y_2 = H(i-1)/4$ ($i = 1, \dots, 5$) стенки головы шлюза (тела 2, 3, 4, 5 и 6), представленных на рис. 5, б, замечаем, что в районе тел 3, 4 и 5 стенка выгнута, что согласуется с графиками нормальных напряжений σ_x/q_0 .

Заключение. Полученные результаты расчета головы шлюза по разработанному численно-аналитическому алгоритму вычисления перемещений и напряжений в конструкциях сложной конфигурации позволяют положительно судить о возможности применения предложенного подхода к анализу НДС реальных сооружений. Однако следует провести дополнительное исследование, связанное с количеством удерживаемых гармоник в тригонометрических рядах представления нагрузки и начальных функций для оценки точности получаемых результатов.

Список литературы

1. Матросов А. В. Численно-аналитическое решение граничной задачи деформирования линейно-упругого анизотропного прямоугольника // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10: Прикладная математика, информатика, процессы управления. — 2007. Вып. 2. С. 55–65.
2. Lamé G. Leçon sur la théorie mathématique de l'élasticité des corps solides. — Paris: Bachelier, 1852. — 335 p.
3. Канторович Л. В., Крылов В. И. Приближенные методы высшего анализа. — М.: ГИТТЛ, 1950. — 695 с.
4. Матросов А. В. Численно-аналитический алгоритм решения задач плоской деформации линейно-упругих тел сложной конфигурации // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10: Прикладная математика, информатика, процессы управления. — 2008. Вып. 3. С. 70–84.

УДК 626.422.21

А. С. Мишин,

Вытегорский РГСиС, филиал ГБУ «Волго-Балт»

**ОЦЕНКА ДЕЙСТВУЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ В МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ
НИЖНИХ ДВУСТВОРЧАТЫХ ВОРОТ СУДОХОДНЫХ ШЛЮЗОВ****ESTIMATION OF STRESSES IN THE STEEL-WORK OF THE LOWER BUTTERFLY
SHIPPING LOCK GATE**

В статье рассмотрены вопросы трещинообразования и методы обнаружения дефектов. Установлен характер протекающего в нижних двустворчатых воротах критического процесса старения. Определен диапазон действующих напряжений на участках металлоконструкций, имеющих повреждения. Сделан вывод о независимости процесса трещинообразования от сжимающих ригель сил.

In article questions of cracks and methods of tracking down of defects are considered. Character of critical process of ageing proceeding in the bottom folding gate is established. The range of operating pressure on sites steelworks, having damages is certain. It is drawn a conclusion on independence of process formations of cracks from forces compressing a crossbar.

Ключевые слова: трещина, усталость, нижние двустворчатые ворота, методы неразрушающего контроля, напряжения, количество циклов.

Key words: crack, weariness, the bottom folding gate, methods of not destroying control, pressure, quantity of cycles.



ОДНОЙ из причин, вызывающих необходимость замены нижних двустворчатых ворот (НДВ) шлюзов Волго-Балтийского водного пути, является образование и развитие трещин. Возникновение этих дефектов обусловлено протеканием процессов старения и действием повышенных нагрузок. Целью настоящей работы является определение вида процесса старения, приводящего к трещинообразова-

нию, и оценка уровня фактических напряжений в наиболее повреждаемых участках.

Трещина — дефект материала, вызванный разрывом межатомных связей, в виде линейной несплошности, ширина которой значительно меньше ее длины. Трещинообразование и разрушение детали или конструкции — это многостадийный, статистический и многомасштабный процесс. Подробно данный вопрос рассмотрен в [1, 2]. В работе [2]

приводится формула напряжения, называемого теоретической прочностью материала:

$$\sigma_{теор} = F_{max}/a^2 \approx E/10, \quad (1)$$

где: F_{max} — сила, приложенная к паре атомов, при которой межатомная связь разрывается безактивационно; a — постоянная кристаллической решетки; E — модуль Юнга, который для металлов составляет $E \approx 10^{11}$ Па.

Реальные металлы разрушаются при напряжениях 10^9 – 10^6 Па.

По этапам развития трещины могут классифицироваться на субмикротрещины, микротрещины, макротрещины и магистральные.

Для обнаружения дефектов в материале существуют методы неразрушающего контроля. Согласно ГОСТ 18353-79, в зависимости от физических явлений, положенных в его основу, неразрушающий контроль подразделяется на магнитный, электрический, вихретоковый, радиоволновой, тепловой, оптический, радиационный, акустический, а также проникающими веществами.

Анализ эффективности методов неразрушающего контроля и условий его проведения при обследовании металлоконструкций НДВ шлюзов показал, что наиболее приемлемым является визуально-оптический метод, который позволяет выявлять дефекты на этапе макротрещин протяженностью 15–20 мм и более.

Группой наблюдений Вытегорского РГСЧС в период с конца 1970-х по 2000-е годы проведена работа по оценке технического состояния металлоконструкций НДВ, включая выявление и фиксацию дефектов типа трещин. На рис. 1 представлена зависимость количества выявленных дефектов от времени в период с 1979-го по 2008-й год. Пятилетний период принят с учетом требований нормативной документации о проведении осушения камер каждого из шлюзов и обследования НДВ не реже одного раза в пять лет.

Из зависимости, представленной на рис. 1, следует, что имеет место явная тенденция к росту числа выявляемых дефектов с течением времени и, соответственно, числа нагружений. Некоторое уменьшение количества обнаруженных трещин в последние годы объясняется уменьшением объемов наблюдений за НДВ в связи с началом их замены.

На рис. 2 представлено расположение дефектов с указанием их количества на элементах створок ворот. Из указанной топографии трещин следует, что наибольшее их количество образовывалось на нижних четырех подводных ригелях в веревальной части. Значительно меньшее количество — в створных частях ворот. В последние годы началось активное трещинообразование в районе створных столбов, в зонах крепления упорных подушек.

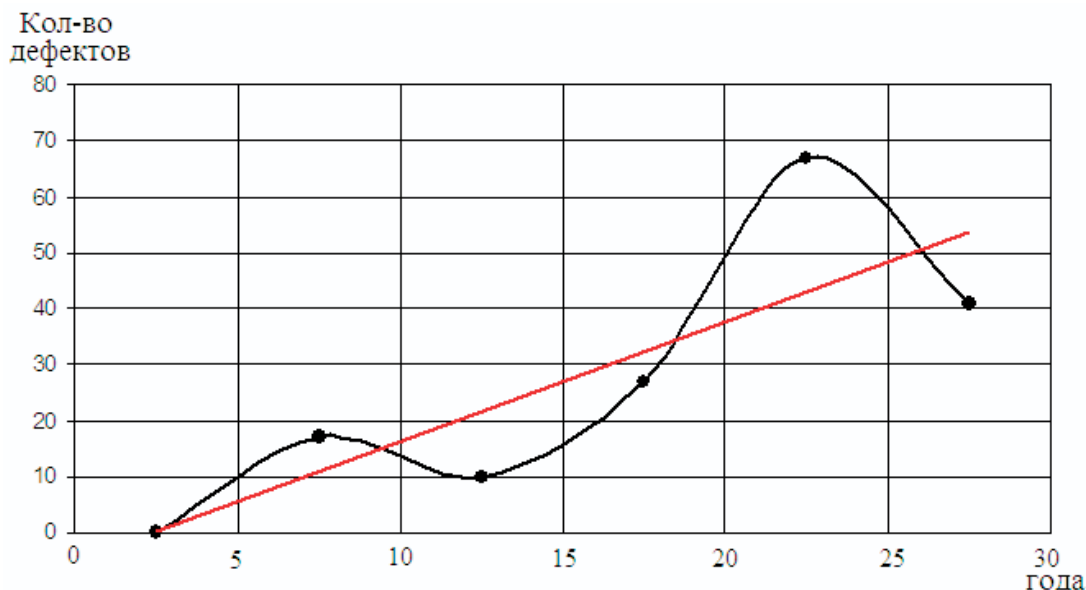


Рис. 1. Зависимость количества выявленных дефектов от времени

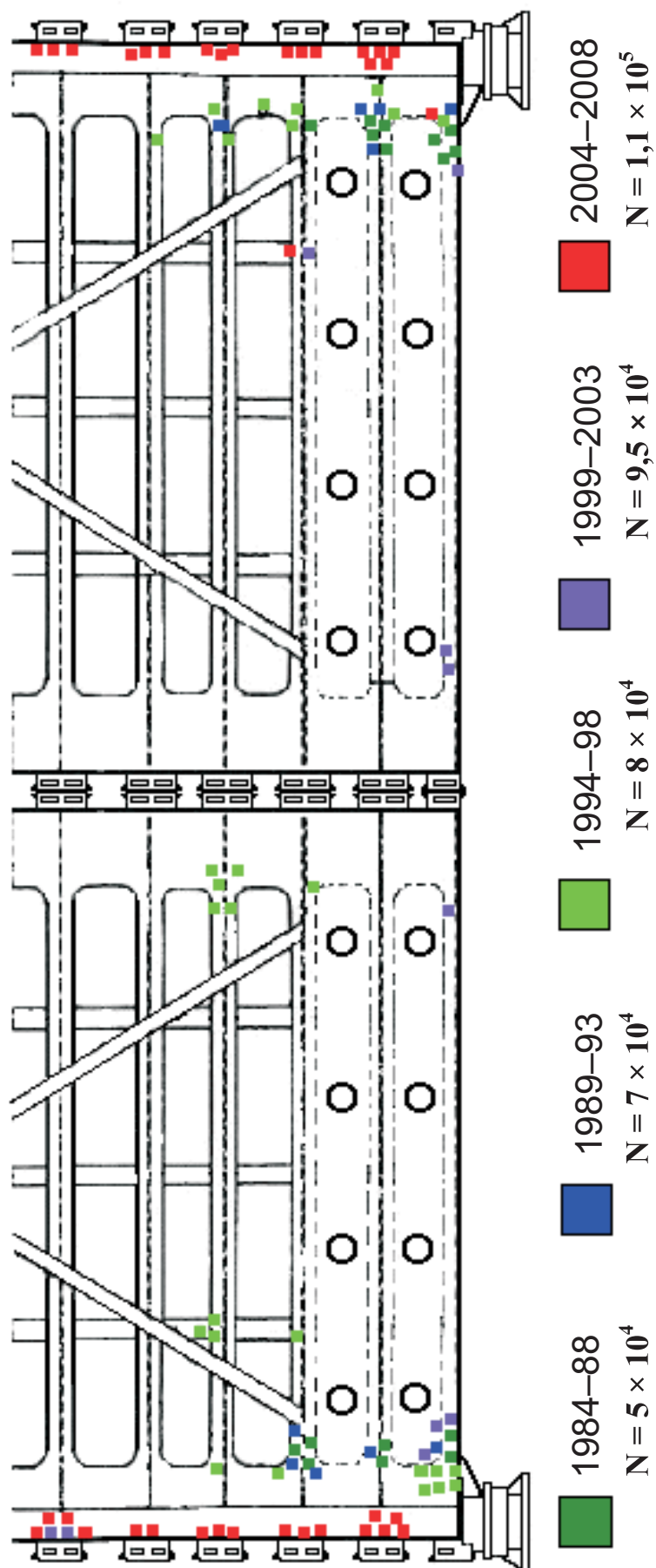


Рис. 2. Расположение трещин на элементах металлоконструкций НДВ Вытегорского РГСиС по годам

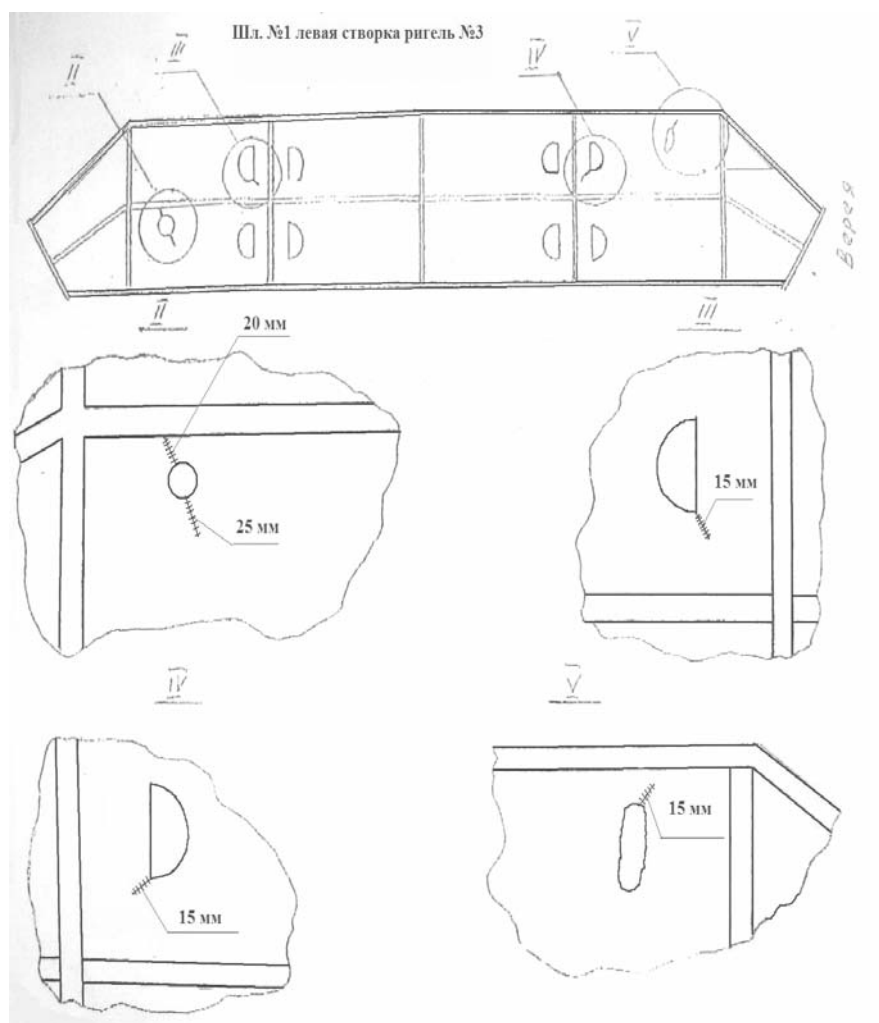


Рис. 3. Трещины, обнаруженные на ригеле № 3 НДВ шлюза № 1 в 2000 году



Рис. 4. Распределение числа повреждений и сжимающих усилий по ригелям НДВ

Основная масса трещин проходила по сварным швам либо начиналась на сварных швах с последующим выходом в основной металл. Часть трещин начиналась у концентраторов напряжений. Ими являлись различного рода отверстия (водосливные, технологические), как проектные, так и выполненные в процессе эксплуатации. Примером могут служить трещины, обнаруженные в 2000 году на шлюзе № 1 на подводных ригелях (см. рис. 3).

Общее количество повреждений, обнаруженных на металлоконструкциях НДВ этого шлюза в 2000 году, составило 40 единиц.

Из распределения числа повреждений (рис. 2) и сжимающих усилий по ригелям НДВ [3], представленного на рис. 4, следует, что большинство трещин, обнаруженных в веревальных частях двустворчатых ворот, образовалось в районе коррозионного воздействия пресной воды.

Указанное обстоятельство, а также переменный во времени характер нагрузки свидетельствуют, что образование повреждений вызвано протеканием коррозионно-усталостного процесса. В надводных ригелях, имеющих лучшую защиту от коррозии, в условиях циклического нагружения присутствует только процесс усталости. Количество дефектов на них незначительно.

В подводной части ворот нижний ригель испытывает меньшую сжимающую силу из-за уменьшения площади, воспринимающей давление. Однако количество дефектов, зафиксированных на нем, наибольшее. Ригели со второго по пятый воспринимают примерно одинаковую нагрузку, но количество трещин на них убывает. Это позволяет сделать вывод о том, что сжимающая нагрузка [3], рассчитанная по методике [4], не может рассматриваться как основная причина возникновения трещин в элементах металлоконструкции ворот.

Исходя из наиболее вероятной причины, вызывающей появление дефектов — коррозионно-усталостного процесса, рассмотрим функциональную зависимость количества повреждений M от количества циклов нагружения N , действующих напряжений δ_a , условий внешней среды Y :

$$M = \varphi(N, \delta_a, Y). \quad (2)$$

При прочих равных условиях время до образования повреждения уменьшается по мере роста действующих напряжений. Уравнение кривой усталости при мягком режиме нагружения может быть представлено в следующем виде [6]:

$$\sigma N^v = \sigma_B N_B^v, \quad (3)$$

где $v = \lg(\sigma_B / \sigma_{-1}) / \lg(N_{\sigma-1} / N_B)$; N_B , $N_{\sigma-1}$ — число циклов до разрушения соответственно

на уровнях пределов прочности и усталости материала. Для большинства материалов приближенно можно принять $N_B = 10$, $N_{\sigma-1} = 10^6$. Известна корреляция между величинами предела усталости и предела прочности материала $\sigma_{-1} \approx 0,4\sigma_B$. С учетом этого уравнение (3) преобразуется в формулу:

$$\sigma N^{0,08} = \sigma_B N_B^{0,08}. \quad (4)$$

На рис. 5 изображена кривая, построенная с использованием соотношения (4). Влияние коррозии на предел усталости велико и зависит от предела прочности стали. Для стали 09Г2С, применяемой для изготовления двустворчатых ворот, $\sigma_B = 460$ МПа.

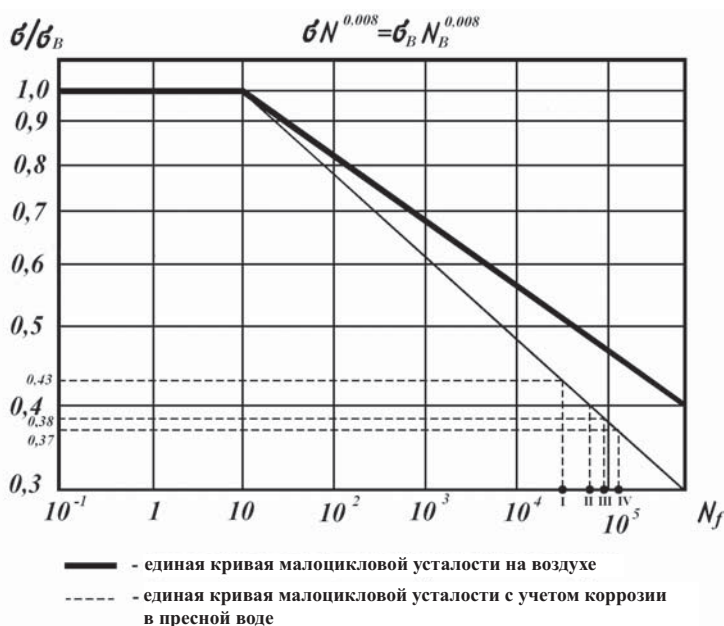


Рис. 5. Определение действующих напряжений в различных участках металлоконструкции двустворчатых ворот

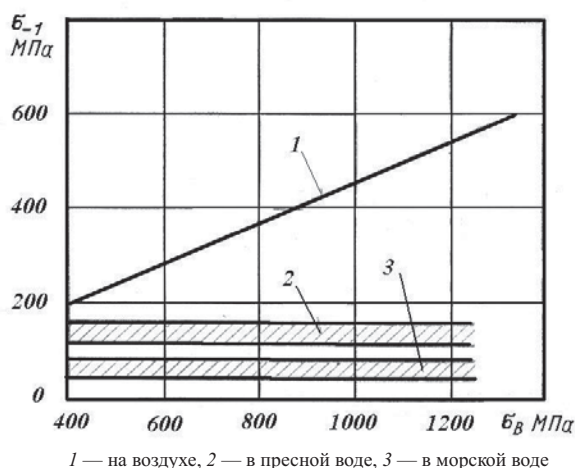


Рис. 6. Зависимость предела усталости от предела прочности

Используя зависимость предела усталости от предела прочности (рис. 6 из [6]), находим $\sigma_{-1} = 150$ МПа. По полученным данным на рис. 5 построим кривую усталости с учетом протекания процесса в коррозионной среде.

Полученная зависимость (рис. 5) при наличии данных о времени образования дефектов (рис. 2) позволяет ориентировочно оценить уровень действующих напряжений на повреждаемых участках.

Первые трещины на металлоконструкции зафиксированы на трех нижних ригелях в веревальной части ворот в 1984–87 годах, что соответствует $N_c = 5 \times 10^4$ циклам нагружений (точка I на рис. 5). Участок находится в воде, что предопределяет протекание коррозионно-усталостного процесса. Уровень напряжений $\delta_I = 0,43\delta_B = 178,45$ МПа.

В период с 1988-го по 1993-й год трещины продолжали образовываться в веревальной

части нижних ригелей. $N_c = 7 \times 10^4$ циклов нагружений.

В 1994–98 годах, при достижении $N_c = 8 \times 10^4$ циклов, зафиксировано появление трещин в веревальной части четвертого и створной части третьего и четвертого ригелей (точка II на рис. 5). Это соответствует уровню напряжений $\delta_{II} = 0,4\delta_B = 166$ МПа.

В 1999–2003 годах, при достижении $N_c = 9,5 \times 10^4$ циклов нагружений, зафиксировано появление трещин по всему объему ригелей в подводной части (точка III на рис. 5). Это соответствует уровню напряжений $\delta_{III} = 0,38\delta_B = 157,7$ МПа.

С 2004 года, при достижении $N_c = 1,1 \times 10^5$ циклов нагружений, установлено образование дефектов в районе крепления упорных подушек в веревальной части ворот со второго по седьмой ригель (точка IV на рис. 5). Уровень напряжений $\delta_{IV} = 0,37\delta_B = 153,6$ МПа.

Выводы:

1. Переменный во времени характер нагрузки, увеличение числа повреждений от времени, работа в воде являются причиной протекания коррозионно-усталостного процесса.

2. Сжимающая нагрузка, действующая в ригелях НДВ, рассчитанная по методике [4], не может рассматриваться как основная причина возникновения трещин в элементах металлоконструкции ворот в районе примыкания ригелей к створному столбу.

3. Для определения причин действия на повреждаемых участках напряжений, превышающих предел коррозионной усталости, необходимо выполнить дополнительный анализ действующих нагрузок.

Список литературы

1. Керштейн И. М., Ключников В. Д. и др. Основы экспериментальной теории механики разрушения. — М.: Изд. МГУ, 1989.
2. Владимиров В. И. Физическая природа разрушения металлов. — М.: Металлургия, 1984.
3. Мишин А. С. Анализ нагрузок, действующих в металлоконструкциях нижних двустворчатых ворот судоходных шлюзов // Журнал университета водных коммуникаций. — 2009. — Вып. 2. — С. 49–56.
4. Полонский Г. А. Механическое оборудование гидротехнических сооружений: Учебник для техникумов. — 3-е изд., переработанное и дополненное. — М.: Энергия, 1984.

5. Школьник Л. М. Методика усталостных испытаний: Справочник. — М.: Металлургия, 1978.
6. Когаев В. П., Махутов Н. А., Гусенков А. П. Расчеты деталей машин на прочность и долговечность: Справочник. — М.: Машиностроение, 1985.
7. Документация по наблюдениям и исследованиям на СГТС ВРГС С ГБУ «Волго-Балт».

УДК 621.316

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

М. В. Спиридонов,
аспирант,
СПГУВК;

П. А. Смирнов,
аспирант,
СПГУВК

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОРТОВ, ГИДРОСООРУЖЕНИЙ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ «БЕРЕГ – СУДНО»

EFFICIENCY OF WORKS ON MAINTENANCE SERVICE OF SYSTEMS OF THE ELECTRICAL SUPPLY OF PORTS, HYDROCONSTRUCTIONS AND ELECTROTECHNICAL COMPLEXES «A COAST – A VESSEL»

Определена эффективность выполнения работ по техническому обслуживанию систем электро-снабжения портов, гидросооружений и электротехнических комплексов «берег – судно» при обеспечении максимума надежности функционирования сети, минимума трудозатрат и транспортных расходов.

Efficiency of performance of works on maintenance service of systems of an electrical supply of ports, hydroconstructions and electrotechnical complexes «a coast – a vessel» at maintenance of a maximum of reliability of functioning of a network, a minimum of expenditures of labour and transport charges is defined.

Ключевые слова: электротехнические комплексы, техническое обслуживание, эффективность, цель, целевая функция.

Key words: electrotechnical complexes, maintenance service, efficiency, the purpose, criterion function.



ДЛЯ комплексных испытаний судовых автоматизированных электростанций по энергосберегающей технологии с отдачей электрической энергии в промышленную сеть судостроительно-судоремонтного предприятия создаются электротехнические комплексы «берег – судно» [3, 4]. Электротехнические комплексы «берег – док» также обеспечивают энергосберегающую технологию при судоремонте в отрасли водного транспорта.

В указанных электротехнических комплексах выполнение электроснабжения судов от береговой электрической сети является одним из путей экономии материальных, трудовых и энергетических ресурсов на речном и морском транспорте. Электроснабжение судов с берега позволяет уменьшить годовой расход моторесурса дизелей судовой автоматизированной электростанции, высвобождает часть

машинной вахты для выполнения ремонтно-восстановительных работ на стоянках, что позволяет удлинить эксплуатационный период судна и улучшает экологию, условия труда, отдыха судового экипажа.

Традиционные способы не обеспечивают полноценного контроля, диагностики и количественной оценки сопротивления изоляции судовых электроэнергетических систем в режиме питания от береговой четырехпроводной электрической сети с глухозаземленной нейтралью. Даже при соединении корпуса судна с нулевым проводом в случае несрабатывания максимальной защиты в режиме однофазного замыкания возникает опасность поражения обслуживающего персонала током, повышается пожароопасность как на судне, так и на берегу (в доке). При питании судовых автоматизированных электроэнергетических систем от береговой электрической сети (вне зависимости от режима ее нейтрали) между берегом (доком) и корпусом судна может возникнуть опасное в электро- и пожарном отношении напряжение.

Воздушные линии (ВЛ) электропередачи, системы электроснабжения морских, речных портов, гидротехнических сооружений и электротехнических комплексов «берег – судно» или «берег – док» имеют значительную протяженность с большим количеством возрастающих в процессе эксплуатации ответвлений. Береговые трансформаторные подстанции (ТП) во многих случаях обслуживаются персоналом потребителей.

Основные работы, выполняемые в процессе технического обслуживания систем электроснабжения портов, гидросооружений и электротехнических комплексов «берег – судно» или «берег – док», можно разделить на 4 группы:

I — верховые осмотры с устранением замеченных недостатков;

II — расценка трасс ВЛ, обслуживание и проверка исправности работы береговых ТП, береговых кабельных линий от подстанции к причальной стенке, понижающих трансформаторов для судовых электроприемников, питательных колонок для присоединения судов, штатных гибких шланговых кабелей судов, судовых щитов питания от внешних источников (ЩПВИ);

III — отключение сезонно работающих потребителей и проверка состояния береговых ТП, обслуживаемых персоналом потребителей;

IV — осмотры ВЛ (периодические, аварийные и послеаварийные), береговых кабельных линий от трансформаторной подстанции к причальной стенке, штатных гибких шланговых кабелей судов.

Электротехнический комплекс «берег – судно» или «берег – док» по эксплуатационному и ремонтному обслуживанию подразделяется на два участка: порт (нефтебаза) — от береговой трансформаторной подстанции до питательной колонки для присоединения судов включительно; судно — от гибкого шлангового кабеля до ЩПВИ включительно.

При глухозаземленной нейтрали источника береговой сети электроэнергия на судно подается по четырехпроводному гибкому шланговому кабелю. Электроснабжение судов от береговых электрических сетей осуществляется только через судовой ЩПВИ. Береговые трансформаторные подстанции и сети являются общепортовыми электротехническими элементами, которые принимают участие в работе системы электроснабжения порта и системы «берег – судно». Оптимальный вариант установки понижающего трансформатора определяется при привязке электротехнического комплекса «берег – судно» или «берег – док» в каждом отдельном случае с обеспечением удобного и безопасного доступа к трансформаторам. Штатный гибкий шланговый четырехжильный кабель судна должен быть в исправном состоянии, без механических повреждений, с хорошим состоянием изоляции, концы его должны иметь стандартную вилку, наконечники или быстроразъемное соединение и герметическую заделку.

Кабель, соединяющий судовую электрическую систему с береговой сетью, должен прокладываться так, чтобы исключить возможность его механического повреждения. Кабель должен быть гибким с медными жилами и иметь запас длины (слабины), чтобы не допускать его обрыв при качке судна, измене-

ниях уровня воды или осадки судна. Кабель не должен мешать работе береговых перегрузочных механизмов, не должен заваливаться какими-либо предметами или засыпаться сыпучими грузами. В местах расположения питательных колонок для присоединения судов следует оборудовать каналы или другие устройства, обеспечивающие механическую защиту кабеля от наездов транспортных средств или повреждения кабеля грузом.

Выполнение периодического эксплуатационного контроля за электроснабжением судов от береговых сетей возлагается на дежурного электрика порта, который проводит его один-два раза в смену без специального вызова механиков судов. При аварийных или технологических разгрузках в электрических сетях порта (нефтебазы) обслуживающий персонал судна обязан безоговорочно выполнять требования о снижении (отключении) нагрузки (в кВт) или ограничении электропотребления (в кВт · ч) и полном отключении электроприемников при недостатке мощности в системе. В случае срабатывания защиты на питательной колонке или трансформаторной подстанции дежурный электрик должен проверить и при необходимости заменить плавкие предохранители или повторно включить автоматический выключатель. Причем при отсутствии напряжения на питательной колонке необходимо определить место повреждения и организовать новую схему электроснабжения судна при авариях, ликвидация которых носит длительный характер (более одного часа).

Аварийные ситуации на берегу ликвидируются обслуживающим персоналом порта (нефтебазы) с обязательным отключением в питательной колонке для присоединения судов аппарата, к которому подключен гибкий шланговый кабель. Если аварийным звеном оказался гибкий кабель, то дежурный электрик может ограничиться выключением аппаратуры на питательной колонке. После ликвидации аварии он производит включение аппарата и контролирует исправную работу системы «берег – судно» или «берег – док».

Федеральное агентство морского и речного транспорта в нормативном документе РД 31.83.03-95 «Правила по электробезопасности при электроснабжении ремонтируемых и стро-

ящихся судов морского транспорта» рекомендует портативный бесконтактный прибор с тиристорным короткозамыкателем [5–9] в качестве технического средства для измерения сопротивления цепи «фаза – нулевой защитный провод» электроснабжающего комплекса «берег – судно» или «берег – док».

Правила технической эксплуатации на берегу и судах требуют от обслуживающего персонала проведения указанных работ в определенные сроки. Недостаток квалифицированной рабочей силы и компетентных судовых электромехаников приводит к тому, что требуемый объем работ технического обслуживания не может быть выполнен в требуемые правилами сроки. Насыщенность электротехнических комплексов «берег – судно» или «берег – док» электрооборудованием, разбросанность объектов водного транспорта и значительная протяженность кабельных коммуникаций, ВЛ накладывают дополнительные трудности, связанные с недостатком мобильных транспортных средств и располагаемых для них горючесмазочных материалов.

В этих условиях руководство порта, гидросооружения, предприятия электрических сетей иногда принимает решения о сокращении части необходимых работ. Это приводит, с одной стороны, к уменьшению расходов, но с другой — к росту вероятности аварийного выхода из строя берегового и судового электрооборудования и, как следствие, к увеличению недоотпуска электроэнергии потребителям [1].

Постановку задачи можно сформулировать следующим образом: определить эффективность выполнения работ технического обслуживания электротехнических комплексов «берег – судно» или «берег – док», ВЛ при обеспечении максимума надежности функционирования сети, минимума трудозатрат и транспортных расходов. Решим ее с использованием современных методов, в частности метода многоцелевой оптимизации, позволяющего получать результаты по каждому из противоречивых и несопоставимых критериев, с последующим нахождением компромиссной области и выбором результирующего решения [2].

Оценим эффективность названных групп работ технического обслуживания с

использованием наиболее употребительного среднегармонического критерия оптимизации, т. е. путем нахождения максимума целевой функции [2]:

$$E = \sum_{i=1}^m \left(\frac{v_i}{e_{ij}} \right)^{-1} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где: v_i — оценка важности i -й цели ($i = 1, 2, \dots, n$); e_{ij} — относительная эффективность i -й цели в j -м варианте.

Здесь

$$\sum_{i=1}^n v_i = 1.$$

Примем, что при $v_i < 0,2$ (т. е. $v_{i \min} + 0,2$) происходит обесценивание цели. Поэтому максимально возможное значение v_i для наиболее важной цели при условии, что все остальные имеют весовые коэффициенты 0,2, найдем как

$$v_{i \max} + 1 - v_{i \min}(n - 1).$$

Определим относительную эффективность e_{ij} i -й цели в j -м варианте для минимизируемых целей:

$$e_{ij} = \frac{\min x_{ij}}{x_{ij}}, \quad (2)$$

для максимизируемых:

$$e_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}}, \quad (3)$$

где: x_{ij} — текущее значение i -й цели в j -м варианте; $\min x_{ij}$ и $\max x_{ij}$ — минимальное и мак-

симальное значения показателей i -й цели в j -м варианте.

Для оценки важности целей и значения x_{ij} привлекались семь экспертов из числа инженерно-технического персонала, имеющих большой опыт эксплуатации. Значения показателей целей x_{ij} даны в табл. 1. Приведенные в ней средние значения $\bar{x}_{ij}$ вычислим по формуле

$$\bar{x}_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^N x_{ij}}{N}, \quad (4)$$

где N — число экспертов.

Показателям цели для IV группы работ технического обслуживания (осмотра ВЛ, береговых кабельных линий от ТП к причальной стенке, штатных гибких шланговых кабелей судов) приписывалось значение 1. Погрешность Δ в определении x_{ij} находим по формуле

$$\Delta = \frac{\sigma}{x_{ij}} \cdot 100 \%, \quad (5)$$

где σ — среднеквадратичное отклонение.

Оценки важности целей, полученные экспертным путем, приведены в табл. 2.

Величины интенсивностей обеспечения целей, определенные по выражениям (2) и (3), даны в табл. 3. В ней же записаны значения критерия оптимизации E , вычисленные по выражению (1).

Погрешность, определенная по формуле (5), находится в пределах 15–20 %.

Таблица 1

Значения показателей целей

Номер эксперта	Трудозатраты			Транспортные расходы			Надежность		
	Группа работ								
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	1,7	0,7	0,5	1,0	0,2	1,0	1,5	0,4	0,9
2	1,8	0,8	0,9	1,1	0,1	1,1	1,1	0,3	1,1
3	1,3	1,0	0,9	1,6	0,1	1,0	1,3	0,6	0,9
4	1,8	1,4	0,8	1,5	0,2	1,0	1,2	0,8	0,8
5	1,3	1,2	0,7	1,5	0,6	0,9	1,4	0,7	0,8
6	1,6	1,0	0,8	1,5	0,1	1,0	1,8	0,7	0,8
7	1,7	1,3	0,65	1,4	0,2	1,0	1,8	0,7	1,0
$\bar{x}_{ij}$	1,6	1,06	0,75	1,37	0,2	1,0	1,4	0,6	0,9

Таблица 2

Оценка важности целей

Наименование цели	Оценка важности целей
Минимум затрат	0,3
Минимум транспортных расходов	0,2
Максимум надежности работы сети	0,5

Таблица 3

Величины интенсивностей обеспечения целей

Наименование цели	Номер группы работ обслуживания			
	I	II	III	IV
Минимум затрат	0,47	0,71	1,00	0,75
Минимум транспортных расходов	0,14	1,00	0,2	0,2
Максимум надежности работы сети	1,00	0,43	0,64	0,71
Значение критерия оптимизации	4,27	8,23	5,61	4,92

Выводы

1. Учитывая достаточную надежность элементов электротехнических комплексов «берег – судно», «берег – док», ВЛ эффективнее всего группы работ по расчистке трасс, проверке и обслуживанию береговых ТП, береговых кабельных линий от подстанции к причальной стенке, понижающих трансформаторов для судовых электроприемников, питательных колонок для присоединения судов, штатных гибких шланговых кабелей судов, судовых щитов питания от внешних источников.

2. Верховые и низовые осмотры ВЛ из-за больших затрат труда и горюче-смазочных материалов оказываются менее эффективными по сравнению с другими рассмотренными группами работ. Это означает возможность существенного увеличения промежутков времени между очередными осмотрами ВЛ, по которым осуществляется электроснабжение объектов водного транспорта.

Список литературы

1. Короткевич М. А. Оптимизация эксплуатационного обслуживания электрических сетей. — Минск.: Наука и техника, 1984. — 199 с.
2. Огороков В. Р. Управление электроэнергетическими системами. — Л.: ЛГУ, 1976. — 224 с.
3. Приходько В. М. Повышение электропожаробезопасности при электроснабжении судов от береговых сетей. — СПб.: СПГУВК, 2009. — 218 с.
4. Приходько В. М. Обеспечение электро- и пожаробезопасности при электроснабжении судов от береговых сетей. — СПб.: СПГУВК, 2003. — 163 с.
5. Приходько В. М., Кравченко В. И., Приходько А. М. Повышение электро- и пожаробезопасности при электроснабжении судов с берега // Судостроение. — 1984. — № 3. — С. 29–30.
6. Приходько В. М., Кравченко В. И., Приходько А. М. Повышение безопасности электроснабжения судов с берега // Сб. Судоремонт флота рыбной промышленности. — Л.: Транспорт, 1981. — № 46. — С. 25–28.
7. Приходько В. М., Кравченко В. И., Приходько А. М. Портативный прибор с тиристорным короткозамыкателем для измерения сопротивления цепи «фаза — нуль» в сетях низкого напряжения // Известия вузов СССР. Энергетика. — 1983. — № 4. — С. 13–17.

8. Приходько В. М., Приходько А. М., Соловьев В. П. Электронное нагрузочное устройство для испытаний судовых электростанций // Судостроение. — 1994. — № 4. — С. 25–28.

9. Приходько В. М. Портативный прибор для технического диагностирования состояния контура «фаза – нулевой защитный проводник» при электроснабжении с берега ремонтируемых судов // Морской транспорт. Серия «Техническая эксплуатация флота». Экспресс-информация. — 1991. — № 3 (743). — С. 1–10.

УДК 626.45

О. А. Федотова,
старший преподаватель,
СПГУВК

НАСОСНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ СОЗДАНИЯ МАЙНЫ У ПРИЧАЛА ПРИ ПОМОЩИ ТЕПЛА ГЛУБИННЫХ ВОД

PUMPING SYSTEM FOR MAKING THE LANE AT THE BERTH USING THE DEEP WATER HEAT

В статье рассматривается способ создания майны у причала для улучшения швартовых операций в период зимней навигации.

The article presents description of a way of creation water area free from ice by a mooring for improvement of mooring operations.

Ключевые слова: лед, зимняя навигация, тепло глубинных вод, отгон льда от причала.

Key words: ice, winter navigation, heat of deep water, removal ice from a mooring.

В УСЛОВИЯХ зимней навигации возникает необходимость разработки мероприятий по снижению негативного влияния ледовых факторов, препятствующих эффективной обработке судов. Для этих целей на кафедре гидротехнических сооружений, конструкций и гидравлики Санкт-Петербургского государственного университета водных коммуникаций была проведена разработка комплексных технических мероприятий, обеспечивающих возможность проведения зимней навигации в акватории морского пассажирского терминала (МПТ) «Морской фасад».

Одной из важнейших навигационных операций во внутрипортовой акватории является швартовка транспортного судна к причалу. При выполнении этой операции в зимний период, когда для очистки акватории ото льда применяются ледоколы, битый лед является помехой постановке судна вплотную к при-

чалу. Образующая между корпусом судна и причалом ледяная масса уплотняется и примерзает к металлическим конструкциям береговых гидротехнических сооружений. Эта ледяная «подушка» может достигать в горизонтальной плоскости нескольких метров, в результате чего пришвартованное судно находится на некотором расстоянии от кордона. Также существует возможность примерзания борта судна к ледяной «подушке» с последующим аварийным навалом на причал. Описанные затруднения создают значительные препятствия качественной обработке судна, безаварийной эксплуатации причала и приводят к увеличению затрат времени на выполнение швартовых операций.

К настоящему времени в практике эксплуатации портов накоплен достаточно большой опыт по обеспечению работы гидротехнических сооружений в условиях отрицательных температур. Существующие спо-

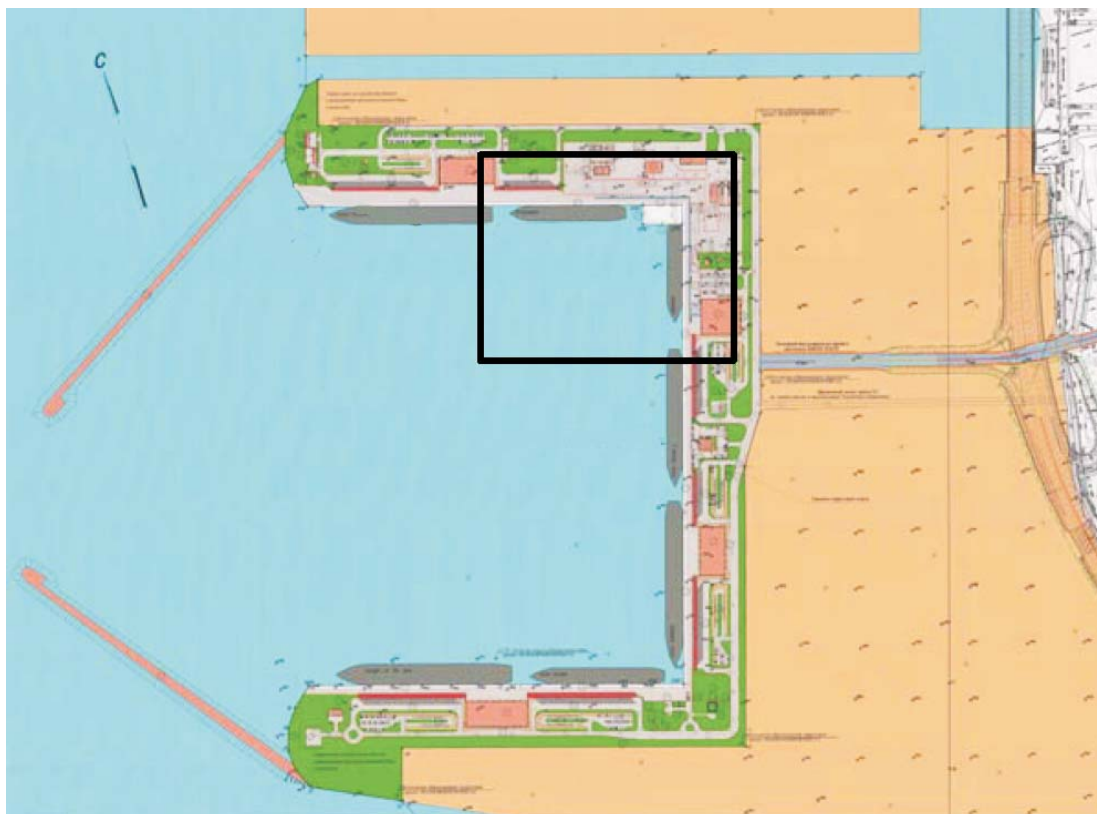


Рис. 1. План МПТ «Морской фасад»

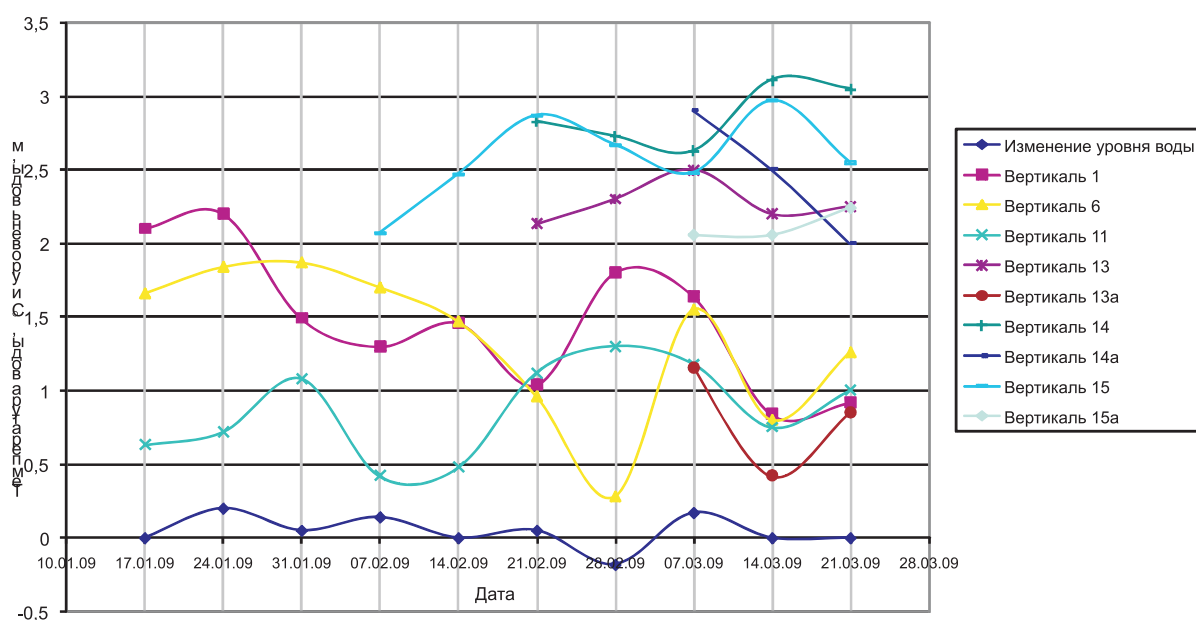


Рис. 2. Изменение температуры воды у дна на разных вертикалях и изменение уровня воды

собы борьбы с ледовыми затруднениями по физическому принципу подразделяются на тепловые и механические. К тепловым способам относят размещение различного рода

нагревательных элементов на обмерзающих частях конструкций ГТС, физико-химические методы, основанные на уменьшении поверхностной энергии в области контакта со льдом

или процессах, сопровождающихся выделением тепла, а также использование тепла глубинных вод. Наиболее предпочтительным способом является использование тепла глубинных вод, так как при этом расходуется возобновляемый источник энергии — тепло, накапливаемое на дне акватории за счет теплообмена с дном. Для поддержания в незамерзающем состоянии акваторий большой площади требуется затрачивать значительное количество энергии. Это обстоятельство ограничивает возможность применения средств борьбы с льдообразованиями и вызывает необходимость их локализации на отдельных участках, а также использования имеющихся в водной массе запасов тепловой энергии.

В случае продления навигации за счет использования тепла глубинных вод должно обеспечиваться:

- исключение обмерзания причальной стенки и образования ледяных «подушек», препятствующих швартовке судов;
- создание открытой майны вдоль причала, обеспечивающей безопасный подход к причалу и швартовку судов с минимальными затратами времени.

С целью определения возможности использования тепла глубинных вод для обеспечения зимней навигации на акватории МПТ «Морской фасад» (рис. 1) были проведены натурные наблюдения за температурой воды в период с осени 2008-го до весны 2009-го года, которые подтвердили наличие достаточных температур у дна (до 2–3 °С), особенно в конце зимы — начале весны (рис. 2).

Для решения поставленных задач было рассмотрено несколько вариантов систем для создания майны у причалов МПТ «Морской фасад».

Один из них предполагает использование насосной установки для подъема и распределения вдоль линии причала придонных вод (рис. 3).

Установка состоит из пропеллерного насоса, при помощи которого придонная вода подается в трубопровод с водовыпускными отверстиями, прокладываемый вдоль причальной стенки и заглубленный несколько ниже уровня воды. Схема размещения перфорированного трубопровода на причальной стенке представлена на рис. 4. За счет возникновения струй воды определенной скорости с положительной температурой предотвращается льдо-

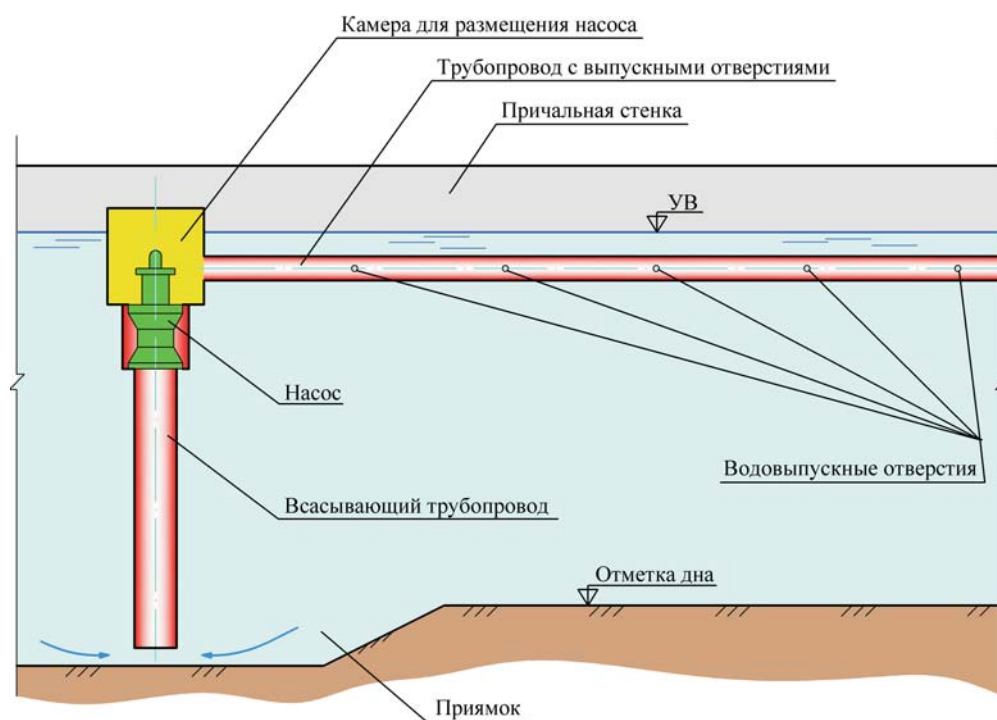


Рис. 3. Схема насосной установки для подъема и распределения придонных вод вдоль линии причала

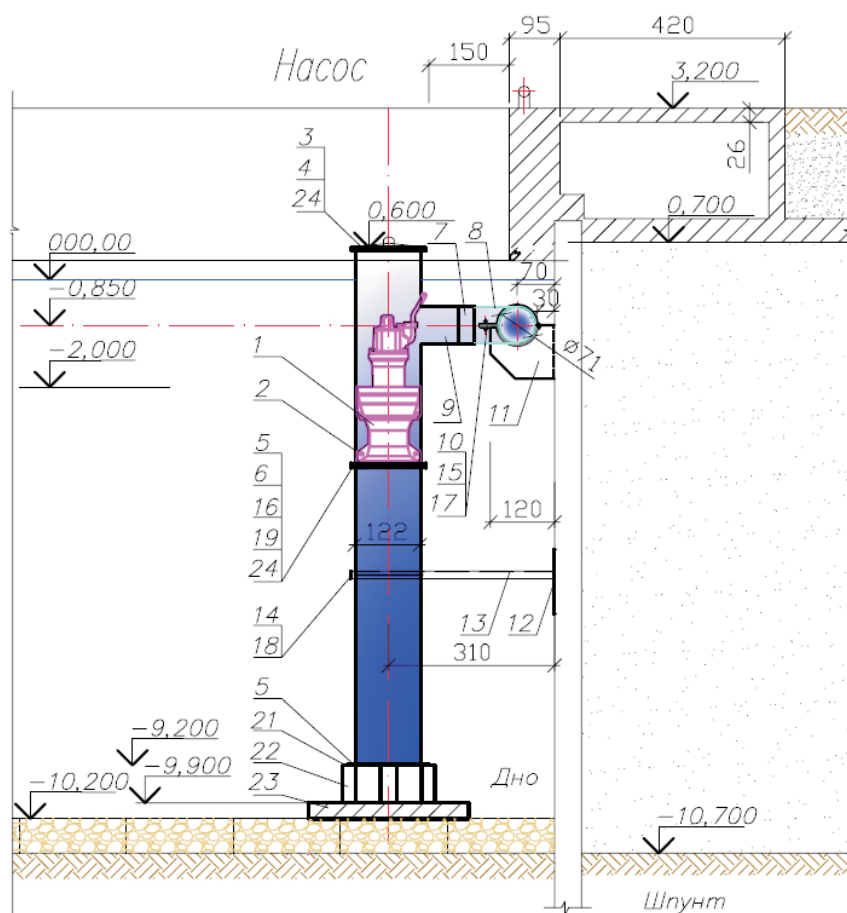


Рис. 4. Схема размещения перфорированного трубопровода насосной установки

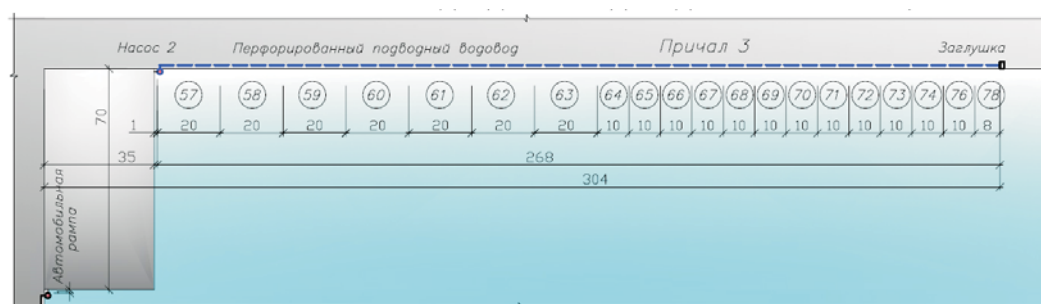


Рис. 5. Схема перфорированного трубопровода насосной установки для причала № 3 МПТ «Морской фасад» (в кружках указан размер отверстия для соответствующего участка трубопровода)

образование и обеспечивается отгон льда от причала. Непосредственно в месте забора воды на дне у причала оборудуется приямок, позволяющий обеспечить наиболее эффективное поступление придонных вод. Вдоль причалов прокладываются трубопроводы с водовыпусками, которые размещаются на консольных креплениях под железобетонным ростверком.

Диаметр отверстий перфорированного трубопровода устанавливается расчетным путем таким образом, чтобы обеспечить равномерную раздачу тепла по длине. Все отверстия направлены в глубину акватории под углом 30° к поверхности воды. Схема перфорированного трубопровода насосной установки представлена на рис. 5. Отметка заглубления тру-

бопровода — 0,85 м. Шаг крепления по длине составляет 6 м. Для подъема теплых вод и отгона льда от причала применен погружной насос типа Flygt PL 7101/805 (Швеция) со следующими характеристиками:

- расход — 6500 м³/час;
- напор — 3,7 м;
- мощность двигателя — 85,6 кВт.

В 2009 году в Гидротехнической лаборатории им. проф. В. Е. Тимонова (СПГУВК) было осуществлено моделирование процесса отгона льда от причала с помощью рассмат-

риваемой системы, и результаты оказались удовлетворительными.

Применение такой насосной системы для возможности проведения зимней навигации может значительно увеличить производительность за счет сокращения затрат времени на швартовые операции. Наряду с этим могут быть достигнуты: уменьшение динамических нагрузок на причал в процессе швартовых операций, снижение риска возникновения аварийных ситуаций и улучшение условий эксплуатации.

Список литературы

1. Баланин В. В., Бородкин Б. С., Мелконян Г. И. Использование тепла глубинных вод водоемов. — М.: Транспорт, 1964. — 274 с.
2. Иванов Л. В. Зимняя эксплуатация объектов водного транспорта. — М.: Транспорт, 1978. — 212 с.
3. Маккавеев В. М., Коновалов И. Н. Гидравлика. — Л.: Речиздат, 1940.
4. Пехович А. И. Основы гидроледотермики. — Л.: Энергоатомиздат, 1983. — 200 с.
5. Научно-технический отчет по теме 28-204 «Разработка комплексных технических мероприятий и проектных решений у причалов № 2 и № 3 морского пассажирского терминала с целью обеспечения оптимальных навигационных условий в зимнее время для автопассажирских паромов и сокращения времени маневровых операций этих судов в ледовых условиях. Этапы 1, 2, 3 и 4». — СПб.: СПГУВК, 2008–2009.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТА

УДК 629.12-8:502.7

А. С. Курников,

д-р техн. наук, профессор,
ФГОУ ВПО «Волжская государственная
академия водного транспорта»;

В. С. Панов,

ФГОУ ВПО «Волжская государственная
академия водного транспорта»

ПОВЫШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

IMPROVEMENT OF THE WATER-FUEL EMULSION INDICES

Рассматриваются вопросы очистки углеводородных топлив, а также применения и производства водотопливных эмульсий для дизельных двигателей и котлоагрегатов. Предложено решение обозначенных проблем с использованием собственной разработки авторов.

Questions of clearing hydrocarbon fuel, and also applications and manufactures of water fuel emulsions for diesel engines and boilers are considered. The decision of the designated problems with use of own working out of authors is offered.

Ключевые слова: судовые энергетические установки, аппарат вихревого слоя, водотопливная эмульсия, очистка топлива.

Key words: vessels' energy equipment, vortex layer device, water fuel emulsion, fuel clearing.

ОПЫТ эксплуатации судовых энергетических установок (СЭУ) показывает, что надежность их работы, сроки проведения текущих и средних ремонтов определяются параметрами их технического состояния, которые во многом зависят не только от режимов эксплуатации, но и от качества применяемых сортов топлив. В настоящее время на судах речного флота в качестве топлива для СЭУ применяются дизельное топливо и мазут различных марок, разрешенных Российским Речным Регистром.

В состав топлива всегда входят сера и ее соединения (меркаптаны, сульфиды, дисульфиды и др.). Данные элементы ухудшают эксплуатационные качества и экологичность СЭУ, а также снижают их ресурс. Ужесточение норм по содержанию сернистых соединений в составе дизельных топлив и мазутов требует углубления очистки топлива и введения в него модифицирующих присадок, а соответственно, и дополнительных затрат на его производство. Этот фактор значительно влияет на увеличение стоимости топлива, а также

на сокращение природных ресурсов. Поэтому в определенном количестве сера присутствует во всех коммерческих топливах.

Главной проблемой при использовании сернистых топлив является увеличение износа деталей СЭУ и рост количества отложений на них под действием продуктов сгорания серы. Большая часть этих продуктов (SO_2 и SO_3) выбрасывается в атмосферу с отработавшими газами (ОГ), но и та часть SO_2 и SO_3 , которая с парами воды образует сернистую и серную кислоты, значительно увеличивает коррозионное изнашивание деталей СЭУ и газовыпускных трактов.

Одним из малоизученных направлений является очистка топлив от нежелательных компонентов, а именно, серы и смолистых соединений углеводородов, которые в значительной степени ухудшают экологические и эксплуатационные параметры судовых энергетических установок.

Произвести очистку топлива в судовых условиях от растворенных в нем примесей, а также от находящихся в молекулярных связях нежелательных элементов достаточно сложно.

Для решения обозначенных проблем авторами предлагается технология очистки топлива в аппарате вихревого слоя (АВС) в присутствии воды с последующим гидроциклонированием, защищенная патентом РФ № 92622. По сути данная технология подразумевает создание высококачественной водотопливной эмульсии (ВТЭ). Эффективность применения водотопливных эмульсий уже не раз подтверждалась исследованиями многих авторов. При этом улучшаются выходные параметры силовых установок, появляется возможность дополнительной форсировки, снижаются тепловая напряженность деталей цилиндропоршневой группы и расход топлива, камера сгорания очищается от сажаемых отложений; кроме того, значительно снижается эмиссия токсичных и отравляющих веществ в ОГ. Использование в качестве горючего водотопливной смеси позволяет применять высокоэффективные водорастворимые присад-

ки, которые невозможно было использовать с обезвоженным топливом, так как они в нем нестабильны и плохо растворяются.

В АВС происходит диспергирование топлива и воды. Аппарат состоит из немагнитной трубы, внутри которой создается мощное вращающееся электромагнитное поле, взаимодействующее с рабочими телами (иголками), приводя их в интенсивное движение. Одновременно иголки сами становятся магнитами и, в свою очередь, вступают во взаимодействие с вращающимся полем. В результате в рабочем пространстве генерируется ряд эффектов, которые совмещаются с термическими и механическими явлениями, возникающими при ударах иглол друг о друга, о вещество и со стенками рабочей зоны. Удельная мощность этих эффектов очень велика, а когда они действуют одновременно на частицы вещества, то оно претерпевает глубокие структурные и энергетические

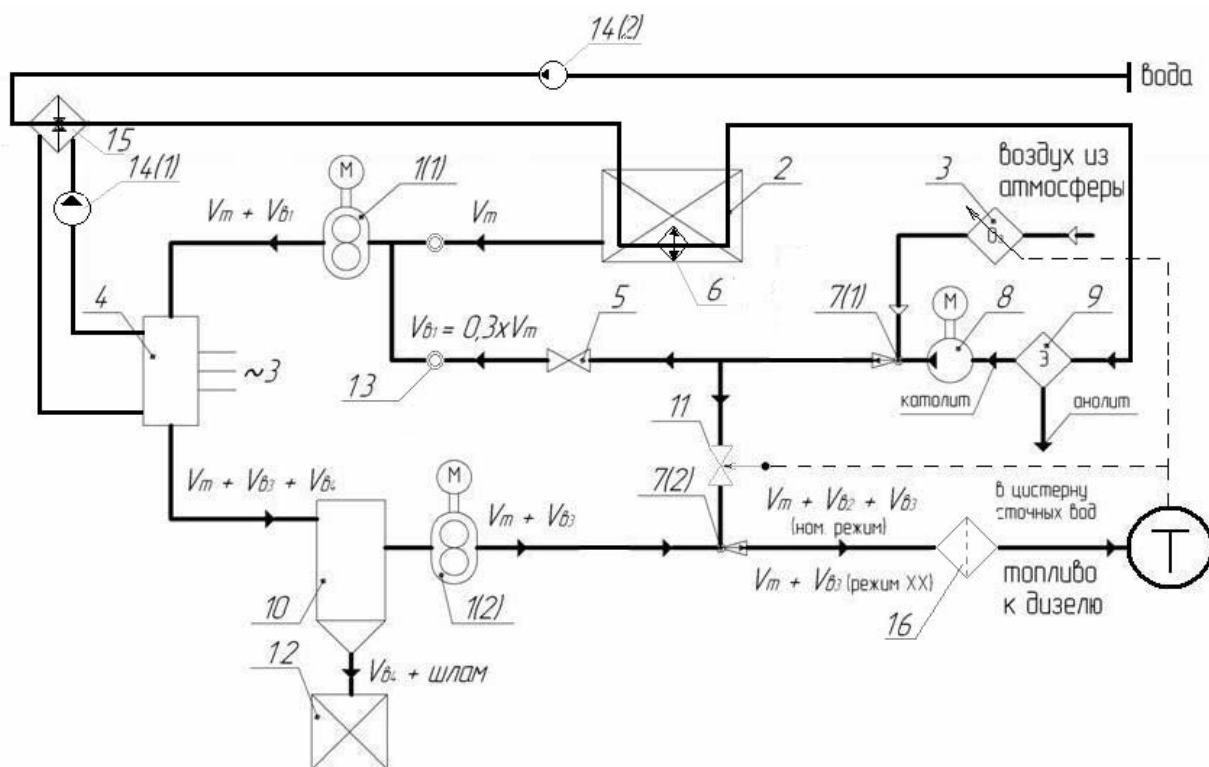


Схема установки подготовки топлива для дизелей:

- 1 — насосы шестеренные; 2 — емкость исходного топлива; 3 — озонатор; 4 — аппарат вихревого слоя;
 5 — клапан запорный; 6 — нагреватель; 7 — эжекторы; 8 — насос центробежный; 9 — электролизер;
 10 — гидроциклон; 11 — клапан регулирующий; 12 — емкость для сбора шлама; 13 — расходомеры;
 14 — насосы циркуляционные; 15 — теплообменник водомасляный;
 16 — топливный фильтр тонкой очистки

изменения. В зоне удара создаются условия для протекания таких физических и химических процессов, которые в обычных условиях затруднены или невозможны: деформируется кристаллическая решетка твердых тел, резко увеличивается химическая активность веществ, степень диссоциации и др.

С использованием АВС в базовое топливо можно ввести до 7 % воды (в зависимости от состава и качества топлива), причем глобулы воды не просматриваются, т. е. можно считать, что перемешивание происходит на молекулярном уровне. Такое топливо может достаточно долго храниться, как показывает опыт, расслоения не наблюдается даже через 5–6 месяцев.

Важно заметить, что при перенасыщении топлива водой выпадают в осадок вместе с излишками воды 80–90 % смолистых соединений и 60–70 % серы, это значительно может расширить ассортимент применяемых топлив (например, с высоким содержанием серы). Выше приведена принципиальная схема установки приготовления топлива для дизелей. Части системы сгруппированы в три связанных блока:

- подготовки воды;
- обводнения топлива в аппарате вихревого слоя;
- дополнительного обводнения топлива.

Блок подготовки воды включает: электролизер 9 для разделения воды на католит и анолит (щелочную и кислотную среды), озонатор 3 для производства озона и эжектор 7 (1) для смешения католита и озono-воздушной смеси.

Блок обводнения топлива в аппарате вихревого слоя состоит из: шестеренного насоса 1 (1), аппарата вихревого слоя 4, в котором происходит диспергирование воды с топливом, гидроциклона 10 для удаления выпавших в осадок серы и смолистых соединений углеводородов; также в схему включены расходомеры исходного топлива и воды 13.

Блок дополнительного обводнения топлива имеет в составе: шестеренный насос 1 (2), регулирующий клапан с электроприводом 11 для управления концентрацией воды в эмульсии, эжектор 7 (2) для подмешивания дополнительной порции воды к водотопливной эмульсии.

Процесс производства ВТЭ заключается в том, что поступающее на переработку топливо проходит обработку в соответствии с принципиальной схемой установки подготовки топлива для дизелей. Вода для производства ВТЭ забирается из систем холодного или технического водоснабжения. Сначала вода поступает в электролизер 9, где происходит электрохимическое разделение воды на католит и анолит. Для производства ВТЭ используется католит, а анолит может применяться в системах очистки сточных вод для их предварительного подкисления. Далее католит забирается центробежным насосом 8 и подается в эжектор 7 (1), где происходит насыщение озоном, поступающим от озонатора 3 в строго определенной концентрации в зависимости от нагрузки дизеля. После чего обогащенный озоном католит забирается шестеренным насосом 1 (1) вместе с исходным топливом и подается в АВС 4.

Далее ВТЭ поступает в гидроциклон 10, в котором топливо очищается от выпавших в осадок после обработки в АВС серы и смолистых соединений углеводородов. Смесь этих нежелательных компонентов вместе с излишками воды удаляется в цистерну для сбора шлама 12. Остаточное содержание влаги в ВТЭ составляет 4–7 %.

Очищенная ВТЭ забирается на выходе гидроциклона 10 шестеренным насосом 1 (2) и подается на эжектор 7 (2), где происходит дополнительное обводнение ВТЭ в зависимости от нагрузки двигателя в строго определенной пропорции.

Обводненное топливо с помощью АВС 4 может использоваться для питания дизеля в момент запуска, а также при работе на холостом ходу. Топливо с большей концентрацией воды, полученное при использовании эжектора 7 (2), подается в дизель на режиме 25%-й нагрузки и выше.

Кроме того, в данной системе приготовления ВТЭ предусмотрен узел предварительного подогрева исходного топлива и воды за счет отбора тепла от АВС. Передача тепла от АВС к топливу и воде осуществляется с помощью водомасляного контура охлаждения, через теплообменник 15. В качестве охладителя АВС используется сухое трансформаторное масло, которое одновременно является изоля-

тором электрических цепей устройства относительно друг друга и корпуса.

Данное устройство также с успехом может работать в системах топливоподготовки котельных установок. Для этого необходимо лишь скорректировать содержание воды в ВТЭ, которое обеспечивается регулирующим клапаном 11.

Таким образом, число, назначение и работа функциональных элементов системы обеспечивают полное решение поставленной задачи.

Установка подготовки топлива для дизелей включает комплекс мероприятий, с по-

мощью которых удается решить проблемы существующих установок, такие как низкая устойчивость ВТЭ, необходимость использования поверхностно-активных веществ и др.

Оптимально исполнение данной установки в виде блочного устройства на общей раме. При этом сокращается время монтажа и значительно упрощается транспортировка. Также исполнение может быть выполнено в виде отдельных модулей в случае невозможности монтажа целым блоком из-за стесненных условий помещения, в котором планируется производить монтаж.

Список литературы

1. Зубрилов С. П., Ищук Ю. Г., Косовский В. И. Охрана окружающей среды при эксплуатации судов. — Л.: Судостроение, 1989. — 256 с.
2. Иванов В. М. Топливные эмульсии. — М.: АН СССР, 1962. — 274 с.
3. Курников А. С. Совершенствование систем обеспечения обитаемости и повышение экологической безопасности судов на основе активированных окислительных технологий: дисс. ... д-ра техн. наук. — Н. Новгород, 2002.
4. Курников А. С., Садеков М. Х. Подготовка компонентов питания судовых двигателей внутреннего сгорания. Судовые озонаторные станции и их автоматизация / Под ред. В. Л. Этина // Сборник научных трудов. — Вып. 294. — Н. Новгород: ВГАВТ, 2000.
5. Лебедев О. Н., Сомов В. А., Сисин В. Д. Водотопливные эмульсии в судовых дизелях. — Л.: Судостроение, 1988. — 108 с.
6. Логвиненко Д. Д., Шеляков О. П. Интенсификация технологических процессов в аппаратах с вихревым слоем. — Киев: Техника, 1976. — 144 с.
7. Новиков Б. А., Пименов Ю. А., Черников В. В. Виброкавитационные технологии приготовления высокостабильных топливных эмульсий // Инновации. — 1997. — № 1. — С. 34–36.
8. Курников А. С., Панов В. С. Патент на полезную модель РФ № 92622 «Установка подготовки топлива для дизелей», зарег. 27.03.2010.

УДК 621.436

В. К. Лопарев,
канд. техн. наук, доцент,
ОАО «Техприбор»

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СУДОВЫХ ДВС НА ИХ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

THE ANALYSIS OF INFLUENCE OF THE TECHNICAL CONDITION MARINE DIESEL ENGINES ON THEIR ECONOMIC INDICATORS

Приведены зависимости мощности дизеля N_e , расхода топлива G_m , удельного расхода топлива в функции времени для двигателя 4ДV224. Изображены винтовые характеристики грузотеплохода проекта № 576 с главными дизелями типа 6ЧРН36/45 для различных H/T .

The dependences of diesel power, fuel consumption, specific fuel consumption are shown as the functions of time for the engine 4DV224. The spiral characteristics of cargo vessel of Project 576 with main diesels like 6ЧРН36/45 are shown for different H/T.

Ключевые слова: расход топлива, судовой дизель, распределение нагрузки.

Key words: fuel consumption, ship diesel, load dispatch.

В ПРОЦЕССЕ работы дизеля изнашивается топливная аппаратура, прежде всего — прецизионные пары насоса высокого давления и форсунки. В результате ухудшается их работа, что приводит к нарушению неизменности подачи топлива по отдельным цилиндрам дизеля, а также угла опережения подачи топлива.

При этих нарушениях дизель работает неэкономично и не развивает номинальной мощности. Однако, как показывают исследования [1], процесс износа топливной аппаратуры сильно растянут во времени. Практически достаточно один раз в течение навигации внести поправку в программу управления, чтобы исключить влияние износа топливной аппаратуры на процесс управления расходом топлива.

В период эксплуатации дизеля происходят собственные износы пар трения, которые могут заметно влиять на снижение мощности, экономичности дизеля. В первую очередь это относится к кольцам — цилиндровая втулка и сочленения деталей: поршень — шатун — коленчатый вал (головной, шатунный подшипники).

Износ поршневых колец ведет к потере зарядки воздуха в процессе сжатия и, следовательно, к уменьшению избытка воздуха α для сгорания. Процесс сгорания протекает при повышенных температурах и сопровождается интенсивным теплоотводом в стенки цилиндра.

Уменьшение α вызовет падение индикаторного КПД η_i и среднего индикаторного давления. И так как механический КПД составляет

$$\eta_m = 1 - \frac{P_{\text{мех}}}{P_i},$$

то можно утверждать, что с падением P будет уменьшаться и значение η_i . А уменьшение η_m и η_i приведет к падению эффективной мощности, так как

$$N_e = 0,095 Q_n g_{\text{ц}} \eta_i \eta_m i \frac{n}{z},$$

где: Q_n — низшая теплотворная способность топлива;

$g_{\text{ц}}$ — подача топлива за цикл;

i — число цилиндров дизеля;

z — коэффициент тактичности;

n — частота вращения коленчатого вала дизеля, об/мин.

Износ таких дизелей, как поршневые кольца, шатунные шейки коленчатого вала, шатунные и головные подшипники, ведет к уменьшению хода сжатия (за счет перекладки зазора «вниз»), увеличению объема V_c камеры сжатия и, следовательно, к уменьшению степени сжатия.

Увеличение объема V_c может достигать значительных величин, заметно понижающих мощность и экономичность дизеля. На рис. 1 приведены зависимости N_e , G_t , g_e в функции времени для двигателя 4DV224 мощностью

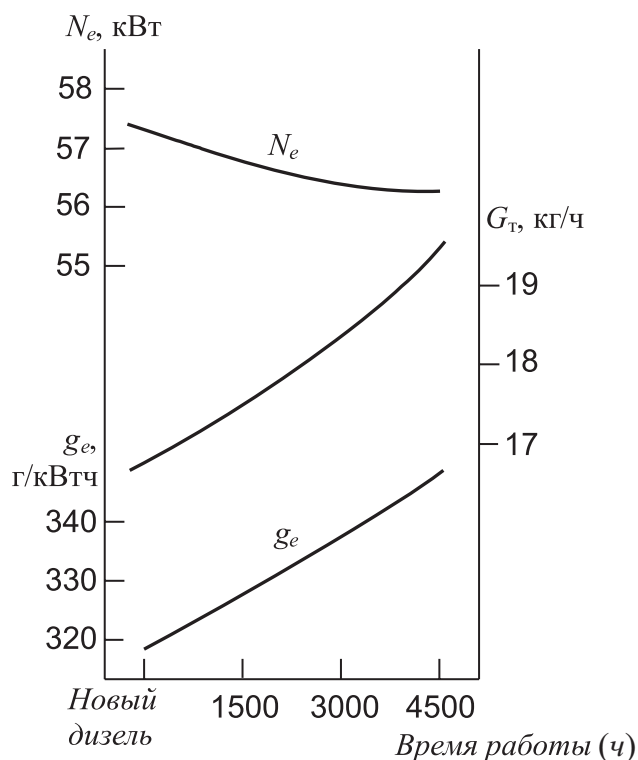


Рис. 1

76 кВт при частоте вращения 750 об/мин. Эти характеристики показывают, что процесс износа цилиндро-поршневой группы и деталей кривошипно-шатунного механизма так же, как и топливной аппаратуры, растягиваются во времени, что достаточно легко можно учесть в программе управления расходом топлива.

Между дизелями в многотопливной энергетической установке существует естественная взаимосвязь через корпус судна. Данная связь может при определенных условиях вызывать неравномерное распределение нагрузки и, следовательно, лишний перерасход топлива. Управление же по программе экономичных режимов должно производиться при условии равномерного распределения нагрузки между дизелями. Такое равенство нагрузки возможно при равенстве частот вращения отдельных дизелей. Выполнение этого условия позволяет сократить суммарный расход топлива.

Как известно, упор каждого из винтов определяется из следующего выражения:

$$P_i = k_i P n_i^2 D_{bi}^4, \quad (1)$$

где k_i — коэффициент упора;

D_b — параметр гребного винта.

Суммарный упор составляет

$$P_\Sigma = P_1 + P_2. \quad (2)$$

Поэтому если $n_1 = n_k$, $n_2 = n_i$, то

$$P_{\Sigma ik} = P_i + P_k. \quad (3)$$

Но при

$$n_1 = n_2 = \frac{n_1 + n_2}{2} = n_g \quad (4)$$

$$P_{\Sigma ik} = P_{\Sigma g}. \quad (5)$$

Более низкий суммарный расход топлива при

$$n_1 = n_2 = \frac{n_1 + n_2}{2} = n_g,$$

чем при $n_1 = n_k$, $n_2 = n_i$ объясняется равенством удельных расходов топлива при условии выполнения равенства (4).

На рис. 2 изображены винтовые характеристики грузотеплохода проекта № 576 с главными дизелями типа 6ЧРН36/45 мощностью 662 кВт при числе оборотов $n = 375$ об/мин для различных Н/Т (изменение частоты в зависимости от относительной глубины фарватера)

и зависимость удельного расхода топлива g_e от числа оборотов и мощности дизелей также для разных Н/Т.

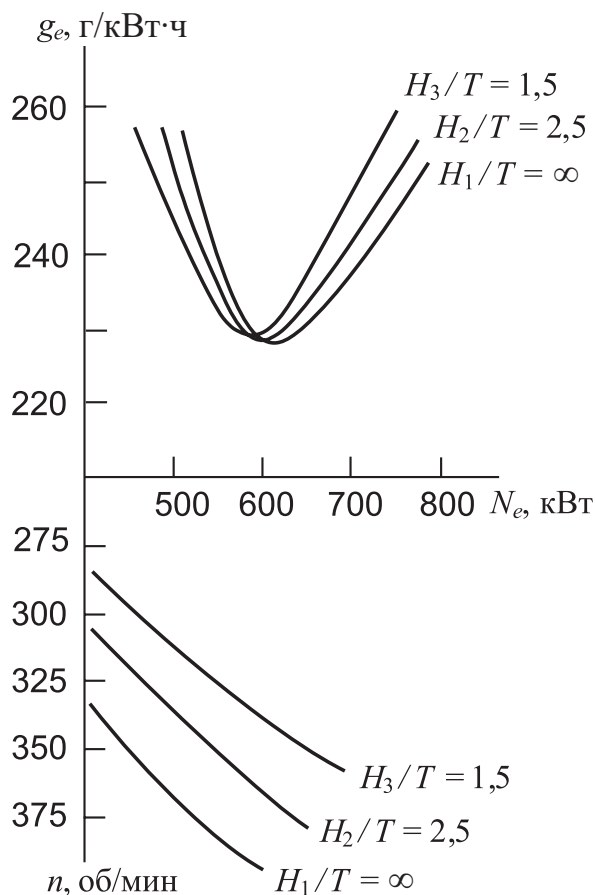


Рис. 2

Рассмотрим такой пример. Пусть $n_1 = 350$ об/мин, а $n_2 = 375$ об/мин, тогда $g_{e1} = 226$ г/кВтч, $N_{e1} = 554$ кВт, $N_{e2} = 662$ кВт и $N_{e\Sigma} = 1206$ кВт. Общий расход топлива $G_T = 287$ кг/ч.

Теперь полагаем

$$n_1^+ = n_2^+ = \frac{n_1 + n_2}{2} = \frac{350 + 375}{2} = 362 \text{ об/мин.}$$

Суммарная мощность останется прежней: $N_{e\Sigma} = 1206$ кВт, по 603 кВт на каждый дизель, $g_e = 148$ г/кВтч, а суммарный расход топлива равен 277 кг/ч, т. е. на 3,5 % меньше.

Этот пример показывает, как важно иметь при управлении режимами работы равномерное распределение нагрузки на дизели.

Исходя из этого можно предъявить дополнительное требование к системе управления, которое будет заключаться в том, что

система управления должна обеспечить не только управление движением судна, близкое к расчетному, но и равномерное распределе-

ние нагрузки между дизелями в многовальной установке на всех возможных режимах работы.

Список литературы

1. *Гиттис В. Ю., Бондаренко В. Л.* Теоретические основы эксплуатации судовых дизелей. — М.: Транспорт, 1965. — 376 с.

СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ

УДК 629.122.004.67

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

С. А. Куликов,
старший преподаватель,
СПГУВК

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ ДОПУСКОВ СОПРЯЖЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ УЗЛОВ ПРИ РЕМОНТЕ

TOLERANCE MECHANISM KNOT COMPONENTS OPTIMIZATION IN REPAIRS

В статье рассматривается численный алгоритм оптимизации узловой сборки механизмов при выполнении комплекса работ по ремонту машин. Алгоритм основывается на сплайн-методе оптимального распределения ресурсов по процессам. Приводятся примеры расчетов.

In this article the numerical algorithm for tolerance mechanism knot components optimization is considered. Algorithm is founded on spline-method for optimal distribution resources to processes. Numerical examples are listed.

Ключевые слова: ремонт машин, узловая сборка, допуск, алгоритм, оптимизация, сплайн.

Key words: machine repairs, knot component composition, tolerance, algorithm, optimization, spline.

ОДНИМ из важнейших направлений повышения эффективности и качества выполнения общего комплекса работ по ремонту машин является совершенствование сборочных технологических процессов как узловой, так и общей сборки в условиях судоремонтных предприятий [1]. В современных технологических процессах ремонта машин объемы сборочных работ достаточно велики и могут составлять до 35–40 % от общего их объема в мелкосерийном производстве. Выполнение ремонтных работ в условиях дефицита ресурсов требует развития и применения оптимизационных процедур, современных ресурсосберегающих технологий и вычислительных сред при минимальных затратах на их реализацию. Оптимизация технологических операций сборки судовых машин и механизмов на основе научно обоснованных положений, методов и моделей с применением эффективных технических решений позволяет кардинально решать проблему ресурсосбережения в данной предметной области. Исследования показали, что в процессе сборки механизмов целесообразно

использовать алгоритмы и модели параметрической оптимизации, эффективного распределения ресурсов, определяющих стоимость выполнения сборочных работ при соблюдении ограничений, обеспечивающих высокое качество сборки.

Ремонт деталей, узлов и сборка механизмов должны производиться с соблюдением технических норм, допусков и технологий обработки поверхностей, предусмотренных соответствующими технологическими документами. Если в процессе изготовления деталей допущены значительные отклонения от требований чертежа, то при сборке не будет обеспечена необходимая собираемость сборочных единиц. Дополнительная обработка деталей или их выбраковка приводят к повышению себестоимости продукции. В случае ужесточения требований к предельным отклонениям производственные расходы увеличиваются, поскольку с повышением точности обработки значительно возрастают стоимость и время изготовления деталей. Если же отсутствует оборудование, обеспечивающее высокую точность изготовления, то на сборке

неизбежны сортировка деталей и переход к селективной сборке.

Применение статистического контроля совокупности деталей при нормальном законе распределения основано на том, что поле допуска задается параметром 6σ (статистический допуск), где σ — среднее квадратичное отклонение нормального распределения. В этом случае число бракованных изделий из партии деталей не будет превышать 0,27 %.

При сопряжении деталей предельные отклонения их размеров рассчитываются при условии выполнения требований, предъявляемых к допуску сборочной единицы. Можно полагать, что общий допуск собранного узла равен сумме отдельных допусков деталей, входящих в узел.

Существуют различные методы расчета составляющих допусков сопряженных деталей. Методы, основанные на статистической оценке допусков и нахождении их среднеквадратических отклонений, позволяют уменьшить степень риска при расширении пределов допуска на сопряженные детали и сократить потери при сборке. Правильное назначение допусков позволяет достигнуть значительной экономии материальных средств и снизить расходы на производство. Наиболее эффективными могут быть решения, полученные путем реализации оптимизационных процедур, обеспечивающих минимизацию критерия качества в условиях ограничений, определяемых составляющими технологического процесса сборки узла.

Модели распределения ресурсов играют важную роль в решении задач судоремонта и эксплуатации объектов водного транспорта. Эти модели позволяют в условиях ограничений объемов ресурсов в каждой конкретной ситуации использовать их с наименьшими потерями, что достигается за счет алгоритмизации и использования оптимизационных методов и эффективных вычислительных процедур.

Следует отметить, что для определенного класса моделей задача оптимальной сборки узла по заданному суммарному допуску может быть решена аналитически. Предположим, что требуется собрать узел, состоящий из n

различных деталей. Поскольку допуск узла не должен превышать заданного значения T единиц и он равен сумме допусков n деталей, то условие сопряжения можно записать:

$$T = t_1 + t_2 + \dots + t_n = \sum_{i=1}^n t_i = \Phi(t_1, t_2, t_3, \dots, t_n), \quad (1)$$

где t_i — допуск i -й детали ($i = 1, 2, 3, \dots, n$).

Предположим, что стоимость изготовленной i -й детали g_i состоит из двух составляющих: постоянной g_{pi} , представляющей собой стоимость заготовки, и переменной c_i , зависящей от сложности и качества обработки. В общем случае переменная составляющая должна быть нелинейной функцией t_i :

$$g_i = g_{pi} + c_i(t_i). \quad (2)$$

Будем полагать, что переменная составляющая $c_i(t_i)$ обратно пропорциональна допуску t_i в m -й степени и может быть представлена зависимостью

$$c_i(t_i) = \frac{K_i}{t_i^m}, \quad (3)$$

где: K_i — постоянный коэффициент, зависящий от формы, размеров и свойств материала i -й детали; m — целое число. Тогда стоимость всех деталей, входящих в узел,

$$G = \sum_{i=1}^n g_i = \frac{K_1}{t_1^m} + \frac{K_2}{t_2^m} + \dots + \frac{K_n}{t_n^m} + g_{p1} + g_{p2} + \dots + g_{pn} = f(t_1, t_2, \dots, t_n). \quad (4)$$

Задача состоит в минимизации стоимости всех, входящих в узел, деталей G при выполнении ограничения (1), если известны (2) и (3). Поиск минимума G осуществляется путем вариации допусков t_i . Из всех возможных значений t_i , входящих в (1), следует выбирать такие величины допусков деталей узла

$$t_1^* + t_2^* + \dots + t_n^* = T, \quad (5)$$

чтобы функция стоимости (4) принимала минимальное значение.

Для определения требуемых значений допусков деталей можно воспользоваться известными методами параметрической оптимизации. В частности, рассмотрим решение задачи с помощью метода множителей Лагранжа. Согласно этому методу для поиска экстремума требуется решить систему уравнений:

$$\begin{aligned}\frac{\partial f}{\partial t_1} + \lambda \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial t_1} &= 0, \\ \frac{\partial f}{\partial t_2} + \lambda \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial t_2} &= 0, \\ &\dots \\ \frac{\partial f}{\partial t_n} + \lambda \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial t_n} &= 0,\end{aligned}\quad (6)$$

где λ — множитель Лагранжа.

Простые вычисления частных производных функций (4) и (1) по переменным t_i позволяют записать:

$$\begin{aligned}-m \cdot K_1 \cdot t_1^{-(m+1)} + \lambda &= 0 \\ -m \cdot K_2 \cdot t_2^{-(m+1)} + \lambda &= 0 \\ &\dots \\ -m \cdot K_n \cdot t_n^{-(m+1)} + \lambda &= 0.\end{aligned}\quad (7)$$

Пусть $\alpha = \frac{1}{m+1}$. Тогда из первого и

второго уравнений системы (7) получим оптимальный допуск второй детали t_2^* как функцию оптимального допуска t_1^* первой (базовой) детали:

$$t_2^* = \left(\frac{K_2}{K_1} \right)^\alpha \cdot t_1^*. \quad (8)$$

Аналогично запишем t_3^* в терминах t_1^* :

$$t_3^* = \left(\frac{K_3}{K_1} \right)^\alpha \cdot t_1^*. \quad (9)$$

Для выбранной модели (1)–(4), если $1 < i < (n-1)$, по индукции получаем

$$t_i^* = \left(\frac{K_i}{K_1} \right)^\alpha \cdot t_1^*. \quad (10)$$

Оптимальный допуск n -й детали:

$$t_n^* = \left(\frac{K_n}{K_1} \right)^\alpha \cdot t_1^*. \quad (11)$$

После подстановки (9)–(11) в уравнение (1) будем иметь:

$$T = S \cdot t_1^*, \quad (12)$$

где

$$S = K_1^{-\alpha} \cdot \left(\sum_{i=1}^n K_i^\alpha \right). \quad (13)$$

Оптимальный допуск базовой детали t_1^* определим с помощью простой зависимости

$$t_1^* = \frac{T}{S}. \quad (14)$$

Допуски других деталей узла рассчитаем по формулам (8)–(11).

Рассмотрим пример. Выберем сборочный узел, состоящий из пяти деталей. Допуск узла $T = 0,022$ (мм). Стоимость деталей оценим по формуле (2) при следующих значениях коэффициентов:

$K_1 = 0,0035$; $K_2 = 0,0018$; $K_3 = 0,00028$; $K_4 = 0,0070$; $K_5 = 0,0012$; $g_{p1} = 120$; $g_{p2} = 180$; $g_{p3} = 47,5$; $g_{p4} = 150$; $g_{p5} = 250$ (усл. ед.).

Показатели степени в формуле (3) для всех деталей одинаковы и равны $m = 2$.

В результате вычислений по формулам (8)–(14) получены оптимальные допуски деталей узла, представленные вектором

$$\begin{aligned}t^* &= [t_1^* \ t_2^* \ t_3^* \ t_4^* \ t_5^*] = \\ &= [0,0051 \ 0,0042 \ 0,0023 \ 0,0066 \ 0,0037].\end{aligned}$$

Минимальная стоимость деталей составила $Pm = 1280,2$ усл. ед.

Для сравнения был выполнен расчет стоимости деталей при равных допусках $t_i = \frac{T}{n}$. В этом случае $P = 1459,3$ усл. ед. Таким образом, оптимальное распределение допусков деталей узла позволяет уменьшить расходы на 179,1 усл. ед.

Решенная задача может быть отнесена к классу простых задач оптимального распределения ресурсов. Аналитическое решение получено благодаря выбору $m = 2$. Кроме того, в модели отсутствуют ограничения на элементы вектора состояния и др. Ресурсом является параметр T , который наиболее эффективным способом распределяется по n процессам.

Для функциональных зависимостей $\Phi(t_1, t_2, t_3, \dots, t_n)$, $f(t_1, t_2, t_3, \dots, t_n)$ и $g_i(t_i)$ сложной формы трудоемкость вычислений значительно возрастает. Например, для функций (3) с различными показателями степени $m1-m5$ при наличии линейных и нелинейных ограничений, а также ограничений на переменные состояния решения в аналитическом виде получить практически невозможно, и

приходится использовать численные методы и алгоритмы оптимизации. Построение таких алгоритмов целесообразно выполнять с использованием каталога функций рабочих инструментарию различных вычислительных сред. Для решения класса задач с унимодальными функциями стоимости (3), а также семейства нелинейных задач, отвечающих условиям Куна – Таккера, в работе применен сплайн-метод оптимизации, предложен алгоритм и разработана программа, базирующаяся на применении функции `fmincon` среды MatLAB. Фрагмент программы представлен файл-функцией `s1.m` и блоками скрипт-файла:

```
% s1.m
% Файл-функция.
% Оптимальное распределение допуска
узла как ресурса по процессам.
function L = s1(x)
global h1 h2 h3 h4 h5
L = [ppval(h1,x(1)) + ppval(h2,x(2)) +
ppval(h3,x(3)) + ppval(h4,x(4)) + ppval(h5,x(5))];
```

Первый блок скрипт-файла.

% Сборка механизма по сплайн-методу.

% Исходные данные:

global h1 h2 h3 h4 h5

% Исходные данные для расчетов:

T = 0,022; k1 = 0,0035; k2 = 0,0018; k3 = 0,00028; k4 = 0,0070; k5 = 0,0012; m = 2;

gp1 = 120; gp2 = 180; gp3 = 47,5; gp4 = 150; gp5 = 250; N = 5;

m1 = 1,9; m2 = 1,72; m3 = 1,85; m4 = 2,05; m5 = 1,73;

Tmin = 0,001; Tmax = 0,008;

% Оценка функций стоимости в (D + 1) интерполяционных узлах:

D = 8;

t = Tmin : (Tmax-Tmin)/D : Tmax;

f1 = k1./(t.^m1); f2 = k2./(t.^m2); f3 = k3./(t.^m3); f4 = k4./(t.^m4); f5 = k5./(t.^m5);

% Формирование матриц исходных данных:

g1 = [t; f1]; g2 = [t; f2]; g3 = [t; f3]; g4 = [t; f4]; g5 = [t; f5];

% Построение сплайнов:

h1 = spline(g1(1,:), g1(2,:)); h2 = spline(g2(1,:), g2(2,:));

h3 = spline(g3(1,:), g3(2,:)); h4 = spline(g4(1,:), g4(2,:));

h5 = spline(g5(1,:), g5(2,:));

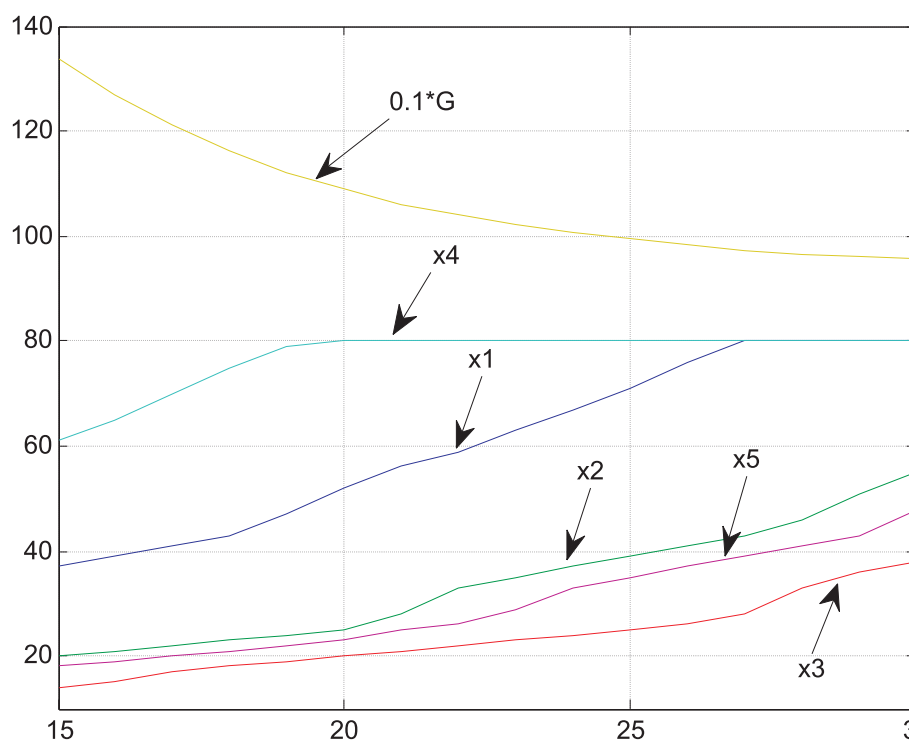


Рис. 1. Функции расходов на изготовление и обработку деталей узла

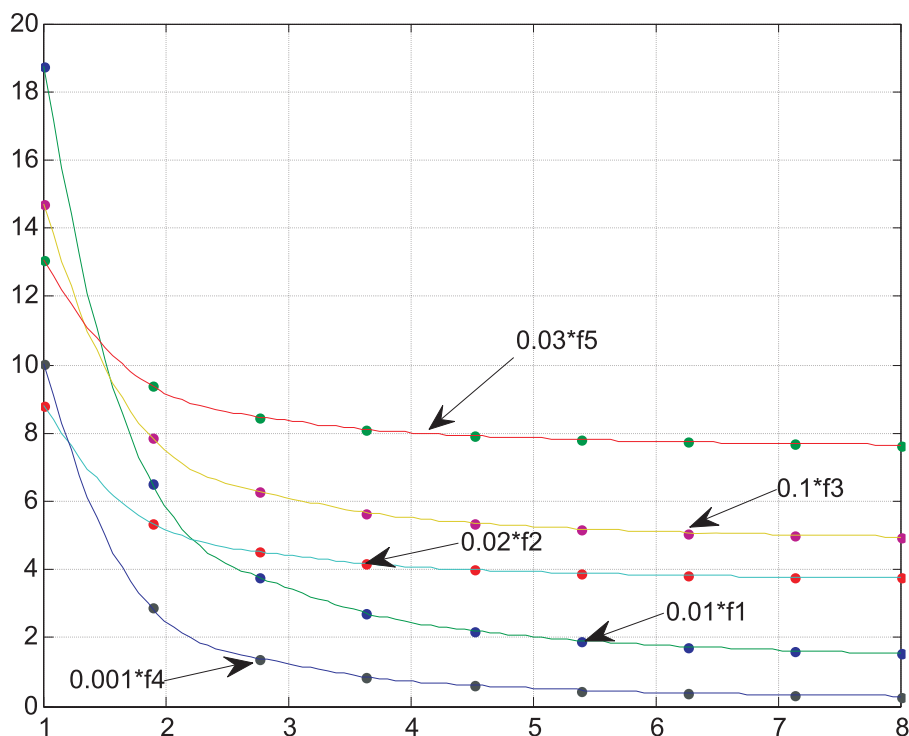


Рис. 2. Оптимизация технологического процесса сборки механизма

По полученным расчетным данным построены графики функций стоимости для пяти деталей (см. на рис. 1). Интерполяционные узлы представлены на каждой характеристике в виде точек. Оптимальные значения допусков деталей при вариации допуска узла от 0,015 до 0,030 мм, а также минимальные расходы на сборку получены с помощью второго блока скрипт-файла:

% Реализация алгоритма оптимального распределения ресурса T по n процессам.

% Ограничения на переменные состояния:

lb = ones(5,1)*Tmin;

ub = ones(5,1)*Tmax;

% Процедура численной оптимизации:

Aeq = [1 1 1 1 1]; beq = T;

options = optimset('Display','Iter');

[x, J1] = fmincon('s1',lb*4,[],[],Aeq,beq,lb,ub,[],options).

% Результаты расчетов

$G = k1./(x(1).^m1) + k2./(x(2).^m2) + k3./(x(3).^m3) + k4./(x(4).^m4) + k5./(x(5).^m5) + \dots$
sum([gp1 gp2 gp3 gp4 gp5]).

По завершении расчетов получены оптимальные параметры сборки узла для различных значений допуска T. Результаты пред-

ставлены в графической форме (рис. 2). Расчеты выполнены при введении ограничений на переменные состояния $x1-x5$. Видно, что допуск детали $x4$ для значений $T \geq 0,020$ мм принимает максимально допустимое значение, определенное границей ub (см. фрагмент файла) и равно 0,008 мм. Допуск детали $x1$ достигает правой границы, если $T \geq 0,027$ мм. Минимальная стоимость сборки $G(T) = G(0,015) = 1335,8$ руб. С увеличением T стоимость сборки узла уменьшается и при $T = 0,030$ мм составляет $G(T) = G(0,030) = 955,5$ руб. Если допуск узла $T = 0,040$ мм, то согласно правой границе все допуски деталей должны быть равны 0,008 мм, и вариация переменных состояния не производится.

Ввод исходных данных связан с получением структуры и оценкой параметров моделей (2)–(4). Подготовка исходных данных является наиболее трудоемкой и ответственной частью решения и обычно базируется на эксперименте. Преимущества сплайн-метода состоят в том, что данные эксперимента могут быть введены в виде векторов измерений невысокой размерности, без определения структуры и параметров входных сигналов. Не вводятся ограничения и на выбор шага

дискретности изменений. Операции по аналитическому представлению исходных характеристик по эксперименту реализованы в терминах сплайн-аппроксимаций с использо-

ванием экспериментальных точек в качестве интерполяционных узлов, что на практике обеспечивает высокую точность и простоту выполнения вычислений.

Список литературы

1. *Сумеркин Ю. В.* Совершенствование сборки судовых дизелей при ремонте. Теоретические основы. — М.: Транспорт, 1985. — 144 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 681.3.07.656.6

А. П. Нырков,
д-р. техн. наук, профессор,
СПГУВК;

В. И. Караваев,
канд. техн. наук,
СПГУВК;

Н. Г. Багаева,
СПГУВК;

Е. Д. Караваева,
СПГУВК;

С. С. Соколов,
СПГУВК

АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОКAUTOMATED MANAGEMENT ALGORITHMS OF MULTIMODAL TRANSPORT'S
TECHNOLOGICAL PROCESSES

В статье представлены алгоритмы автоматизированного управления мультимодальными перевозками, рассмотрены основные функции системы автоматизированного управления мультимодальными перевозками.

The article deals with multimodal transport management algorithms, touches upon basic functions of automated management system for multimodal transport.

Ключевые слова: алгоритм, автоматизированное управление, мультимодальные перевозки.

Key words: algorithm, automated management, multimodal transport.

КЛИЕНТЫ и операторы перевозок все чаще прибегают к системе доставки грузов, где различные виды транспорта действуют не обособленно, а интегрированно друг с другом, — к мультимодальным перевозкам. Мультимодальная перевозка — это перевозка грузов, когда лицо, ее организующее, несет ответственность за груз на всем пути следования независимо от количества принимающих участие видов транспорта при оформлении единого перевозочного документа [1].

Можно выделить следующие особенности мультимодальных перевозок:

— согласованное использование в перевозке более одного вида транспорта;

— перевозка организуется и осуществляется одним лицом — оператором мультимодальной перевозки;

— отношения между заказчиком и исполнителем комплексной транспортной услуги регулируются на основе одного договора;

— мультимодальная перевозка может иметь статус международной.

Планирование мультимодальной перевозки можно представить как совокупность элементарных этапов, которые должны быть последовательно выполнены. У каждого вида транспорта имеются собственные достоинства и недостатки, которые необходимо учитывать при выборе способа транспортировки, вида транспорта, типа транспортных средств и конкретного перевозчика. Мультимодальные перевозки требуют высокой степени согласованности в действиях владельцев различных видов транспорта.

Современная экономическая ситуация характеризуется все возрастающей конкуренцией и повышением уровня требований клиентов на рынке мультимодальных перевозок. В этих условиях конкурентным преимуществом транспортной компании является применение программно-технических решений, обеспечивающих планирование,

оптимизацию и управление процессом перевозок.

Выполненное авторами исследование позволило выявить ряд проблем при организации и управлении мультимодальными перевозками, основными из которых являются следующие:

— организатор мультимодальной перевозки (ОМП) единолично несет ответственность за сохранность груза, поэтому возникает необходимость уменьшения затрат, связанных с потерями при осуществлении перевозки;

— отсутствуют автоматизированные системы, обеспечивающие управление мультимодальными перевозками с учетом их особенностей (международный характер, ответственность организатора, несколько видов транспорта, наличие перевалочных операций).

Эффективность управления мультимодальными перевозками в значительной мере зависит от эффективности информационного обеспечения. Выполненный авторами анализ показал недостаточный уровень развития программных средств, предназначенных для управления мультимодальными перевозками, тогда как применение современных информационных технологий позволит повысить эффективность доставки грузов за счет возможности быстрого доступа к информации о субъектах и объектах перевозки, промежуточных этапах следования груза, состоянии груза, а также за счет решения различных оптимизационных задач на этапе планирования мультимодальной перевозки.

Транспортный процесс при мультимодальных перевозках состоит из последовательной доставки груза различными видами транспорта, складирования и промежуточной перегрузки (рис. 1). Для каждого конкретного

случая доставки груза должна быть разработана транспортно-технологическая схема перевозки, определяющая последовательность выполнения технологических операций.

Каждый из видов транспорта представляет собой совокупность транспортных средств, путей сообщения, различных технических устройств и сооружений. Отдельный технологический этап мультимодальной перевозки характеризуется видом транспорта, типом транспортного средства, конкретным перевозчиком.

К основным критериям при выборе способа перевозки относятся:

- минимальные затраты на перевозку;
- заданное время доставки груза;
- максимальная надежность и безопасность;
- минимальные затраты на содержание запасов в пути;
- максимальная производительность и доступность видов транспорта.

При выборе способа перевозки и вида транспорта учитываются ограничения, связанные со временем доставки груза, затратами на перевозку, сохранностью груза, факторами окружающей среды, а также технические ограничения, обусловленные оборудованием транспортных магистралей, особенностями груза, наличием механизмов для погрузочно-разгрузочных работ и т. д. [2].

Качество управления мультимодальной перевозкой можно оценить следующими критериями:

- общие затраты;
- прибыль;
- рентабельность;
- общая продолжительность доставки;
- величина потерь груза, коэффициент

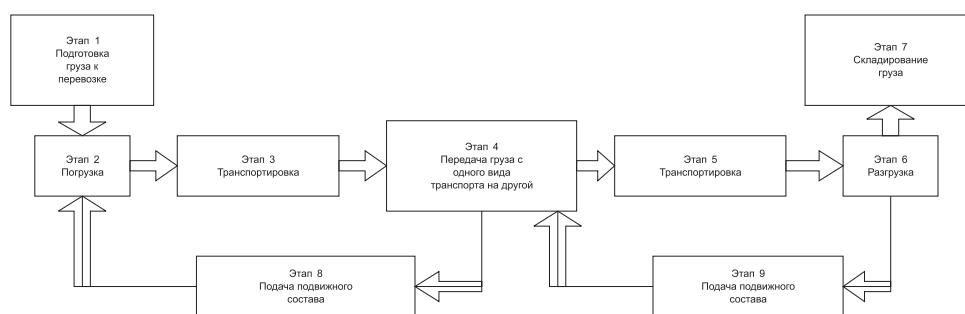


Рис. 1. Технологическая схема мультимодальной перевозки

сохранности груза, как возможный вариант — соблюдение полной сохранности груза;

— соблюдение сроков доставки;

— изменение фактической стоимости доставки по сравнению с договорной.

Факторами, влияющими на качественные показатели перевозки, являются прежде всего выбранный маршрут и виды транспорта на каждом этапе. Общие затраты зависят от стоимости выполнения отдельного этапа, определяемой конкретной транспортной единицей, техническим средством, тарифом конкретного субподрядчика, направлением, расстоянием, скоростью доставки и т. п. Продолжительность доставки определяется продолжительностью выполнения отдельных операций (зависит от используемых технических средств и, как следствие, скорости выполнения, различного рода задержек, которые могут быть связаны с дефицитом отдельных технических средств, расписанием их работы, отказами, погодными условиями, форс-мажорными обстоятельствами). Величина потерь определяется особенностями груза, способом доставки, упаковки, расстоянием, продолжительностью доставки, скоростью движения, погодными условиями, особенностями техники, отказами, форс-мажорными обстоятельствами. В целом все факторы можно отнести к следующим типам: технологическим, природным, политическим, экономическим, правовым, социальным.

В качестве управляющих параметров мультимодальной перевозки могут выступать: маршрут (набор промежуточных узлов); виды транспорта; конкретные транспортные компании-субподрядчики; конкретные транспортные средства; технические средства; способы упаковки.

Входные параметры: сведения о грузе (характер, количество); место отправления; место назначения; ограничения по сроку доставки и стоимости; время года; погодные условия; наличие путей сообщения; данные о перевозчиках и иных субподрядчиках (тарифы, география бизнеса, технические средства, расписания работы и т. д.).

Координаты состояния: текущие общие затраты; текущая продолжительность; текущие потери; средняя скорость.

В общем виде задачу управления мультимодальными перевозками можно представить следующим образом. Необходимо выбрать такой вариант управляющих воздействий на систему (промежуточные пункты, виды транспорта, конкретные транспортные компании, конкретные транспортные средства, способы упаковки, складирование), чтобы доставка груза была осуществлена с наилучшими значениями качественных показателей при заданных ограничениях и начальных условиях. В качестве ограничений выступают технологические особенности перевозки конкретного груза (условия хранения и перевозки на территории конкретной страны, региона, города — скоростной режим, осевая нагрузка, климатические особенности, экологические ограничения и т. п.), а также наличие тех или иных технических средств у того или иного исполнителя этапа на момент оказания услуги. Кроме того, в качестве ограничений выступают определенные условия, задаваемые пользователем, например необходимость использования конкретного вида транспорта, внесение определенного этапа в цепочку и т. п.

Система автоматизированного управления мультимодальными перевозками обеспечивает реализацию следующих функций:

— сбор, обработку и анализ информации о состоянии объекта управления — мультимодальной перевозки (прием заявок от заказчиков, оперативное отслеживание состояния и местонахождения грузов, регистрация проводимых с грузами операций);

— выработку и передачу управляющих воздействий (поиск оптимального плана-маршрута для реализации мультимодальной перевозки, формирование электронных и печатных заявок подрядчикам, документационное обеспечение процесса грузоперевозки, передача указаний на транспортные средства и складские терминалы);

— обмен информацией с взаимосвязанными автоматизированными системами исполнителей этапов мультимодальной перевозки — подрядчиков (состояние конкретной перевозки, тарифы, сроки, расписания, состояние технических средств) и заказчиков (прием заявок);

— ведение базы данных контрагентов, транспортных и иных технических средств, грузов с полным набором характеристик и условий перевозки, мест обработки грузов и т. д.;

— обеспечение защиты информации.

Разработка системы автоматизированного управления мультимодальными перевозками включает алгоритмизацию всех процессов перевозки от получения оператором заявки на перевозку грузов до непосредственной доставки их грузополучателю. При планировании перевозки ОМП должен учитывать параметры, заданные заказчиком: особенности перевозимого груза; пункты отправления и назначения; продолжительность перевозки; ограничения по стоимости.

Предлагается следующий алгоритм автоматизированного управления планированием и организацией мультимодальных перевозок.

1. Выбор вариантов маршрута, разбиение на этапы.

2. Определение вариантов осуществления перевозки на каждом этапе с использованием различных видов транспорта.

3. Подбор исполнителей каждого этапа с учетом их работы на данном направлении, наличия у них тех или иных транспортных и технических средств, особенностей перевозимого груза. Потенциальным исполнителем какого-либо этапа может являться сам ОМП.

4. Состыковка отдельных этапов маршрута с учетом расписания, наличия свободных транспортных средств, складских площадей, очередей.

5. Расчет общей продолжительности, стоимости доставки и надежности.

6. Выбор наилучшего варианта с учетом исполнения условий договора с заказчиком перевозки.

7. Заключение договоров либо подача заявок выбранным исполнителям перевозки, оформление документов.

Во время осуществления перевозки необходим контроль времени исполнения отдельных этапов и состояния груза.

Алгоритм получения информации о состоянии груза может быть следующим. При прибытии (убытии) в пункт назначения, а также в моменты начала и окончания операций

с грузом (перевалка, растаможивание и т. п.) ответственное лицо (например, водитель, экспедитор) передает сообщение в диспетчерский центр. Информация может поступать также в автоматическом режиме от информационных систем подрядчиков, а также от систем GPS-мониторинга и иных технических систем, установленных на транспортном средстве. Если в запланированное время обмен информацией не осуществлен, диспетчер самостоятельно инициирует получение информации о грузе. При этом фиксируются задержка прибытия, местоположение и состояние объекта. Отставание от графика может привести к срыву доставки. В случае сбоя и задержки в выполнении предварительно выбранного маршрута необходим расчет отклонения от графика в каждой точке маршрута, в т. ч. конечной: рассчитываются общая задержка и время исполнения заказа. Если условия договора с заказчиком перевозки соблюдаются, то доставка груза в пункт назначения осуществляется по выбранному маршруту; если условия договора не соблюдаются, то происходит перерасчет пути следования из точки нахождения груза. Также перерасчет осуществляется в случае невозможности выполнения какого-либо этапа.

Корректировка графиковых заданий, вызванная отклонением от графиков подачи порожних транспортных средств под погрузку по прямому варианту, несоответствием фактических объемов вывоза грузов из пунктов отправления и многими другими причинами, сопровождается необходимостью рационального регулирования размещения тарноштучных, контейнерных, пакетированных и штабелированных генеральных грузов. Проблемы складирования таких грузов сводятся к задачам построения оптимального размещения прямоугольных объектов в прямоугольных областях [3].

Подобные задачи при моделировании оптимально плотного раскроя — упаковки геометрических объектов, даже в упрощенном варианте постановки решаются методами дискретного программирования для задач, относящихся к классу NP -полных задач. Задачи такого рода разрешимы на практике лишь в предположении, что границы размещаемых прямоугольных объектов параллельны грани-

цам прямоугольных областей. Сразу отметим, что отдельному размещению из n объектов соответствует, по оценкам [3], $O(4^{n^2})$ различных векторов двоичных переменных, и для решения практических задач размещения конечного множества взаимосвязанных прямоугольных объектов используются различные эвристические алгоритмы. Задачи оптимально плотного раскроя — упаковки геометрических объектов обычно решаются алгоритмами, построенными:

— на методе последовательного одиночного размещения, разработанного Ю. Г. Стояном;

— на методе прямоугольно ориентированного линейного раскроя, предложенного Э. А. Мухачевой;

— на методе силовых аналогий (Н. Р. Квин).

Точные алгоритмы решают такие задачи за приемлемое время лишь при условии, что количество размещаемых объектов не превосходит двух десятков.

В общем случае при размещении партии контейнеров размером G штук, состоящей из B типов, где $G = \sum_{b=1}^B g_b$ и g_b — количество контейнеров b -го типа, для полного перебора всех возможных размещений потребуется

$$\frac{G!}{g_1! \cdot g_2! \cdot \dots \cdot g_B!} \text{ перестановок контейнеров.}$$

Если предположить, что основных типов контейнеров только четыре, то для партии из 8 контейнеров надо перебрать около 5 тысяч перестановок, для 16 — уже более 200 миллиардов, для 32 — более $1,5 \cdot 10^{31}$. На нахождение квазиоптимального (рационального) размещения партии из 25 контейнеров среди 1500 различных перестановок затрачивается около 4,5 минуты на Pentium MMX / 200 МГц / 64 Мб; на Pentium-III / 650 МГц / 128 Мб — 8–9 секунд (для полного перебора всех вариантов понадобилось бы более 5 миллионов лет!). На нем же размещение партии в 51 контейнер занимает 26–28 секунд при переборе 1500 перестановок. При этом затрачиваемое время существенно зависит от качества получаемых приближений, так как алгоритм построен таким образом, чтобы не доводить до конца

размещение всей партии контейнеров, если в некоторый момент времени определится его неоптимальность. Это дает хорошую экономию временных затрат.

В общем виде эвристический алгоритм размещения партии контейнеров на основе случайного поиска выглядит следующим образом:

1. Внесение отношения частичного порядка φ_α на множестве всех контейнеров $\{G_i\}$, т. е. $\varphi_\alpha : N \rightarrow \{G_i\}$.

2. Формирование стековой структуры $\{S_k\}$ на текущей складской площадке, т. е. $\mu : \{Z_j\} \rightarrow \{S_k\}$, где $\{Z_j\}$ — совокупность складских зон, запретных для размещения грузов, упорядоченных по t -й координате северо-западного угла каждой зоны.

3. Заполнение с одновременным преобразованием складских стеков $\{S_k\}$ контейнерами очередной партии $\{G_i\}$, т. е. $\theta : \langle \{Z_j\}, \{S_k\} \rangle \rightarrow \{S_k\}$.

4. Оценка целевой функции и сохранение лучшего (в смысле целевой функции) размещения контейнеров на складской площадке.

5. Выбор нового отношения φ_α частичного порядка и переход к пункту 1 или прекращение перебора вариантов с выбором текущего лучшего варианта размещения контейнеров.

На первом этапе применяется отношение частичного порядка на множестве контейнеров, которое устанавливает некоторую их перестановку. Алгоритмы создания таких перестановок являются комбинаторными алгоритмами порождения элементарных объектов. К ним относятся два общих метода: поиск с возвращением и метод решета. Однако непосредственное их практическое применение ведет обычно к программным средствам, время работы которых недопустимо велико. Это особенно важно в нашем случае перестановки контейнеров в партии, так как умножается на значительно большее число этих перестановок. Поэтому целесообразно применение специализированных методов.

Требования, предъявляемые к алгоритмам, порождающим перестановки контейнеров, минимальны. Во-первых, они должны организовывать систематическое порождение всех возможных конфигураций партии контейнеров, учитывая наличие в ней одностип-

ных контейнеров. Во-вторых, генерирование очередной конфигурации должно быть наиболее эффективным в смысле затрачиваемого времени на переход от одной конфигурации к другой.

Алгоритм систематического порождения всех возможных конфигураций обычно состоит из трех компонент: выбор начальной конфигурации, трансформация одной конфигурации в другую и условие окончания, обеспечивающее остановку работы алгоритма. Выбор начальной конфигурации контейнеров осуществляется в соответствии с одним из алгоритмов, описанных в [3]. Так как в алгоритме порождения всех конфигураций нас прежде всего интересует общее количество времени, требующегося для порождения всего множества перестановок контейнеров, то логично выбрать *линейные* алгоритмы, так как их эффективность — асимптотически наилучшая из возможных. Из линейных алгоритмов желательно выбрать такие, которые при переходе от одной конфигурации к другой производят по возможности малое количество изменений. Они называются *алгоритмами с минимальным изменением*.

К алгоритмам с минимальным изменением относится алгоритм транспозиции смежных элементов. Он порождает перестановки в такой последовательности, что каждая последующая отличается от предшествующей ей транспозицией двух соседних элементов. Упрощенно такой алгоритм выглядит следующим образом: текущий элемент перемещается в заданном направлении до тех пор, пока не достигнет элемента большего, чем он сам (имеется в виду, конечно, его первоначальный порядковый номер в конфигурации). В этом случае сдвиг прекращается, направление сдвига изменяется на противоположное и передвигается элемент меньший, чем передвигавшийся. Следует отметить, что применение такого алгоритма неэффективно в выбранном нами методе заполнения складских площадей.

Для наших целей вышеупомянутый алгоритм был преобразован к такому, который порождает перестановки в последовательности: каждая последующая отличается от предшествующей ей также транспозицией лишь двух элементов, но не обязательно соседних.

Этот алгоритм используется при полном переборе всех вариантов перестановок в случае небольшого количества контейнеров в очередной партии, и при нахождении квазиоптимального размещения контейнеров при ограничении времени перебора.

В последнем случае этот алгоритм применяется совместно с алгоритмом, порождающим равномерно распределенные случайные конфигурации контейнеров. Можно для генерирования случайных конфигураций взять любой из линейных алгоритмов, так как существует функциональная зависимость между целыми числами и перестановками. Выбирая случайное натуральное число между 1 и $n!$, тем самым выбирается случайная перестановка. Однако преобразование этого числа в перестановку требует порядка n^2 операций. Наиболее эффективным методом порождения случайных перестановок является алгоритм, переставляющий элемент с одним из оставшихся элементов перестановки, выбираемым случайным способом. Именно такой алгоритм и реализован нами.

Созданное программное обеспечение задачи оптимального складирования контейнеров позволяет производить поиск оптимального размещения партии контейнеров как в интерактивном, так и в автоматическом режимах.

При интерактивном способе поиска можно в полуавтоматическом режиме комбинировать различные первоначальные ориентации контейнеров с различными схемами их упорядочивания, применяя различные режимы вставки. Правда, основной, самый простой режим вставки очередного контейнера является самым нерациональным (в смысле поиска оптимального размещения). Однако при определенных конфигурациях складских площадок этот способ дает вполне приемлемые результаты, к тому же его использование экономит затраты времени на поиск лучшего размещения при большом количестве генераций перестановок.

При автоматическом способе поиск оптимального размещения контейнеров осуществляется в следующем порядке.

Первоначально производится 54 генерации перестановок контейнеров с тремя раз-

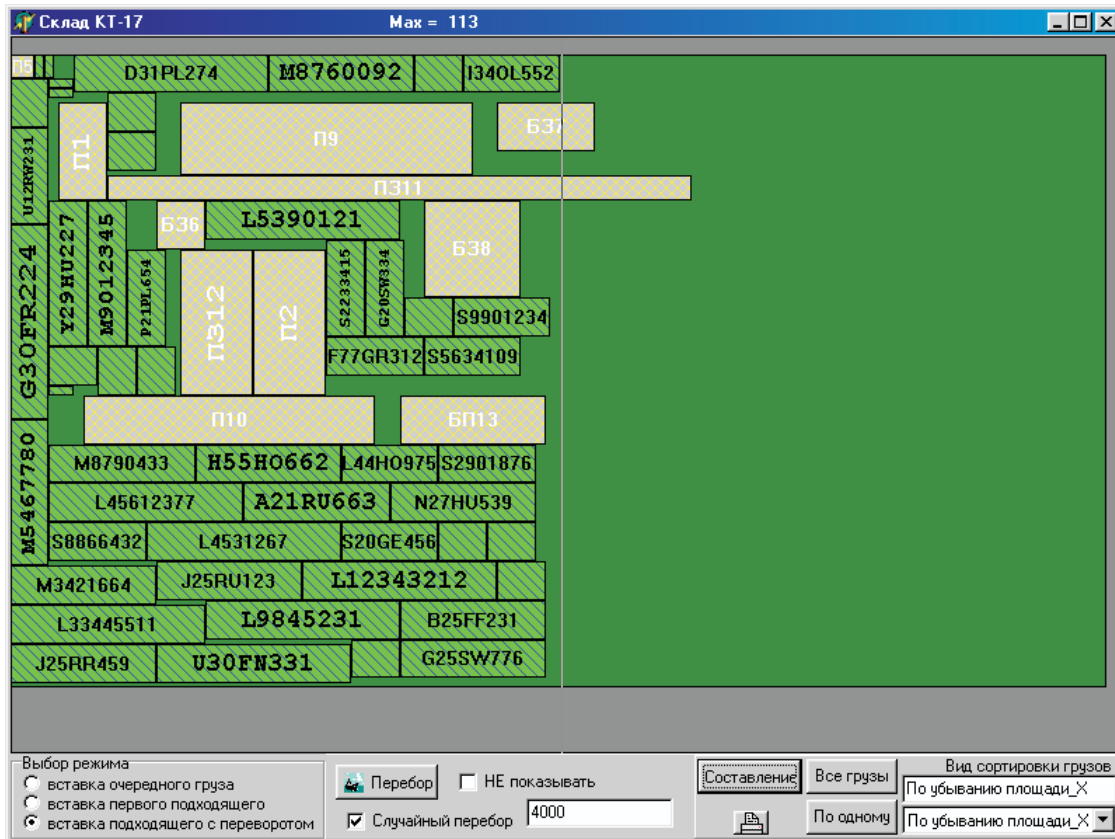


Рис. 2. Размещение партии контейнеров на складе после 4000 случайных перестановок

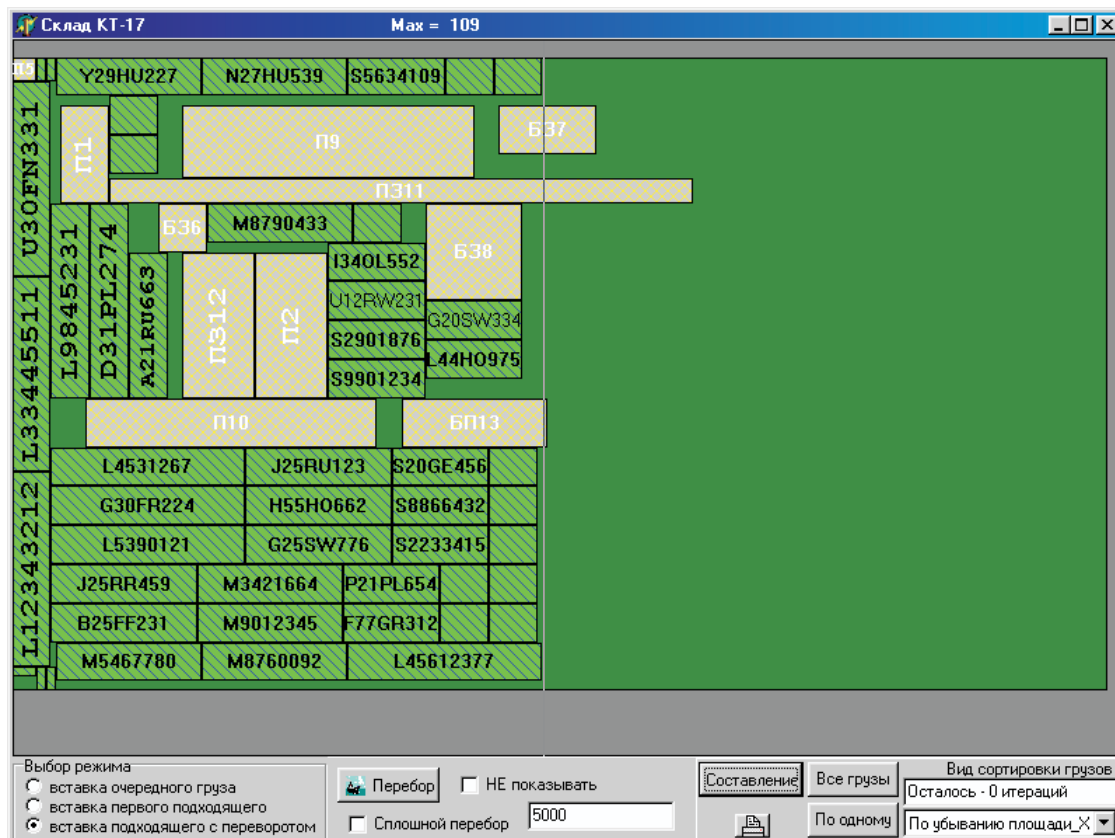


Рис. 3. Размещение партии контейнеров на складе после 5000 сплошных перестановок

личными первоначальными их ориентациями при шести различных схемах упорядочивания с помощью трех возможных способов вставки очередного контейнера. Затем выбирается последнее лучшее размещение контейнеров. Начиная с этого размещения осуществляются серии генераций перестановок, причем каждая последующая начинается с лучшей расстановки предыдущей серии. Две смежные серии генераций отличаются хотя бы одним параметром: либо режимом вставки, либо режимом перебора перестановок контейнеров. Суммарное количество генераций всех серий задается в интерактивном режиме. По умолчанию это значение равно 50 000.

Для партии из 51 контейнера интерактивный способ поиска среди 4000 перестановок улучшил значение критерия с 117 до 113 м (рис. 2). Применялся случайный режим генерации перестановок. После этого, начиная с полученной квазиоптимальной перестановки, было сгенерировано еще 5000 перестановок с помощью метода полного перебора. Это позволило улучшить результирующее значение критерия до 109 м (рис. 3).

Поиск оптимального размещения контейнеров в автоматическом режиме с генерацией 5000 перестановок привел к значению критерия, равному 108 м с затратами времени в два раза меньшими, чем при интерактивном режиме (рис. 4).

Проблемы, аналогичные вышеуказанным, возникают в процессах погрузки контейнеров и других пакетированных грузов в трюмы судов. При этом в задачах такого рода вырастает размерность.

Задачи размещения грузов на складских площадях можно рассматривать в двухмерном пространстве, несмотря на то что в реальных условиях процесс складирования проходит в трехмерном пространстве. Для процессов погрузки на суда кроме третьей координаты добавляется необходимость обеспечения остойчивости судна. Это означает, что задача становится четырехмерной. Для ее решения разработаны алгоритмы, являющиеся развитием эвристических методов. В частности, к ним относятся генетические алгоритмы.

Генетические алгоритмы работают с совокупностью «особей» — популяцией, каж-

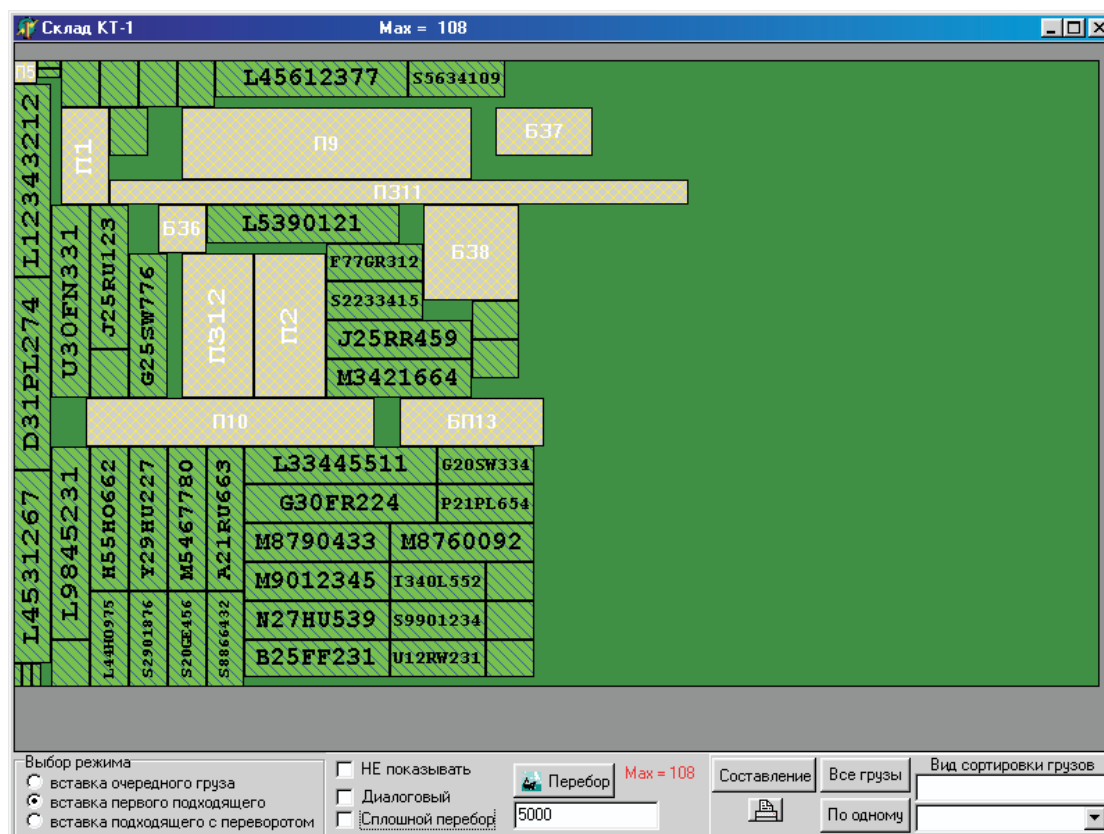


Рис. 4. Размещение партии контейнеров на складе после 5000 сплошных перестановок

дая из которых представляет возможное решение задачи. Каждая особь оценивается мерой ее «приспособленности», т. е. насколько соответствующее ей решение задачи является «хорошим». Наиболее приспособленные особи получают возможность «воспроизводить» потомство с помощью «перекрестного скрещивания» с другими особями популяции. Это приводит к появлению новых особей, которые сочетают в себе некоторые характеристики, наследуемые ими от родителей. Наименее приспособленные особи с меньшей вероятностью смогут воспроизвести потомство так, что те свойства, которыми они обладали, будут постепенно исчезать из популяции в процессе эволюции. Иногда происходят мутации, или спонтанные изменения в генах.

Таким образом, из поколения в поколение «хорошие» характеристики распространяются по всей популяции. Скрещивание наиболее приспособленных особей приводит к тому, что исследуются наиболее перспективные участки пространства поиска. В конечном итоге популяция будет сходиться к оптимальному решению задачи. Преимущество генетических алгоритмов состоит в том, что они находят квазиоптимальные решения за относительно короткое время.

Итак, каждая особь характеризуется своей хромосомой. Хромосома определяет приспособленность особи $f(S_k)$ ($k = 1, \dots, n$; n — численность популяции). Хромосома представляет собой цепочку символов $S_k = (S_{k_1}, S_{k_2}, \dots, S_{k_N})$, N — длина цепочки. Символы — это гены особи, расположенные в хромосоме S_k . Задача алгоритма состоит в максимизации функции приспособленности.

Эволюция состоит из последовательности поколений. Для каждого поколения отбираются особи с большими значениями приспособленностей. Хромосомы приспособленных особей рекомбинируются и подвергаются малым мутациям. Формально схема генетического алгоритма может быть представлена следующим образом (популяция t -го поколения обозначается как $\{S_k(t)\}$):

Шаг 0. Создать начальную популяцию $\{S_k(0)\}$.

Шаг 1. Вычислить приспособленность $f(S_k)$ каждой особи S_k популяции $\{S_k(t)\}$.

Шаг 2. Производя отбор особей (S_k) в соответствии с их приспособленностями $f(S_k)$ и применяя генетические операторы (рекомбинации и точечные мутации) к отобранным особям, сформировать популяцию следующего поколения $\{S_k(r+1)\}$.

Шаг 3. Повторять шаги 1, 2 для $t = 0, 1, 2, \dots$ до тех пор, пока не выполнится некоторое условие окончания эволюционного поиска (прекращается рост максимальной приспособленности в популяции, число поколений t достигает заданного предела и т. п.).

Существует ряд конкретных вариантов генетического алгоритма, которые отличаются по схемам отбора, рекомбинации, по форме представления хромосом и т. д. Например, если требуется разместить заданное множество стопок контейнеров на заданной прямоугольной плоскости (основание трюма судна), то для работы алгоритма эти стопки считаются пронумерованными, например, в порядке их следования в списке. В качестве хромосомы, описывающей особь, будет выступать любая последовательность номеров фигур без повторов (далее — приоритетный список, priority list, PL). Такое описание соответствует биологическому термину «генотип». Само по себе оно не дает возможность понять, как выглядит упаковка, которая соответствует некоторому порядку перечисления предметов. Фенотип особи в данном случае — это геометрическое размещение контейнеров на плоскости, задаваемое набором координат расположения каждой стопки контейнеров. Только по фенотипу особи можно судить о качестве размещения — о доле полезной площади, доле площади потерь, длине соответствующей упаковки.

Чтобы генотип преобразовать в фенотип, требуется ряд правил, согласно которым можно выкладывать контейнеры в бункере в порядке их перечисления в приоритетном списке. Эти правила будем называть процедурой декодирования, или декодером. Очевидно, что декодер не должен порождать оптимальное размещение контейнеров, однако эта процедура должна выкладывать контейнеры плотно, без очевидных зазоров и потерь площади. Например, при размещении контейнеров каждый следующий можно считать до-

статочно хорошо уложенным, если его нельзя сдвинуть в продольном направлении к началу трюма и в поперечном направлении он тоже плотно примыкает к какому-либо другому контейнеру или краю полосы.

Ниже приведена схема генетического алгоритма, разработанного авторами [4]. В ней используется декодер как параметр, отвечающий за геометрию размещаемых стопок контейнеров и вычисляющий значение функции приспособленности для каждой конкретной особи.

1. Создать исходную популяцию из N особей. Каждая особь задается случайной перестановкой номеров стопок контейнеров из списка: $S_k = (S_{k_1}, S_{k_2}, \dots, S_{k_N})$, $k = 1..M$, g — число стопок контейнеров, $S_{k_i} = 1..m$ — номер стопки контейнеров, $S_{k_i} \neq S_{k_j}, \forall k, \forall i \neq j, i, j = 1..m$.

2. Произвести скрещивание всех особей со случайным для каждой особи партнером. Сохранить всех потомков ($2N_s$).

3. Вычислить значение приспособленности для каждой особи, включая потомство, при помощи процедуры декодирования: $f(S_k) = \text{decoder}(S_k)$, $k = 1..3N_s$.

4. Упорядочить значения приспособленностей по убыванию, оставить N_s лучших особей.

5. Применить оператор мутации к каждой особи с малой вероятностью μ .

6. Повторять этапы 2–5 до тех пор, пока самое высокое значение функции приспособленности в популяции не перестанет меняться. Предусмотреть еще два способа завершения эволюции: если выполнено N_s поколений и принудительное завершение.

Процедура скрещивания для такого алгоритма не зависит от геометрии предметов и осуществляется по следующей схеме.

Пусть S_k, S_m — две хромосомы, два списка стопок контейнеров, соответствующие паре родителей, $S_{k_{new}}, S_{m_{new}}$ — два новых списка, созданные скрещиванием. Сначала выбираются два случайных числа g и q , $1 \leq g, q \leq N_s$. Начиная со случайной позиции g , скре-

шивающий оператор копирует q элементов из S_k в $S_{k_{new}}$. Потом оставшиеся позиции в $S_{k_{new}}$ заполняются другими элементами из S_m в той же последовательности, в которой они встречаются в этом списке. Аналогично создается второй потомок пары родителей S_k, S_m .

Оператор мутации обменивает два случайных элемента каждого списка с небольшой вероятностью μ . Для прямоугольных предметов целесообразно ввести дополнительный оператор мутации — поворот случайного предмета на 90° .

В качестве классического декодера для генетического алгоритма рассматривается алгоритм с процедурой декодера «улучшенный нижний левый», IBL, на первом шаге которого первый прямоугольник помещается в левый нижний угол. На втором шаге: последовательно передвигается i -й прямоугольник согласно приоритетному списку, $i = 2, \dots, N$, начиная от верхнего правого угла трюма влево настолько, насколько это возможно, затем вниз, снова влево, вниз и т. д., причем при расположении полосы горизонтальное передвижение влево имеет преимущество. Перемещение происходит до тех пор, пока прямоугольник не сможет быть сдвинут влево или вниз. Один из недостатков этого декодера — низкая средняя плотность упаковки.

Для задачи прямоугольного раскроя исследовательский коллектив Э. А. Мухачевой разработал эвристическую процедуру, называемую «блочный декодер». Этот алгоритм помещения прямоугольников на полосу в порядке их перечисления в приоритетном списке — один из самых эффективных. Блочный декодер считается наименее трудоемким для решения задач прямоугольного раскроя. Среди его достоинств — немаловажная возможность учета образовавшихся в процессе размещения предыдущих предметов пустот. Однако при изменении постановочной части возможно применение и других декодеров, примеры которых можно найти в [5].

Список литературы

1. «Концепция согласованной транспортной политики государств — участников СНГ на период до 2010 г.», утв. Решением Совета глав правительств СНГ, 2004.

2. Ворожейкина Т. М., Игнатова В. Д. Логистика в АПК. — М.: КолосС, 2005.
3. Вихров Н. М., Нырков А. П. Модели технологических процессов на транспорте. — СПб.: Судостроение, 2002.
4. Нырков А. П. и др. Генетические алгоритмы в математическом моделировании перегрузочных процессов / Сб. тр. VIII международной научно-практической конференции «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности» // Высокие технологии, фундаментальные исследования, образование: Т. 2. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009.
5. Ермаченко А. И. Модели и методы решения задач прямоугольного раскрытия и упаковки на базе метаэвристики «Поиск с запретами»: дисс. ... канд. техн. наук. — Уфа, 2004.

УДК 517

Д. П. Голоскоков,
д-р техн. наук, профессор,
СПГУВК

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ ЧАСТИЧНОМ НАРУШЕНИИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

MODELLING TEMPERATURE FIELDS AT PARTIAL IMBALANCE THERMAL COVERING

В статье получены аналитические решения трех основных краевых задач для уравнения Лапласа в полупространстве — задачи Дирихле, Неймана и третьей краевой задачи. Решения строятся на основе разложений в интеграл Фурье – Бесселя. В качестве приложения предложены математические модели распределения температурных полей при частичном нарушении теплоизоляции нагретых поверхностей судового энергетического оборудования и металлических конструкций судовых машинных помещений.

In article the analytical decisions of three basic boundary problems for Laplace's equation in half-space — problems Dirichlet, Neumann and the third boundary problem are received. Decisions are under construction on the basis of decomposition in Fourier – Bessel's integral. As the appendix mathematical models of distribution of temperature fields are offered at partial infringement of a thermal protection heated surfaces of the ship power equipment and metal designs of ship machine premises.

Ключевые слова: краевая задача, задача Дирихле, задача Неймана, третья краевая задача, уравнение Лапласа, интеграл Фурье – Бесселя, разложение Фурье – Бесселя, задача Штурма – Лиувилля.

Key words: boundary problem, Dirichlet's problem, Neumann's problem, the third boundary problem, Laplace's equation, Fourier – Bessel's integral, Fourier – Bessel's decomposition, Sturm – Liouville's problem.

1. Задача Дирихле для уравнения Лапласа в полупространстве. Рассмотрим первую краевую задачу для уравнения Лапласа в полупространстве: найти функцию $u(r, z)$, удовлетворяющую уравнению Лапласа в полупространстве $0 < r < \infty, z > 0$ и граничным условиям:

$$\Delta u = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial u}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0, \quad 0 < r < \infty, \quad z > 0; \quad (1)$$

$$u|_{r \rightarrow 0} \text{ — ограничена, } u|_{\sqrt{r^2+z^2} \rightarrow \infty} \text{ — ограничена; } (2)$$

$$u|_{z=0} = f(r). \quad (3)$$

Будем искать решение в виде $u(r, z) = R(r) Z(z)$.

$$(rR')' + \lambda rR = 0, \quad (4)$$

причем

$$R|_{r \rightarrow 0} \text{ — ограничена, } R|_{r \rightarrow \infty} \text{ — ограничена; } (5)$$

$$Z'' - \lambda Z = 0. \quad (6)$$

В уравнениях (4) и (6) штрихами обозначена обыкновенная производная по соответствующему аргументу — по переменной r для функции $R(r)$ и по переменной z для функции $Z(z)$.

Задача Штурма – Лиувилля для уравнения (4) с граничными условиями (5) имеет непрерывный спектр собственных значений [1]: $\lambda \in [0, +\infty)$, $\lambda_v = v^2$, $(0 \leq v < +\infty)$, (7) которым отвечают собственные функции:

$$R_v(r) = J_0(vr), \quad (8)$$

где $J_0(x)$ — цилиндрическая функция Бесселя первого рода с нулевым индексом [1].

Из уравнения (6) и условия ограниченности функции на бесконечности находим:

$$Z_v(z) = C_v e^{-vz} + D_v e^{vz}, \text{ причем } D_v = 0 \quad \forall v.$$

Таким образом, совокупность частных решений задачи имеет вид:

$$u_v(r, z) = C_v e^{-vz} J_0(vr), \quad 0 \leq v < \infty. \quad (9)$$

Чтобы удовлетворить граничному условию задачи при $z = 0$, воспользуемся обобщенным принципом суперпозиции и запишем разложение в интеграл:

$$u(r, z) = \int_0^\infty C_v e^{-vz} J_0(vr) dv. \quad (10)$$

Предполагая возможным предельный переход под знаком несобственного интеграла, получим

$$u|_{z=0} = f(r) = \int_0^\infty C_v J_0(vr) dv.$$

Откуда находим [1]

$$C_v = v \int_0^\infty f(r) r J_0(vr) dr. \quad (11)$$

Таким образом, получено формальное решение задачи, которое дается формулами (10) и (11).

В качестве примера рассмотрим следующую задачу (рис. 1): массивное тело нагревается так, что на некотором круге радиуса a поддерживается постоянная температура T_0 , а за пределами этого круга температура u равна нулю. Требуется найти стационарное распределение температуры $u(r, z)$ в теле.

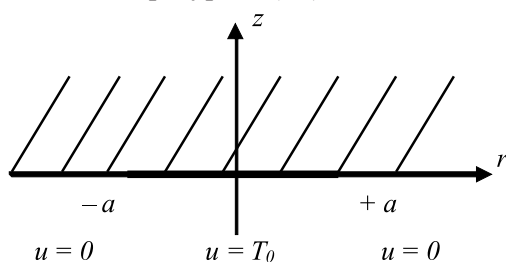


Рис. 1. Нагрев полубесконечного тела

Воспользуемся полученным решением (10), (11). Будем иметь:

$$u|_{z=0} = f(r) = \begin{cases} T_0, & r < a, \\ 0, & r > a. \end{cases}$$

И следовательно,

$$C_v = v T_0 \int_0^a r J_0(vr) dr.$$

Последний интеграл легко вычисляется [1]. Имеем из уравнения (1)

$$\frac{d}{dr} \left[r \frac{dJ_0(vr)}{dr} \right] + v^2 r J_0(vr) = 0 \Rightarrow r J_0(vr) = -\frac{1}{v^2} [r J_0'(vr)]'.$$

Следовательно,

$$C_v = -\frac{T_0}{v} \int_0^a [r J_0'(vr)]' dr = -\frac{T_0}{v} r J_0'(vr) \Big|_{r=0}^{r=a} = T_0 a J_1(va),$$

где $J_1(x)$ — цилиндрическая функция Бесселя первого рода с единичным индексом, причем $J_0'(x) = -J_1(x)$ [1]. А тогда распределение температуры определится формулой:

$$u(r, z) = T_0 a \int_0^\infty e^{-vz} J_1(va) J_0(vr) dv.$$

Вычислим, например, температуру $u(0, z)$ вдоль оси z :

$$\begin{aligned} u|_{r=0} &= T_0 a \int_0^\infty e^{-vz} J_1(va) dv = -T_0 \int_0^\infty e^{-vz} dJ_0(va) = \\ &= -T_0 \left\{ e^{-vz} J_0(va) \Big|_{v=0}^{v=\infty} + z \int_0^\infty e^{-vz} J_0(va) dv \right\} = \\ &= T_0 \left[1 - \frac{z}{\sqrt{a^2 + z^2}} \right]. \end{aligned}$$

Здесь мы воспользовались формулой из [1]:

$$\int_0^\infty e^{-vz} J_0(va) dv = \frac{1}{\sqrt{a^2 + z^2}}.$$

Таким образом, стационарное распределение температуры вдоль оси z

$$u|_{r=0} = T_0 \left[1 - \frac{z}{\sqrt{a^2 + z^2}} \right].$$

2. Задача Неймана для уравнения Лапласа в полупространстве. Рассмотрим вторую краевую задачу для уравнения Лапласа

в полупространстве: найти функцию $u(r, z)$, удовлетворяющую уравнению Лапласа (1) в полупространстве $0 < r < \infty$, $z > 0$ и условию второго рода:

$$\left. \frac{\partial u}{\partial z} \right|_{z=+0} = f(r). \quad (12)$$

Кроме того, должны выполняться условия (2) ограниченности функции на бесконечности и при $r \rightarrow 0$.

Поступим аналогичным образом. Разделение переменных приводит к двум обыкновенным дифференциальным уравнениям (4) и (6). Таким образом, мы снова приходим к сингулярной задаче Штурма – Лиувилля (4), (5), решение которой дается формулами (7) и (8). В результате получаем несчетное множество частных решений (9), суммируя которые на основе обобщенного принципа суперпозиции, приходим к формуле (10). Предполагая возможным дифференцирование и предельный переход под знаком несобственного интеграла, получим

$$\left. \frac{\partial u}{\partial z} \right|_{z=+0} = f(r) = - \int_0^{\infty} C_v v J_0(vr) dv.$$

Откуда находим

$$C_v = - \int_0^{\infty} f(r) r J_0(vr) dr. \quad (13)$$

Таким образом, формальное решение задачи Неймана для уравнения Лапласа в полупространстве дается формулами (10) и (13).

В качестве примера рассмотрим следующую задачу (рис. 2): к массивному телу на некотором круге радиуса a подводится тепло с постоянной плотностью теплового потока q_0 , а за пределами этого круга тело теплоизолировано (тепловой поток равен нулю). Требуется найти стационарное распределение температуры $u(r, z)$.

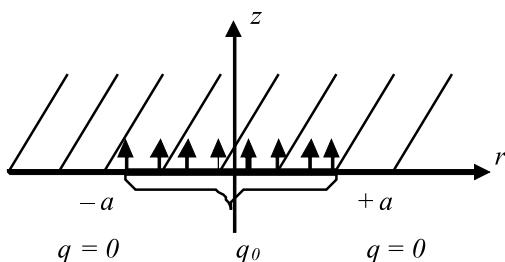


Рис. 2. Подвод тепла к полубесконечному телу

Воспользуемся полученным решением (10), (13). В данном случае граничное условие Неймана (12) удобно записать в форме

$$-k \left. \frac{\partial u}{\partial z} \right|_{z=+0} = f(r),$$

где k — коэффициент теплопроводности, причем функция $f(r)$ имеет вид:

$$f(r) = \begin{cases} q_0, & r < a, \\ 0, & r > a. \end{cases}$$

И следовательно, вместо (13) будем иметь

$$C_v = \frac{q_0}{k} \int_0^a r J_0(vr) dr.$$

Вычисляя интеграл, получим

$$\begin{aligned} C_v &= - \frac{q_0}{kv^2} \int_0^a [r J_0'(vr)]' dr = \\ &= - \frac{q_0}{kv^2} r J_0'(vr) \Big|_{r=0}^{r=a} = \frac{q_0 a}{kv} J_1(va). \end{aligned}$$

Тогда распределение температуры определится формулой

$$u(r, z) = \frac{q_0 a}{k} \int_0^{\infty} e^{-vz} J_1(va) J_0(vr) \frac{dv}{v}.$$

Вычислим, например, температуру $u(0, z)$ вдоль оси z :

$$u|_{r=0} = \frac{q_0 a}{k} \int_0^{\infty} e^{-vz} J_1(va) \frac{dv}{v} = \frac{q_0 a^2}{k(\sqrt{a^2 + z^2} + z)}.$$

И в этом случае интеграл вычисляется аналогично с помощью уравнения Бесселя, которому удовлетворяют цилиндрические функции. Таким образом, стационарное распределение температуры вдоль оси z :

$$u|_{r=0} = \frac{q_0 a^2}{k(\sqrt{a^2 + z^2} + z)}.$$

Часто на практике тепловой поток неизвестен (теплоизоляция нарушена на некоторой части поверхности). Измерив температуру $u_* = u(0, z_*)$ в какой-нибудь точке $z = z_*$ на оси z , найдем тепловой поток q_0 :

$$q_0 = \frac{(\sqrt{a^2 + z_*^2} + z_*) k u_*}{a^2}.$$

Таким образом, окончательно решение задачи представим в виде

$$u(r, z) = \frac{(\sqrt{a^2 + z_*^2} + z_*) u_*}{a} \int_0^{\infty} e^{-vz} J_1(va) J_0(vr) \frac{dv}{v}.$$

Для практического использования формул удобно выразить температуру в зависимости от площади разрушения теплоизоляции S : $a = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$;

$$u(r, z) = \frac{(\sqrt{a^2 + z_*^2} + z_*) u_*}{\sqrt{\frac{S}{\pi}}} \int_0^\infty e^{-vz} J_1\left(v \sqrt{\frac{S}{\pi}}\right) J_0(vr) \frac{dv}{v}.$$

3. Третья краевая задача для уравнения Лапласа в полупространстве. Третья краевая задача для уравнения Лапласа в полупространстве формулируется так: найти функцию $u(r, z)$, удовлетворяющую уравнению Лапласа (1) в полупространстве $0 < r < \infty$, $z > 0$ и граничным условиям: $u|_{r \rightarrow 0}$ — ограничена, $u|_{\sqrt{r^2 + z^2} \rightarrow \infty}$ — ограничена;

$$-\frac{\partial u}{\partial z} + hu \Big|_{z=0} = hf(r), \quad (h > 0). \quad (14)$$

В задачах стационарной теплопроводности коэффициент h — коэффициент теплоизлучения поверхности по закону Ньютона. И в этом случае, разделяя переменные, мы приходим к уже рассмотренной выше сингулярной задаче Штурма – Лиувилля (4), (5) и решению в форме интеграла Фурье — Бесселя (10). Предполагая возможным дифференцирование и предельный переход под знаком несобственного интеграла в (10), получим из формулы (14)

$$-\frac{\partial u}{\partial z} + hu \Big|_{z=0} = hf(r) = \int_0^\infty C_v (v + h) J_0(vr) dv.$$

Откуда находим

$$C_v = \frac{v}{v + h} \int_0^\infty hf(r) r J_0(vr) dr. \quad (15)$$

Таким образом, формальное решение третьей краевой задачи для уравнения Лапласа в полупространстве дается формулами (10) и (15).

В качестве примера рассмотрим следующую задачу: массивное тело излучает тепло по закону Ньютона в окружающую среду, температура которой считается постоянной и равной T_0 . Требуется найти стационарное распределение температуры $u(r, z)$ в теле.

Воспользуемся полученным решением (10), (15). Будем иметь: $f(r) = T_0 = \text{const}$. Следовательно (считаем $h = \text{const}$):

$$\begin{aligned} C_v &= \frac{v h T_0}{v + h} \int_0^\infty r J_0(vr) dr = -\frac{h T_0}{v(v + h)} \int_0^a [r J_0'(vr)]' dr = \\ &= -\frac{h T_0}{v(v + h)} r J_0'(vr) \Big|_{r=0}^{r=a} = \frac{h T_0 a}{(v + h)} J_1(va). \end{aligned}$$

Тогда распределение температуры определится формулой:

$$u(r, z) = h T_0 a \int_0^\infty \frac{e^{-vz}}{(v + h)} J_1(va) J_0(vr) dv. \quad (8)$$

Заключение. Полученные аналитические решения краевых задач для уравнения Лапласа в полупространстве могут использоваться, в частности, для математического моделирования задач стационарной теплопроводности. Например, определение температурных полей и их распределение в замкнутом пространстве судовых машинных помещений является актуальной задачей противопожарной безопасности и охраны труда рабочего персонала.

Список литературы

1. Голоскоков Д. П. Уравнения математической физики. Решение задач в системе Maple. — СПб.: Питер, 2004. — 539 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОМАССОВЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АНАЛОГИИ

MODELLING OF MULTIMASS MECHANICAL SYSTEMS ELECTRIC DRIVES THE METHOD OF ELECTRIC ANALOGY

Рассматривается метод электрической аналогии, позволяющий упростить многомассовую расчетную схему механической части электропривода и получить удобные для практического применения формулы ее описания. В основе метода лежат известные и хорошо разработанные алгоритмы расчета электрических цепей.

The method of the electric analogy is considered, allowing to simplify mnogomasso-vuju the settlement scheme of a mechanical part of the electric drive and to receive formulas of its description convenient for practical application. At the heart of a method the known and well developed algorithms of calculation of electric chains lie.

Ключевые слова: моделирование, механическая система, электропривод, механическое сопротивление, расчетная схема, контурные уравнения, узловые уравнения, передаточная функция.

Key words: modelling, mechanical system, the electric drive, mechanical resistance, the settlement scheme, the planimetric equations, the central equations, transfer function.

В БОЛЬШИНСТВЕ случаев механическая часть электропривода представляет собой многомассовую механическую систему, которая сводится путем преобразования к упрощенной, как правило, двухмассовой или трехмассовой системе. Для математического описания и упрощения таких систем удобно пользоваться хорошо разработанными методами анализа электрических цепей. Введем в рассмотрение понятия механического сопротивления и проводимости. Под механическим сопротивлением будем понимать отношение операторных изображений крутящего момента к угловой скорости соответствующего элемента системы

$$Z_{\text{мех}}(P) = \tilde{Z}(P) = \frac{M(P)}{\omega(P)}.$$

Для k -й вращающейся массы момент с учетом демпфирования определяется суммой двух моментов:

$$M_k = M_{\text{нк}} + M_{\text{тр.к}}$$

где: $M_{\text{нк}}$ — избыточный момент; $M_{\text{тр.к}}$ — момент вязкого трения.

В операторной форме записи

$$M_k(P) = J_k p \omega_k(P) + \beta_k \omega_k(P) = (J_k p + \beta_k) \omega_k.$$

Таким образом,

$$\tilde{Z}(P) = J_k p + \beta_k.$$

Для упругого элемента, расположенного, например, между k -й и $(k+1)$ -й вращающимися массами, момент также определяется суммой двух моментов:

$$M_{k,k+1} = M_{\text{фк,к+1}} + M_{\text{тр.к,к+1}},$$

где: $M_{\text{фк,к+1}}$ — упругий момент от сил скручивания; $M_{\text{тр.к,к+1}}$ — момент внутреннего вязкого трения. В операторной форме записи

$$M_{k,k+1}(P) = \frac{c_{k,k+1}}{p} (\omega_k - \omega_{k+1}) + \beta_{k,k+1} (\omega_k - \omega_{k+1}) = \left(\frac{c_{k,k+1}}{p} + \beta_{k,k+1} \right) (\omega_k - \omega_{k+1}).$$

Таким образом,

$$\tilde{Z}_{k,k+1}(P) = c_{k,k+1} / p + \beta_{k,k+1}.$$

Механическая проводимость определяется формулой

$$Y_{\text{мех}}(P) = \tilde{Y}(P) = \frac{1}{\tilde{Z}(P)}.$$

Заменой $p = j\omega$ можно получить комплексные значения механического сопротивления и проводимости.

В общем случае для n вращающихся масс расчетная схема цепной механической системы привода будет иметь вид, как

показано на рис. 1. С учетом введенных понятий механических сопротивления и проводимости ей будет соответствовать структурная цепная схема, приведенная на рис. 2. Здесь роль токов играют угловые скорости вращающихся масс, а роль напряжений (ЭДС) — моменты: M — электромагнитный момент электродвигателя, M_c — момент сопротивления нагрузки. Элементами

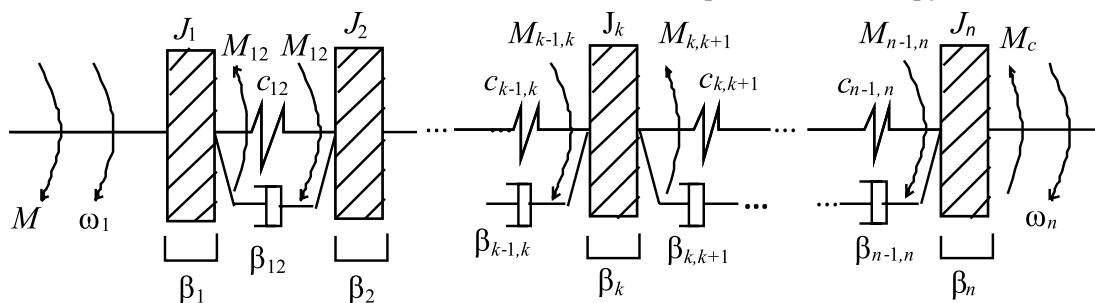


Рис. 1. Расчетная схема n -массовой механической системы привода

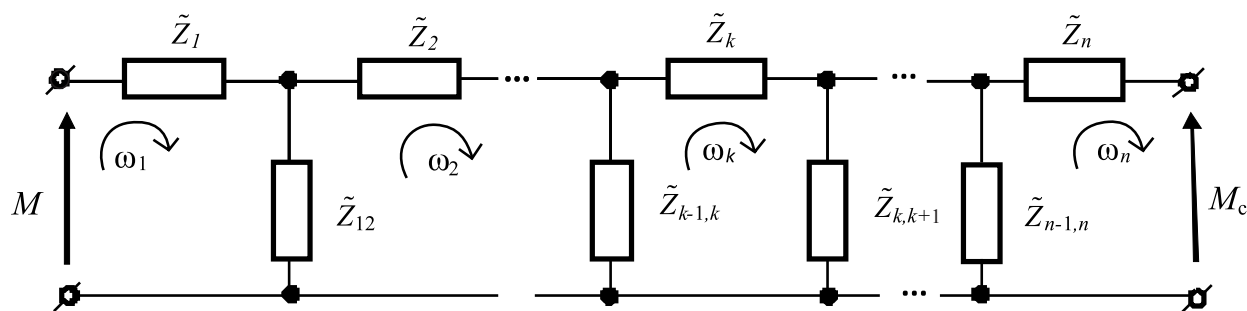


Рис. 2. Цепная схема механической системы привода

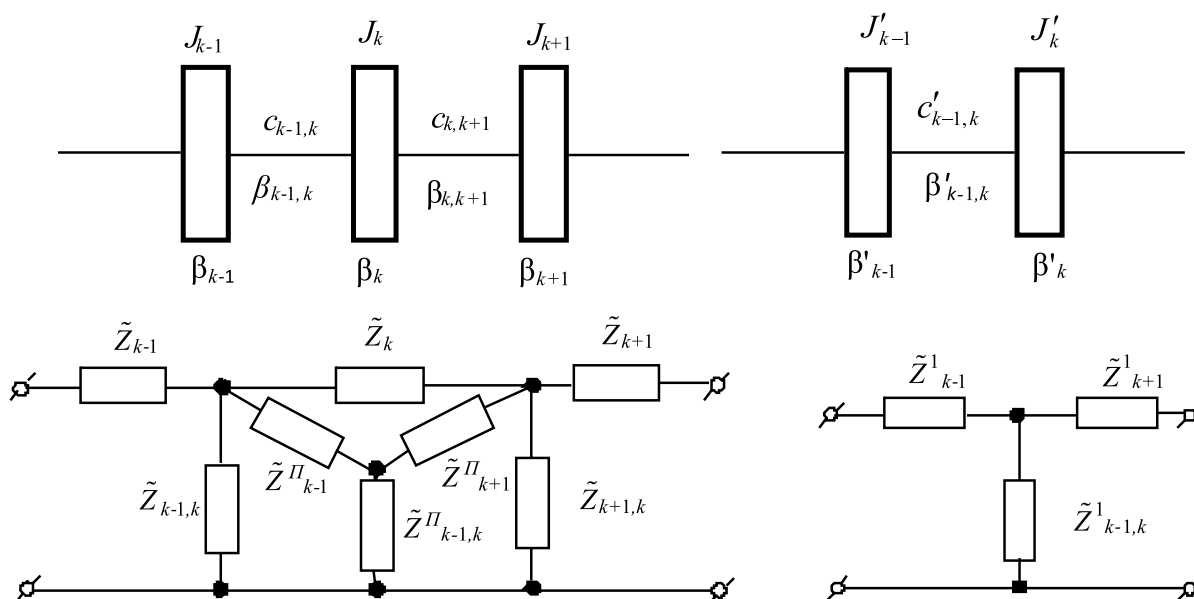


Рис. 3. Структурные схемы преобразования «треугольник – звезда»

схемы являются операторные механические сопротивления.

Для уменьшения числа элементов и связей применяется эквивалентная замена двух инерционных элементов с общей упругой связью на инерционный элемент с двухсторонней упругой связью, и наоборот. Используя метод аналогии, получим формулы преобразования, позволяющие упростить исходную расчетную схему, которая в самом общем случае учитывает диссипацию энергии.

Получим расчетные формулы для эквивалентной замены одного инерционного элемента с двухсторонней упругой связью на два элемента с общей связью (рис. 3). Такой переход возможен, например, при эквивалентной замене трехмассовой механической системы привода на двухмассовую.

Используя аналогию с электрическими цепями и преобразуя сопротивления $\tilde{Z}_{k-1,k}$, $\tilde{Z}_k$, $\tilde{Z}_{k,k+1}$, соединенные в треугольник, в эквивалентную звезду $\tilde{Z}_{k-1}^{\Pi}$, $\tilde{Z}_{k+1}^{\Pi}$, $\tilde{Z}_{k-1,k}^{\Pi}$, на основании известных из теории электрических цепей формул [1] получим:

$$\tilde{Z}_{k-1}^{\Pi} = \frac{\tilde{Z}_k \tilde{Z}_{k-1,k}}{\tilde{Z}_{k-1,k} + \tilde{Z}_k + \tilde{Z}_{k,k+1}};$$

$$\tilde{Z}_{k+1}^{\Pi} = \frac{\tilde{Z}_k \tilde{Z}_{k,k+1}}{\tilde{Z}_{k-1,k} + \tilde{Z}_k + \tilde{Z}_{k,k+1}};$$

$$\tilde{Z}_{k-1,k}^{\Pi} = \frac{\tilde{Z}_{k-1,k} \tilde{Z}_{k,k+1}}{\tilde{Z}_{k-1,k} + \tilde{Z}_k + \tilde{Z}_{k,k+1}}.$$

Складывая сопротивления (рис. 3), получим:

$$\tilde{Z}'_{k-1} = \tilde{Z}_{k-1} + \tilde{Z}_{k-1}^{\Pi}; \quad \tilde{Z}'_k = \tilde{Z}_k + \tilde{Z}_{k-1,k}^{\Pi},$$

$$\tilde{Z}'_{k-1,k} = \tilde{Z}_{k-1,k}^{\Pi} = \frac{c'_{k-1,k}}{p} + \beta'_{k-1,k};$$

$$\tilde{Z}_{k-1} = J_{k-1}p + \beta_{k-1}; \quad \tilde{Z}_k = J_k p + \beta_k;$$

$$\tilde{Z}_{k+1} = J_{k+1}p + \beta_{k+1}; \quad \tilde{Z}_{k-1,k} = \frac{c_{k-1,k}}{p} + \beta_{k-1,k}.$$

Введем обозначения:

$$A(p) = \tilde{Z}_{k-1,k} + \tilde{Z}_k + \tilde{Z}_{k,k+1}; \quad B(p) = \tilde{Z}_{k-1,k} \tilde{Z}_{k,k+1};$$

$$A(p) = \frac{c_{k-1,k} + c_{k,k+1}}{p} + J_k p + \beta_{k-1,k} + \beta_k + \beta_{k,k+1} = \\ = \frac{(c_{k-1,k} + c_{k,k+1} + J_k p^2) + \beta_{\Sigma} p}{p},$$

где $\beta_{\Sigma} = \beta_{k-1,k} + \beta_k + \beta_{k,k+1}$;

$$B(p) = \left(\frac{c_{k-1,k}}{p} + \beta_{k-1,k} \right) \left(\frac{c_{k,k+1}}{p} + \beta_{k,k+1} \right) = \\ = \frac{c_{k-1,k} c_{k,k+1} + c_{k-1,k} \beta_{k,k+1} p + c_{k,k+1} \beta_{k-1,k} p + \beta_{k-1,k} \beta_{k,k+1} p^2}{p^2},$$

$$\tilde{Z}'_{k-1,k}(p) = \frac{B(p)}{A(p)} = \\ = \frac{c_{k-1,k} c_{k,k+1} + (c_{k-1,k} \beta_{k,k+1} + c_{k,k+1} \beta_{k-1,k}) p + \beta_{k-1,k} \beta_{k,k+1} p^2}{(c_{k-1,k} + c_{k,k+1} + J_k p^2 + \sum \beta p) p}.$$

Перейдем к комплексной форме записи

$$\tilde{Z}'_{k-1,k}(j\omega) = \beta'_{k-1,k} + \frac{c'_{k-1,k}}{j\omega} = \\ = \frac{(c_{k-1,k} c_{k,k+1} - \beta_{k-1,k} \beta_{k,k+1} \omega^2) + j\omega (c_{k-1,k} \beta_{k,k+1} + c_{k,k+1} \beta_{k-1,k})}{-\sum \beta \omega^2 + j\omega (c_{k-1,k} + c_{k,k+1} - J_k \omega^2)}.$$

Принимая во внимание рабочие частоты, соотношения между реальными значениями коэффициентов жесткости, демпфирования и моментов инерции, а также отбрасывая бесконечно малые величины, окончательно получим:

$$\beta'_{k-1,k} = \frac{\beta_{k-1,k} c_{k,k+1} + \beta_{k,k+1} c_{k-1,k}}{c_{k-1,k} + c_{k,k+1}} - \\ - \frac{c_{k-1,k} c_{k,k+1}}{(c_{k-1,k} + c_{k,k+1})^2} (\beta_{k-1} + \beta_k + \beta_{k-1,k}).$$

Или

$$\beta'_{k-1,k} = \frac{\beta_{k-1,k} e_{k-1,k} + \beta_{k,k+1} e_{k,k+1}}{e_{k-1,k} + e_{k,k+1}} - \\ - \frac{e_{k-1,k} e_{k,k+1}}{(e_{k-1,k} + e_{k,k+1})^2} (\beta_{k-1} + \beta_k + \beta_{k-1,k});$$

$$c'_{k-1,k} = \frac{c_{k-1,k} c_{k,k+1}}{c_{k-1,k} + c_{k,k+1}}; \quad e'_{k-1,k} = e_{k-1,k} + e_{k,k+1}.$$

Определим значение механического сопротивления $\tilde{Z}'_{k-1}$:

$$\tilde{Z}'_{k-1} = \tilde{Z}_{k-1} + \tilde{Z}_{k-1}^{\Pi}; \quad \tilde{Z}_{k-1}^{\Pi} = \frac{\tilde{Z}_k \tilde{Z}_{k-1,k}}{A(p)} = \frac{M(p)}{A(p)};$$

$$M(p) = (J_k p + \beta_k) \left(\frac{c_{k-1,k}}{p} + \beta_{k-1,k} \right) = \\ = J_k c_{k-1,k} + \frac{\beta_k c_{k-1,k}}{p} + J_k \beta_{k-1,k} p + \beta_k \beta_{k-1,k};$$

$$\tilde{Z}_{k-1}^{\Pi}(p) = \frac{M(p)}{A(p)} =$$

$$= \frac{\beta_k c_{k-1,k} + (J_k c_{k-1,k} + \beta_k \beta_{k-1,k})p + J_k \beta_{k-1,k} p^2}{c_{k-1,k} + c_{k,k+1} + J_k p^2 + \beta_k p}.$$

В комплексной форме записи

$$\tilde{Z}_{k-1}^{\Pi}(j\omega) = \frac{\beta_k c_{k-1,k} - J_k \beta_{k-1,k} \omega^2 + j\omega (J_k c_{k-1,k} + \beta_k \beta_{k-1,k})}{c_{k-1,k} + c_{k,k+1} - J_k \omega^2 + j\beta_k \omega}.$$

После преобразований, аналогичных рассмотренному выше случаю, получим следующие расчетные формулы:

$$\beta_{k-1}^{\Pi} = \beta_k \frac{c_{k-1,k}}{c_{k-1,k} + c_{k,k+1}};$$

$$\beta_{k-1}' = \beta_{k-1} + \beta_{k-1}^{\Pi} = \beta_{k-1} + \beta_k \frac{c_{k-1,k}}{c_{k-1,k} + c_{k,k+1}};$$

$$\beta_{k-1}' = \beta_{k-1} + \beta_k \frac{c_{k-1,k}}{c_{k,k+1}} = \beta_{k-1} + \beta_k \frac{e_{k,k+1}}{e_{k-1,k}};$$

$$J_{k-1}' = J_{k-1} + J_k \frac{c_{k-1,k}}{c_{k-1,k} + c_{k,k+1}} = J_{k-1} + J_k \frac{c_{k-1,k}}{c_{k,k+1}} =$$

$$= J_{k-1} + J_k \frac{e_{k,k+1}}{e_{k-1,k}}.$$

Определим значение механического сопротивления $\tilde{Z}_k'$:

$$\tilde{Z}_k' = \tilde{Z}_{k+1} + \tilde{Z}_{k+1}^{\Pi}, \quad \tilde{Z}_{k+1}^{\Pi} = \frac{\tilde{Z}_k \tilde{Z}_{k,k+1}}{A(p)} = \frac{N(p)}{A(p)};$$

$$N(p) = (J_k p + \beta_k) \left(\frac{c_{k,k+1}}{p} + \beta_{k,k+1} \right).$$

Дальнейший вывод аналогичен вычислению значений β_{k-1}' и J_{k-1}' .

Окончательно получим:

$$\beta_k' = \beta_{k+1} + \beta_k \frac{c_{k,k+1}}{c_{k-1,k} + c_{k,k+1}} =$$

$$= \beta_{k+1} + \beta_k \frac{c_{k-1,k}}{c_{k-1,k}} = \beta_{k+1} + \beta_k \frac{e_{k-1,k}}{e_{k-1,k}};$$

$$J_k' = J_{k-1} + J_k \frac{c_{k,k+1}}{c_{k-1,k} + c_{k,k+1}} =$$

$$= J_{k+1} + J_k \frac{c_{k-1,k}}{c_{k-1,k}} = J_{k+1} + J_k \frac{e_{k-1,k}}{e_{k-1,k}}.$$

Таким образом, для замены одного инерционного элемента с двухсторонней упругой связью на два элемента с общей связью (например, для перехода от трехмассовой системы к двухмассовой) в общем случае нужно соблюдать соотношения:

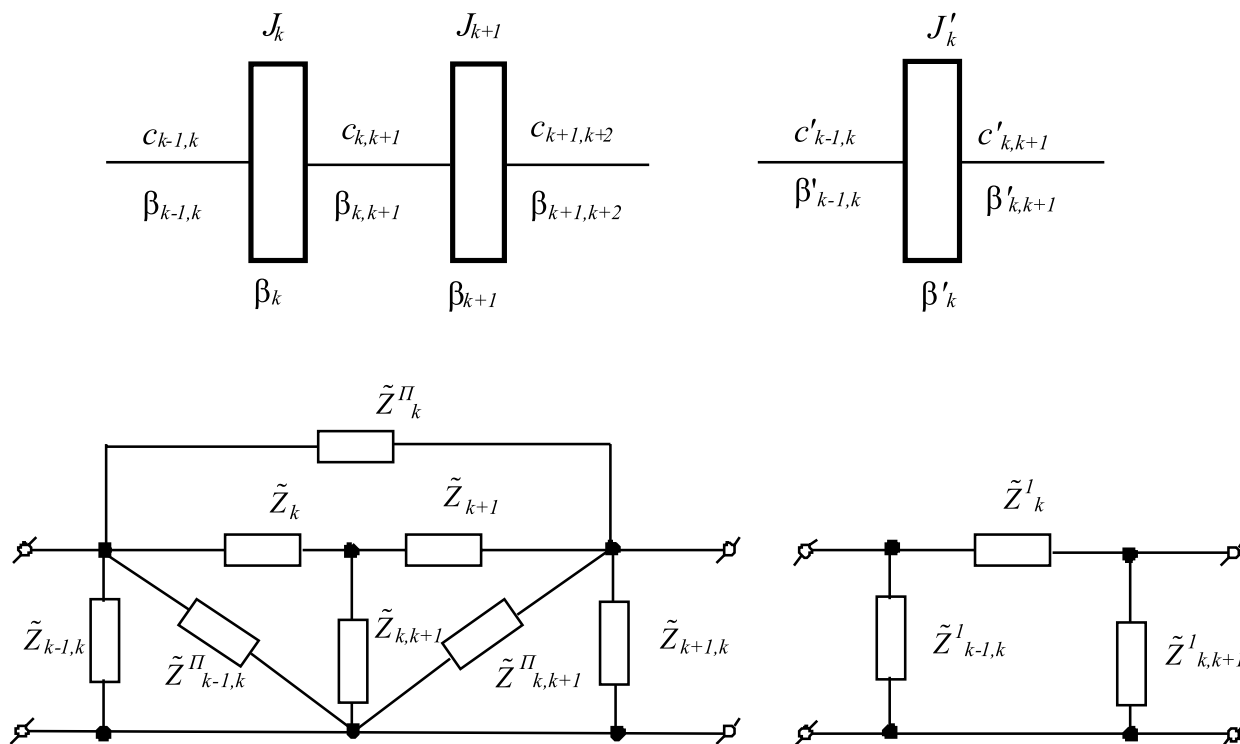


Рис. 4. Структурные схемы преобразования «звезда – треугольник»

$$\left\{ \begin{array}{l} J'_{k-1} = J_{k-1} + J_k \frac{e_{k,k+1}}{e'_{k-1,k}}; \\ J'_k = J_{k+1} + J_k \frac{e_{k-1,k}}{e'_{k-1,k}}; \\ e'_{k-1,k} = e_{k-1,k} + e_{k,k+1}; \\ \beta'_{k-1} = \beta_{k-1} + \beta_k \frac{e_{k,k+1}}{e'_{k-1,k}}; \beta'_k = \beta_{k+1} + \beta_k \frac{e_{k-1,k}}{e'_{k-1,k}}; \\ \beta'_{k-1,k} = \frac{\beta_{k-1,k} e_{k-1,k} + \beta_{k,k+1} e_{k,k+1}}{e_{k-1,k} + e_{k,k+1}} - \\ - \frac{e_{k-1,k} e_{k,k+1}}{(e_{k-1,k} + e_{k,k+1})^2} (\beta_{k-1} + \beta_k + \beta_{k-1,k}). \end{array} \right. \quad (1)$$

В том случае, если диссипация энергии отсутствует или ею можно пренебречь, значения коэффициентов β'_{k-1} , β'_k , $\beta'_{k-1,k}$ (в отдельности или все вместе) принимаются равными нулю.

Получим расчетные формулы, позволяющие осуществить эквивалентную замену двух инерционных элементов с общей упругой связью на один инерционный элемент с двухсторонней упругой связью (рис. 4). Такой переход возможен, например, при эквивалентной замене четырехмассовой механической системы на трехмассовую. Воспользуемся аналогией с электрическими цепями и преобразуем сопротивления $\tilde{Z}_k$, $\tilde{Z}_{k+1}$, $\tilde{Z}_{k,k+1}$, соединенные в звезду, в эквивалентный треугольник $\tilde{Z}^{\Pi}_{k-1,k}$, $\tilde{Z}^{\Pi}_{k,k+1}$.

На основании известных из теории электрических цепей формул [1] получим:

$$\tilde{Z}^{\Pi}_{k+1} = \tilde{Z}_k + \tilde{Z}_{k+1} + \frac{\tilde{Z}_k \tilde{Z}_{k+1}}{\tilde{Z}_{k,k+1}};$$

$$\tilde{Z}^{\Pi}_{k-1,k} = \tilde{Z}_k + \tilde{Z}_{k,k+1} + \frac{\tilde{Z}_k \tilde{Z}_{k,k+1}}{\tilde{Z}_{k+1}};$$

$$\tilde{Z}^{\Pi}_{k,k+1} = \tilde{Z}_{k+1} + \tilde{Z}_{k,k+1} + \frac{\tilde{Z}_{k+1} \tilde{Z}_{k,k+1}}{\tilde{Z}_k}.$$

Складывая проводимости (рис. 4), можно записать:

$$\tilde{Y}'_{k-1,k} = \tilde{Y}_{k-1,k} + \tilde{Y}^{\Pi}_{k-1,k},$$

$$\tilde{Y}'_{k,k+1} = \tilde{Y}_{k,k+1} + \tilde{Y}^{\Pi}_{k,k+1},$$

$$\tilde{Z}'_k = \tilde{Z}^{\Pi}_{k+1} = J'_k p + \beta'_k.$$

В этих формулах

$$\tilde{Z}_k = J_k p + \beta_k; \quad \tilde{Z}'_{k+1} = J_{k+1} p + \beta_{k+1};$$

$$\tilde{Z}_{k,k+1} = \frac{c_{k,k+1}}{p} + \beta_{k,k+1};$$

$$\tilde{Y}_{k-1,k} = 1/\tilde{Z}_{k-1,k} = \frac{p}{c_{k,k+1} + \beta_{k,k+1} p};$$

$$\tilde{Y}'_{k+1,k+2} = 1/\tilde{Z}'_{k+1,k+2} = \frac{p}{c_{k+1,k+2} + \beta_{k+1,k+2} p}.$$

Операторное сопротивление $\tilde{Z}'_k$ будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \tilde{Z}'_k &= \beta_k + \beta_{k+1} + (J_k + J_{k+1})p + \\ &+ \frac{(J_k p + \beta_k)(J_{k+1} p + \beta_{k+1})p}{c_{k,k+1} + \beta_{k,k+1} p}. \end{aligned}$$

Раскрывая скобки и переходя к комплексной форме записи, получим:

$$\begin{aligned} \tilde{Z}'_k(j\omega) &= \beta_k + \beta_{k+1} + j\omega(J_k + J_{k+1}) + \\ &+ \frac{-(\beta_k J_{k+1} + \beta_{k+1} J_k)\omega^2 + j\omega(\beta_k \beta_{k+1} - J_k J_{k+1} \omega^2)}{c_{k,k+1} + j\omega \beta_{k,k+1}}. \end{aligned}$$

Принимая во внимание рабочие частоты, соотношения между реальными значениями коэффициентов жесткости, демпфирования и моментов инерции, а также отбрасывая бесконечно малые величины, окончательно получим

$$\tilde{Z}'_k(j\omega) = \beta'_k + j\omega J'_k, \text{ где } \beta'_k = \beta_k + \beta_{k+1};$$

$$J'_k = J_k + J_{k+1}.$$

Определим значение механической проводимости $\tilde{Y}'_{k-1,k}$:

$$\tilde{Y}'_{k-1,k} = \tilde{Y}_{k-1,k} + \tilde{Y}^{\Pi}_{k-1,k},$$

где

$$\tilde{Y}^{\Pi}_{k-1,k} = \frac{\tilde{Z}_{k+1}}{\tilde{Z}_k \tilde{Z}_{k+1} + \tilde{Z}_{k+1} \tilde{Z}_{k,k+1} + \tilde{Z}_k \tilde{Z}_{k,k+1}} = \frac{\tilde{Z}_{k+1}}{\tilde{Z}^{\Pi}_{k+1} \tilde{Z}_{k,k+1}}.$$

Подставляя вместо операторных механических сопротивлений $\tilde{Z}_{k+1}$, $\tilde{Z}^{\Pi}_{k+1}$ и $\tilde{Z}_{k,k+1}$ их значения, выраженные через физические параметры J_k , J_{k+1} , $c_{k,k+1}$, β_{k+1} , $\beta_{k,k+1}$, а также переходя к комплексной форме записи и выделяя вещественную и мнимую составляющие, аналогично изложенному выше получим:

$$\beta^{\Pi}_{k-1,k} = \beta_k + \beta_{k+1} \frac{J'_k}{J_{k+1}}; \quad e^{\Pi}_{k-1,k} = e_{k,k+1} \frac{J_{k+1}}{J'_k}.$$

После сложения проводимостей $\tilde{Y}_{k-1,k}$, $\tilde{Y}_{k-1,k}^{\Pi}$ и преобразований получим расчетные формулы для вычисления эквивалентных коэффициентов демпфирования и податливости:

$$\beta'_{k-1,k} = \beta_{k-1,k}^{\Pi} \frac{c_{k-1,k}^2}{(c_{k-1,k}^{\Pi} + c_{k-1,k})^2} + \beta_{k-1,k} \frac{(c_{k-1,k}^{\Pi})^2}{(c_{k-1,k}^{\Pi} + c_{k-1,k})^2},$$

$$e'_{k-1,k} = e_{k-1,k} + e_{k,k+1} \frac{J_{k+1}}{J'_k}.$$

Значение механической проводимости $\tilde{Y}'_{k+1,k+2}$ определяется аналогичным образом.

Подставляя в формулы для вычисления искомых коэффициентов $\beta'_{k-1,k}$ и $\beta'_{k,k+1}$ вместо $\beta_{k-1,k}^{\Pi}$ и $\beta_{k,k+1}^{\Pi}$ их значения, окончательно получим расчетные формулы для эквивалентной замены двух инерционных элементов на один элемент:

$$\left\{ \begin{aligned} J'_k &= J_k + J_{k+1}; \beta'_k = \beta_k + \beta_{k+1}; \\ e'_{k-1,k} &= e_{k-1,k} + e_{k,k+1} \frac{J_{k+1}}{J'_k}; \\ e'_{k,k+1} &= e_{k+1,k+2} + e_{k,k+1} \frac{J_k}{J'_k}; \\ \beta'_{k-1,k} &= \left(\beta_k + \beta_{k,k+1} \frac{J'_k}{J_{k+1}} \right) \left(\frac{e_{k,k+1} J_{k+1}}{e'_{k-1,k} J'_k} \right)^2 + \\ &+ \beta_{k-1,k} \left(\frac{e_{k-1,k}}{e'_{k-1,k}} \right); \\ \beta'_{k,k+1} &= \left(\beta_{k+1} + \beta_{k,k+1} \frac{J'_k}{J_k} \right) \left(\frac{e_{k,k+1} J_k}{e'_{k,k+1} J'_k} \right)^2 + \\ &+ \beta_{k+1} \left(\frac{e_{k,k+1}}{e'_{k,k+1}} \right). \end{aligned} \right. \quad (2)$$

Формулы (2) используются, например, для перехода от четырехмассовой механической системы к трехмассовой.

В случае, если диссипация энергии отсутствует или ею можно пренебречь, значения коэффициентов β_k , β_{k+1} , $\beta_{k-1,k}$, $\beta_{k,k+1}$ в отдельности или все вместе в системе уравнений (2) принимаются равными нулю.

Эквивалентная расчетная схема является основой для математического описания механической системы привода.

Запишем уравнение движения привода для k -й вращающейся массы:

$$M_{\text{дв}} - M_c = M_{\text{и}}.$$

Здесь

$$M_{\text{дв}} = M_{\varphi k-1,k} + M_{\text{тр},k-1,k};$$

$$M_c = M_{\varphi k,k+1} + M_{\text{тр},k,k+1} + M_{\text{тр},k}.$$

Откуда:

$$M_{\varphi k-1,k} + M_{\text{тр},k-1,k} - M_{\varphi k,k+1} - M_{\text{тр},k,k+1} = J_k p \omega_k + M_{\text{тр},k};$$

$$\left(\frac{c_{k-1,k}}{p} + \beta_{k-1,k} \right) (\omega_{k-1} - \omega_k) -$$

$$- \left(\frac{c_{k,k+1}}{p} + \beta_{k,k+1} \right) (\omega_k - \omega_{k+1}) = (J_k p + \beta_k) \omega_k.$$

Конкретизируем запись уравнений для первой и n -й масс.

Для первой массы: $k = 1$, $M_{k-1,k} = 0$, $M_{\text{тр},k-1,k} = 0$.

Таким образом, получим:

$$M - M_{12} - M_{\text{мп},12} = J_1 p \omega_1 + M_{\text{тр},1};$$

откуда следует:

$$M - \left(\frac{c_{12}}{p} + \beta_{12} \right) (\omega_1 - \omega_2) = (J_1 p + \beta_1) \omega_1.$$

Для n -й массы: $k = n$, $M_{k,k+1} = 0$, $M_{\text{тр},k,k+1} = 0$.

Таким образом, получим:

$$M_{\varphi n-1,n} + M_{\text{тр},n-1,n} - M_c = J_n p \omega_n + M_{\text{тр},n};$$

откуда следует:

$$\left(\frac{c_{n-1,n}}{p} + \beta_{n-1,n} \right) (\omega_{n-1} - \omega_n) - M_c = (J_n p + \beta_n) \omega_n.$$

Используя понятия механических сопротивлений и проводимости, уравнение движения для k -й массы примет вид:

$$\tilde{Z}_{k-1,k} (\omega_{k-1} - \omega_k) - \tilde{Z}_{k,k+1} (\omega_k - \omega_{k+1}) = \tilde{Z}_k \omega_k,$$

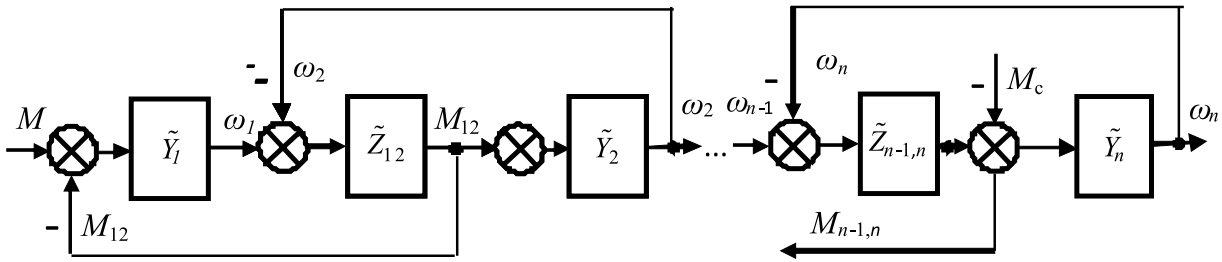
где $\tilde{Z}_k = J_k p + \beta_k$, $\tilde{Z}_{k-1,k} = c_{k-1,k} / p + \beta_{k-1,k}$,

$$\tilde{Z}_{k,k+1} = c_{k,k+1} / p + \beta_{k,k+1}.$$

Изменяя k от 1 до n , получим общую систему уравнений:

$$\left\{ \begin{aligned} M - \tilde{Z}_{12} (\omega_1 - \omega_2) &= \tilde{Z}_1 \omega_1 \\ \tilde{Z}_{12} (\omega_1 - \omega_2) - \tilde{Z}_{23} (\omega_2 - \omega_3) &= \tilde{Z}_2 \omega_2 \\ &\dots \\ \tilde{Z}_{k-1,k} (\omega_{k-1} - \omega_k) - \tilde{Z}_{k,k+1} (\omega_k - \omega_{k+1}) &= \tilde{Z}_k \omega_k \\ &\dots \\ \tilde{Z}_{n-1,n} (\omega_{n-1} - \omega_n) - M_c &= \tilde{Z}_n \omega_n \end{aligned} \right. \quad (3)$$

Структурная схема механической системы привода будет иметь вид как на рис. 5.

Рис. 5. Структурная схема n -массовой механической системы

Аналогия с электрическими цепями позволяет на основании эквивалентной расчетной схемы и соответствующей ей структурной цепной схемы n -массовой механической системы привода сразу же записать систему операторных уравнений, описывающих ее динамику.

В случае, если неизвестными величинами являются угловые скорости вращающихся масс, такая система уравнений по аналогии с методом контурных токов будет иметь следующий вид [1, 2]:

$$\begin{cases} (\tilde{Z}_1 + \tilde{Z}_{12})\omega_1 - \tilde{Z}_{12}\omega_2 = M \\ -\tilde{Z}_{12}\omega_1 + (\tilde{Z}_{12} + \tilde{Z}_2 + \tilde{Z}_{23})\omega_2 - \tilde{Z}_{23}\omega_3 = 0 \\ \dots \\ -\tilde{Z}_{n-1,n}\omega_{n-1} + (\tilde{Z}_{n-1,n} + \tilde{Z}_n)\omega_n = -M_c \end{cases} \quad (4)$$

В приведенных уравнениях $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ — неизвестные угловые скорости, которые играют роль контурных токов.

Если неизвестными величинами являются моменты в упругих связях, удобно использовать аналогию с методом узловых потенциалов, при этом уравнения будут иметь следующий вид:

$$\begin{cases} (\tilde{Y}_1 + \tilde{Y}_{12} + \tilde{Y}_2)M_{12} - \tilde{Y}_2M_{23} = \tilde{Y}_1M \\ -\tilde{Y}_2M_{12} + (\tilde{Y}_2 + \tilde{Y}_{23} + \tilde{Y}_3)M_{23} - \tilde{Y}_3M_{34} = 0 \\ \dots \\ -\tilde{Y}_{n-1}M_{n-2,n-1} + (\tilde{Y}_{n-1} + \tilde{Y}_{n-1,n} + \tilde{Y}_n)M_{n-1,n} = -\tilde{Y}_nM_c \end{cases} \quad (5)$$

Неизвестные моменты $M_{12}, M_{23}, \dots, M_{n-1,n}$ играют роль узловых потенциалов.

Рассмотрим еще одно применение метода электрической аналогии, которое может быть использовано для решения задач анализа механической части привода методами

ТАУ. Введем в рассмотрение понятия входного и выходного операторных механических сопротивлений. Под входным механическим сопротивлением будем понимать отношение операторных изображений момента двигателя к угловой скорости первой вращающейся массы при условии, что внешний момент сопротивления равен нулю:

$$Z_{\text{мех.вх.}}(P) = \tilde{Z}_{\text{вх}}(P) = M(P)/\omega_1(P) \text{ при } M_c = 0.$$

Выходное механическое сопротивление определим как

$$Z_{\text{мех.вых.}}(P) = \tilde{Z}_{\text{вых}}(P) = M_c(P)/\omega_n(P) \text{ при } M = 0.$$

Очевидно, что входная проводимость

$$\tilde{Y}_{\text{вх}}(P) = 1/\tilde{Z}_{\text{вх}}(P) = \omega_1(P)/M(P) \quad (6)$$

будет определять передаточную функцию по управляющему воздействию, а выходная проводимость

$$\tilde{Y}_{\text{вых}}(P) = 1/\tilde{Z}_{\text{вых}}(P) = \omega_n(P)/M_c(P) \quad (7)$$

будет определять передаточную функцию по возмущающему воздействию.

Численные значения $\tilde{Z}_{\text{вх}}(P)$ и $\tilde{Z}_{\text{вых}}(P)$ можно определить по цепной механической схеме (рис. 2) по аналогии с расчетом эквивалентных входного и выходного электрических сопротивлений. Нетрудно заметить, что, например, для двухмассовой расчетной схемы формулы имеют следующий вид:

$$\tilde{Z}_{\text{вх}}(P) = (\tilde{Z}_1\tilde{Z}_2 + \tilde{Z}_1\tilde{Z}_{12} + \tilde{Z}_{12}\tilde{Z}_2)/(\tilde{Z}_2 + \tilde{Z}_{12});$$

$$\tilde{Z}_{\text{вых}}(P) = (\tilde{Z}_1\tilde{Z}_2 + \tilde{Z}_1\tilde{Z}_{12} + \tilde{Z}_{12}\tilde{Z}_2)/(\tilde{Z}_1 + \tilde{Z}_{12}).$$

Для получения передаточной функции по управляемой переменной (по угловой скорости) запишем по аналогии со вторым законом Кирхгофа уравнение для внешнего контура структурной цепной схемы (рис. 2) при

$M_c = 0$. В результате получим:

$$M = \tilde{Z}_1 \omega_1 + \dots + \tilde{Z}_{n-1} \omega_{n-1} + \tilde{Z}_n \omega_n.$$

$$\tilde{Z}_{ax}(P) = M(P) / \omega_1(P) = \tilde{Z}_1 + \dots + \\ + \tilde{Z}_{n-1} \omega_{n-1} / \omega_1 + \tilde{Z}_n \omega_n / \omega_1.$$

Откуда искомая передаточная функция будет иметь вид:

$$W(P) = \omega_n(P) / \omega_1(P) = \tilde{Y}_n \left[\left(\tilde{Z}_{ax} \right)_n - \left(\tilde{Z}_{ax} \right)_{n-1} \right]. \quad (8)$$

Индекс при круглых скобках означает количество звеньев механической цепной схемы, которые учитываются при вычислении входного механического сопротивления.

Полученные выражения (6)–(8) позволяют без дополнительных исследований и преобразований сразу же записать формулы для передаточных функций конкретной механической системы привода.

Таким образом, применение метода электрической аналогии позволило получить в самом общем виде формулы (1), (2) упрощения исходной расчетной схемы многомассовой механической системы электропривода и формулы (3)–(8) ее математического описания, удобные для моделирования и исследования динамики этой системы в операторной и в классической формах записи.

Список литературы

1. Демирчян К. С. Теоретические основы электротехники: учебник для вузов / К. С. Демирчян, Л. Р. Нейман, Н. В. Коровкин, В. Л. Чечурин. 4-е изд., Т. 1. — СПб.: Питер, 2006. — 463 с.
2. Михайлов О. П. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов: учебник для вузов / О. П. Михайлов. — М.: Машиностроение, 1990. — 304 с.

УДК 004.04

Н. О. Сапунов,
СПГУВК

ИНТЕГРАЦИЯ РАЗНОРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ДАННЫХ ПОСРЕДСТВОМ XML WEB-СЕРВИСОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМ ПРОЦЕССОМ

INTEGRATING HETEROGENEOUS DATA SOURCE THROUGH XML WEB-SERVICES FOR MANAGEMENT OF TRANSPORT PROCESS

Одной из старейших задач в области разработки информационных систем, несомненно, можно назвать интеграцию разнородных гетерогенных данных. Допустим, есть несколько гетерогенных источников данных, которые связаны на логическом уровне, и имеется задача обеспечить возможность унифицированного доступа к этим данным, как будто бы они имеют единое логическое представление.

В статье предлагается новый метод интеграции разнородных гетерогенных источников данных посредством XML Web-сервисов, основанный на операциях над деревьями и XSLT преобразованиях.

One of the oldest problems in the field of information systems development can certainly be called the integration of diverse heterogeneous data. Assume there are several heterogeneous data sources, which are related to the logical level, and there is a problem allow unified access to these data as if they have a single logical view.

The paper proposes a new method of integrating heterogeneous data source via XML Web-services based on operations over the trees and XSLT transformations.

Ключевые слова: веб-сервис, интеграция данных, xml, распределенные приложения.

Key words: web services, data integration, xml, distributed applications.



ОДНОЙ из старейших задач в области разработки информационных систем, несомненно, можно назвать интеграцию разнородных гетерогенных данных. Допустим, есть несколько гетерогенных источников данных, которые связаны на логическом уровне, и имеется задача обеспечить возможность унифицированного доступа к этим данным, как будто бы они имеют единое логическое представление.

Интеграцию веб-сервисов можно разделить на два этапа — подготовительный и рабочий. Прежде чем адресовать запросы интеграционной системе, необходимо выполнить ряд подготовительных действий, таких как создание глобальной схемы интегрируемых данных в терминах XML. Во время подготовительных действий происходит работа с метаданными, а не с данными. Глобальная схема данных может быть произвольной, и отображение локальных источников на нее является нетривиальным: документы могут подвергаться сложным трансформациям, на их основе могут строиться новые документы, которые затем вновь подвергаются трансформациям, и т. д. В общем смысле эта задача может быть переформулирована следующим образом: пусть имеются некоторые данные, соответствующие схеме A . Как преобразовать эти данные, чтобы они соответствовали схеме B ?

Алгоритм

1. Подготовительный этап
 - а. Построение словаря предметной области.
 - б. Выставление каждому термину предметной области уникального веса.
2. Рабочий этап
 - а. Построение дерева по XML-схеме.
 - б. Преобразование исходного дерева к бинарному виду.
 - в. Приведение дерева к канонической форме (используя веса, определенные в 1.б).
 - д. Определение класса эквивалентности.
 - е. Заключение о пригодности.
 - ф. Построение выражений для преобразования данных.

1.а. Построение словаря предметной области

Словарь предметной области составляется автоматически при анализе ответа от эталонного веб-сервиса. В него должны входить все термины, которые могут встретиться в XML-документах, предоставляемых веб-сервисами.

1.б. Выставление каждому термину уникального веса

На основе составленного словаря строится дерево (узлами являются термины). Каждому термину присваивается вес (чем ближе узел к корню дерева, тем меньше вес). Все веса уникальны, т. е. никакие два узла не могут иметь одинаковый вес.

2.а. Построение дерева по XML-схеме

Определение 1

Формально XML схему можно описать следующим образом:

$$XSD ::= \langle P, L, A, Q \rangle,$$

$P = \{ p_n \}$ — множество элементов любой природы;

$L = \{ l_j \}$ — семейство упорядоченных пар элементов из P ;

$A = \{ a_k \}$ — множество атрибутов элементов,

$Q = \{ q_m \}$ — семейство упорядоченных пар элементов из P и A ;

N — количество элементов;

J — количество связей между элементами;

K — количество атрибутов;

M — количество атрибутов.

Определение 2

Формально граф можно описать следующим образом:

$$G ::= \langle V, E \rangle,$$

где:

$V = \{ v_n \}$ — множество элементов любой природы,

$E = \{ e_j \}$ — семейство пар элементов из V .

Алгоритм. Преобразование XML-схемы в дерево

1. $V = P \cup A$. Вершины результирующего графа — это множество всех элементов и их атрибутов исходной XML-схемы.

2. $E = L \cup Q$. Дуги результирующего дерева — это множество дуг между элементами плюс множество дуг между элементами и их атрибутами.

Полученный граф является деревом, так как он связанный и не содержит циклов.

2.b. Преобразование исходного дерева к бинарному виду

Переход от произвольного дерева к его бинарному эквиваленту не только облегчает анализ логической структуры, но также упрощает машинное представление, т. е. физическую структуру дерева.

Преобразование произвольного дерева с упорядоченными узлами в бинарное сводится к следующим действиям: сначала в каждом узле исходного дерева вычеркиваем все ветви, кроме самой левой ветви, которая соответствует ссылке на старшего сына. После этого в получившемся графе соединяем горизонтальными ветвями те узлы одного уровня, которые являются «братьями» в исходном дереве. В получившемся таким образом дереве левым (старшим) сыном каждого узла X считается непосредственно находящийся под ним узел (если он есть), а в качестве правого (младшего) сына — соседний справа брат для X , если таковой имеется.

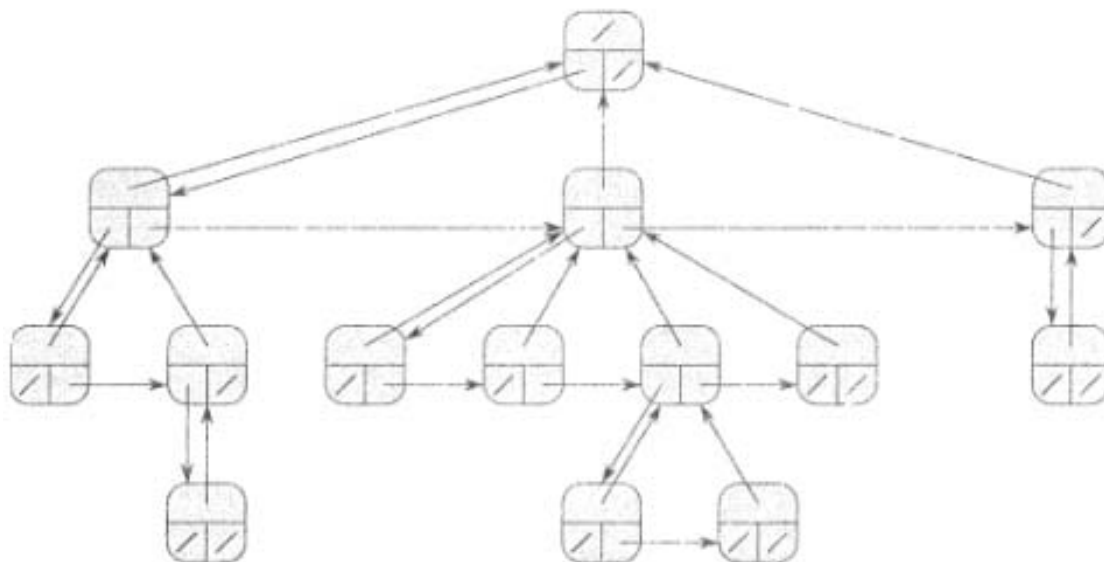
2.c. Приведение дерева к канонической форме

1. Проведение проверки на соответствие словаря исходного дерева словарю, сформированному в п. 1.a. В случае несоответствия словарей прекращаем выполнение алгоритма, так как приведение к канонической форме в таком случае невозможно.

2. Преобразования исходного дерева. Результатом этих преобразований должно быть дерево, в котором вес каждого родителя меньше веса каждого из его потомков. Преобразования производятся посредством следующих операций:

а. **Вращение.** Вращения представляют собой локальную операцию (меняются несколько указателей) и сохраняют свойство упорядоченности. Левое вращение возможно в любой вершине x , правый ребенок которой (назовем его y) не является листом (NIL). После вращения y оказывается сверху, x становится левым ребенком y , а бывший левый ребенок y — правым ребенком x . Правое вращение возможно в любой вершине x , левый ребенок которой (назовем его y) не является листом (NIL). После вращения y оказывается сверху, x становится правым ребенком y , а бывший правый ребенок y — левым ребенком x .

б. **Поиск вершины.** Процедура поиска выполняется следующим образом: в текущей вершине сравниваем ключи искомой вершины с ключом этой вершины. Если ключи совпадают, значит нашли вершину, иначе если ключ в этой вершине больше искомого, то



идем к левому ребенку, иначе — к правому. Процедура заканчивается при нахождении вершины или если мы находимся в листе (NIL).

Алгоритм:

а. Если дерево пусто, сообщить, что узел не найден, и остановиться.

б. Иначе сравнить K со значением ключа корневого узла X .

с. Если $K = X$, выдать ссылку на этот узел и остановиться.

д. Если $K > X$, рекурсивно искать ключ K в правом поддереве T .

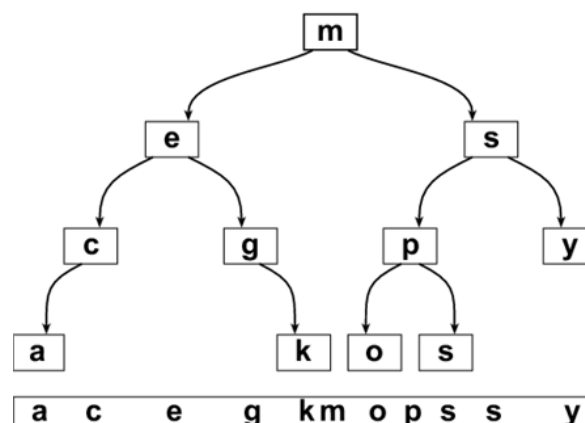
е. Если $K < X$, рекурсивно искать ключ K в левом поддереве T .

2.d. Определение класса эквивалентности

Для получения формулы дерева используем форму Бекуса – Наура.

$$\langle \text{дерево} \rangle ::= (\langle \text{данные} \rangle \langle \text{дерево} \rangle \langle \text{дерево} \rangle) \mid \text{nil}$$

То есть двоичное дерево либо является пустым, либо состоит из данных и двух поддеревьев (каждое из которых может быть пустым). Очевидным, но важным для понимания фактом является то, что каждое поддерево в свою очередь тоже является деревом. Если у некоторого узла оба поддерева пустые, то он называется листовым узлом.



2.e. Заключение о пригодности

В случае полной эквивалентности формул, построенных по полученному дереву и по дереву, взятому за каноническую форму, данные считаются пригодными для дальнейшего преобразования.

2.f. Построение выражений для преобразования данных

Каждой операции над деревом ставится в соответствие XSLT-преобразование, которое изменяет соответствующим образом XML-данные.

Для приведения XML к канонической форме к нему последовательно применяется все полученные XSLT-преобразования. После применения данных преобразований к XML, полученному в качестве ответа от веб-сервиса, XML будет приведен к единому формату.

Список литературы

1. Hochgurtel B. C# and Java: Cross-platform Web-services. <http://flylib.com>.
2. Batini C., Lenzerini M., Navathe S. A Comparative Analysis of Methodologies for Database Schema Integration ACM Computer Surveys. <http://flylib.com>.
3. Sheth A., Larson J. Federated Database Systems for Managing Distributed, Heterogeneous, and Autonomous Databases ACM Computing Surveys. <http://flylib.com>.
4. Grinev M., Kuznetsov S. UQL: A Query Language on Integrated Data in Terms of UML, Programming and Computer Software. <http://flylib.com>.
5. Wiederhold G. Mediators in the Architecture of Future Information Systems IEEE Computer. <http://flylib.com>.
6. Chawathe S., Hammer J., Ireland K., Papakonstantinou Y., Ullman J. The TSIMMIS Project: Integration of Heterogeneous Information Sources. <http://flylib.com>.

РАСПОЗНАВАНИЕ ИЗОМОРФИЗМА АЛГОРИТМИЧЕСКИХ СЕТЕЙ
ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВIDENTIFICATION OF ISOMORPHISM ALGORITHMIC NETWORKS FOR
MODELLING OF TRANSPORT PROCESSES

Статья посвящена определению изоморфности алгоритмических сетей и описанию необходимых преобразований для реализации на основе принципа деления вершин на классы. Также в этой статье представлен и подробно описан алгоритм распознавания изоморфности алгоритмических сетей.

This article is devoted to the definition of isomorphism algorithmic networks and description of conversions for implementation, using principle to division vertices into classes. Also in this article presented and described algorithm to identification of isomorphism algorithmic networks in detail.

Ключевые слова: алгоритмическая модель (АМ) — формализованное описание сценария предметного специалиста для моделируемого процесса.

Key words: algorithmic model (AM) is a formalized description of the script of the subject expert for modelled process.

РАССМОТРИМ возможный сценарий исследования поведения алгоритмических моделей (АМ) [1–2]. При изучении процедур преобразования моделей часто требуется наличие соответствия между терминами нескольких предметных областей, что может быть получено на основании установления соответствия вычислительных схем АМ, принадлежащих к разным предметным областям. Вычислительная схема модели задается алгоритмической сетью (АС). Соответствие АМ может быть доказано на основании изоморфизма АС. Сформулируем алгоритмы распознавания изоморфизма и изоморфного вложения, которые не требуют наличия соответствия множеств X моделей, а, наоборот, сами дают его как побочный результат. Представляется, что подобного рода алгоритмы наиболее важны именно при выполнении функции анализа поведения АМ, так как позволяют сделать некоторые предварительные выводы о поведении разрабатываемой модели на основании уже разработанной и исследованной модели. Установление изоморфизма или изоморфного вложения алгоритмической сети производится при уровне абстрагирования не выше уровня окончания формирования структуры АМ.

Первоначально окружающий мир воспринимается дискретно и локально. Человек фиксирует состояние интересующей его части мира, затем производит на него воздействие или фиксирует какое-либо производимое в это время воздействие и затем фиксирует новое состояние; воздействие фиксируется как причина изменения состояния, новое состояние — как следствие воздействия. Имеется стремление свести создаваемую модель к некоторой циклически повторяемой регулярной процедуре. Используемое стихийно человеком описание анализируемого процесса, когда он описывается как последовательность выделенных этапов, существенно отличается своим «естественным» параллелизмом. Человек описывает процесс по этапам в естественной дискретности, не определяемой требованиями какого-либо метода вычислений. Если он наблюдает и воспринимает процесс с дискретом сутки, то и модель, сложившаяся в его мозгу, будет иметь дискрет сутки и предсказывать состояние мира на следующие сутки, если процесс определяется не по времени, а, например, по расстоянию и дискрет отметки этапа, километр, то и модель имеет дискрет километр. При этом есть подсознательное стремление свести все варианты отметки эта-

па к временным. Доверие к реализуемой модели повышается по мере включения в нее все большей части известных из практического опыта закономерностей в виде, который позволяет пользователю их распознать.

Будем ориентироваться на способ представления моделей, позволяющий описать моделируемый процесс как регулярную, циклически повторяющуюся процедуру с учетом дискретности восприятия и естественного параллелизма и разрешающую пользователю сопоставить вычислительную структуру модели со структурой причинно-следственных связей между явлениями в имеющемся у него сценарии.

Алгоритм, целью которого является установление соответствия между вершинами двух АС, носит переборный характер. Каждая вершина характеризуется своим индексом, множеством переменных связанной с ней X_i , символом оператора, сопоставленного вершине f^i , который у соответствующих друг другу вершин сравниваемых АС всегда один и тот же. То есть при установлении соответствия вершин требуется определить соответствие переменных вершин, имеющих одинаковые f^i и одинаковое число входных и выходных переменных.

Если сгенерировать все возможные варианты переобозначения переменных одной модели по образцу обозначения другой, а потом их все перебрать и проанализировать, и если сети изоморфны или изоморфно вложимы, то всегда можно будет найти хотя бы один такой вариант. Эта идея положена в основу алгоритмов установления изоморфизма и изоморфного вложения графов и конечных автоматов.

Используем следующее допущение: разбиение множеств вершин каждого из графов на непересекающиеся классы и подклассы, между элементами которых возможно сопоставление имен переменных, должно как минимум не увеличивать, а зачастую уменьшать число возможных вариантов сопоставления имен переменных сравниваемых сетей; увеличение числа классов и подклассов увеличивает вероятность снижения числа вариантов.

Проведем предварительное преобразование анализируемых АС. Выполним для

обеих АС алгоритм с реализацией операции дезагрегации (удаление из АС единичной АС, соответствующей вершине f_i , и добавление к оставшейся АС графа, вершины которого соответствуют математическим выражениям, составлявшим оператор в вершине f_i). В результате в каждой АС множество вершин разобьется на классы. Каждая вершина в АС характеризуется собственными $|in(f_i)|$ (множество входных переменных оператора), $|out(f_i)|$ (множество выходных переменных оператора) и f^i (символ операции с индексом), соответствующим ей шагом алгоритма и списком вершин АС, связанных с ней или по общему для них входу, или выходы которых задействованы на входы данной вершины, или входы которых связаны с выходами данной вершины. Каждая вершина из такого списка также характеризуется собственными $|in(f_i)|$, $|out(f_i)|$ и f^i , соответствующим ей шагом алгоритма. Все вершины, имеющие все одинаковые перечисленные характеристики, попадают в один класс. Таким образом, имеем достаточно подробное деление на классы, которое в подавляющем большинстве практических случаев обеспечивает наличие одного или нескольких классов вершин, состоящих из одного элемента, что существенно сокращает число возможных сопоставлений, а в ряде случаев однозначно определяет возможность переобозначения переменных в одной из АС. Реализация алгоритма разбиения на классы требует многократных просмотров множества F , но, в силу своей однонаправленности и однозначности определения принадлежности вершины к какому-либо классу, будет иметь полиномиальную оценку верхней границы сложности.

АС изоморфны ($AC_1 \sim AC_2$), если и только если между их множествами F можно определить взаимнооднозначное отображение ($F_1 \sim F_2$), при условии что поставленные в соответствие элементы множеств F_1, F_2 имеют совпадающие символы операций f^i и одинаковые мощности множеств $|in(f_i)|, |out(f_i)|$. То есть изоморфные АС отличаются друг от друга только обозначениями переменных. Вершина может содержать ссылку на другую АС, в этом случае АС считаются равными или изоморфными, если равны или изоморфны и АС,

на которые ссылаются в вершинах сравниваемых. Однако это ссылка не на другую АС, а на другую модель, иначе эта АС могла бы быть объединена с исходной АС в единую при помощи ряда операций.

Если вершины сравниваемых АС содержат табличную функцию, то считается, что все используемые табличные функции для всех моделей определены и имеют уникальные имена, тогда в сравниваемых АС должны быть ссылки на одинаковые имена.

Алгоритм распознавания изоморфности АС построен на основе аналогичных алгоритмов распознавания строгой эквивалентности алгоритмов. На изоморфность имеет смысл проверять только сети, имеющие одинаковое число классов вершин, и если соответствующие друг другу классы равноможны. Алгоритм организует просмотр всех возможных вариантов переобозначения и заключается в поочередном просмотре вершин одной АС и выделенных классов в другой и выбор для каждой вершины одной АС вершины другой АС, принадлежащей к тому же классу, переобозначению переменных выбранной вершины с учетом ранее сделанных переобозначений. Если возникает противоречие с ранее сделанными переобозначениями, то алгоритм возвращается и начинает формировать другой вариант переобразования для анализируемой вершины; если таких элементов в классе нет, то запоминает вариант переобозначения для всех ранее переобозначенных вершин как недопустимый и возвращается к началу просмотра и т. д. Если удалось найти хотя бы один вариант переобозначения, то сети изоморфны. Если варианта переобозначения не найдено, то сети не изоморфны. Предпочтительно начинать анализ с классов, имеющих наименьшее число элементов.

Алгоритм распознавания изоморфизма АС ($AC_1 \sim AC_2$) см. рис. 1:

1. Разбиение вершин сравниваемых АС на классы. Проверка совпадения числа классов и равноможности классов, имеющих совпадающие характеристики, если не совпадают — сети не изоморфны, конец.

2. Выбор вершины AC_1 , для которой не найдено соответствующей в AC_2 , если таких нет, сети изоморфны, конец.

3. Выбор не полностью переобозначенной вершины AC_2 из класса, к которому относится выбранная вершина AC_1 .

4. Поиск допустимого варианта переобозначения (не противоречащего ранее сделанным для вершины и не приводящего к запрещенным вариантам для АС в целом) для переменных, связанных с найденной вершиной AC_2 , и переобозначение переменных. Если такие варианты есть, то переходим к п. 2.

5. Если это начало просмотра, то конец — сети не изоморфны.

6. Запоминание варианта переобозначения для всех ранее переобозначенных вершин АС как запрещенного для АС в целом. Возврат в начало просмотра AC_1 , к первой просмотренной вершине, к п. 2.

Данный эвристический алгоритм соответствует определению изоморфности АС, заканчивается в конечное время и имеет переборный характер. Алгоритм позволяет перебрать все варианты переобозначений и поэтому, если сети изоморфны, всегда найдет соответствующий вариант переобозначений. В данном своем варианте он имеет экспоненциальную от числа вершин АС оценку верхней границы сложности. На основе имеющегося практического опыта известно, что используемый принцип деления вершин на классы почти во всех случаях дает такое число одноэлементных классов, которое позволяет однозначно определить, существует ли вариант допустимого переобозначения переменных и его вид. Верхняя оценка сложности в этом случае будет полиномиальная. В практических реализациях алгоритма можно использовать менее подробное деление на классы.

Рассмотрим пример (рис. 2).

Даны две алгоритмические сети. Необходимо выяснить, изоморфны ли они.

Раскладываем классы по уровню вычислимости, а внутри каждого класса — на подклассы по реализуемым операторам и на подклассы входов и выходов (рис. 3).

Сначала смотрим все операторы первого этапа вычислимости, одинаковый ли тип операторов, если да, то нужно посмотреть, по сколько входов у каждого из них. Проверим по всем классам вычислимости, одинаковое ли количество вершин, если да, то двигаемся

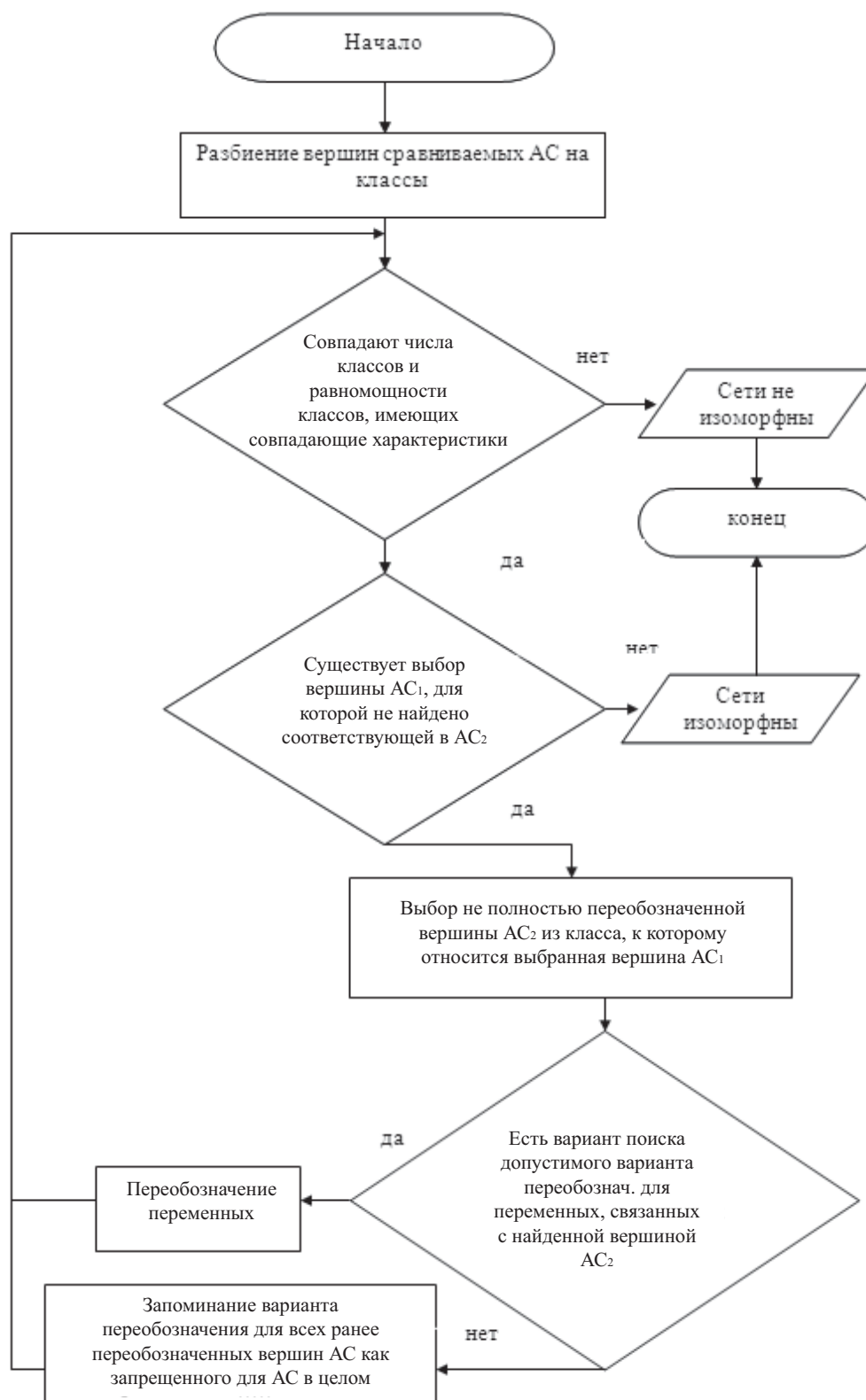


Рис. 1. Алгоритм распознавания изоморфизма АС

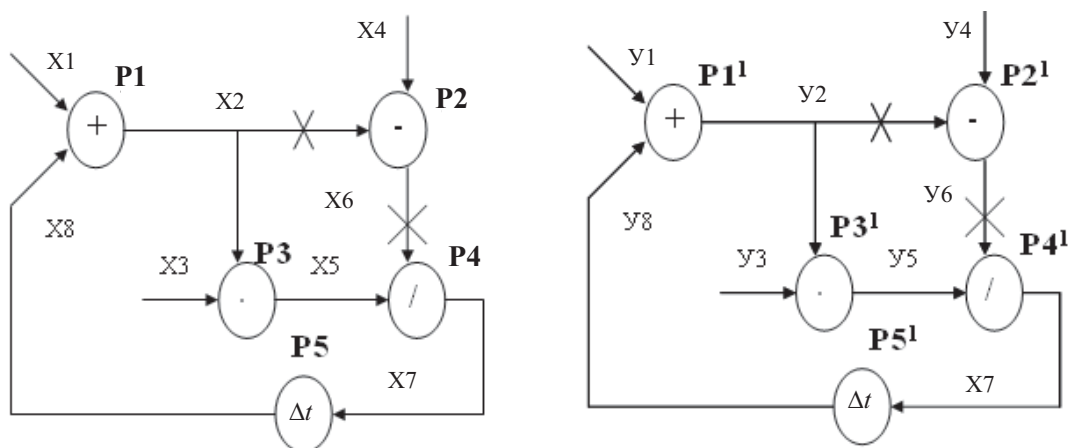


Рис. 2. Две заданные алгоритмические сети

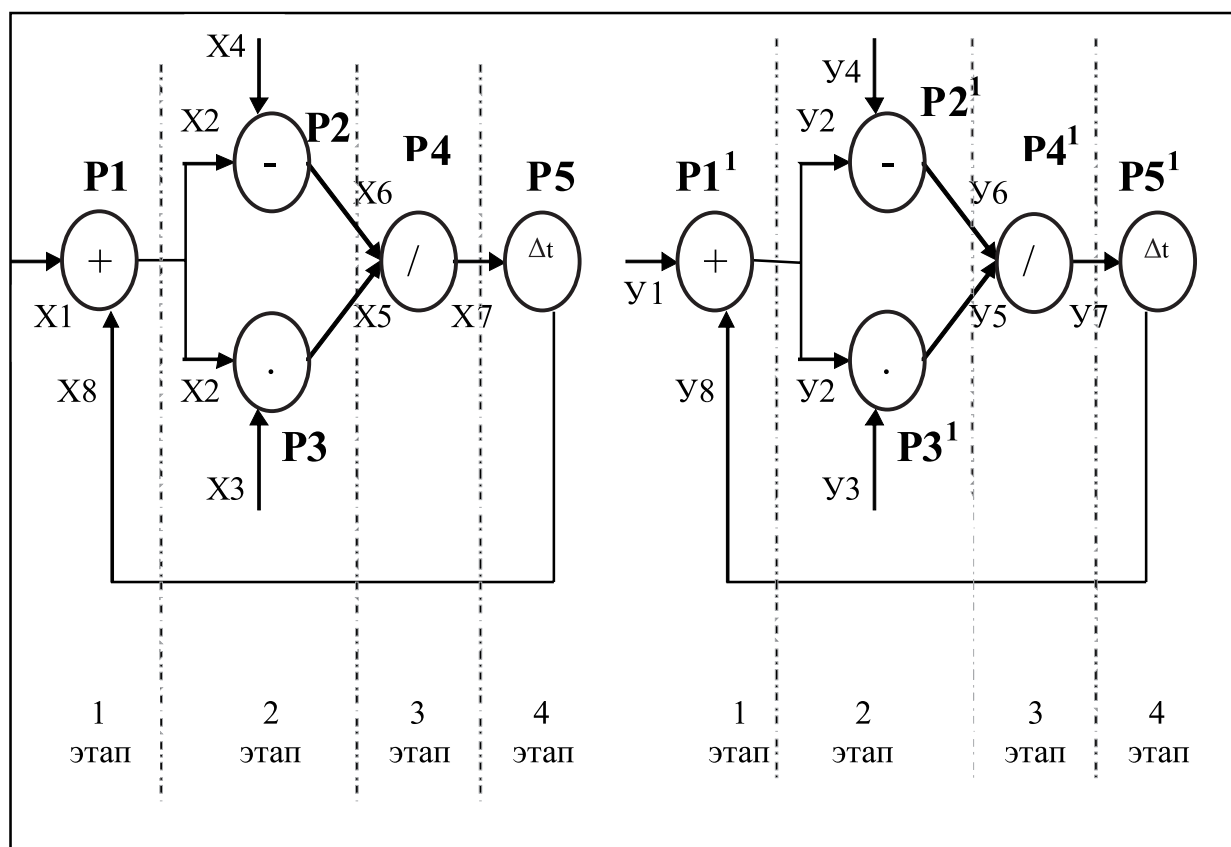


Рис. 3. Разложение АС на классы по уровню вычислимости

далее. Берем наименьшую вершину класса вычислимости **P1** из первой АС и соответствующую ей вершину **P1'** из второй АС, они реализуют один и тот же оператор. Один выход от задержки и один внешний выход, а также один оператор Δt . Выходы из вершин являют-

ся уменьшаемыми. На первом этапе сделаем соответствующие переобозначения:

$$\begin{aligned} Y1 &:= X1; \\ Y2 &:= X2; \\ Y8 &:= X8. \end{aligned}$$

На следующем этапе разложения берем вершину **P2** и **P3** из первой АС и вершины **P2'** и **P3'** из второй АС. После анализа всех входов и выходов этих вершин было определено соответствие, и в связи с этим допускаем следующие переобозначения:

У3 := X3;
У4 := X4;
У5 := X5;
У6 := X6.

На третьем этапе вычислимости мы берем вершину **P4** из первой АС и соответствующую ей вершину **P4'** из второй АС и заметим, что они также реализуют одни и те же операторы на входе и такой же оператор на выходе. Сделаем соответствующее переобозначение:

У7 := X7.

Все вершины пройдены, соответствия полностью установлены, следовательно, данные алгоритмические сети изоморфны.

Список литературы

1. *Иванищев В. В., Марлей В. Е.* Введение в теорию алгоритмических сетей. — СПб: СПбГТУ, 2000. — 180 с.
2. *Пономарев В. М.* Алгоритмические модели в задачах исследования систем. — М.: Наука, 1980. — С. 4–8.

СУДОВОЖДЕНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

УДК 621.391.6.656.621

В. В. Каретников,
канд. техн. наук, доцент,
СПГУВК;

А. А. Сикарев,
д-р техн. наук, профессор,
СПГУВК

РАЗВИТИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СУДОХОДСТВА НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ РОССИИ

DEVELOPMENT AND PROSPECTS OF MODERN COMMUNICATIONAL SYSTEMS TO FACILITATE SHIPPING ON THE INLAND WATERWAYS OF RUSSIA

В статье рассматриваются вопросы развития современных инфокоммуникационных систем внутреннего водного транспорта, а также приводятся результаты натурных испытаний речной дифференциальной подсистемы Глонасс/GPS.

This article discusses the development of modern information and communication systems, inland waterway transport, as well as the results of field tests river differential subsystem GLONASS/GPS.

Ключевые слова: речная информационная служба, автоматизированная идентификационная система, дифференциальная система.

Key words: river information service, automatic identification system, differential system.

В НАСТОЯЩЕЕ время на внутренних водных путях (ВВП) России достаточно остро стоит вопрос обеспечения эффективного мониторинга и безопасности судоходства. Несомненно, качественное решение таких задач может быть получено только при условии успешного внедрения на внутреннем водном транспорте инфокоммуникационных систем, строящихся на базе сплошных радионавигационных полей высокоточного местоопределения.

В настоящее время в качестве систем, способных формировать такие поля на внутренних водных путях России, могут выступать различные дифференциальные дополнения глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС, GPS [1–3]. Международный и отечественный опыт эксплуатации различных дифференциальных дополнений ГНСС, а также разработки российских ученых свидетельствует, что на ВВП России для формирования

сплошных высокоточных радионавигационных полей местоопределения судов наиболее перспективны и конструктивны локальные дифференциальные подсистемы ГЛОНАСС/GPS, строящиеся на базе контрольно-корректирующих станций (ККС), работающих в СВ-диапазоне (рис. 1). В пользу указанной технологии было отдано предпочтение при формировании высокоточного радионавигационного поля трассы Север – Юг.

Рассматриваемая трасса проходит по акваториям основных магистральных рек, каналов, озер и водохранилищ европейской части ВВП России, к числу которых относятся река Нева, река Свирь, Ладожское и Онежское озеро, Рыбинское водохранилище, река Шексна, река Волга и др. Для обеспечения высокоточного позиционирования в указанном районе используется цепь ККС, работающих в верхней части длинноволнового диапазона и нижней части коротковолнового диапазона

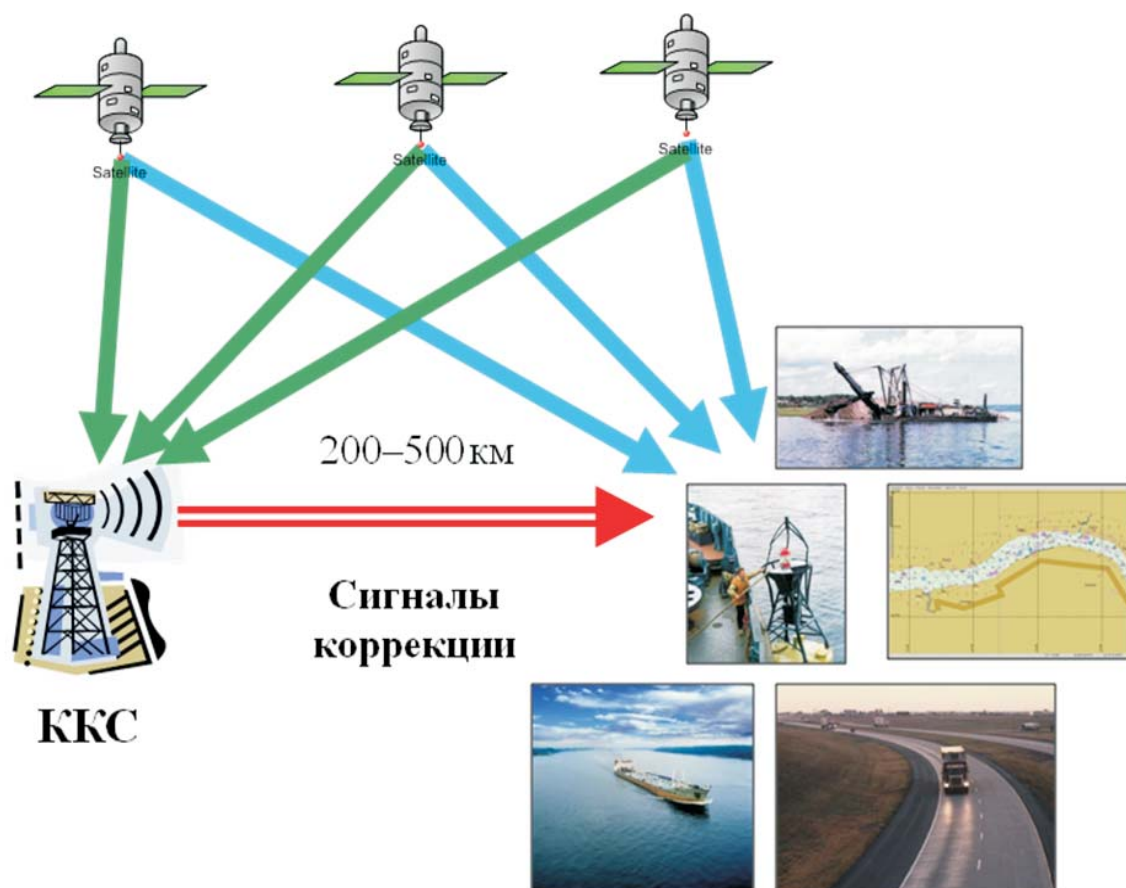


Рис. 1. Локальная дифференциальная подсистема ГНСС ГЛОНАСС/GPS

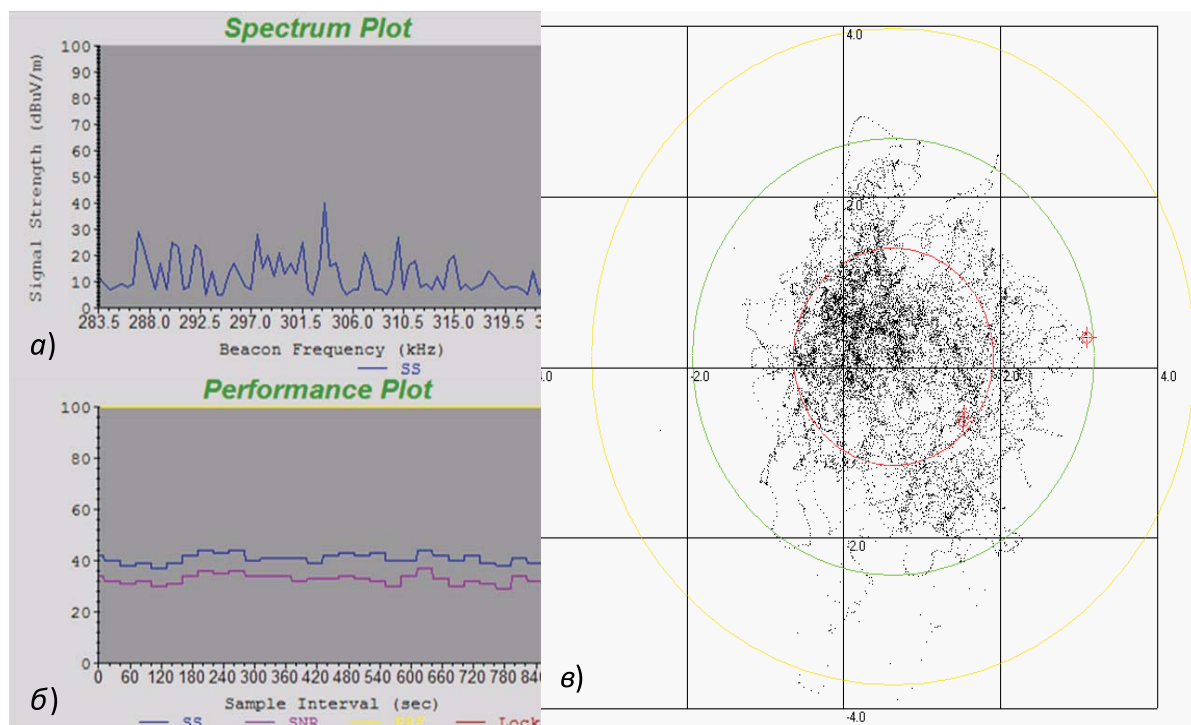


Рис. 2. Данные натурных исследований:

а) спектральный анализ; б) качество сигнала; в) точность позиционирования

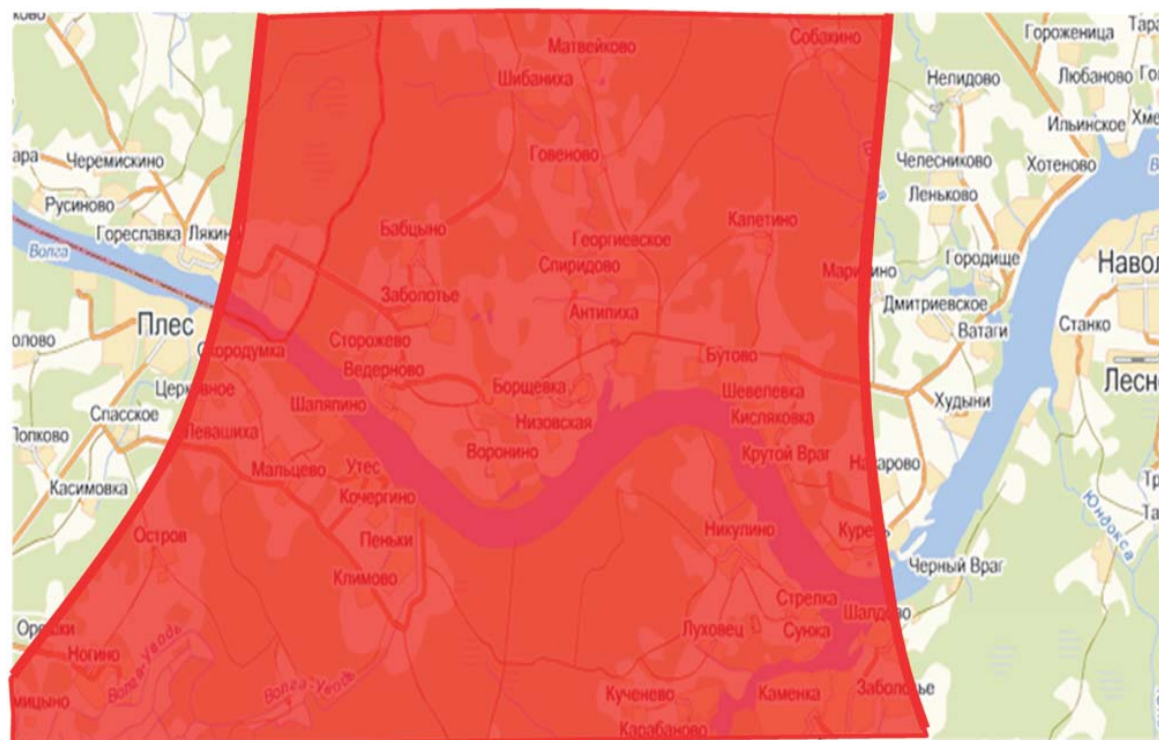


Рис. 3. Недостаточное перекрытие рабочих зон ККС «Шексна» и «Нижний Новгород»

(283,5–325,0 кГц). Цепь состоит из ККС: «Шепелевский», «Шексна», «Нижний Новгород», «Казань», «Саратов», «Самара», «Волгоград», «Астрахань».

Как свидетельствуют результаты натурных испытаний, выполненных осенью 2009 года, для этих ККС обеспечивается точность навигационных местоопределений при нахождении судов в зоне действия любой из них лучше 5 м при $P = 99,8\%$, а в отдельных случаях лучше 2 м при той же вероятности. Такая точность навигационных местоопределений, несомненно, свидетельствует о высоком качестве работы испытанных ККС, а следовательно, полученные данные могут быть в определенной степени успешно использованы в сочетании с системами отображения электронной картографии для обеспечения безопасности судоходства на единой глубоководной системе (ЕГС) европейской части ВВП России.

К сожалению, в процессе испытаний цепи были обнаружены несколько районов, где прием корректирующей информации, передаваемой ККС, был в определенной мере

осложнен вследствие различных причин, в том числе и наличием взаимных помех (рис. 3). Устранить такие районы можно различными методами, однако для нахождения оптимального и квазиоптимального решений необходимо проведение дополнительных натурных исследований, что позволит сформировать сплошное высокоточное радионавигационное поле дифференциальной поправки на всей протяженности трассы Север – Юг и тем самым создать качественную базу для внедрения в указанном регионе инфокоммуникационных триад типа корпоративная речная информационная система (КРИС) – речная информационная служба (РИС) – автоматизированная система управления движением судов (АСУДС) [3].

Реализация научно обоснованных рекомендаций, разработанных по данным натурных и аналитических изысканий, совместно с квалифицированным научным сопровождением, несомненно, позволят качественным образом решить многие имеющие место в настоящее время производственные, инженерные и эксплуатационные задачи.

Список литературы

1. Каретников В. В. Топология дифференциальных полей и дальность действия контрольно-корректирующих станций высокоточного местоопределения на внутренних водных путях / В. В. Каретников, А. А. Сикарев. — СПб.: СПГУВК, 2008. — 352 с.
2. Сикарев А. А. Принципы построения функциональных дифференциальных дополнений спутниковых навигационных систем второго и третьего поколений / А. А. Сикарев, А. И. Чернюк // Межвуз. сб. науч. трудов: Технические средства судовождения и связи на морских и внутренних водных путях. Вып. 5 / Под ред. А. А. Сикарева. — СПб.: СПГУВК, 2004. — С. 94–100.
3. Волков А. Б. Новые инфокоммуникационные системы для внутреннего водного транспорта / А. Б. Волков, В. В. Каретников, А. А. Сикарев // Морская биржа. Вып. 2 (27). — СПб.: Принт-Экспо, 2009. — 35–38 с.

УДК 629.12.001.2

Эрик Тадо Тедонзонг,
аспирант,
СПГУВК

РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ОПАСНОЙ ИЗОБАТЫ

REGRESSION MODEL OF A DANGEROUS ISOBATHS

В статье рассматривается регрессионная модель опасной изобаты фарватера (порт Дуала, Республика Камерун), использование которой дает повышение уровня навигационной безопасности плавания.

This article presents the regression model of a dangerous isobaths in the waterway of Douala port Republic of Cameroon, with goal to increase safety level of navigation.

Ключевые слова: регрессионная модель, опасные изобаты, навигационная безопасность плавания.
Key words: regression model, dangerous isobaths, navigation safety.



ДЛЯ ОЦЕНКИ навигационной безопасности плавания судоводителям необходимо знать систему опасностей в районе судоходства. При этом возникает задача уточнения области возможного нахождения судна, где риск сближения с навигационной опасностью минимален.

Для решения задачи определения такой области с минимальным навигационным риском необходимо рассмотреть систему с рекомендованными курсами и опасными изобатами, траверзные расстояния до которых представляются случайными величинами.

Если произвести статистический анализ траверзных расстояний, то можно выделить регрессионные модели траверзных рас-

стояний и остаточные погрешности аппроксимации, геометрическое место точек и определить доверительные области нахождения судна относительно опасностей.

Определение допустимых областей минимального риска позволит судить о качестве судовождения, конфигурации стационарных и плавучих систем навигационного оборудования и уровнях навигационных рисков.

Построение регрессионных моделей на сегодняшний день, несомненно, является наиболее широко применяемым методом многомерного статистического анализа навигационных данных. Использование регрессионных методов позволяет найти модели траверзных расстояний от оси рекомендованного пути до опасной изобаты для получения гаранти-

рованного движения судна, движущегося по фарватеру порта.

Задача регрессионного анализа состоит в построении модели, позволяющей по значениям независимых показателей получать оценки значений зависимой переменной. Регрессионный анализ является основным средством исследования зависимостей между точками на оси рекомендованного пути и расстоянием до опасной изобаты. Эта задача рассматривается в рамках самой распространенной в статистических пакетах классической модели линейной регрессии [1, 2].

Примем, что корабль следует в фарватере порта по линии пути, положение которой относительно опасной изобаты случайно, все остальные факторы примем как несущест-

венные (подготовка команды идеальна, влияние внешней среды отсутствует). Положение опасной изобаты относительно линии пути через каждые 2 кабельтовых определяется кратчайшей дистанцией ($d_{кр}$). Так как положение линии пути случайно, то и кратчайшая дистанция также величина случайная. Измерив через равные промежутки дистанции $d_{кр}$, с помощью компьютерных программ статистического пакета SPSS 17 можно рассчитать коэффициенты полиномиальных моделей регрессии и построить модель опасной изобаты по каждому борту. Анализ полученных результатов показывает, что наилучшими значениями параметров (R^2 , F и S^2) обладают представления регрессионной модели полиномом 5 степени (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты уравнения модели

Constant	b1	b2	b3	b4	b5
190,17	-33,946	3,4642	-0,1657	0,004	-0,00005

Соответственно, уравнение модели имеет вид:

$$d_{\text{мод}i} = 190,17 - 33,946 \cdot x_i + 3,4642 \cdot x_i^2 - 0,1657 \cdot x_i^3 + 0,004 \cdot x_i^4 - 0,00005 \cdot x_i^5,$$

где: $d_{\text{мод}i}$ — кратчайшее расстояние до модели опасной изобаты; x_i — порядковый номер точ-

ки замера.

Графически модель представлена на рис. 1.

С тем чтобы избежать погрешности приближения модели, сместим линию модели на величину разности измеренной и рассчитанной дистанций ($\Delta d_{\text{мод}}$) в сторону линии рекомендованного пути (рис. 2).

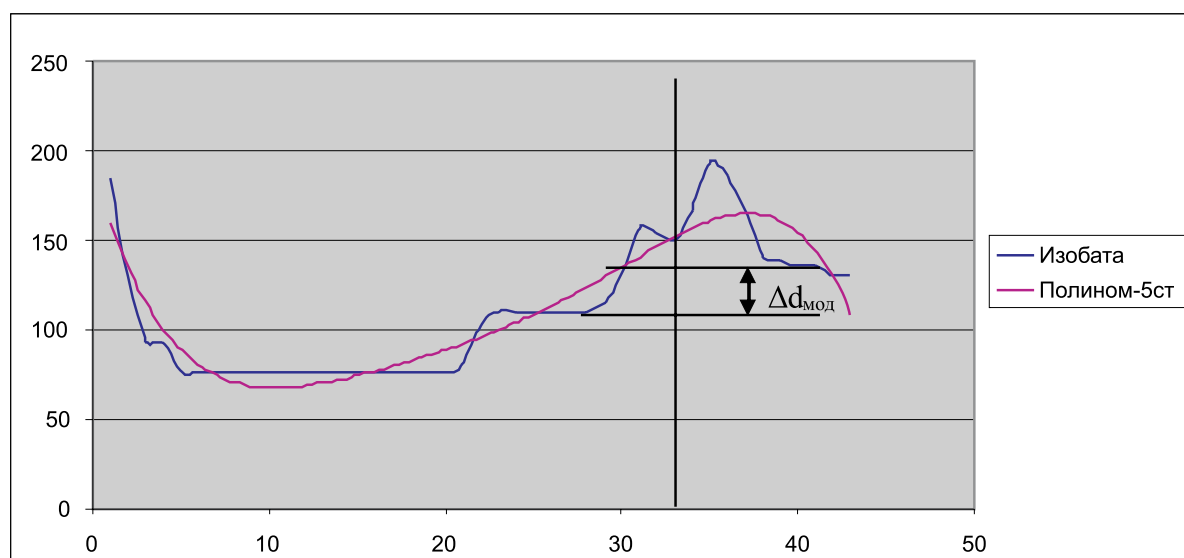


Рис. 1. Регрессионная модель опасной изобаты

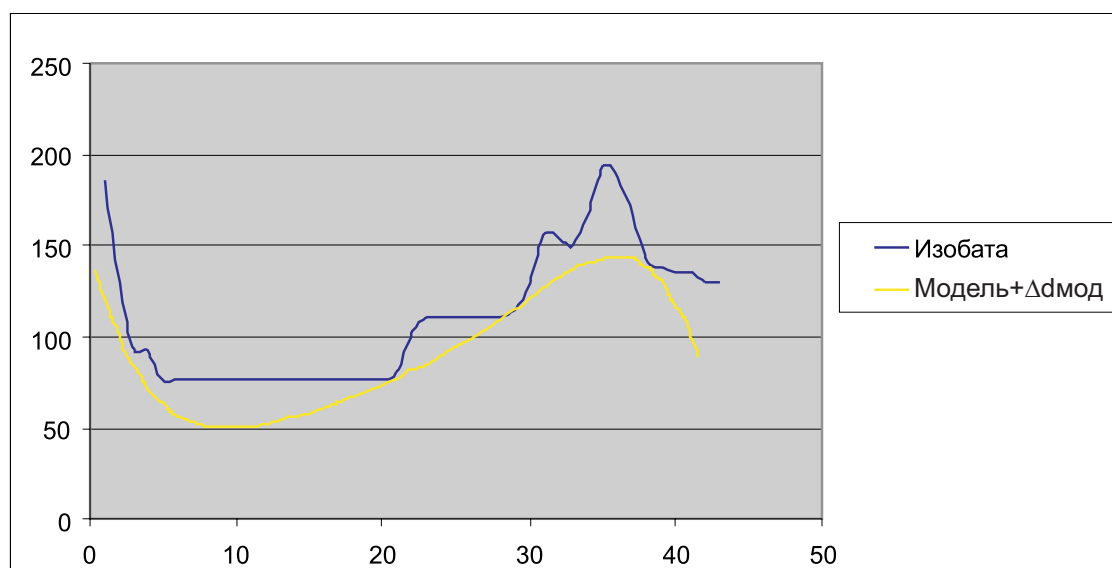


Рис. 2. Смещенная модель опасной изобаты левого борта

Мы получили модель опасной изобаты, описывающую крайние точки реальной изобаты. Физический смысл этой смоделированной изобаты в том, что при нахождении корабля на линии вероятность касания грунта стремится к 1 ($P_{\text{происш}} \rightarrow 1$); при нахождении корабля в зоне между моделью и реальной изобатой касание грунта неизбежно ($P_{\text{происш}} = 1$); за линией модели в сторону увеличения глубины вероятность безопасного плавания корабля $0 \leq (1 - P_{\text{происш}}) \leq 1$.

Проанализируем остаточные значения погрешностей аппроксимации, обусловленные неточностью приближения модели. Проверим гипотезу о нормальном законе распре-

деления вероятностей для остаточных значений методом Колмогорова – Смирнова. В результате расчетов получено

$$Z = 1,36; p = 0,049,$$

где: Z — статистика критерия; p — уровень значимости статистики.

Соответственно, так как значение $p = 0,049 < 0,2$ и гипотеза о нормальном распределении остаточных значений не соблюдается, то для практических расчетов будем использовать квантиль, равный двум σ , что соответствует обеспеченности с вероятностью 0,95.

Статистические параметры распределения для остаточных значений приведены в табл. 2.

Таблица 2

Наименование параметра		Параметры, м
Среднее значение		–210,71
95 % доверительный интервал для среднего	Нижняя граница	–355,58
	Верхняя граница	65,83
Медиана		34,99
Дисперсия		186,393
Стандартное отклонение (σ)		13,65
Minimum		–1713,73
Maximum		159,53
Размах		1873,26
Коэффициент асимметрии		–1,842
Крутизна		2,617

Для получения допустимой области нахождения судна с заданной вероятностью необходимо отложить значения $k\sigma$ от значений регрессионной модели для каждой точки рекомендованного маршрута.

Из курса теории вероятностей известно, что вероятность того, что значение случайной погрешности не превысит значение стандартного отклонения (σ), составляет 68,3 %. Из этого следует, что в пределах заштрихованной области вероятность появления глубины, меньшей значения опасной изобаты, со-

ставляет 68,3 %, а соответственно, и вероятность безопасного плавания будет составлять $0 \leq (1 - P_{\text{происш}}) \leq 0,68$.

Еще дополнительно сместим модель изобаты на величину σ (в сумме 2σ от модели) (рис. 3). В результате мы получили еще одну область шириной σ . Значению случайной величины, равному 2σ , соответствует $P = 95 \%$. Соответственно, вероятность безопасного плавания в области между σ и 2σ составит $0,68 \leq (1 - P_{\text{происш}}) \leq 0,95$.

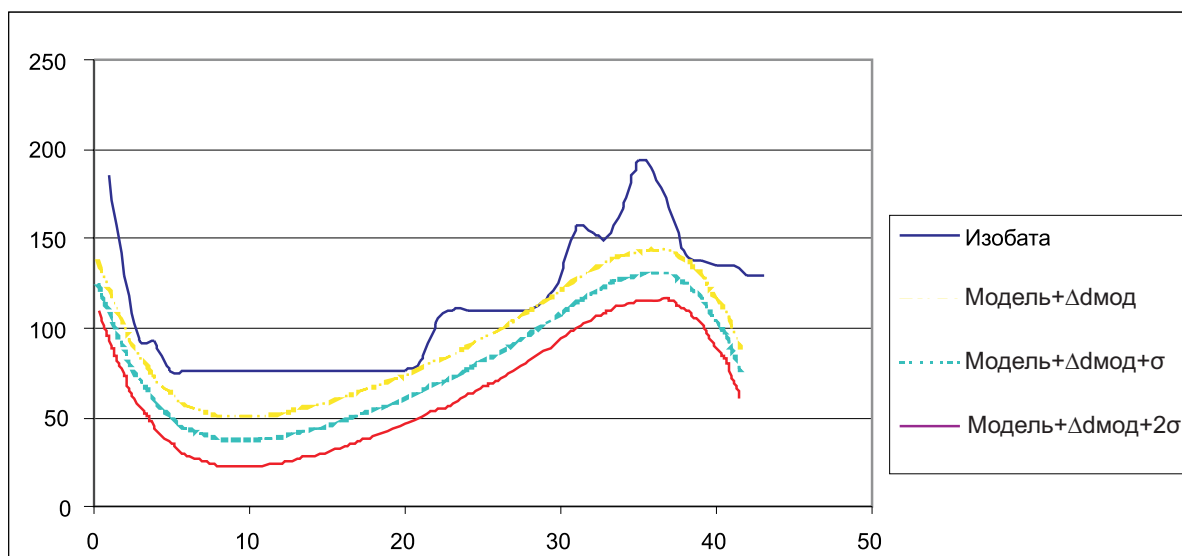


Рис. 3. Смещенная модель опасной изобаты + 2σ

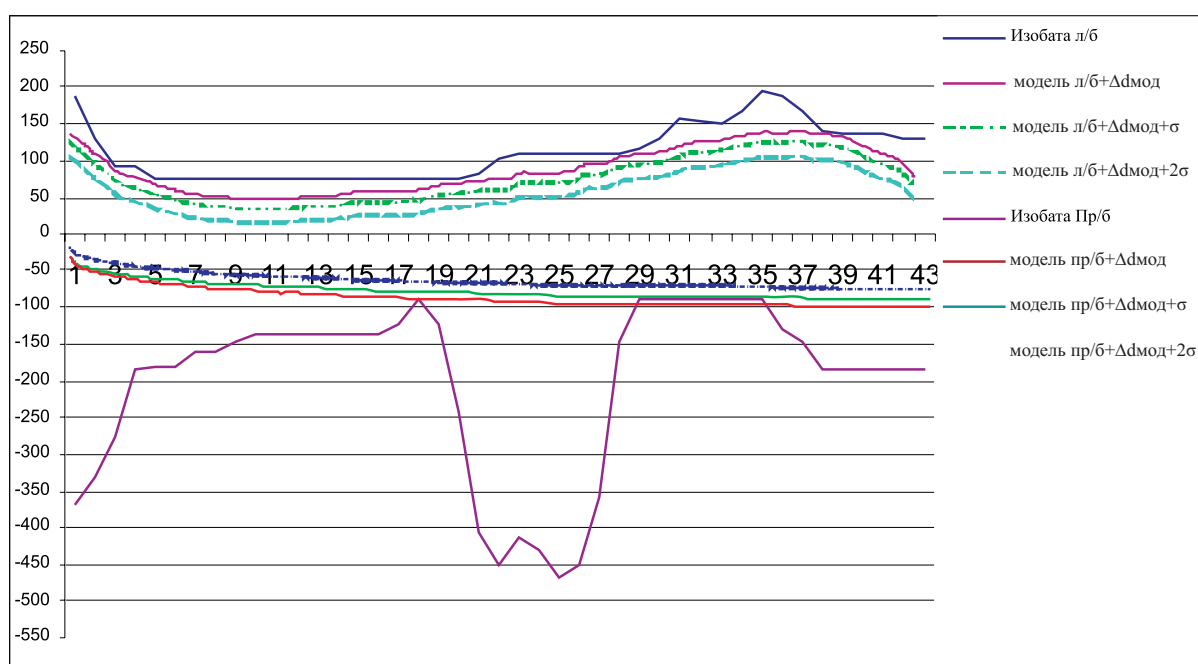


Рис. 4. Двусторонняя модель фарватера (порт Дуала)

Таким образом, построены границы, определяющие зоны рисков касания кораблем грунта при плавании на фарватере. Границы таких зон можно построить для любой заданной вероятности безрискового плавания от посадки на мель (касания грунта).

На рис. 4 представлены модели опасных изобат, построенные для правого и левого бортов. Заштрихованная часть показывает область безрискового ($P = 0,954$) плавания. Данная методика позволяет также учесть погрешности определения места за счет дополнительного смещения модели на величину погрешности определения места с заданной вероятностью.

Построение и анализ регрессионной модели опасной изобаты фарватера порта

позволяет сделать следующие основные выводы:

1. Оценка регрессионных моделей опасных изобат определяет области минимального навигационного риска при заходе в порт Дуала.
2. Направление ведущих створов при заходе в порт Дуала должно быть смещено на 5° .
3. Расчетное значение ширины гарантированной полосы безопасного движения судна (В) позволяет определить доступность судоходства для судов типа ро-ро (например, должны использоваться буксиры при благоприятных ГМУ и рекомендации стоять на якоре при неблагоприятных ГМУ).

Список литературы

1. Зарубина В. С., Крищенко А. П. Математическая статистика. — М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002.
2. Колемаев В. А., Калинина В. Н. Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: Инфра-М, 2001.
3. Дубнов П. Ю. Обработка статистической информации с помощью SPSS. — М.: АСТ, 2004.

УДК 681.5.03

Е. К. Алексеева,

канд. экон. наук, доцент,
СПГУВК;

С. А. Алексеев,

канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
НИЦ ВМФ

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ТРЕНАЖЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО СУДОВОЖДЕНИЮ

MODELS IN THE NAVIGATION SPECIALIST'S SYSTEM OF SIMULATOR TRAINING MANAGEMENT

Анализ сравнительных характеристик моделей содержания практической подготовки в учебном процессе показал, что в качестве частных и обобщенных моделей структуры и моделей функционирования системы управления качеством тренажерной подготовки должны применяться математические модели,

основанные на структурно-функциональном подходе. Рассмотрены частные модели объектов системы тренажерной подготовки в составе: модели прогноза требуемой численности специалистов по судовождению, участвовавших в процессе тренажерной подготовки, модели перспективного планирования тренажерной подготовки будущих специалистов по судовождению и модели распределения процесса тренажерной подготовки по кафедрам учебного заведения.

Analysis of comparative features of the different training models revealed, that mathematical models based on the structural and functional method can be used as a concrete and generalized models of the simulator training management quality. Different models of simulator training system were described: 1) models of prospective quantity of the navigation specialists, who participate in simulator training 2) planning models of the future navigation specialist's simulator training and 3) models of distribution of the navigation training process among different subdivisions of the training center.

Ключевые слова: содержание, технологии, качество, обучение, судовождение, модели управления, учебно-материальная база, тренажерная подготовка.

Key words: content, technology, quality, training, navigation, management models, training base, simulator training.

ИЗ АНАЛИЗА возможных типов адекватных моделей выпускника (обучающегося) можно определить, какой класс моделей может быть использован для моделирования содержания тренажерной подготовки (ТП). В табл. 1 приведены сравнительные характеристики моделей содержания практической подготовки. Анализ таблицы позволяет сделать вывод о том, что для построения наглядной модели тренажерной подготовки целесообразно использовать сетевые методы или методы теории графов, которые формально позволяют связывать отдельные мероприятия ТП в единую систему.

Модели третьего и четвертого объектов системы ТП, а именно технологии реализации образовательных мероприятий и контроля (оценки) их качества в общем плане рассматривались в работах Ю. К. Бабанского, В. П. Беспалько, Н. Ф. Талызиной, В. А. Кунина и других ведущих педагогов [1, 2, 8]. Опираясь на фундаментальные результаты данных работ, можно обозначить основные положения моделирования технологий ТП, контроля и оценки ее результатов. Под термином «технология ТП» следует понимать процесс формирования у обучающегося умений и навыков как выбор способа решения задач практической подготовки. Содержание данной технологии предусматривает описание, классификацию, анализ и выбор организационных форм, методов, средств и условий ТП, которые должны обеспечить безусловную

реализацию ее целей. Модель технологии ТП должна включать следующие параметры: характеристики методов ТП, состав и параметры средств учебно-материальной базы, параметры реализуемых информационных технологий, характеристики научного и методического обеспечения реализации мероприятий ТП. Технология контроля и оценки качества ТП, кроме перечисленных параметров технологии ТП, должна включать определенную номенклатуру частных, групповых и интегральных показателей. Естественно, что обе названные технологии должны учитывать уровень педагогической и психологической подготовки руководителей ТП.

Модель последнего объекта системы ТП — это модель деятельности руководителя практического обучения, которая представлена в работах Н. В. Кузьминой, А. А. Реана, Н. Ф. Талызиной и др. [3, 8]. Обобщенно деятельность руководителя ТП может быть рассмотрена в виде пяти компонент: проектировочной, конструктивной, организационной, коммуникационной и гностической. Выделены и содержательно раскрыты пять уровней педагогического мастерства: репродуктивный, адаптивный, локально моделирующий, системно моделирующий знания, системно моделирующий деятельность и поведение. Ограничения использования данных моделей обусловлены тем, что в них отсутствуют количественные параметры педагогической деятельности, уп-

равление не выступает в единстве всех его функций, не охватывает широкого перечня характеристик, определяющих качество образовательного процесса. Исходя из последнего утверждения, использование моделей такого

класса может рассматриваться лишь как основа для создания частной модели деятельности руководителя ТП как основного звена автоматизированной системы управления качеством тренажерной подготовки (СУКТП).

Таблица 1

Сравнительные характеристики моделей содержания практической подготовки

Тип модели	Параметр модели	Недостаток модели
Функциональная модель К. Томаса, Дж. Девиса, Д. Спеншоу, Дж. Берда	Заданы конечные требования к обучаемому (умения и навыки). Есть критерий эффективности учебной программы. Задана матрица связей между порциями программы	Нет четкого различия между «связью» и «различием порций». Нельзя сравнивать две разные программы. Привязка к линейной обучающей программе
Сетевая модель — 1 А. А. Овчинникова, В. С. Пушинского	Модель позволяет решать вопросы организации подготовки. Дает наглядное представление связи между разделами программы и программами	Не учитывается технология процесса подготовки. Не решается вопрос о создании системы управления качеством подготовки
Графовая модель И. Б. Моргунова	Позволяет проверить учет принципа систематичности и последовательности	Отсутствует целостный подход к содержанию практической подготовки. Низкая результативность использования модели
Логическая модель А. М. Сохора	Моделируются локальные отрезки учебного материала. Введены количественные показатели дидактических особенностей содержания подготовки	Нечеткость в фиксации содержания и объема элементов модели не позволяет оценивать качество содержания подготовки
Структурная модель А. В. Нетушила, А. В. Никитина	Содержание обучения моделируется аппаратом ориентированных графов. Введен критерий оптимальности программы подготовки	Учет только внешних структурных особенностей содержания подготовки. Нет опоры на целостный подход к управлению качеством подготовки
Сетевая модель — 2 Б. П. Черкасова	Введены временные характеристики отдельных отрезков учебного материала. Обеспечивается минимизация забывания ранее изученного	Не учитывается, что: — пройденный материал изучается заново; — необходимо связывать время изучения материала с методом

Анализ типа адекватных моделей элементов СУКТП позволил сделать следующие выводы:

1. В качестве частных и обобщенных моделей структуры и функционирования синтезируемой СУКТП должны применяться математические модели, основанные на структурно-функциональном подходе.

2. В состав частных моделей должны быть включены модели следующих объектов системы ТП: обучающегося как будущего специалиста по судовождению; содержания тренажерной подготовки; технологий ТП, контроля и оценки ее качества; руководителя ТП.

3. Для контроля и оценки качества тренажерной подготовки необходимо выделить совокупность единичных показателей и с использованием метода агрегирования получить необходимые групповые и интегральные показатели.

4. Проведенный анализ существующих моделей, которые могут служить основой для разработки структурно-функциональных частных моделей объектов системы ТП, показал, что необходимо создание новых подходов к разработке адекватных моделей управления качеством ТП, предлагающих регулирование процесса ТП с помощью СУКТП на основе

критериев и показателей качества элементов организационной и дидактической подсистем, учета характера их взаимодействия и факторов, оказывающих наибольшее влияние на управление качеством ТП.

Основы построения обобщенной структурно-функциональной модели СУКТП специалистов по судовождению и ее подсистем

Деятельность учебного заведения по подготовке будущих специалистов по судовождению представляет сложный динамический процесс, для исследования которого могут быть использованы модели различного уровня описания в соответствии с поставленными целями. Вместе с тем подход к решению задачи управления качеством ТП требует разработки обобщенной структурно-функциональной модели СУКТП, способной обеспечить возможность формирования управляющих воздействий как со стороны организационной подсистемы на дидактическую, так и внутри организационной и дидактической подсистем, в результате которых процесс тренажерной подготовки изменялся бы требуемым образом.

Известно, что моделирование управления качеством любого процесса (в том числе и процесса ТП) предполагает [4, 5–7, 9, 10]:

- 1) определение субъекта и объекта управления как управляющей и управляемой подсистемы;
- 2) выделение структурных элементов этих подсистем;
- 3) определение условий их эффективного (результативного, оперативного, низкореурсозатратного) функционирования;
- 4) построение модели управления.

С учетом сказанного первую задачу моделирования СУКТП можно интерпретировать как построение структурной модели управления сложным объектом, включающей три стадии (рис. 1):

— формирование структуры основных элементов СУКТП (организационной и дидактической подсистем), представляющее стадию структуризации,

— определение структуры показателей, оценивающих качество процесса тренажерной

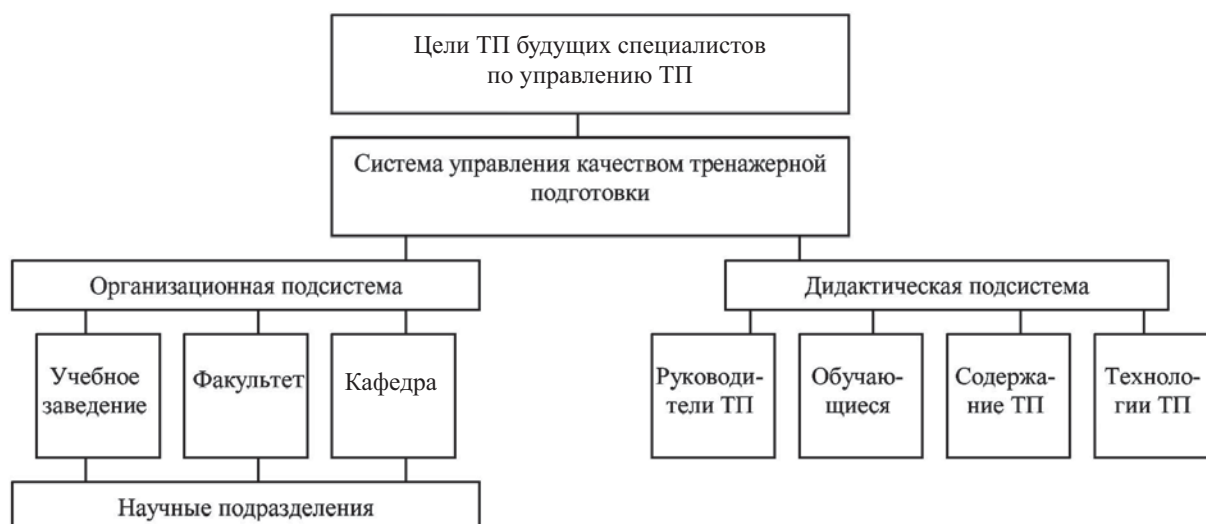
подготовки под управлением СУКТП (стадия параметризации),

— определение структуры управляющих воздействий, реализуемых СУКТП в ходе управленческого цикла (стадия регламентизации).

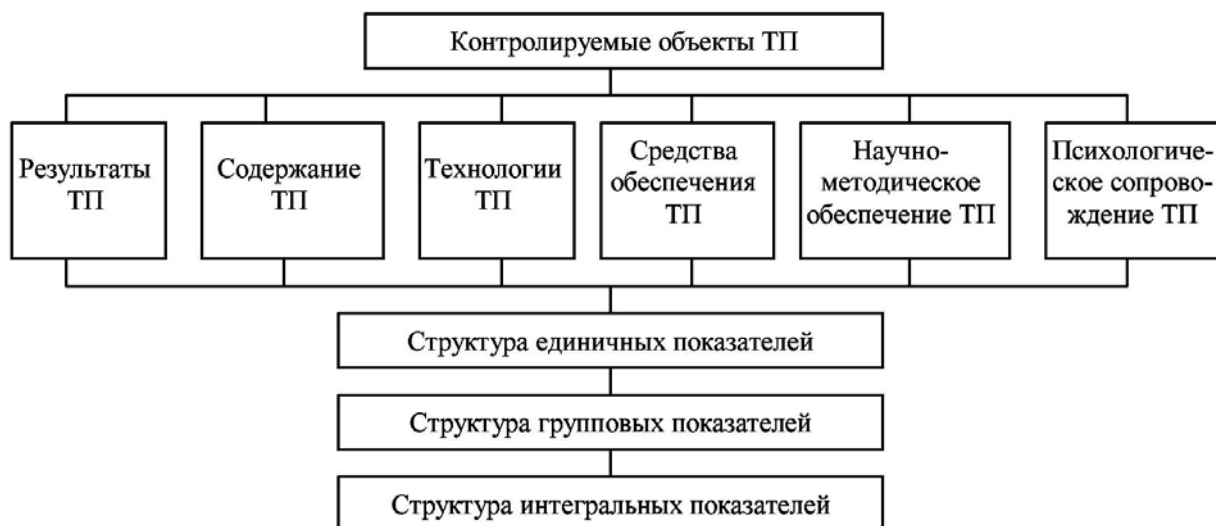
На стадии структуризации выделяются все структурные элементы СУКТП, ее подсистем и определяются связи между ними. При этом в качестве системообразующего фактора выступают цели ТП. В соответствии с деятельностной теорией конечная цель ТП специалиста по судовождению определяется как овладение им к моменту окончания обучения нормативной системой деятельности с заданными показателями качества.

С учетом личностно-деятельностного подхода формулировку целей ТП можно дополнить требованием формулирования у обучающегося необходимых личностных качеств, а также устойчивой потребности в саморазвитии и самообразовании. Структура СУКТП всецело определяется целями ТП. Следовательно, глобальная цель управления качеством ТП с использованием СУКТП заключается в создании условий для эффективной реализации процесса ТП и обеспечения гарантированного достижения заданных целей ТП.

На стадии параметризации определяются такие требования к структуре модели СУКТП, которые обеспечивали бы возможность проводить диагностику текущего состояния СУКТП и оценивать степень достижения целей управления качеством ТП. Следовательно, СУКТП должна обладать соответствующей совокупностью свойств, степень выраженности которых может служить критерием для определения степени достижения целей ТП. Качественное и количественное определение степени проявления названных свойств и процедур измерения представляют собой задание соответствующей структуры критериев и показателей (единичных, групповых и интегральных) качества ТП. На стадии регламентации определяются основные этапы цикла управления качеством ТП с использованием СУКТП и их конкретное содержание. Анализ СУКТП в рамках типовой оргштатной структуры учебного заведения показывает, что для нее характерно несколько уровней уп-



а) стадия структуризации



б) стадия параметризации



в) стадия регламентации

Рис. 1. Стадии построения структурной модели СУКТП



Рис. 2. Этапы функционирования СУКТП в цикле управления

равления: конкретный обучающийся (первый уровень), факультет, кафедра, научное подразделение (второй уровень), процесс ТП (третий уровень). На первом уровне СУКТП управляет процессом выработки у обучающихся соответствующих умений и навыков в судовождении, т. е. управляет формированием у них профессиональных и личностных качеств. На втором и третьем уровнях СУКТП для обеспечения требуемого качества процесса ТП управляет решением задач ТП, которые стоят перед каждой группой и учебным заведением в целом. Управление на всех названных

уровнях для каждого этапа цикла управления качеством ТП опирается на соответствующие структуры управляющих воздействий.

Таким образом, построение структурной части обобщенной модели СУКТП сводится к трем стадиям, на которых определяется, во-первых, состав компонент (подсистем и элементов) системы и связи между ними. Во-вторых — состав единичных, групповых и интегральных показателей и связи между ними на основе применения метода агрегирования. В-третьих — состав управляющих воздействий, реализуемых СУКТП, и связи

между ними для каждого этапа цикла управления качеством ТП.

Построение функциональной части обобщенной модели СУКТП базируется на общем алгоритме цикла управления процессом ТП (рис. 2).

Анализ структуры целей управления качеством ТП позволяет говорить о ее многоуровневом иерархическом построении. В соответствии с этим ее следует представлять в виде дерева целей. При этом должны соблюдаться следующие условия:

1) ни одна из целей верхнего уровня не может быть достигнута непосредственно, а только в результате достижения подцелей, на которые она декомпозируется;

2) существует противоречивость и взаимосвязь целей, проявляющаяся на всех уровнях иерархии;

3) цели верхних уровней формируются в общем виде и конкретизируются на низших уровнях;

4) для каждой подсистемы СУКТП существуют внутренние и внешние цели (самосохранения, взаимодействия с внешней средой и др.).

Цели управления качеством ТП должны отображать целостность объекта управления и одновременно логическую структуру целенаправленной деятельности руководства ТП по управлению процессом ТП. Иерархический подход к формированию целей управления качеством ТП позволяет оценить степень влияния на качество ТП характеристик объектов управления различных уровней (рис. 1, а), степень агрегированности информации, временные параметры управления и т. д. Следовательно, цели являются основным системообразующим началом в функциональной части модели СУКТП, а их адекватная постановка во многом определяет успешность синтеза перспективных СУКТП.

Прогнозирование как ожидаемый результат функционирования СУКТП должно строиться на основании построенного дерева целей путем соотнесения их с реальными условиями и способами достижения. Таким образом, содержание процесса управления ТП (функционирования СУКТП) заключается в оценивании реальных возможностей СУКТП

по достижению целей управления (достижения критериальных значений показателей качества ТП) и определении способов (содержание управления) их достижения.

На основании выбранных способов управления должна быть разработана последовательность реализации управляющих воздействий, т. е. организация реализации процесса ТП. Функция организации управления состоит в том, чтобы обеспечить необходимые условия для функционирования СУКТП по управлению процессом ТП с целью достижения требуемого ее качества. При этом эффективная организация управления предполагает наличие состава руководителей ТП, а также успешность координации действий всех элементов СУКТП (успешность руководства процессом ТП). Руководство ТП — это процесс регулирования деятельности лиц, входящих в состав руководителей ТП и осуществляющих управление качеством ТП.

Последующие этапы цикла управления связаны, во-первых, со сбором и анализом информации состояния объектов управления. Во-вторых — с сопоставлением результатов управления с заданными целями, т. е. с установлением отклонений от требуемого хода управления качеством ТП. В-третьих — с выявлением причин отклонений, если они возникли в результате получения дополнительной информации, и выбора пути устранения причин возникновения отклонений. В-четвертых — с принятием решения о реализации выбранного пути за счет выполнения ряда управляющих воздействий.

Таким образом, предложенные выше положения определяют суть построения обобщенной структурно-функциональной модели СУКТП. Поскольку в состав СУКТП входят две подсистемы, то для упрощения ее анализа и синтеза целесообразно выделить два ряда частных моделей, отнесенных к каждой из подсистем:

1. Для организационной:

— модель прогноза требуемой численности выпускников, участвовавших в процессе ТП;

— модель перспективного планирования тренажерной подготовки будущих офицеров-специалистов по управлению ВВТ;

— модель распределения процесса ТП по кафедрам военного учебного заведения.

2. Для дидактической:

— модель руководителя ТП;

— модель обучающегося;

— модель содержания мероприятий ТП;

— модель технологии реализации мероприятий ТП.

Для успешного функционирования СУКТП необходимо наличие отвечающей современным требованиям к ТП учебно-материальной базы (УМБ), находящейся в распоряжении кафедр для организации мероприятий ТП. Ясно, что как состав, так и эффективность использования кафедрами компонент УМБ определяют ее качество. При этом возникает необходимость оценивать именно эффективность использования УМБ в ходе ТП, для чего должна быть разработана соответствующая модель.

Модель прогноза требуемой численности специалистов по судовождению, участвовавших в процессе тренажерной подготовки

Известно, что конечным результатом деятельности учебного заведения, готовящего специалиста по судовождению, является выпуск по специальностям подготовки в прогнозируемый период T , с оценкой выпусков в заданные планируемые моменты времени t , начало планирования — t_0 , $t_0 < t < T$. Тогда уравнение динамики прогноза выпуска примет вид:

$$X_i^t = X_i^{t_0} + \chi_i^t (1 \pm \lambda_i^t), \quad (1)$$

где: X_i^t — прогнозируемая численность выпускников i -й специальности, которые будут использоваться по судовождению в t -й момент времени;

$X_i^{t_0}$ — численность офицеров i -й специальности в год начала планирования t_0 ;

χ_i^t — прогнозируемый выпуск офицеров i -й специальности в t -й момент времени;

λ_i^t — коэффициент, учитывающий прирост или сокращение выпускников i -й специальности в t -й момент времени.

В случае когда возникают непредвиденные обстоятельства в момент времени t , требующие прироста или сокращения выпускников i -й специальности, уравнение динамики прогноза примет вид:

$$X_i^t = X_i^{t_0} \pm \Delta X_i^t + \chi_i^t (1 \pm \lambda_i^t), \quad (2)$$

где ΔX_i^t — прирост (сокращение) численности выпускников i -й специальности в момент времени t , вызванный потребностью кадровых органов.

Совместное решение уравнений (1) и (2) позволяет оценить численность выпуска по отдельным специальностям подготовки.

Естественно предположить, что при определенных обстоятельствах возникают новые требования к специалистам по судовождению, предполагающие изменения технологии ТП, на что необходимо затратить определенное время.

Пусть T_j — минимальный промежуток времени, необходимый кафедре на подготовку будущих выпускников по новой j -й специальности. Тогда имеют место соотношения:

$$\begin{aligned} \chi_j^t &= 0, \text{ при } t \leq T_j; \\ \chi_j^t &> 0, \text{ при } t > T_j; \end{aligned} \quad (3)$$

где χ_j^t — прогнозируемый выпуск по новой j -й специальности.

Элементы χ_j^t сводятся в матрицу, столбцы которой определяют выпуск специалистов по судовождению в моменты времени $t, t+1, t+2, \dots$, а строки характеризуют распределение выпуска новой специальности по интервалам прогноза.

При распределении выпускники, прошедшие тренажерную подготовку, попадают на должности, где исполнение функциональных обязанностей определяется конкретным образцом судна, управление которым должен осуществлять выпускник, имеющий общую базовую практическую подготовку на конкретных тренажерных средствах. В связи с этим возникает необходимость введения понятия направленности использования специалистов по судовождению. Пусть имеет место $q = \overline{1, Q}$ число направлений использования специалиста по судовождению. Если χ_{iq}^t — количество выпускников i -й специальности,

используемых в t -й момент времени в q -м направлении, то справедливо соотношение

$$\sum_{q=1}^Q \chi_{iq}^t = \chi_i^t. \quad (4)$$

При этом целевая функция задачи прогнозирования численности выпускников по множеству специальностей $I = \{i\}$ за интервал времени $T = \{t_n\}$ примет вид:

$$\max \left\{ \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I \left[\sum_{q=1}^Q \varphi(y_{iq}^t) y_{iq}^t - f(\chi_{is}^t) \chi_{is}^t \right] \right\}, \quad (5)$$

где: $\varphi(y_{iq}^t)$ — функция, характеризующая эффект от деятельности выпускников по специальности i в q -м направлении деятельности в момент времени t ;

y_{iq}^t — количество выпускников, используемых на практике в момент времени t по i -й специальности в q -м направлении деятельности;

$f(\chi_{is}^t)$ — функция, характеризующая затраты на ТП будущих специалистов по судовождению по специальности i в момент времени t на m -й кафедре, $S_m \in S$.

Следовательно, задача оптимального прогноза требуемой численности выпускников, участвующих в процессе ТП по i -й специальности, сводится к условной задаче линейного программирования с учетом ограничений:

$$\sum_{i=1}^I y_i^t = \sum_{i=1}^I \chi_i^t; \quad \sum_{s=1}^S \chi_{is}^t = \sum_{q=1}^Q y_{iq}^t; \quad (6)$$

$$\chi_{js}^t = 0 \text{ при } t \leq T_j, \quad \chi_{js}^t > 0 \text{ при } t > T_j.$$

Поскольку содержание требований к качеству ТП выпускников учебных заведений определяется слабо учитываемыми внешними факторами, то использование приведенной выше модели позволяет получать грубые ориентировочные оценки численности обучающихся, проходящих ТП. Применение экспертной оценки не обеспечивает достаточной достоверности и дает противоречивые результаты. Поэтому наиболее целесообразно делать прогноз на перспективу не более 2–3 лет.

Модель перспективного

планирования тренажерной подготовки будущих специалистов по судовождению

При перспективном планировании численности обучающихся для тренажерной подготовки на первое место выходят: 1) параметры принимаемого контингента обучающихся и 2) количество специальностей, по которым учебное заведение ведет ТП. С учетом этого уравнение динамического планирования численности принимаемого на ТП контингента обучающихся по каждой i -й специальности имеет вид:

$$N_i = \frac{(1 - C_i) B_i}{1 - \gamma t_{cp}} X_i^t, \quad (7)$$

где: N_i — численность обучающихся, проходящих ТП;

$$X_i^t = [X_i^{t_0} + X_i^t (1 \pm \lambda_i^t)] \alpha + \beta (X_i^{t_0} + \Delta X_i^t) —$$

прогнозируемое потребное количество специалистов по судовождению по i -й специальности;

α — принятый процент ежегодного замещения должностей по i -й специальности ($\alpha = 3–4\%$),

β — принятый процент ежегодного прогнозируемого увеличения потребности в i -й специальности ($\beta \approx 1,5\%$);

γ — принятый процент отсева обучающихся за время ТП по i -й специальности,

t_{cp} — количество лет, отводимых на ТП по i -й специальности,

B_i — требуемая доля специалистов с высшим образованием к общему числу специалистов по i -й специальности подготовки,

C_i — доля первичных должностей специалистов с высшим образованием по i -й специальности.

Каждой учетной специальности (УС) соответствует определенная модель специалиста, отвечающая квалификационным требованиям. Из моделей специалиста (квалификационных требований), разработанных применительно к конкретным должностям, могут быть получены модели тренажерной подготовки для различных комбинаций должностей. Обобщение выполняется по следующей схеме:

$$\bigcup_i M^{ТП_i} \approx M^{BVC}, \quad i = \overline{1, P};$$

$$\bigcup_j M^{BVC_j} \approx M^{ТП}, \quad j = \overline{1, K}, \quad (8)$$

где: $M^{ТП_i}$ — модель ТП по i -й специальности;

M^{BVC_j} — модель специалиста по j -й УС;

P — количество должностей, замещаемых определенными специалистами;

K — количество УС, объединенных некой специальностью ТП.

Для разработки модели тренажерной подготовки $M^{ТП}$ необходимо:

1. Провести анализ объектов конкретных должностей, имеющих идентичные специальности, для выделения групп наиболее сходных объектов, составляющих «ядра» специальностей (тренажерной подготовки). Для этого требуется кластерный анализ, в результате которого удаляются объекты, нарушающие однородность выборок, и получается $M^{ТП}$.

2. С помощью процедур кластерного анализа обработать отдельные модели ТП, представленные соответствующими векторами. В результате многомерные объекты и их совокупности представляются в компактной форме на плоскости в виде дендрограмм кластеризации. Анализ дендрограмм позволяет сформировать научно обоснованную классификацию моделей тренажерной подготовки по конкретной специальности.

Таким образом, путем определения численности принимаемого на ТП контингента обучающихся и использования модели содержания ТП можно осуществлять ее перспективное планирование.

Модель распределения процесса ТП по кафедрам учебного заведения

При планировании мероприятий ТП в рамках конкретного учебного заведения возникают вопросы, связанные с интеграцией тренажерных средств, принадлежащих различным кафедрам, для подготовки будущих выпускников по единой специальности. Построение модели распределения процесса ТП по кафедрам должно производиться с

учетом текущего планирования реализации мероприятий ТП. Формально модель распределения процесса ТП по кафедрам должна опираться на следующее: выпуск специалистов по судовождению должен быть равен потребности в них дифференцированно по каждой специальности. Тогда должно иметь место соотношение вида:

$$D_j^t = \sum_{s=1}^S \sum_{q=1}^Q \gamma_s^{qt} \chi_{sj}^{qt}, \quad (9)$$

где: D_j^t — потребность в выпускниках j -й специальности к t -му моменту времени;

$q = \overline{1, Q}$ — номер варианта специализации,

$s = \overline{1, S}$ — наименование кафедры, реализующей мероприятия ТП;

γ_s^{qt} — коэффициент, характеризующий интенсивность использования q -го варианта специализации на s -й кафедре в момент

времени t , при этом $\sum_{s=1}^S \chi_s^{qt} = 1$;

χ_{js}^{qt} — выпуск j -й специальности по s -й кафедре при варианте специализации q в момент времени t .

В случае принятия q -го варианта специализации на основе разработанного плана ТП будущих специалистов по судовождению определяются кафедры и масштабы ТП по каждой специальности. При этом должно выполняться условие

$$\sum_{b=1}^B d_{bj}^t = \sum_{s=1}^S \chi_{sj}^t = D_j^t, \quad (10)$$

где: $B = \{b_i\}$ — множество типов судов;

d_{bj}^t — потребности в выпускниках j -й специальности по b -му типу судна в момент времени t .

При использовании данной модели наибольшую трудность вызывает определение коэффициента γ_s^{qt} , который учитывает специализацию кафедры при больших значениях и характеризует необходимость совместного решения задач ТП несколькими взаимодействующими кафедрами при малых значениях. Следовательно, значение коэффициента γ_s^{qt} определяется потребностью в специалистах

по судовождению конкретной УС, а также возможностями конкретных кафедр, осуществляющих ТП.

Приведенные выше три частные модели могут быть использованы для текущего и перспективного планирования ТП будущих специалистов по судовождению, направленного на прогноз численности выпускников, прошедших курс ТП; перспективное планирование самого процесса ТП; распределение процесса ТП по кафедрам учебного заведения

в зависимости от специализаций и специальностей. Кроме того, можно утверждать, что все три модели являются линейными, имеющими линейные ограничения. Следовательно, для решения с их использованием ряда оптимизационных задач могут применяться методы линейного и целочисленного программирования. Предложенные модели обеспечивают возможность сравнения конкурирующих вариантов перспективных планов ТП и выбор наиболее адекватного.

Список литературы

1. *Бабанский Ю. К.* Оптимизация учебно-воспитательного процесса: Методические основы / Ю. К. Бабанский. — М.: Просвещение, 1982. — 192 с.
2. *Беспалько В. П.* О критериях качества подготовки специалистов / В. П. Беспалько // Вест. высш. шк. 1998. — № 1. — С. 3–8.
3. ГОСТ 15895-77. Статистические методы управления качеством продукции. Термины и определения. Введ. 01.01.78.
4. ГОСТ 24.104-85. Автоматизированные системы управления. Общие требования. Введ. 01.07.87.
5. *Житницкий М. И.* Основы управления процессом обучения с учетом активизации человеческого фактора / М. И. Житницкий // — Л.: Изд-во ВМУЗ, 1987. — 146 с.
6. *Кузьмина Н. В.* Профессионализм педагогической деятельности / Н. В. Кузьмина, А. А. Реан. — СПб.: МААН, 1993. — 54 с.
7. Методы анализа и синтеза структур управляющих систем / Под ред. Б. Г. Волика. — М.: Энергоатомиздат, 1988. — 296 с.
8. *Талызина Н. Ф.* Теоретические основы разработки модели специалиста / Н. Ф. Талызина. — М.: Знание, 1986. — 108 с.
9. Управление качеством подготовки специалистов в высшей школе // Межвуз. сб. под ред. Н. А. Селезневой, В. И. Соколова. — Горький: ГТУ, 1989. — 92 с.
10. Управление качеством подготовки специалистов: программно-целевой подход: На примере высш. и послевуз. мед. образования / В. Н. Казаков и [др.]. — Донецк: Донец. гос. мед. ун-т, 2003. — 214 с.

ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 502.1/2:656

В. С. Наумов,д-р техн. наук, профессор,
ФГОУ ВПО «Волжская государственная
академия водного транспорта»;**А. Е. Пластинин**канд. техн. наук, доцент,
ФГОУ ВПО «Волжская государственная
академия водного транспорта»

ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ СУДОХОДСТВА

ORGANIZATION OF THE CONTROL POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS OF NAVIGATION

Рассматриваются основные аспекты создания подсистемы контроля потенциально опасных объектов водного транспорта на внутренних водных путях, в том числе информационное и аппаратное обеспечение. Предложен подход по определению мест дислокации чувствительных элементов измерительной части подсистемы, основанный на методах анализа риска.

The basic aspects of creation of a subsystem of the control of potentially dangerous objects of a sailing charter on internal waterways, including information and hardware maintenance are considered. The approach by definition of places of a disposition of sensitive elements of a measuring part of the subsystem, based on methods of the analysis of risk is offered.

Ключевые слова: контроль, потенциально опасные объекты, разлив нефти.

Key words: control, potentially-dangerous objects, oil spill.

В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ в Российской Федерации создана Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), которая объединяет органы управления, силы и средства федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов РФ, органов местного самоуправления и организаций, в полномочия которых входит решение вопросов по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (ЧС).

Одним из основных направлений дальнейшего развития РСЧС является совершенствование системы мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования ЧС природного и техногенного характера, использование современных методов и средств при ее осуществлении [1].

Значительную опасность для населения и окружающей среды (ОС) в настоящее время представляют чрезвычайные ситуации, связанные с аварийными разливами нефти

ЧС (Н), которые сопровождаются интенсивным загрязнением важнейших компонентов природной среды (поверхностных водных объектов, почвы, атмосферного воздуха, биоресурсов), вызывают их последующую деградацию и/или гибель на достаточно больших территориях вокруг источника загрязнения, что обуславливается физико-химическими свойствами нефти и параметрами ОС [2].

Решением Правительства РФ в рамках РСЧС Министерству транспорта поручено создание функциональной подсистемы организации работ по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на внутренних водных путях (ВВП) с судов и объектов морского и речного транспорта [3].

Создание функциональной подсистемы связано с применением современных информационных технологий, обеспечивающих информационно-аналитическую поддержку мероприятий по локализации и ликвидации аварийных разливов нефти, которая практически может быть реализована на основе ин-

формационно-управляющей системы (система «ЛАРН»). В структуру подобной системы входят подсистемы: контроля потенциально опасных объектов водного транспорта (ПОО ВТ); сбора, хранения и обработки информации; прогнозирования; поддержки и принятия решений [4].

В данной статье рассматриваются основные аспекты проблемы контроля ПОО ВТ на ВВП.

Подсистема контроля ПОО ВТ представляет собой информационно-измерительную систему, обеспечивающую мониторинг состояния и деятельности ПОО, обработку поступающей информации различного типа и взаимодействие с другими системами оперативного контроля объектов.

Мониторинг необходим для отслеживания состояний и позиций подвижных и стационарных объектов, при этом полученная и обработанная информация записывается в базу данных системы и может быть использована в дальнейшем при управлении ЧС.

Возможны следующие виды мониторинга: 1) событийный — мониторинг по приходу внешних сообщений от объектов мони-

торинга и любых других внешних источников, способных генерировать исходящие сообщения; 2) позиционный — мониторинг позиции объектов, который выполняется в абсолютных (географических) и в относительных (полярных — относительно центра мониторинга, дальность от/до контрольной точки) координатах; 3) мониторинг внутреннего состояния объекта — контроль работоспособности машин и механизмов, контроль состояния датчиков.

Аппаратную основу измерительной части подсистемы контроля ПОО ВТ составляют сенсор-детекторы, специальные телекамеры, тепловизионные системы [5].

Для построения информационной части указанной подсистемы в настоящее время наиболее перспективным программным продуктом является «Многоуровневая интегрированная система обеспечения комплексной безопасности объектов территорий и акваторий — WAIPS (Widely Applicable Integrated Protect System) производства компании ТРАНЗАС [6].

Подсистема контроля ПОО, основанная на WAIPS, представляет собой эффективный



Рис. 1. Определение мест дислокации чувствительных элементов подсистемы (этап 1)

инструмент выявления разливов нефти (РН) на ранней стадии их возникновения, комплексной оценки текущей обстановки, определяет исходные данные для дальнейшего прогнозирования развития ситуации в соответствии с гидрометеорологическими условиями, а также планирования операций по локализации и ликвидации РН.

Создание подсистемы контроля ПОО ВТ на ВВП имеет существенные особенности относительно подобных систем для морских акваторий, связанные с определением мест дислокации чувствительных элементов измерительной части системы, определяющих местоположение РН и его параметры. Решение этой задачи возможно в два этапа. На первом определяются зоны с высоким уровнем риска ЧС (Н) (рис. 1), для чего предварительно создается база данных по стационарным и передвижным источникам ЧС (Н) для рассматриваемых участков ВВП.

В Волжской государственной академии водного транспорта (ВГАВТ) для этих целей была создана и обновляется база данных, содержащая информацию по источникам ЧС (Н) Волжского, Северо-Западного, Азово-Донского, Камского, Печерского, Обского и Обь-Иртышского бассейнов. В настоящее время в базу занесены данные по более 200 стационарным (места проведения бункерных, перевалочных и грузовых операций с нефтью и нефтепродуктами) и 2300 передвижным источникам ЧС (Н) (аварии транспортных судов), а также проводится работа по созданию аналогичной базы данных для Ленского бассейна.

Значительную практическую ценность представляет разработанная база данных по передвижным источникам ЧС (Н), при заполнении которой использовались статистические данные по транспортным происшествиям (ТП) Федеральной службы по надзору в сфере транспорта за временной интервал 30 лет (1980–2009 гг.), содержащая следующую информацию: место ТП, дата аварии, описание, причина, 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.

Второй задачей первого этапа является определение координат источников ЧС (Н). При этом наибольшие затруднения вызывает решение этой задачи для движущихся судов, поскольку координата ТП является случайной величиной, отсюда возникает необходимость выполнения статистических исследований ТП внутри участков их аварийности.

Для определения расположения потенциальных источников ЧС (Н) целесообразно использовать методику определения расположения потенциальных источников РН на ВВП при движении судов [7], разработанную на кафедре охраны окружающей среды и производственной безопасности ВГАВТ, основанную на анализе статистики аварийности транспортных судов, в соответствии с которой местоположение потенциального источника РН определяется как математическое ожидание координаты ТП в границах участка аварийности.

Оценка параметров источников ЧС (Н) выполняется на основе анализа транспортных судов и их характеристик, обеспечивающих грузоперевозки на рассматриваемых участках ВВП. Исходная информация по судам группируется по видам флота, а в качестве анализируемых характеристик рассматриваются: грузоподъемность, виды перевозимых грузов, главные размерения, запас топлива и др.

Объемы разливов нефти и нефтепродуктов рассчитываются на основании действующих в РФ нормативно-правовых актов отдельно для условий паводка и межени, поскольку глубина судового хода является лимитирующим показателем для прохода судов с определенной осадкой, а следовательно, и грузоподъемностью.

Оценка риска ЧС (Н) выполняется в соответствии с [8] и включает анализ вероятностей: нарушения технологических процессов бункерных и грузовых операций; возникновения ТП; возникновения РН при ТП; появления гидрологического режима реки (паводок или межень); появления данного вида нефтепродукта (мазут, дизельное топливо и т. п.) и пр.

Оценка ущерба при ЧС (Н) на акваториях связана со значительными, в том числе

объективными, трудностями методического характера: большое разнообразие ситуаций, при которых возникает аварийный разлив нефти; обширная география местоположения возможных источников ЧС (Н); разнообразие типов ВП (поверхностных водотоков) и гидрометеорологических условий; учет эффективности мероприятий по ликвидации ЧС (Н); значительное количество сценариев ЧС (Н) и составляющих ущерба (компоненты природной среды); множество методик для расчета ущерба и отсутствие механизмов расчета, учитывающих специфику разливов нефти как самостоятельного вида негативного воздействия на ОС и т. п. [2].

Картирование риска ЧС (Н) выполняется с использованием геоинформационных технологий. В настоящее время в РФ для этих целей наиболее широко применяется геоинформационная система ArcGIS 9 производства компании ESRI, являющейся лидером рынка ГИС-компонентов.

На втором этапе (рис. 2) выполняется обоснование оптимального размещения элементов подсистемы внутри зоны повышенного

риска для создания максимальной зоны покрытия при минимальной стоимости подсистемы. При этом необходимо учитывать следующие ограничения: влияние естественных условий ВВП на эффективность работы подсистемы (скорость течения, высокие береговые склоны, извилистость речного русла и др.); сегментный режим работы элементов подсистемы; достаточность средств мониторинга; вид носителя элементов (береговые объекты, суда); влияние сенсор-детекторов на мореходные качества носителя; безопасность средств мониторинга для персонала, населения и ОС.

В качестве примера возможного размещения компонентов указанной подсистемы на ВВП рассмотрен проект дислокации чувствительных элементов подсистемы на участке с 503-й по 536-й км р. Волги (район порта г. Ярославль), где находится более 50 источников ЧС (Н). В результате проведенных исследований обоснована целесообразность установки одного сенсор-детектора на 530,3 км (левый берег). Выбранный вариант установки позволяет:

1) контролировать более 30 источников ЧС (Н) в двухсекундной зоне покрытия



Рис. 2. Определение мест дислокации чувствительных элементов подсистемы (этап 2)

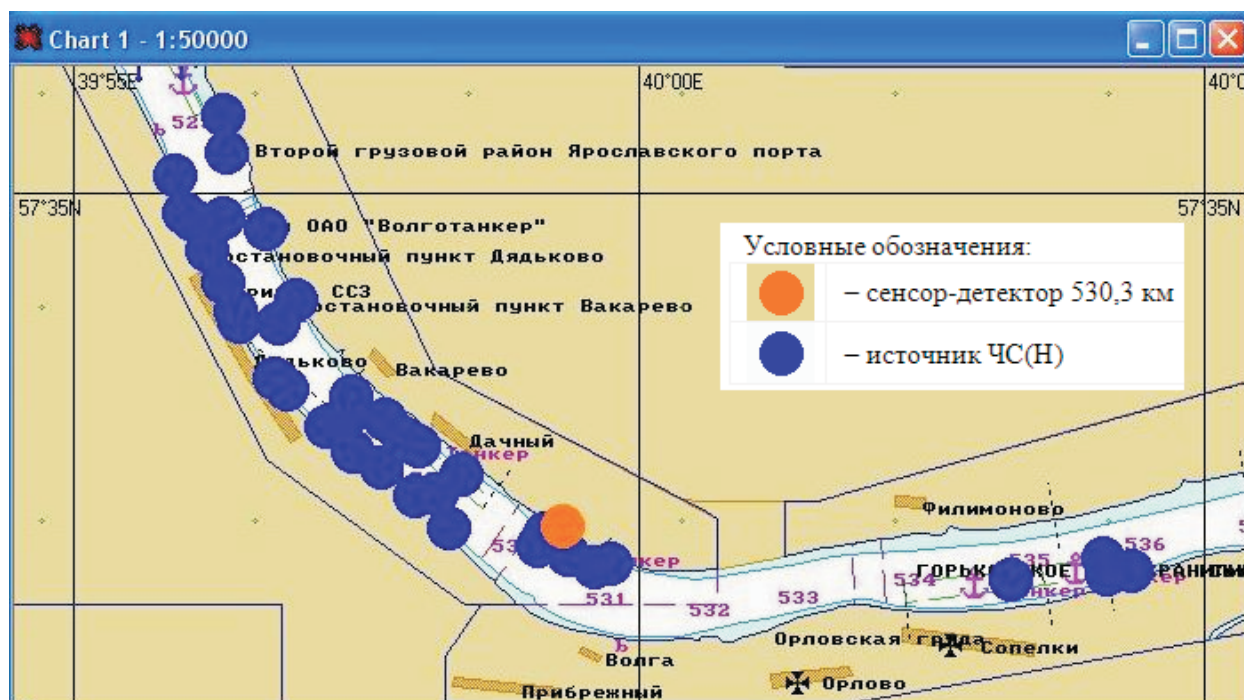


Рис. 3. Источники ЧС (Н) в двухсекундной зоне покрытия

(рис. 3), 8 источников в зоне обнаружения на время до $T + 1$ час и более 10 источников в зоне обнаружения на время до $T + 4$ часа;

2) максимально использовать условия ОС (за счет поворота русла зона действия сенсор-детектора увеличена на 10 % без дополнительных затрат;

3) расположить в двухсекундной зоне практически 100 % стационарных источников ЧС (Н), в том числе нефтеналивные грузовые терминалы, подводный переход магистрального нефтепровода, рейды для нефтеналивных судов, места проведения бункерных операций.

Ориентировочная стоимость проекта составляет от 37 до 45 млн руб. в зависимости от вариантов конфигурации подсистемы.

Рассмотренный метод контроля ПОО ВТ на ВВП имеет ряд преимуществ перед альтернативными вариантами (авиационный и космический виды мониторинга):

1) экономическая целесообразность (стоимость применения авиации на порядок выше, а искусственных спутников Земли

(ИСЗ) — на несколько порядков);

2) возможность межведомственного использования оборудования;

3) более высокое качество данных (толщины пятен, фракционный состав, вязкость);

4) способность обнаружения микроразливов (до нескольких кг);

5) оперативность получения данных;

6) альтернативы имеют ряд существенных недостатков (зоны покрытия GPS, невозможность работы в условиях ВВП (пресная вода, штиль, персонал).

В то же время нельзя исключать возможности применения ИСЗ на Онежском и Ладожском озерах.

Таким образом, предложенный подход к контролю ПОО обеспечивает проведение процедуры принятия управленческих решений на основе информации, поступающей в реальном времени, и оперативных прогнозов развития ЧС, что является необходимым условием для эффективного функционирования системы «ЛАРН».

Список литературы

1. Современные технологии защиты и спасения / Под общ. ред. Р. Х. Цаликова // МЧС России. — М.: Деловой экспресс, 2007. — 288 с.

2. Наумов В. С. Оценка ущерба при разливах нефти на объектах транспортного комплекса / В. С. Наумов, А. Е. Пластинин // Журнал университета водных коммуникаций. — 2010. — № 5 (1). — С. 152–157.

3. Наумов В. С. Информационно-аналитическая поддержка мероприятий по локализации и ликвидации аварийных разливов нефти (ЛАРН) в Волжском бассейне / В. С. Наумов, А. Е. Пластинин // Международный научно-промышленный форум «Великие реки — 2007»: труды конгресса / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. — Н. Новгород, 2007. — С. 227–228.

4. Наумов В. С. Информационные аспекты создания функциональной подсистемы организации работ по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на внутренних водных путях / В. С. Наумов, А. Е. Пластинин // Наука и техника транспорта. — 2007. — № 3. — С. 74–77.

5. Программно-аппаратный комплекс экологического мониторинга и поддержки принятия управленческих решений (ПАК) — Режим доступа: <http://trancons.ru/products/programmno-apparatnyi-kompleks-ekologicheskogo-monitoringa-i-podderzhki-prinyatiya-upravlencheskih-reshenii-pak>.

6. ТРАНЗАС становится дистрибьютором систем экологического мониторинга датской компании OSIS — Режим доступа: http://www.korabel.ru/news/comments/tranzas_stanovitsya_distribyutorom_sistem_ekologicheskogo_monitoringa_datskoy_kompanii_osis.

7. Наумов В. С. Методика определения расположения потенциальных источников разлива нефти и нефтепродуктов на внутренних водных путях при эксплуатации судов / А. Н. Бородин, В. С. Наумов // Речной транспорт (XXI век). — 2009. — № 5. — С. 81–83.

8. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов РД 03-418-01 (утв. Постановлением Госгортехнадзора России от 10.07.2001 № 30).

УДК 502.1/2:656.6

В. И. Решняк,

д-р техн. наук, профессор,
СПГУВК;

С. Е. Посашкова,

аспирант, ст. преподаватель,
СПГУВК;

К. В. Решняк,

аспирант,
СПГУВК

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ СТОЧНОЙ ВОДЫ НА СУДАХ

INVESTIGATION OF THE PROSESS OF THE SEWAGE FORMATION ON THE SHIPS

На основании теоретических и экспериментальных исследований авторами работы предложены новые направления решения проблемы предотвращения загрязнения водоемов сточной и подсланевой водой при эксплуатации судов: мероприятия по снижению количества сточной воды, разделение стока сточной воды, а также технология очистки подсланевой воды внесудовыми техническими средствами.

On the basis of the theoretical and experimental research the authors offer some new ways of solving the problem of preventing the pollution of reservoirs with sewage and bilge water generated during ships maintenance. These ways are: reducing the volume of the sewage, separation of the sewage drainage, bilge water purification with outside ship facilities.

Ключевые слова: водопотребление, водоотведение, предотвращение загрязнения водоемов, сточная вода.

Key words: water consumption, drainage system, preventing of reservoirs pollution, sewage.

АКТУАЛЬНОСТЬ проблемы — предотвращение загрязнения водных объектов при эксплуатации судов и их энергетических установок (СЭУ). Судно как любой техногенный объект является источником загрязнения водных объектов — внутренних водных путей и морей. Основным аспектом загрязнения водоемов при эксплуатации судов и их энергетических установок является образование сточной воды и нефтесодержащей подсланевой воды.

Требованиями современного природоохранного законодательства, регулирующего загрязнение окружающей среды при эксплуатации судов и их энергетических установок, запрещен всякий сброс сточной и подсланевой воды в водоем без их очистки.

Очистка судовой загрязненной воды может быть организована двумя способами. Первый предполагает применение судовых установок для очистки сточной и подсланевой воды, второй — сбор загрязненной воды с судов и ее последующую очистку на так называемых внесудовых природоохранных технических средствах (ВПТС). К ВПТС относится целый комплекс средств, которые обеспечивают сбор, транспортировку, временное хранение и очистку загрязненной воды. Такая организация очистки загрязненной воды определяется тем, что с точки зрения возможности и необходимости оснащения судов природоохранным оборудованием все суда можно разделить на следующие группы:

— суда, на которых в соответствии с международными требованиями необходимо наличие судовых установок для очистки подсланевой или сточной воды;

— суда, на которых очистка подсланевой или сточной воды может осуществляться как с помощью судовых установок, так и с помощью средств внесудовой очистки;

— суда, для которых очистка подсланевой или сточной воды может быть организована только с помощью средств внесудовой очистки.

Каждое из указанных направлений решения исследуемой проблемы характеризуется как минимум одним общим обстоятельством — необходимостью создания технических средств: судовых установок, береговых или плавучих сооружений или систем для очистки загрязненной воды. Таким образом, основным объектом в указанном комплексе технических средств являются очистные сооружения, которые могут быть размещены как на плавучих (плавучие очистные станции, суда для комплексной переработки отходов), так и на береговых объектах. Плавучие объекты могут быть стационарными и передвижными.

Эффективность работы очистных систем (установок, сооружений) зависит от следующих факторов: технологии очистки воды, которая предусмотрена в рассматриваемой очистной системе, и конструкции отдельных очистных устройств, входящих в состав очистной системы.

В свою очередь технология очистки, то есть набор операций, обеспечивающих требуемое качество очищенной воды, определяется:

— требованиями к качеству очистки воды;

— свойствами очищаемой воды.

Основными свойствами загрязненной воды являются дисперсно-фазовый состав очищаемой воды, природа вещества примесей и их количество, а также количество загрязненной воды.

Главные источники образования судовой нефтесодержащей подсланевой воды (НПВ) — протечки в корпусе судна, в действующем устройстве, судовых системах.

Основными факторами, от которых зависит образование подсланевой воды, являются:

— мощность судовой энергетической установки;

— срок службы судна;

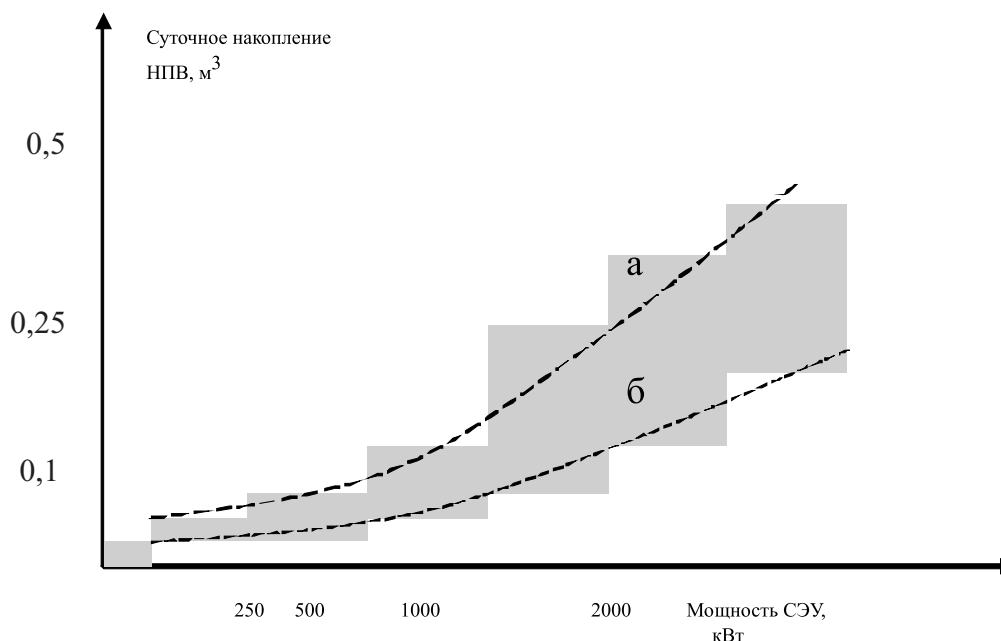


Рис. 1. Суточное накопление НПВ на судах

— уровень инженерной культуры обслуживающего персонала.

С точки зрения природоохранного законодательства основным признаком, характеризующим свойства подсланевой воды, является присутствие в ней нефтепродуктов. Однако в такой воде могут содержаться не только нефтепродукты, но и, например, взвешенные вещества, СПАВ.

Нефтепродукты, которые находятся в подсланевой воде, могут находиться в виде отдельного слоя, а также в эмульгированном состоянии.

Многолетний опыт эксплуатации судов внутреннего плавания показывает, как количество подсланевой воды зависит от мощности СЭУ (см. рис. 1).

На представленном графике верхняя граница данных о суточном накоплении НПВ (кривая а) соответствует низкому уровню инженерной культуры при обслуживании и эксплуатации СЭУ. Как видно из приведенных данных, повышение уровня инженерной культуры обслуживающего персонала (кривая б) позволяет существенно — до 30–50 % — снизить суточное образование подсланевой воды. В целом количество подсланевой воды, которое образуется на судах внутреннего плавания, колеблется в диапазоне 0,1–0,5 м³ в сутки.

Источниками образования судовой сточной воды являются галюны, умывальники, душевые, камбуз, прачечные.

Количество сточной воды зависит от количества людей (команда и пассажиры) на судне, а также от характера водопотребления воды.

Нашими исследованиями было установлено, что в целом имеется существенный резерв возможностей снижения водопотребления, а следовательно, и уменьшения количества образующейся на судах сточной воды.

Например, наблюдая за осуществлением любой операции бытового водопотребления, авторами было замечено, что часть воды используется полезно по прямому назначению, а часть чистой воды сразу попадает в сток. Количественную оценку этому обстоятельству можно дать с помощью коэффициента полезного водопотребления $K_{\text{нен}}$. Этот коэффициент представляет собой отношение полезно использованной воды к ее общему количеству, которое было потреблено на осуществление какой-либо операции. Наши экспериментальные исследования позволили определить значения коэффициента $K_{\text{нен}}$ для основных операций водопотребления в бытовых целях.

Кроме того, значения коэффициента полезного водопотребления определялись не только для разных операций водопотребления, но и для двух режимов водопотребления — фактически наблюдаемого и экономичного.

Фактически наблюдаемый режим представляет собой такое водопотребление, которое мы чаще всего можем наблюдать в нашей жизни. Экономичный режим водопотребления обеспечивается применением различных средств и способов экономии воды. К таким

средствам и способам относятся, например, краны, которые открываются и закрываются при поднесении и удалении рук от крана; души, где вода открывается нажатием на кнопку и закрывается автоматически через 10–15 с, аэраторы, унитазы с двухрежимным сливом, посудомоечные машины, стиральные машины и другое оборудование.

Результаты этих исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения коэффициента полезного водопотребления $K_{\text{неп}}$

№ п/п	Вид операции водопотребления	Значение коэффициента $K_{\text{неп}}$ при отсутствии средств и способов экономии воды	Значение коэффициента $K_{\text{неп}}$ при применении средств и способов экономии воды
1	2	3	4
1	Мытье рук	0,45	0,95–1,0
2	Умывание	0,40	0,95
3	Чистка зубов	0,015–0,020	1,0
4	Бритье	0,04	0,95
5	Душ	0,25	0,9–1,0
6	Мытье посуды (ручная мойка)	0,25	0,8
7	Мытье посуды (моечная машина)	1,0	1,0
7	Мытье продуктов питания	0,8–1,0	0,9–1,0
8	Приготовление пищи	1,0	1,0
9	Стирка ручная	0,6–0,9	0,9–1,0
10	Стирка машинная	1,0	1,0

Понятно, что водопотребление должно быть организовано таким образом, чтобы вся потребляемая вода расходовалась только полезно ($K_{\text{неп}} = 1,0$).

Низкие значения коэффициента $K_{\text{неп}}$ являются объективным свидетельством неэкономного расходования воды, а также указывают на те операции водопотребления, которые прежде всего требуют применения средств и способов экономии расхода воды.

Общее потребление воды, например, в

течение суток можно определить по счетчику воды или расчетом по формуле:

$$Q_{\Sigma} = \Sigma(V_i \cdot t_i),$$

где: V_i — скорость истечения воды из крана, л/мин; t_i — время i -й операции потребления воды, мин.

Скорость истечения воды определяется экспериментально. В некоторых случаях, например при предварительном анализе, в качестве расчетных значений скорости истечения воды могут быть приняты данные табл. 2.

Таблица 2
Расчетное значение скорости
истечения воды

№ п/п	Наименование источника воды	Скорость истечения воды, л/мин
1	Кран умывальника	6–8
2	Кран мойки на кухне	5–6
3	Душ	4–5

Расчетные значения времени одной операции потребления воды можно принять по данным табл. 3.

Таблица 3
Расчетное время одной операции
потребления воды, мин

№ п/п	Вид операции водопотребления	Время одной операции потребления воды, мин.
1	Мытье рук	0,3–0,75
2	Умывание	0,5–1,0
3	Чистка зубов	2,5–3,0
4	Бритье	3–4
5	Душ	5–7

Для анализа водопотребления необходимо собрать некоторые данные о характере водопотребления в течение суток.

Полезное водопотребление определяется для каждой операции потребления воды по формуле

$$(Q_{\text{пов}})_i = (K_{\text{пов}})_i \cdot V_i \cdot t_i.$$

Значения коэффициента $K_{\text{пов}}$ принимаются в зависимости от степени использования средств и экономии воды по табл. 1.

Общее водопотребление Q_{Σ} определяется по формуле

$$Q_{\Sigma} = \Sigma(Q_{\text{пов}})_i.$$

Степень экономичности потребления воды можно оценить, сравнивая значения общего водопотребления Q_{Σ} и общего полезного водопотребления $\Sigma(Q_{\text{пов}})_i$, а также сравнивая затраты на оплату водопотребления.

Плата за потребление воды на бытовые нужды может быть рассчитана следующим образом.

Месячная плата за потребление воды, когда не применяются средства и способы экономии воды, определяется по зависимости

$$P_{\text{общ}} = 30 \cdot 10^{-3} (a \cdot C_{\text{хол.в.}} \cdot Q_{\Sigma} + b \cdot C_{\text{гор.в.}} \cdot Q_{\Sigma}).$$

Плата за потребление воды, когда применяются средства и способы экономии воды, определяется по зависимости

$$P_{\text{пов}} = 30 \cdot 10^{-3} (a \cdot C_{\text{хол.в.}} \cdot Q_{\text{пов}} + b \cdot C_{\text{гор.в.}} \cdot Q_{\text{пов}}).$$

В указанных зависимостях a и b представляют собой долю холодной и горячей воды в воде, вытекающей из смесителя. С достаточной точностью можно принять, что $a = 0,7–0,8$ и $b = 0,2–0,3$. При выборе значений a и b для расчета платы должно соблюдаться условие: $a + b = 1$. Указанные значения параметров a и b являются средними для всех операций водопотребления, в том числе и тех, когда расходуется только холодная вода.

Наши экспериментальные исследования и расчеты показывают, что суточное бытовое водопотребление на одного человека может достигать 170–190 л. При этом полезное водопотребление составляет 60–70 л.

Анализ процессов образования загрязненной воды на судах показывает, что одним из направлений решения проблемы предотвращения загрязнения водоемов судовой сточной и подсланевой водой является снижение количества загрязненной воды.

Снижение водопотребления, а следовательно, и снижение образования сточной воды обеспечивается применением средств и способов экономии воды прежде всего к операциям, которые характеризуются самым низким значением коэффициента водопотребления. Теоретически возможным пределом снижения водопотребления является значение полезного водопотребления $\Sigma(Q_{\text{пов}})$.

С точки зрения экономических затрат на осуществление мероприятий по экономии водопотребления все мероприятия можно разделить на две группы. Первая группа мероприятий не требует финансовых затрат. К таким прежде всего относится повышение уровня экологической дисциплины водопотребления.

Вторая группа мероприятий предполагает финансовые затраты, например установ-

ку устройств, включающих воду при поднесении рук к крану воды в умывальнике.

Все причины образования НПВ можно разделить на объективные и субъективные. К первым относятся мощность СЭУ и срок службы судна. Ко вторым — в частности уровень инженерной культуры эксплуатации СЭУ.

Объективные причины образования НПВ зависят от уровня технологии судостроения, материалов, применяемых в судостроении, конструкции отдельных узлов, судовых устройств и агрегатов в целом. Указанные факторы меняются медленно, но все равно приводят к постепенному уменьшению количества протечек в корпусе судна и СЭУ. Однако полностью исключить образование подсланевой воды ни сейчас, ни в некотором будущем не представляется возможным.

Уменьшение количества подсланевой воды на судах можно и нужно обеспечить за счет субъективной составляющей причин образования, то есть путем повышения уровня инженерной культуры эксплуатации СЭУ.

Еще одной группой мероприятий, обеспечивающих предотвращение загрязнения окружающей среды сточной и подсланевой водой при эксплуатации судов, является уменьшение количества загрязняющих веществ в этой воде. Традиционно такая группа мероприятий предусматривала очистку сточной и подсланевой воды, что как раз и обеспечивало удаление из воды загрязняющих веществ. Авторы статьи обращают внимание на то, что снижение загрязняющих веществ в сточной и подсланевой воде может быть обеспечено и на этапе образования загрязненной воды.

Уменьшение общего количества нефтепродуктов в подсланевой воде обеспечивает герметичность судовых систем топлива и масла. Снижение доли эмульгированных нефтепродуктов может быть обеспечено запретом на использование синтетических поверхностно-активных веществ в машинном отделении судов.

Еще одним из направлений решения указанной проблемы является разделение стока сточной воды на сток из гальюнов и камбуза и сток от умывальников и душевых. В результате образующиеся два потока сточной воды характеризуются более однородным

составом стока, что существенно упрощает последующую очистку.

Как было сказано выше, в целом очистка загрязненной воды, образующейся при эксплуатации судов, может быть организована по двум следующим направлениям: с помощью судовых и внесудовых природоохранных технических средств. Выбор направления решения проблемы осуществляется по результатам анализа возможности и целесообразности с учетом таких конкретных обстоятельств, как тип и проект судна, район плавания, требования законодательства, и некоторых других.

Оба направления характеризуются одним общим обстоятельством — необходимостью применения очистных комплексов: судовых установок, плавучих очистных станций или береговых очистных сооружений.

Одной из трудностей создания судовых установок для очистки сточной и подсланевой воды является ограниченность объемов размещения таких установок на судах, что в итоге сказывается на качестве очистки загрязненной воды. К числу новых предложений в области создания очистных систем относится разнесение операций по очистке загрязненной воды во времени, а также по месту размещения очистных устройств для осуществления этих операций. Например, в настоящее время авторами разрабатывается предложение о создании комплекса для внесудовой очистки подсланевой воды, который предусматривает начальную ее очистку на баржах-накопителях и последующую — на специальных судах, оснащенных блоком очистных устройств для глубокой очистки НПВ.

Комплекс средств внесудовой очистки включает средства для сбора, хранения, транспортировки и очистки загрязненной воды. Эффективность применения такого комплекса характеризуется расстановкой указанных средств на определенном участке водных путей. По своему характеру такая задача является оптимизационной, и авторами уже предложены некоторые ее решения: например, разработана методика определения оптимального размещения плавучих станций для сбора и очистки подсланевой воды на участке водных путей, которая обеспечивает мини-

мальные затраты на сбор и транспортировку подсланевой воды.

Таким образом, анализ процессов образования загрязненной воды на судах показывает, что, несмотря на определенные достижения специалистов по защите окружающей среды при эксплуатации судов, существует перспек-

тива достижения положительного эффекта в исследуемой области при уменьшении образования загрязненной воды на судах, а также при разделении стока сточной воды и разнесения технологических операций по очистке воды и оптимального применения судовых и внесудовых природоохранных технических средств.

Список литературы

1. Туровский И. С. Обработка осадков сточных вод. — М.: Стройиздат, 1984.
2. Жуков А. И., Монгайт И. Л., Родзиллер И. Д. Методы очистки производственных сточных вод. — М.: Стройиздат, 1984.
3. Евилович А. З. Утилизация осадков сточных вод. — М.: Стройиздат, 1989.
4. Владимиров А. М. Охрана окружающей среды. — М.: Москва, 1991.
5. Яковлев С. В. Очистка производственных сточных вод. — М.: Стройиздат, 1979.
6. Новиков Ю. В. Экология, окружающая среда и человек. — М.: Москва, 1998.
7. Наставление по предотвращению загрязнения внутренних водных путей при эксплуатации судов РД 152-011-00. — М.: Москва, 2000.

УДК 628.511.001.57:656.62.073.28:689.46

Д. Н. Костюничев,

канд. техн. наук,
ФГОУ ВПО «Волжская государственная
академия водного транспорта»;

Н. С. Отделкин,

д-р техн. наук,
ФГОУ ВПО «Волжская государственная
академия водного транспорта»

ОЦЕНКА ПОТЕРЬ И ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ОТКРЫТЫХ СКЛАДОВ С СЫПУЧИМИ ГРУЗАМИ

EVALUATION OF LOSSES AND NEGATIVE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF OPEN STORAGE OF BULK CARGOES

В статье представлен метод исследования на моделях процесса пылеуноса сыпучих грузов с открытых складов и результаты применения данного метода для оценки потерь и загрязнения окружающей среды.

The article presents a method of research on models of dusting of bulk materials with open storage and the results of applying this method to evaluate losses and environmental contamination.

Ключевые слова: сыпучие грузы, открытый склад, потери.

Key words: bulk cargo, outdoor storage, loss.

СЫПУЧИЕ материалы широко применяются в промышленности для различных целей. Некоторые сыпучие материалы являются природными образованиями — песок, гравий, уголь, но основная их масса — продукт деятельности человека: рудные и химические концентраты, каменный уголь, гранулированные материалы. Номенклатура сыпучих материалов, особенно сырьевых, неуклонно растет, это связано с их технологичностью в транспортных и перерабатывающих операциях.

Морские и речные порты, являясь крупными транспортными узлами по перевалке различных грузов, из которых более половины составляют сыпучие, своей эксплуатационной деятельностью оказывают отрицательное воздействие на атмосферный воздух, почву и акваторию порта. Наиболее ощутимо это влияние проявляется вследствие пыления и пылеуноса при перегрузочных операциях с сыпучими грузами и особенно при их хранении на открытых складах (как оперативных, так и накопительных). Причем открытые портовые склады с сыпучими грузами не только отрицательно воздействуют на окружающую среду, но и обуславливают невозвратные потери за счет пылеуноса груза.

Портовые открытые склады с сыпучими грузами, склонными к пылению, относят к неорганизованным источникам загрязнения, а величины пылевых выбросов с указанных складов определяют по методикам, разработанным бывшими министерствами речного и морского флота и Ленморниипроектом.

Однако указанные методики не учитывают влияние геометрических размеров открытых складов и направление ветровых потоков на величину пылевыбросов и не позволяют определять с приемлемой точностью размер потерь сыпучих грузов от пылеуноса.

В данной статье предлагается метод прогнозирования величины запыленности воздуха и размеров потерь груза от пылеуноса с открытого склада, основанный на методах подобия и анализа размерностей.

Факторы, влияющие на интенсивность пылеобразования при хранении сыпучих грузов на открытых складах, можно разбить на две группы [1, 2]:

— физико-механические и химические свойства сыпучего груза;

— параметры открытого склада и характеристика внешних воздействий.

К основным физико-механическим параметрам и химическим свойствам сыпучих грузов, которые характеризуют их пылеобразующую способность, относятся:

— фракционный состав и форма частиц;

— влажность груза и его смачиваемость;

— плотность частиц, определяющая скорость их оседания;

— насыпная плотность груза.

Решающее влияние на интенсивность пылеобразования при открытом способе хранения сыпучих грузов оказывают: геометрические размеры открытого склада; продолжительность нахождения груза на складе и характеристики ветровых потоков, воздействующих на склад.

Необходимо отметить, что процесс пылеобразования при воздействии ветровых потоков на открытый штабель с сыпучим грузом является недостаточно изученным процессом.

Прогнозирование пылевых выбросов при открытом хранении сыпучих материалов требует прежде всего разработки физической модели, подобной конкретному объекту природы.

Методы физического моделирования, основанные на теории подобия и размерностей, рассматриваются как приближенные методы анализа процессов при замещении реального объекта подобной ему моделью. Значимость этих методов возрастает при решении поисковых и прогнозных задач, когда структура и состав уравнений, описывающих процесс, не точны или недостаточно надежны. К числу таких задач относится образование пылевоздушных потоков при открытом хранении сыпучих грузов.

Процесс пылеобразования при открытом хранении сыпучих грузов следует рассматривать как систему, включающую следующие процессы:

— сдувание груза с поверхности штабеля открытого склада;

— распространение взвешенных частиц пыли ветровыми потоками.

В общем случае эти процессы не могут рассматриваться как независимые, но решение задачи в таком виде является сложным и трудоемким. Поэтому будем считать, что указанные процессы системы независимы друг от друга, то есть решение задачи пылеобразования будем основывать на раздельном

моделировании, которое апробировано в работе [3].

Для определения критериев подобия необходимо выявить все параметры, характеризующие изучаемые процессы. Определяющие параметры, характеризующие процесс пылеуноса сыпучего материала с поверхности открытого склада, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Совокупность определяющих параметров процесса пылеуноса пылящего материала с поверхности штабеля открытого склада

Наименование параметров	Обозначение величины	Единица измерения	Формула размерности	Обозначение масштабов подобия
Размеры открытого склада (штабеля):				
длина	ℓ	м	L	k_ℓ
ширина	b			k_b
высота	h			k_h
Скорость ветра	v	м/с	LT^{-1}	k_v
Направление ветра относительно продольной оси штабеля	φ	рад	-	k_φ
Вес частицы	σ	Н	LMT^{-2}	k_σ
Количество унесенной пыли в единицу времени	q	кг/с	MT^{-1}	k_q
Время ветрового воздействия	t	с	T	k_t

Осуществление модели процесса пылеуноса сыпучего материала с поверхности штабеля требует выполнения следующих условий подобия:

- геометрического;
- взаимодействия ветра с поверхностью штабеля склада;
- однозначности граничных условий.

Геометрическое подобие означает, что отношение всех соответствующих длин в модели и натуре должны быть одинаковы. Поэтому геометрическое подобие имеет вид:

$$\frac{\ell_n}{\ell_m} = k_\ell, \quad (1)$$

где: ℓ_n, ℓ_m — соответствующие длины соответственно в натуре и модели, м;

k_ℓ — константа или масштаб геометрического подобия.

Процесс сдувания сыпучего груза с поверхности штабеля открытого склада можно описать уравнением

$$q = f(\ell, b, h, v, \varphi, t, \sigma). \quad (2)$$

Согласно π -теореме, количество критериев подобия можно образовать из системы определяющих параметров:

$$N = n - r = 8 - 3 = 5, \quad (3)$$

где: n — общее количество определяющих параметров;

r — количество основных единиц измерения, содержащихся в определяющих параметрах (м, кг, с).

Вид критериев подобия определяется с помощью анализа размерностей, который позволяет находить критерии подобия, не имея математического описания физического явления, зная только, от каких параметров оно зависит.

Для исследуемого явления критерии подобия имеют вид:

$$\begin{aligned} \Pi_1 &= \frac{q \cdot v}{\sigma} = inv; \quad \Pi_2 = \frac{b}{\ell} = inv; \\ \Pi_3 &= \frac{h}{\ell} = inv; \quad \Pi_4 = \varphi = inv; \\ \Pi_5 &= \frac{t \cdot v}{\ell} = inv. \end{aligned} \quad (4)$$

На основе полученных критериев подобия, из которых Π_1 является определяемым, можно составить критериальное уравнение процесса сдувания сыпучего груза с поверхности штабеля открытого склада и соответствующие им индикаторы подобия:

$$\begin{aligned} \frac{q \cdot v}{\sigma} &= f\left(\frac{b}{\ell}; \frac{h}{\ell}; \varphi; \frac{t \cdot v}{\ell}\right); \\ I_1 &= \frac{k_q \cdot k_v}{k_\sigma} = 1; \quad I_2 = \frac{k_b}{k_\ell}; \\ I_3 &= \frac{k_h}{k_\ell} = 1; \\ I_4 &= \frac{k_{\varphi n}}{k_{\varphi m}} = 1; \quad I_5 = \frac{k_z \cdot k_v}{k_\ell} = 1. \end{aligned} \quad (5)$$

Из полученных критериев подобия для процесса сдувания пылящего материала с поверхности штабеля открытого склада критерий $\Pi_1 = \frac{q \cdot v}{\sigma}$ указывает на то, что необходимо моделировать натурный материал, то есть создавать для модельных исследований эквивалентный натурному материал.

Процесс изготовления эквивалентных материалов весьма трудоемок и сложен. Поэтому предлагается в модельных исследованиях применить натурный груз — так называемое неполное моделирование.

Таким образом, при использовании в модельных исследованиях натурального груза значение масштаба подобия k_σ необходимо принимать равным единице, то есть

$$k_\sigma = 1. \quad (6)$$

Учитывая, что $k_\sigma = 1$, характеристики ветрового воздействия на склад в модели и натуре также должны быть одинаковыми, по-

этому принимаем значения масштабных коэффициентов

$$k_v = k_\varphi = 1. \quad (7)$$

Для построения модели примем отношение модели к натуре равным масштабному коэффициенту k_ℓ . Тогда процессы сдувания сыпучего груза с поверхности штабеля открытого склада в модели и натуре будут подобны при следующих значениях масштабных коэффициентов:

$$k_\ell = k_b = k_h = k_t. \quad (8)$$

Таким образом, основные положения метода прогнозирования процесса пылеуноса сыпучих грузов с поверхности штабеля открытого склада можно сформулировать следующим образом:

- выполнять модель геометрически подобной натурному объекту;
- использовать при модельных исследованиях натурный сыпучий груз;
- соблюдать в модели и натуре одинаковыми режимы перемещения окружающего воздуха (скорость и направление ветровых потоков);
- соблюдать в модели и натуре одинаковыми температуру и влажность окружающей среды.

Потери груза $M_{ck}(т)$ в результате пылеуноса при его хранении на открытых складах рекомендуется определять по формуле

$$\begin{aligned} M_{ck} &= \sum_{i=1}^n M_{ck_i} \cdot S_{ck_i} \cdot t_{xp_i} + \\ &+ \sum_{g=1}^{12-n} M_{ck_g} \cdot S_{ck_g} \cdot t_{xp_g}, \end{aligned} \quad (9)$$

где: M_{ck_i} — количество груза, унесенного с одного квадратного метра поверхности штабеля за i -й месяц навигационного периода, т/м²сут;

S_{ck_i} — площадь поверхности штабеля склада в i -й месяц навигационного периода, м²;

S_{ck_g} — площадь поверхности штабеля склада в g -й месяц межнавигационного периода, м²;

t_{xp_i}, t_{xp_g} — время хранения груза на складе соответственно в i -й месяц навигационного и g -й месяц межнавигационного периодов, сут;

M_{ck_g} — количество груза, унесенного с одного квадратного метра поверхности штабеля за g -й месяц межнавигационного периода, т/м²сут.

Величины M_{ck_i} и M_{ck_g} для натуральных условий определяются как

$$M_{ck_i} = M_{ck_i}^M \cdot k_l^2; \quad M_{ck_g} = M_{ck_g}^M \cdot k_l^2. \quad (10)$$

Величины $M_{ck_i}^M$ и $M_{ck_g}^M$ находят при модельных исследованиях с учетом преобладающих скоростей и направлений ветровых потоков, где планируется расположить или располагается открытый склад грузового причала для перегрузки сыпучего груза, по месяцам навигационного и межнавигационного периодов.

При модельных исследованиях процесса пылеуноса из штабеля открытого склада и запыленности воздуха следует применять двухфакторный эксперимент (ПФЭ), в котором управляемыми независимыми факторами являются скорость v и направление φ ветровых потоков, воздействующих на модели открытых складов.

Так были получены математические модели процессов пылеуноса (потерь) M^n и запыленности q^3 воздуха для угля при его хранении на открытых складах, которые имеют вид:

штабель с поперечным сечением в форме призмы

$$M_{np}^M = 73,875 + 8,275 \cdot x_1 + 73,625 \cdot x_2 + 8,225 \cdot x_1 \cdot x_2; \quad (11)$$

$$q_{np}^3 = 101,65 - 53,35 \cdot x_1 + 100,35 \cdot x_2 - 52,65 \cdot x_1 \cdot x_2;$$

штабель с поперечным сечением в форме обелиска

$$M_{ob}^M = 220,625 + 11,125 \cdot x_1 + 213,375 \cdot x_2 + 10,875 \cdot x_1 \cdot x_2; \quad (12)$$

$$q_{ob}^3 = 642 - 347 \cdot x_1 + 630,5 \cdot x_2 - 340,5 \cdot x_1 \cdot x_2,$$

где: x_1 — скорость v ветрового потока в относительных единицах;

x_2 — относительное направление φ ветрового потока.

Используя предлагаемый метод исследования на моделях процесса пылеуноса сыпучего груза, аналогичные математические модели можно получить и для других сыпучих грузов.

Подставляя в выражения (11) и (12) соответствующие каждому месяцу навигационного и межнавигационного периода значения v и φ , определяют значения соответствующих величин потерь сыпучего груза и запыленности воздуха по месяцам при модельных исследованиях.

Величины M_{ck_i} , M_{ck_g} по месяцам навигационного и межнавигационного периода для натуральных условий находят по выражению (10). Величины q_{ck_i} и q_{ck_g} для натуральных условий — по выражению

$$q_{ck_i} = q_{ck_i}^M \cdot k_l^2, \quad q_{ck_g} = q_{ck_g}^M \cdot k_l^2. \quad (13)$$

Экспериментальные исследования влияния масштабного фактора на адекватность модели натуре показали, что значения линейного масштабного коэффициента не должны превышать 100, то есть $k_l \leq 100$.

В табл. 2 приведены результаты сравнения величин запыленности воздуха и пылеуноса, полученные при натуральных замерах и с помощью математических моделей (11) и (12).

Таблица 2

Результаты сравнения величин запыленности воздуха и пылеуноса

Форма поперечного сечения штабеля	Месяц проведения эксперимента	Запыленность воздуха, мг/м ³		Величина пылеуноса, мг/с	
		При натуральных замерах	Полученный с помощью мат. модели	При натуральных замерах	Полученный с помощью мат. модели
Призма	июнь 2005 г.	17,0	15,5	6,7	6,1
	июль 2005 г.	118,1	73,9	35,6	31,8
	август 2005 г.	22,7	21,6	9,6	8,7
Обелиск	июнь 2005 г.	113,5	102,8	28,1	25,3
	июль 2005 г.	604,6	473,9	117	104,5
	август 2005 г.	146,4	142,2	36,7	33,4

Из данных табл. 1 видно, что расхождения сравниваемых величин лежат в пределах: по запыленности воздуха — 3–21 %; пылеуноса — не превышают 10 %, что дает их удовлетворительную сходимость, достаточную для данных исследований.

Кроме этого, были выполнены исследования влияния геометрических параметров склада, формы поперечного сечения штабеля и направления ветрового потока на величину пылеуноса груза и запыленность воздуха. Результаты этих исследований приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты исследования влияния геометрических параметров склада и формы поперечного сечения штабеля на пылеунос груза и запыленность воздуха

Поперечное сечение штабеля	Длина штабеля ℓ , м	Пылеунос с 1 м ² , мг/с		Запыленность воздуха, мг/м ³	
		Направление ветрового потока со скоростью 5 м/с			
		вдоль штабеля	поперек штабеля	вдоль штабеля	поперек штабеля
Призма	0,23	4,5	6,5	48	40
	0,43	4,1	6,0	65	35
	0,8	3,4	4,7	80	25
Обелиск	0,4	51	16,0	62	52
	0,6	46	15,2	78	46
	0.8	38	14.0	95	35

Анализ данных табл. 3 позволяет сделать следующие выводы:

— при направлении ветрового потока вдоль штабелей с увеличением их длин размер пылеуноса уменьшается;

— для штабеля с поперечным сечением в форме призмы размер пылеуноса при направлении ветрового потока поперек штабеля на 28–32 % больше, чем при направлении ветрового потока вдоль штабеля;

— для штабеля с поперечным сечением в форме обелиска размер пылеуноса при направлении ветрового потока поперек штабеля на 31–37 % меньше, чем при направлении ветрового потока вдоль штабеля;

— для обоих штабелей с увеличением

их длин при направлении ветрового потока вдоль штабеля запыленность воздуха увеличивается, а при направлении ветра поперек штабеля — уменьшается;

— для штабеля с поперечным сечением в виде призмы запыленность воздуха при соответствующих направлениях ветрового потока меньше на 15–25 % по сравнению со штабелем с поперечным сечением в виде обелиска.

Ни одна из существующих методик не учитывает влияния размеров склада, формы поперечного сечения штабеля и направления ветровых потоков на размер пылевыбросов, хотя указанные факторы существенным образом влияют на процесс пылеуноса.

Список литературы

1. Биргер М. И. Справочник по пыле- и золоулавливанию / М. И. Биргер, А. Ю. Вальдберг, Б. И. Мягков. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 312 с.
2. Бланк Ю. И. Борьба с пылеобразованием в морских портах. Экспресс-информация / Ю. И. Бланк, В. Я. Зилдман, В. А. Чикановский. — М.: Транспорт, 1984. — Вып. 552. — 24 с.
3. Отделкин Н. С. Эколого-экономическое обоснование параметров открытых складов навалочных грузов путем прогнозирования процесса пылеуноса / Н. С. Отделкин, Д. Н. Костюничев // Экологические системы и приборы. — 2005. — № 1. — С. 30–33.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НА ТРАНСПОРТЕ

УДК 656.62.071.3

Е. Н. Ковалева,
соискатель ученой степени
кандидата экономических наук,
СПГУВК

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

METHOD OF DETERMINING THE RATE OF TRANSPORT SUPPORT LOCAL ECONOMIES

В статье представлены методические материалы по определению показателей транспортного обеспечения локальных экономических систем.

In article methodical materials by definition of indicators of transport maintenance of local economic systems are presented.

Ключевые слова: транспортное обеспечение, протяженность путей сообщения (эксплуатационная длина), провозная способность, транспортные доходы, расходы транспорта, прибыль транспорта, численность населения, площадь территории.

Keywords: transport maintenance, extent of means of communication (operational length), carrying ability, transport incomes, transport expenses, transport profit, population, the territory area.

ТРАНСПОРТНОЕ обеспечение отражает степень развития транспорта и направлено на надежное функционирование транспортной системы в целях обеспечения локальной экономической системы транспортными услугами.

Для характеристики уровня транспортного обеспечения локальной экономической системы предлагается применить следующие семь групп показателей.

Показатели первой группы характеризуют густоту путей сообщения и ВВП: абсолютную протяженность сети (эксплуатационную длину) путей сообщения локальной экономической системы по отношению к площади территории (dS); численности населения (dN); объему продукции (dQ); площади территории и численности населения (dSN); площади территории, численности населения и объему производства ($dSNQ$):

$$dS = L / S;$$

$$dN = L / N;$$

$$dQ = L / Q;$$

$$dSN = L / \sqrt{SN};$$

$$dSNQ = L / \sqrt[3]{SNQ},$$

(1)

где: L — протяженность путей сообщения (эксплуатационная длина), км;

S — площадь территории локальной экономической системы, км²;

N — численность населения локальной экономической системы, чел.;

Q — объем производства продукции в регионе, т.

Показатели, включенные в данную группу, нельзя считать достаточно сопоставимыми по локальным экономическим системам, потому что в них не учтены качественные различия сети, связанные с ее пропускной и провозной способностью.

В целях приведения путей сообщения разных видов и мощности к наибольшей сопоставимости обычно используют переводные коэффициенты корректировки, учитывающие различия в техническом оснащении путей сообщения и, соответственно, в их провозной способности.

Вторая группа показателей отражает объем грузовых перевозок ($\sum P$), который сопоставляется: с площадью территории (dS'); численностью населения (dN'); объемом производства продукции (dQ'); площадью терри-

территории и численностью населения (dSN'); площадью территории, численностью населения и объемом производства продукции ($dSNQ'$). Может быть выражена следующими формулами:

$$\begin{aligned} dS' &= \sum P / S; \\ dN' &= \sum P / N; \\ dQ' &= \sum P / Q; \\ dSN' &= \sum P / \sqrt{SN}; \\ dSNQ' &= \sum P / \sqrt[3]{SNQ}, \end{aligned} \quad (2)$$

где P — объем грузовых перевозок, т.

Объем грузовых перевозок может приниматься фактический или максимально возможный.

Показатели третьей группы характеризуют грузооборот ($\sum PL$) по отношению: к площади территории (dS''); численности населения (dN''); площади территории и численности населения (dSN''); площади территории, численности населения и объему производства продукции ($dSNQ''$):

$$\begin{aligned} dS'' &= \sum PL / S; \\ dN'' &= \sum PL / N; \\ dQ'' &= \sum PL / Q; \\ dSN'' &= \sum PL / \sqrt{SN}; \\ dSNQ'' &= \sum PL / \sqrt[3]{SNQ}, \end{aligned} \quad (3)$$

где $\sum PL$ — грузооборот, т-км нетто.

Грузооборот может приниматься фактический или максимально возможный по пропускной и провозной способности.

Разнородные виды транспортной продукции с разными показателями качества имеют разную стоимость, на основе которой должна устанавливаться соответствующая качеству цена перевозок. Это, в свою очередь, отразится на суммарных транспортных тарифных затратах грузовладельцев, населения и народного хозяйства. Эти затраты являются в сущности доходами транспорта.

Четвертая группа показателей отражает транспортные доходы локальной экономической системы, которые сопоставляются: с площадью территории (gS); с численностью населения (gN); с площадью территории и численностью населения (gSN); с площадью

территории, численностью населения и объемом производства продукции ($gSNQ$):

$$\begin{aligned} gS &= \sum D / S; \\ gN &= \sum D / N; \\ gQ &= \sum D / Q; \\ gSN &= \sum D / \sqrt{SN}; \\ gSNQ &= \sum D / \sqrt[3]{SNQ}, \end{aligned} \quad (4)$$

где $\sum D$ — транспортные доходы региона по грузовым перевозкам.

Транспортные затраты локальной экономической системы по грузовым перевозкам (доходы транспорта по грузовым перевозкам) могут приниматься фактические или планируемые транспортные затраты по тарифам.

Пятая группа показателей сопоставляет расходы транспорта: с площадью территории (CS); численностью населения (CN); площадью территории и численностью населения (CSN); площадью территории, численностью населения и объемом производства продукции ($CSNQ$):

$$\begin{aligned} CS &= \sum 3 / S; \\ CN &= \sum 3 / N; \\ CQ &= \sum 3 / Q; \\ CSN &= \sum 3 / \sqrt{SN}; \\ CSNQ &= \sum 3 / \sqrt[3]{SNQ}, \end{aligned} \quad (5)$$

где $\sum 3$ — расходы транспорта по грузовым перевозкам, руб.

Шестая группа показателей характеризует прибыль транспорта по отношению: к площади территории (prS); к численности населения (prN); к площади территории и численности населения ($prSN$); к площади территории, численности населения и объему производства продукции ($prSNQ$):

$$\begin{aligned} prS &= \sum \Pi / S; \\ prN &= \sum \Pi / N; \\ prQ &= \sum \Pi / Q; \\ prSN &= \sum \Pi / \sqrt{SN}; \\ prSNQ &= \sum \Pi / \sqrt[3]{SNQ}, \end{aligned} \quad (6)$$

где $\sum \Pi$ — прибыль транспорта по грузовым перевозкам.

Седьмая группа показателей характеризует наличие подвижного состава и основных

технических средств (вагонов, локомотивов, контейнеров, погрузочно-разгрузочных средств и т. д.), необходимых для нормального функционирования транспортной системы и выполнения заданного объема перевозок грузов.

Результаты расчетов показателей транспортного обеспечения на примере железных дорог и ВВП локальной экономической системы за период 2008–2009 гг. приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

**Показатели транспортного обеспечения локальной экономической системы
железными дорогами и ВВП**

Показатели (единица)	Величина показателя по годам			
	2008 г.		2009 г.	
	ж/д	речной	ж/д	речной
1	2	3	4	5
dS (км/тыс. км ²)	4,05	8,36	4,09	8,40
dN (км/1 тыс. чел.)	1,84	3,79	1,85	3,80
dQ (км/млн т)	70,02	144,43	67,16	137,82
dS' (млн т/тыс. км ²)	0,15	0,004	0,15	0,005
dN' (млн т/тыс. чел.)	0,068	0,002	0,069	0,002
dQ' (млн т/млн т)	2,6	0,07	2,5	0,08
dS'' (млн т-км/тыс. км ²)	12,32	2,32	13,01	2,57
dN'' (млн т-км/тыс. чел.)	5,59	1,05	5,89	1,16
dQ'' (млн т-км/млн т)	212,82	40,0	213,44	42,41
CS (млн руб./тыс. км ²)	0,21	0,056	0,2	0,063
CN (млн руб./тыс. чел.)	0,09	0,026	0,09	0,029
CQ (млн руб./млн т)	3,6	0,98	3,35	1,04
prS (млн руб./тыс. км ²)	0,04	0,006	0,05	0,009
prN (млн руб./тыс. чел.)	0,02	0,003	0,02	0,004
prQ (млн руб./млн т)	0,72	0,10	0,78	0,16

Из табл. 1 видно, что величина показателя dS для железных дорог локальной экономической системы в 2008 г. равнялась 4,05 км путей на 1000 км², для речного транспорта — 8,36; в 2009 г. — 4,09 км для железных дорог и 8,40 км для речного транспорта. Среднее повышение для каждого года составило для железных дорог — 1 %, а для речного транспорта — 0,1 %.

Величина показателя dN для железных дорог локальной экономической системы в 2008 г. равнялась 1,84 км путей на 1 тыс. чел. и для речного транспорта — 3,79; в 2009 г. для железных дорог — 1,85, для речного транспорта локальной экономической системы — 3,80. Среднее повышение для каждого года для железных дорог — 0,54 % и для речного транспорта — 0,26 %.

Таблица 2

Распределение районов локальной экономической системы по уровню показателей dS и dN железнодорожного и речного транспорта (2009 г.)

Районы	Показатель dS (км/тыс. км ²)		Показатель dN (км/1 тыс. чел)	
	ж/д	речной	ж/д	речной
1	2	3	4	5
Вельский	1/76,8	9/11,50	1/16,15	16/2,42
В. Тоемский	-	6/12,95	-	6/12,44
Вилегодский	8/5,9	3/14,21	9/3,2	8/7,70
Виноградовский	-	14/6,29	-	13/4,20
Каргопольский	-	7/12,04	-	9/7,03
Коношский	4/12,6	19/1,46	5/4,1	18/0,48
Котласский	3/13,04	2/16,12	11/0,77	17/0,95
Красноборский	-	12/9,50	-	10/6,17
Ленский	11/4,5	17/5,13	6/3,92	12/4,48
Лешуконский	-	10/10,25	-	3/31,34
Мезенский	-	4/13,76	-	4/38,18
Няндомский	2/16,1	-	7/3,85	-
Онежский	7/6,67	16/5,36	2/4,86	14/3,90
Пинежский	12/2,43	8/11,97	10/2,62	5/12,92
Плесецкий	6/8,43	45/5,84	3/4,32	15/2,99
Приморский	10/5,4	18/3,08	12/0,2	19/0,11
Соловецкий	-	-	-	-
Устьянский	5/12,43	1/18,47	4/4,12	11/6,13
Холмогорский	9/5,84	5/13,46	8/3,54	7/8,17
Шенкурский	-	11/10,14	-	4/18,34
НАО	-	13/6,64	-	2/37,36

Примечание: в числителе — занимаемое место; в знаменателе — численные значения показателей для условий 2009 г.

Из табл. 2 видно, что величина показателя dS для железных дорог в Вельском и Няндомском районах локальной экономической системы занимает 1-е и 2-е места (соответственно 76,8 и 16,1 км путей на 1000 км²), для речного же транспорта — в Устьянском и Котласском районах (соответственно 18,47 и 16,12 км путей на 1000 км²).

В Приморском и Котласском районах количество населения (соответственно 629,6 и 151,7 тыс. чел.) больше, чем в других городах локальной экономической системы, поэтому показатель dN занимает 12-е и 11-е места.

Для речного транспорта величина показателя dN в Приморском и Коношском районах локальной экономической системы занимает 19-е и 18-е места (соответственно 0,11 и 0,48 км путей на 1000 чел.)

Смысл преобразований на транспорте заключается в достижении параметров Минимального транспортного стандарта, отражающего социальные, экономические, экологические, геополитические условия непосредственной среды жизнедеятельности, зависящие от транспорта.

Надежность ЕТС (см. табл. 3) — способ-

ность транспортно-коммуникационной системы обеспечить доступность от любой точки до любой другой за определенный промежуток времени. При этом различают надежность техническую и конфигурационную. Техническая надежность транспортных коммуникаций — способность транспортной системы осуществлять движение по участкам с заданной скоростью. Основным показателем, характеризующий техническую надежность, — коэффициент технической надежности транспортной сети. Коэффициент технической надежности представляет собой отношение средневзвешенных по участкам скоростей движения транспорта (фактических и нормативных). Коэффициент технической надежности в среднем по локальной экономической системе равен 0,38, по районам области колеблется от 0,32 до 0,47. Нормативное значение этого показателя составляет 0,99. Такое низкое значение этого коэффициента объясняется низкой технической надежностью ведомственных автомобильных дорог (0,3).

Среди районов локальной экономической системы по фактическому значению коэффициента технической надежности выделяются Онежский (0,32), Плесецкий (0,32) и Верхнетоемский (0,33) районы. Такое значение коэффициента технической надежности ЕТС объясняется прежде всего низким значением этого коэффициента по ведомственным дорогам, их большим удельным весом в общей протяженности автомобильных дорог районов и низкой технической надежностью железнодорожной сети. Техническая надежность морского транспорта достаточно высокая, что можно объяснить условиями использования морских линий для каботажных перевозок.

Коэффициент технической надежности по пассажирскому транспорту еще более низкий и составляет в среднем по области 0,21, что в 1,8 раза меньше значения этого коэффициента по грузовому транспорту. Это можно объяснить прежде всего низким техническим уровнем ведомственных дорог, выполняющих общепользовательские функции (0,11), по которым выполняются некоторые пассажирские перевозки: в первую очередь плохим техническим состоянием подвижного состава, низким техническим состоянием речных и морских маршрутов для пассажирских перевозок,

невозможностью использования новых быстросходных судов. Колебания этого показателя по районам области значительны — от 0,06 до 0,17. Самый низкий уровень этого показателя в Соловецком, Холмогорском, Лешуконском, Вилегодском районах.

Коэффициент вероятности связанности показывает способность выполнять свои функции в полном объеме в случае выхода из строя отдельных ее участков. Чем больше замкнутых участков сети — связей и выше их коэффициент надежности, тем этот показатель лучше. В целом по локальной экономической системе значение этого показателя равно 0,76, что ниже нормативного. Ни один из районов области не имеет значение этого коэффициента близкое к нормативному, то есть начертание транспортной сети общего пользования локальной экономической системы является крайне ненадежным.

Фактическое значение коэффициента вероятности связанности по пассажирскому транспорту значительно меньше нормативного и составляет 0,34. В 10 районах области значение этого коэффициента ниже среднеобластного. Развитие транспортной сети локальной экономической системы позволит повысить коэффициент связанности до 0,87 по грузовым перевозкам, до 0,37 — по пассажирским перевозкам.

Транспортные условия жизнедеятельности населения и хозяйствования значительно отличаются между относительно благополучным Приморским районом и отсталыми в транспортном отношении Верхнетоемским и Пинежским районами. Транспортная политика будет направлена на выравнивание транспортных условий жизнедеятельности.

Положительный сдвиг в удовлетворении социальных потребностей населения за счет транспорта будет сделан посредством двух приоритетов:

— путем ускоренного развития местной сети автодорог и восстановления функционирования в полной мере местных воздушных линий и речных маршрутов;

— реформы низового административного деления, благодаря которой произойдет концентрация расселения и будет получен двойной инфраструктурный эффект.

Таблица 3

Показатели надежности транспортной сети локальной экономической системы

Показатели надежности ЕТС										
Районы	Коэффициент технической надежности (норма — 0,99)						Коэффициент вероятности связанности ЕТС	Коэффициент безопасности (норма — 0)		
	ЕТС	Автодо-рог	Ж/д путей	Речных путей	Авиалиний	Морских путей		Груз. пер.	Пасс. пер.	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Вельский	0,36	0,36	0,31	0,49	-	-	0,77	0,49	0,04
	В. Тоемский	0,33	0,33	0,1	0,49	-	-	0,73	0,61	0,04
	Вилегодский	0,37	0,36	0,62	0,10	-	-	0,78	0,59	0,04
	Виноградовский	0,37	0,37	0,1	0,5	-	-	0,77	0,39	0,04
	Каргопольский	0,36	0,36	0,38	0,49	-	-	0,76	0,53	0,05
	Коношский	0,36	0,37	0,32	-	-	-	0,78	0,41	0,03
	Котласский	0,37	0,4	0,23	0,49	-	-	0,78	0,24	0,04
Красноборский	0,35	0,34	-	0,51	-	-	0,74	0,56	0,04	
Ленский	0,34	0,32	0,33	0,51	-	-	0,74	0,51	0,07	
Лешуконский	0,44	0,3	-	0,8	-	-	0,84	0,39	0,47	

Таблица 3
(Окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мезенский	0,38	0,28	-	0,89	0,40	0,84	0,73	0,58	0,04
Няндомский	0,35	0,4	0,23	-	-	-	0,73	0,31	0,02
Онежский	0,32	0,32	0,23	0,52	-	1,04	0,75	0,51	0,07
Пинежский	0,33	0,31	0,22	0,49	-	-	0,74	0,58	0,05
Плесецкий	0,32	0,36	0,17	0,49	-	-	0,71	0,37	0,04
Приморский	0,4	0,41	0,21	0,60	0,64	0,84	0,78	0,30	0,03
Соловецкий	0,47	0,42	-	-	0,64	-	0,91	0,80	0,00
Устьянский	0,36	0,35	0,5	-	-	-	0,75	0,55	0,04
Холмогорский	0,41	0,39	0,21	0,66	-	-	0,81	0,33	0,02
Шенкурский	0,34	0,33	-	0,49	-	-	0,74	0,68	0,05
Область в целом	0,38	0,38	0,31	0,60	0,60	0,88	0,76	0,34	0,02

Список литературы

1. Транспорт и устойчивое развитие региона — во имя благосостояния каждого (Белая книга Департамента транспорта и связи администрации Архангельской области) — М.: Эпифания, 2000.
2. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mintrans.ru>

УДК 656.62.073:658.382.3:656.62

В. А. Бабурин,
канд. техн. наук, профессор,
СПГУВК

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ РОССИЙСКОГО
СУДОХОДСТВА, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЖИЗНИ**

**RESENT PROBLEMS OF THE ORGANISATION OF THE RUSSIAN SHIPPING,
ECOLOGICAL SAFETY AND QUALITY OF LIFE**

Приведены фактические данные об интенсивности судового потока на Балтике, в том числе в Финском заливе, его влияние на экологию воздушной и водной среды бассейна. Показаны организационные проблемы интенсификации обслуживания судов в российских портах, их влияние на различные аспекты общественной жизни и возможные пути решения.

Real data given about vessels navigation intensity in Baltic Sea and Gulf of Finland, its influence on air and water environments ecology of the basin. Organizational problems on intensification of vessels harbor services in the Russian ports, its influence on various aspects of public life and possible ways for solutions are shown.

Ключевые слова: интенсивность судоходства, выбросы, экология, обслуживание судов, производительность и потребность во флоте, качество жизни.

Key words: navigation intensity, emission, ecology, harbor service of vessels, productivity and demand for fleet, quality of life.

ТРАНСПОРТ — необходимое и всеобщее условие общественного производства, тем более в эпоху глобализации экономики. Вместе с тем это серьезнейший фактор негативного влияния на окружающую среду. Несмотря на то что водный транспорт считается одним из самых «чистых» в экологическом отношении, к сожалению, и он не является исключением. Мировой океан в целом ощущает его отрицательное воздействие, а в некоторых бассейнах оно чрезмерно, если не критично. В частности, Балтийское море является одним из наиболее напряженных в транспортном отношении бассейнов Мирового океана с соответствующим отрицательным влиянием водного транспорта на его экологию.

По данным Хельсинской Комиссии (HELKOM), постоянно в Балтике находится более 1000 судов различного назначения и размеров, а в отдельные моменты их количество достигает 2000. Количество и размеры судов, работающих на Балтике, существенно растут за последние годы и особенно по группе нефтеналивных танкеров, дедейт которых уже достигает 150 тыс. т.

На рис. 1 и в табл. 1 и 2 приведены фактические данные [4, 5] о количестве судов по видам, осадке и районам их преимущественной дислокации (работы). Общее количество судов, зафиксированных на Балтике AIS (Automatic Identification System) по итогам 2006 г., более 370 тыс., что составило около 15 % ми-

рового тоннажа и за два года увеличилось еще на 77 тыс. При этом около 10 % общего судопотока Балтийского бассейна приходится на район Финского залива. На рис. 2 представлен снимок (HELKOM AIS) дислокации флота в Балтийском море 27.12.2007, иллюстрирующий главные судоходные направления и напряженность трафика — распределение судового потока в бассейне.

Известно, что в экологическом отношении «абсолютно чистых» судов нет, в обозримой перспективе и быть не может. Поэтому для окружающей среды как экосистемы судно любого назначения является инородным телом, нежелательным элементом, так или иначе травмирующим ее.

Отрицательное влияние судов на окружающую среду при этом не зависит от того, в каком состоянии находится судно: движется, обслуживается или простаивает в ожидании. Потому что вредные выбросы в атмосферу от использования транспортных средств имеют место не только во время их движения. Известно, что расход топлива и смазки грузовыми теплоходами, например, на стоянке составляет около 5 % от общего

расхода ГСМ на ходу. Как результат, общие выбросы серы судами в атмосферу бассейна Балтийского моря составили: 147 и 137 тыс. т в 2006 и 2007 г. соответственно, а окислов азота — 370 и 400 тыс. т [4].

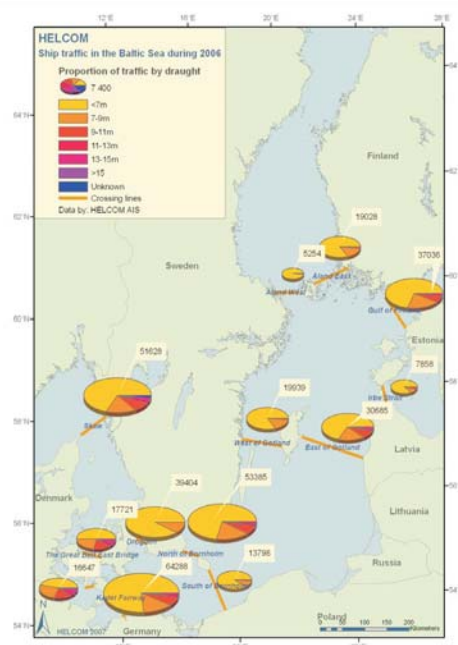


Рис. 1. Распределение судов по районам бассейна Балтийского моря

Таблица 1

Динамика судового потока в бассейне Балтийского моря

Годы	Пассажирские	Грузовые	Танкеры	Другие	Не определены	Всего
2006	42731	226855	67458	39627	—	376671
%	11,3	60,2	17,9	10,5	—	100,0
2007	43215	237342	69335	56981	6901	413774
%	10,4	57,4	16,8	13,8	1,7	100,0
2008	49355	210021	61996	122029	10297	453698
%	10,9	46,3	13,7	26,9	2,3	100,0

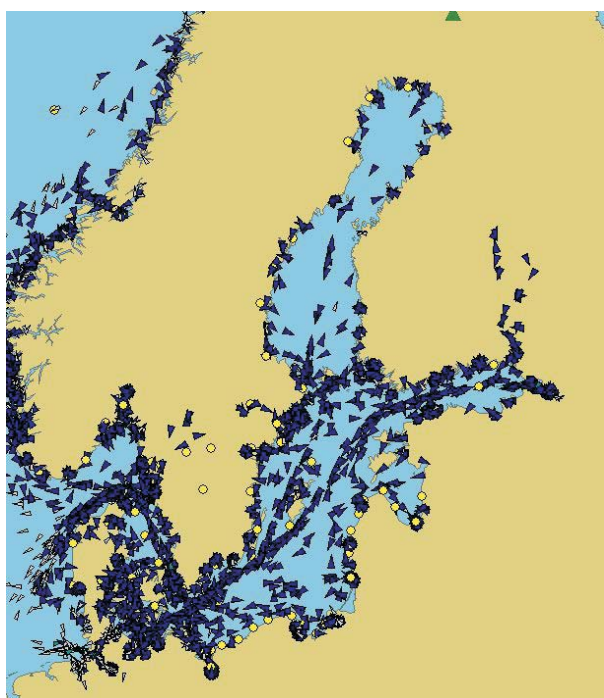
Таблица 2

Распределение судов в Балтийском море по районам и осадке, 2006 г.

Район	Осадка, м							Всего
	< 7	7–9	9–11	11–13	13–15	> 15	Неизвестна	
Skaw	34424	9823	4089	1024	989	487	792	51628
The Great Belt East Bridge	8862	3824	3105	764	899	190	77	17721
Drogden	350096	3703	82	6	0	152	365	39404

Таблица 2
(Окончание)

Langeland East	7689	3876	3120	759	904	187	112	16647
Bornholm North	37694	10407	3312	690	868	233	181	53385
Bornholm South	12150	1318	208	15	22	9	76	13798
Kadet Fairway	48811	9634	3648	770	904	253	268	64288
Gotland West	16411	2998	313	66	44	50	57	19939
Gotland East	20332	6519	2416	440	683	169	126	30685
Åland West	15749	2776	317	52	32	25	77	19028
Åland East	5146	69	6	0	0	5	28	5254
Gulf of Finland	25388	8494	2187	321	624	154	168	37036
Irbe Strait	6689	683	370	76	0	5	35	7858
Total	274441	63824	23173	4983	5969	1919	2362	376671
Percentage	72,86	16,4	6,15	1,32	1,58	0,51	0,63	~100 %

Рис. 2. Дислокация судов в Балтийском море.
Снимок 27 декабря 2007 г.

Заметим, что при общем росте судового потока в бассейне на 37 тыс. (около 10 %) абсолютное снижение выбросов серы в количестве 10 тыс. т за год (приблизительно на 7 %) явилось результатом организационно-правового воздействия (фактора), в 2007 г. вступило в действие положение о введении режима

зоны контроля за выбросами окислов серы в бассейне Балтийского моря (SECA).

Для водной среды любое судно является источником отрицательного воздействия, выводящим эту экосистему из равновесного состояния. В процессе эксплуатации флота в водную среду в любом случае выбрасываются органические или неорганические остатки, имеются шумы, вибрация, несвойственные для оптимального состояния перемещения воды, в совокупности наносящие непоправимый вред ее биологическим ресурсам, флоре и фауне вообще.

Естественно, что снижение отрицательного воздействия судоходства на экологию водного и воздушного бассейнов возможно в том числе за счет уменьшения количества используемых судов. При неизменном или растущем объеме транспортной работы, что является объективным фактором общественного развития в условиях глобализации, это осуществимо только за счет повышения производительности работы флота, его провозной способности.

Потребное количество судов в эксплуатации от названных факторов может быть вычислено по выражению

$$\Phi_s = \frac{A_s}{P_s \cdot Q_p \cdot T_s}, \text{ судов,} \quad (1)$$

где A_s — грузооборот (т-км);

P_9 — валовая производительность (т-км/тс-сут);

Q_p — грузоподъемность (тс);

T_9 — период эксплуатации (сут).

С другой стороны, и это следует особо подчеркнуть, увеличение производительности работы флота приводит к снижению себестоимости перевозок (2), рекуррентному снижению фрахтовых ставок, тарифов на перевозку и, как следствие, стоимости товаров.

$$C_n = C_9 / P_9, \text{ руб./т-км}, \quad (2)$$

где C_n — себестоимость перевозок, измеряемая в расчете на т-км,

C_9 — себестоимость содержания судна, измеряемая в рублях на тоннажесутки.

P_9 — валовая производительность, измеряемая в т-км на одни тоннажесутки.

Одним из направлений увеличения производительности флота является интенсификация его обслуживания и сокращение непроизводительных стоянок.

Сокращение стоянок судов вообще обуславливает его более производительную работу за счет увеличения доли ходового, в том числе с грузом, времени в течение навигации. Так, валовая производительность флота в зависимости от основных эксплуатационных показателей его использования определяется по выражению:

$$P_9 = \varepsilon_{np} \cdot u_{x.z.} \cdot a_{x.z.}, \text{ т-км/тс-сут}, \quad (3)$$

где: ε_{np} — коэффициент использования грузоподъемности (т/тс);

$u_{x.z.}$ — техническая скорость хода с грузом (км/сут);

$a_{x.z.}$ — коэффициент ходового с грузом времени.

Стоянки грузовых судов в портах составляют около половины его эксплуатационного времени [1]. Обслуживание судов торгового флота в портах состоит из грузовой обработки — погрузки/выгрузки как основного вида портового обслуживания, а также других операций, которые принято в совокупности называть операциями комплексного обслуживания флота (КОФ). Продолжительность обслуживания судов в портах определяется как валовая величина, включающая продолжительность грузовой обработки и операций КОФ:

$$t_{вал} = t_{n/в} + t_{коф}, \quad (4)$$

где: $t_{n/в}$ — продолжительность операций грузовой обработки (погрузки/выгрузки);

$t_{коф}$ — продолжительность операций КОФ.

Продолжительность грузовой обработки судов зависит от пропускной способности причалов и определяется по выражению

$$t_{n/в} = Q_9 / B_{п/в}, \text{ ч}, \quad (5)$$

где Q_9 — норма загрузки судна (т);

$B_{п/в}$ — норма грузовых работ на причале или судо-часовая норма (т/ч).

Пропускная способность и судо-часовые нормы зависят от технико-технологических факторов и условий и прежде всего от механовооруженности причалов. Под механовооруженностью обычно понимается количество и тип перегрузочных машин и механизмов, образующих соответствующий технологический перегрузочный комплекс — механизированную установку или линию.

Операции комплексного обслуживания флота, осуществляемые в портах, дифференцируют по следующим группам [2]:

- портово-эксплуатационное обслуживание;
- материально-техническое, медицинское, культурно-массовое и бытовое обслуживание;
- навигационный ремонт и техническое обслуживание.

В формировании валовой продолжительности обслуживания судов в портах продолжительность операций КОФ участвует не как суммарная величина — $\sum t_{коф}$, а лишь частично. Эта составляющая $t_{вал}$ (1) обусловлена теми операциями по обслуживанию судов, которые выполняются вне грузовой обработки, т. е. не совмещаются с основными операциями технологического процесса полной обработки судна в порту.

Продолжительность каждой из этих операций зависит от технических возможностей — производительности обслуживающей системы и ее отдельных элементов. Однако их совокупная составляющая в валовой продолжительности обслуживания судна в порту во многом зависит от уровня организации этого процесса. Уровень организации обслуживающей системы

живания судов в портах определяется степенью согласованности выполнения операций КОФ и грузовой обработки, обеспечивающей их максимально возможное совмещение, т. е. параллельное выполнение во время грузовой обработки.

Качество организации обслуживания судов в портах может быть оценено с помощью коэффициента совмещения операций [3]

$$k_{сов} = t_{вал} / \sum t_{обсл} \quad (6)$$

или относительного совмещения

$$k_{ос} = \frac{\sum t_{обсл} - t_{вал}}{\sum t_{обсл}} = 1 - k_{сов} \quad (7)$$

где $t_{вал}$ — валовое время обслуживания судна в порту (с учетом совмещения операций),

$\sum t_{обсл}$ — суммарная продолжительность операций обслуживания судна (без совмещения).

На рис. 3 приведен пример типового технологического процесса полной обработки танкеров дедвейтом 120 тыс. т в порту Приморск.

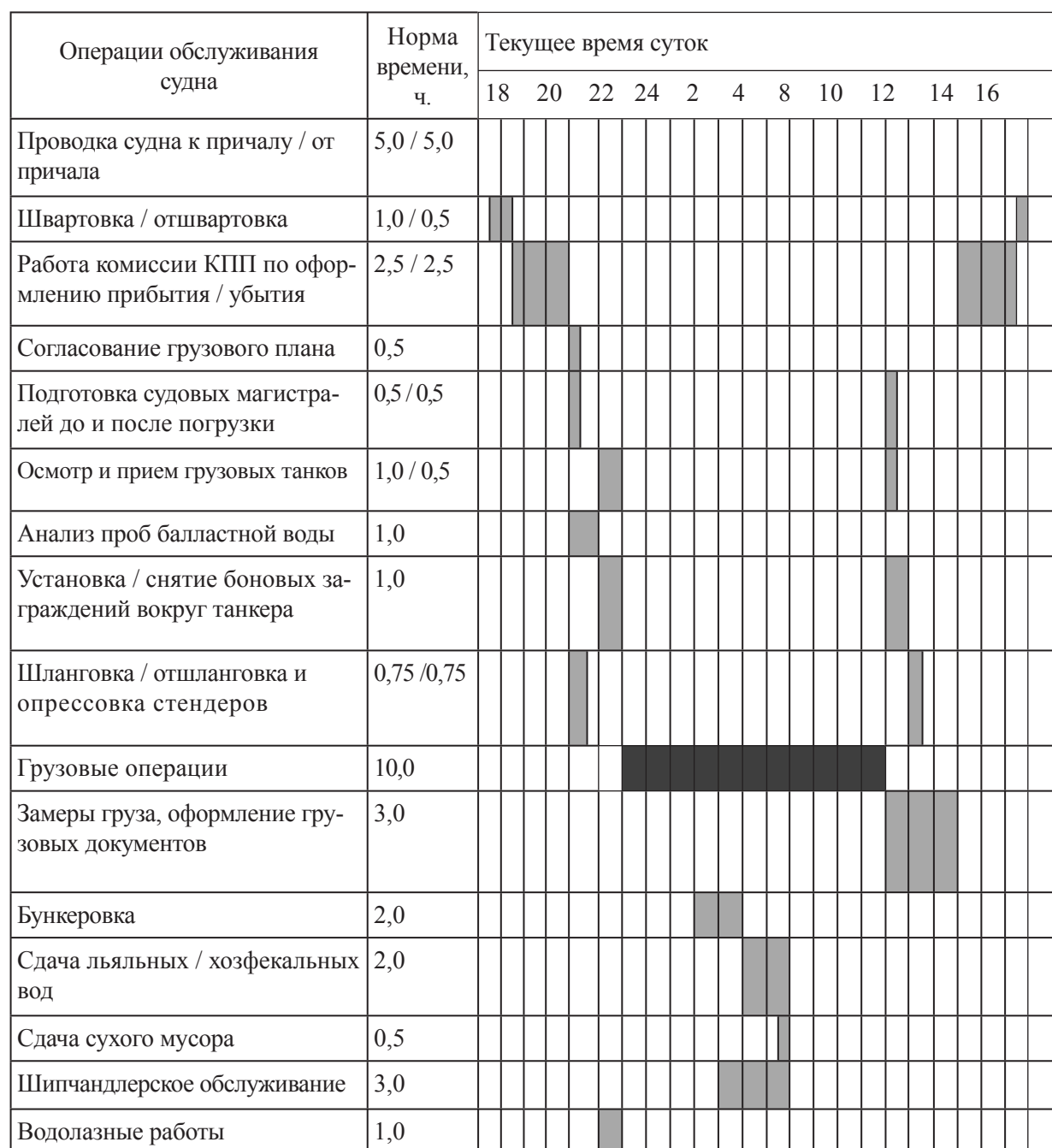


Рис. 3. Типовой технологический процесс (технологическая карта) полной обработки танкера дедвейтом 120 тыс. т в порту Приморск

Следует отметить, что порт Приморск, расположенный на северном побережье Финского залива, является современным специализированным нефтеналивным портом, по своим техническим характеристикам — одним из лучших на Балтике. Нормативная продолжительность грузовой обработки судов в нем определяется высокими судо-часовыми нормами — 10 000 т/ч, однако валовая продолжительность обслуживания, например, танкеров дедевейтом 120 тыс. т практически вдвое больше и составляет 22,5 ч. Коэффициент относительного совмещения при этом всего лишь 0,29. Таким образом, высокие нормы грузовых работ как следствие соответствующей технической оснащённости (механовооружённости) портов автоматически не гарантируют ускоренную обработку флота — здесь очень важны и организационные факторы.

Как отмечено выше, напряжённость судоходства и его экологическая нагрузка на водную среду в Финском заливе чрезвычайно высока.

С дальнейшим развитием российских портов в восточной части Финского залива ситуация может ещё более усугубиться в связи с неадекватно низкой пропускной способ-

ностью транспортных узлов на их базе и интенсивностью обслуживания судов.

Причиной относительно низкой интенсивности полного обслуживания судов в российских портах, даже при современной технической оснащённости и высоких судо-часовых нормах, является несовершенство организационно-правового обеспечения. Это прежде всего связано с практикой организации оформления прихода-отхода судов, таможенных, пограничных и других формальностей, во время которых выполнение иных операций по обслуживанию судов действующим в России законодательством не разрешается.

Последнее обстоятельство, как было показано ранее, существенным образом влияет на различные аспекты общественной жизни, включая экологическую безопасность, качество и стоимость товаров и услуг, во многом определяющих качество жизни (см. рис. 4).

Международная практика свидетельствует о том, что на этом направлении имеются эффективные решения, лучшие из которых могут и должны быть, несомненно, использованы в России. Начинать здесь надо с разработки и принятия прогрессивного правового документа о таможенном оформлении судов и

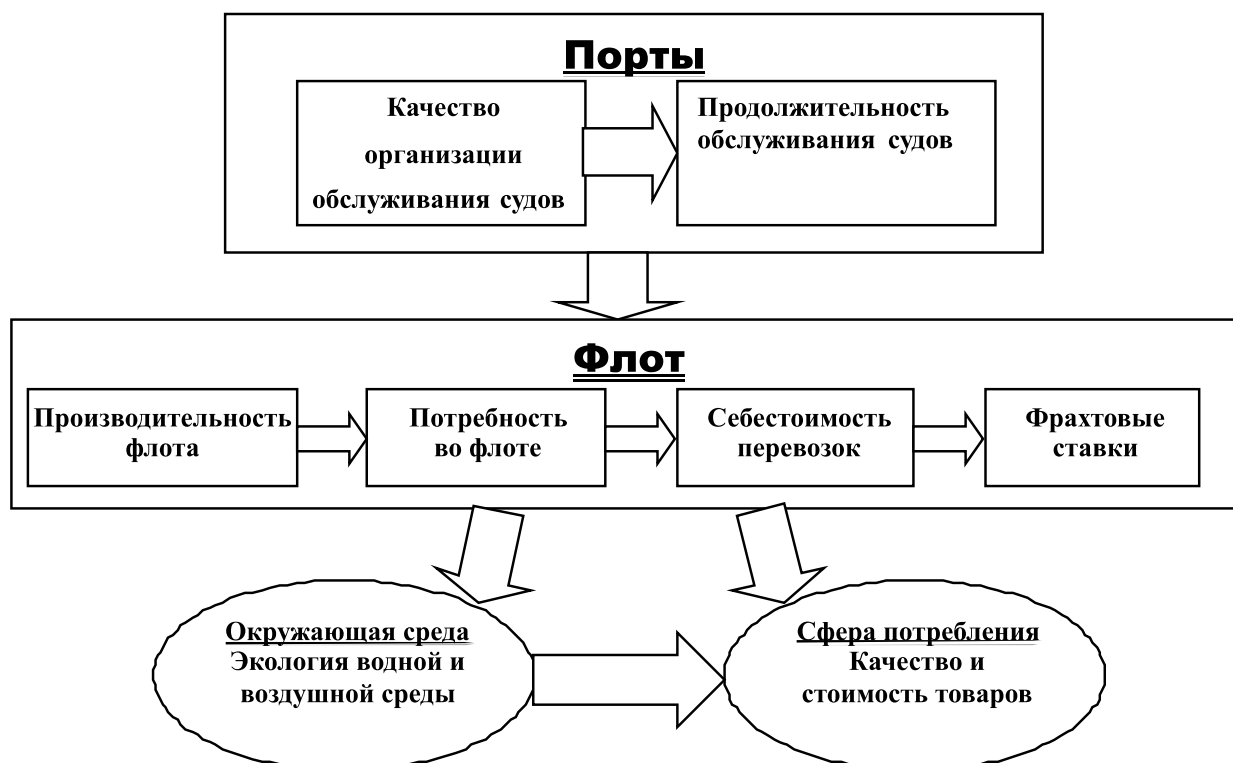


Рис. 4. Взаимосвязь интенсивности обслуживания судов в портах и показателей качества жизни

грузов, исходя из современных реалий и мирового опыта. Об этом более подробно изложено в [1].

Совершенствование организации обслуживания судов в российских портах, кроме рассмотренного ранее, несомненно,

повысит и уровень конкурентоспособности наших портов со всеми вытекающими последствиями: увеличением товарооборота через наши порты, рабочих мест, налоговых отчислений и т. д.

Список литературы

1. Бабурин В. А. Организационно-правовые аспекты совершенствования обслуживания судов в портах // Журнал университета водных коммуникаций. — 2009. — Вып. 3. — С. 82–83.
2. Бабурин В. А., Бабурин Н. В. Управление грузовыми перевозками на водном транспорте. — СПб.: Издательский дом «Мирь», 2007. — 304 с.
3. Ирхин А. П., Суворов В. С., Щенетов В. К. Управление флотом и портами. — М.: Транспорт, 1986. — 391 с.
4. www.marinetraffic.com
5. www.helkom.fi

УДК 658.656.6.

М. В. Людоговская,
аспирант,
СПГУВК

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ В ТУРИСТИЧЕСКОЙ ИНДУСТРИИ

MANAGEMENT SYSTEM OF TRANSPORT FLOWS IN TOURIST INDUSTRY

В статье поднимаются вопросы по использованию системы транспортных потоков в туристической индустрии для эффективной деятельности туристических организаций.

In article questions on use of system of transport streams in the tourist industry for effective activity of the tourist organisations are brought up.

Ключевые слова: туризм, логистика, сервис, продукт, перевозка, план, управление.

Key words: tourism, logistics, service, a product, transportation, the plan, management.

В УСЛОВИЯХ развития рыночных отношений в России изменяются ориентации производственно-коммерческой деятельности хозяйственных структур, усиливается значимость стратегической ориентации и степени удовлетворения спроса потребителей.

Уже в 90-е годы прошлого века туризм превратился в наиболее динамичную отрасль

мировой экономики, а с начала нынешнего века влияет на экономику целых стран и регионов. Индустрия туризма является весьма эффективной и высокодоходной отраслью. На его долю приходится около 11 % мирового валового продукта.

Туризм дает каждое десятое рабочее место, на его долю приходится около 10 % капиталовложений [1, с. 53].

Интеграция нашей страны в мировую экономическую систему, достаточно свободный доступ на рынок иностранных конкурентов приводит отечественных производителей к необходимости завоевывать свое место на мировом рынке, что требует не только разнообразных знаний и профессионализма в туристско-экскурсионной деятельности, но и умения пользоваться новыми прогрессивными методами обработки и приема-передачи информационных и материальных потоков. Вследствие чего возникает необходимость изучения ряда управленческих проблем. Эти проблемы связаны с всесторонним анализом, совершенствованием и развитием конкурентоспособности отечественных структур за счет активного формирования туристского рынка. Одним из важных факторов повышения конкурентоспособности современных туристских фирм является логистическое управление с учетом современных требований бизнес-структур. И как свидетельствует мировой опыт в области туризма, лидерство в конкурентной борьбе за рынки сбыта турпродукта сегодня завоевывает тот, кто умело пользуется разработками и рекомендациями логистики [2, с. 78].

Рассматривая управление материальными потоками как процесс основной в организации туризма, мы считаем, что постоянное повышение уровня управления будет являться задачей инновационной логистики. Инновационная логистика — это наиболее актуальная составляющая логистики, которая занимается изучением возможности и реальным внедрением инноваций в организацию текущего и стратегического управления потоковыми процессами путем их оптимизации.

Сегодня в России многие предприятия рассчитывают на повышение эффективности функционирования за счет выявления и использования резервов с помощью логистических систем. Исследования показывают, что клиенты фирм логистического сервиса могут снизить общие издержки на 6–10 % и одновременно улучшить качество обслуживания потребителей.

Процесс внедрения логистического управления не влечет за собой никаких нововведений и не противоречит внутренней

экономической политике туристской фирмы, а лишь дополняет их, выводя фирму на более высокий уровень, обеспечивающий улучшение финансовых дел и психологический климат в коллективе.

Туристская отрасль сегодня представляет собой единый комплекс, который включает множество подотраслей, дополняющих друг друга, обеспечивающих заданные темпы роста и производства туристских и вспомогательных услуг. Каждая из них отличается определенным технологическим процессом, организацией производства и управления, продукцией (услугой) и т. п. Услуга не принимает материально-вещественной формы и потребитель не может увидеть туристский продукт до его потребления. Следовательно, услуги должны быть своевременными и качественными, чтобы поддерживать репутацию фирмы. Взаимодействие потоковых процессов между данными составляющими все еще не позволяет осуществить эффективное управление резервами, незадействованными в хозяйственном обороте [3, с. 52].

Слово «логистика» заимствовано из французского языка; представляет военный термин, который означает искусство перевозки, поставки и размещения воинских подразделений, а в экономике — искусство управления материалопотоком и потоком продукции от источника до потребителя, т. е. комбинирование видов деятельности различных учреждений и служб, связанных с распределением, материальным обеспечением, планированием производства и его управлением.

Что касается использования этого термина в туризме, то он может быть определен следующим образом. Логистика — наука о планировании, контроле и управлении операциями, совершаемыми в процессе формирования тура, доведения готовой продукции до потребителя в соответствии с интересами и требованиями последнего, а также в процессе передачи, хранения и обработки соответствующей информации [4, с. 14]. Из этого определения следует, что логистика является системой, содержащей функциональные области, каждая из которых решает определенные проблемы. В состав системы входят:

— информация — планирование туров, обработка заказов, прогнозирование спроса. Любая логистическая система управляется при помощи информационной;

— перевозка — выбор вида транспорта и компании-перевозчика;

— кадры, обслуживающие туристов, это важный составной элемент системы логистики, их подбору и подготовке придается большое значение;

— обслуживающее производство — подразделения, которые обслуживают процесс формирования тура и оказания услуг потребителю.

Производственные мощности и экономическая приспособляемость туристского предприятия имеют важное значение для функционирования логистической системы. Важной проблемой для нее является определение размера туристского предприятия.

Элементы логистической системы и факторы, которые необходимо учитывать при ее разработке:

1. Филиалы туристской фирмы. Размещение и количество филиалов необходимо осуществить с учетом количества туристов, которое фирмы реально могут обслужить, доступности и привлекательности места расположения офисов.

2. Связь. Для эффективной работы все подразделения, входящие в логистическую систему, должны быть связаны информационной, контрольной и транспортной сетью.

3. Информационная связь. В этих целях, как правило, используются компьютерные технологии (Internet, e-mail).

4. Транспортная модель. Оптимальная транспортная модель в большинстве случаев определяется поставщиком транспортных услуг (т. е. авиакомпанией и др.)

Деловая логистика является жизненно важным компонентом экономики, специалисты в этой области должны иметь необходимые навыки для эффективного решения логистических задач в рамках фирмы. Применение этих навыков тесно связано с информационной, транспортной системами, сбытом продукции и другими областями, входящими в логистическую систему.

Управление деловой логистической системой — это системный принцип, охватывающий в итоге все мероприятия по использованию информации и перемещению потоков туристов по каналам фирмы [5, с. 44]. Это означает, во-первых, что специалисты, призванные управлять этой деятельностью, должны понимать проблемы всего предпринимательства в целом и учитывать, что принятие решений в одной области логистической системы (например, в области перевозок) может повлиять на систему в целом. Во-вторых, деловая логистика в туризме самым тесным образом связана с обслуживанием потребителей, учитывает предложение туристского продукта на рынке при заранее определенных затратах и параметрах обслуживания. Это подразумевает наличие рыночных аспектов в логистических системах туризма. В-третьих, основным требованием разработки эффективного управления деловой логистикой является тесная связь между процессами составления тура, продаж и оказания услуг.

Принцип системы деловой логистики связан с управлением информационными потоками и распределением. Американские ученые считают, что логистика — это скорее структура планирования, чем функция предпринимательства. Другими словами, задача управления в области деловой логистики связана с обеспечением механизма разработки стратегий, в рамках которых может осуществляться повседневная деятельность по управлению распределением.

Одна из особенностей деловой логистики состоит в том, что она не только интегрирует виды деятельности, которые традиционно относятся к различным функциям предпринимательства, но и объединяет их. Например, во многих компаниях ответственность за перевозку туристов (бронирование мест на самолете) и продажи туров может входить в отдельные функции перевозок и распределения. Если эти функции разделены, то принятие решений в области продаж без учета возможностей транспорта (предварительно выкупленного по выгодной цене блока мест) может привести к увеличению общих затрат на перевозку из-за возникающей необходи-

мости выкупать в разгар сезона авиабилеты у других компаний. В логистической системе вышеупомянутые функции должны быть взаимосвязаны.

В логистических решениях принимают участие:

- а) поставщики составных элементов туристского продукта;
- б) транспортные агентства;
- в) потребители.

Основные стратегические и межфункциональные решения, которые принимаются на предприятии, по своим значениям делятся на:

- 1) решения, касающиеся продаж и маркетинга;
- 2) решения, касающиеся продукции и ее производства.

В компании, ориентированной на обслуживание потребителей (турагент), стратегию диктуют продажи и маркетинг. Ключевые решения касаются типа распространяемых продуктов и их сочетания; типа обслуживаемых потребителей и уровня предоставляемого сервиса. Ключевыми являются решения, связанные с подходами к ценовой политике, а также с установлением сферы влияния на продажи. После того как задана ориентация на обслуживание клиентов, следуют необходимые производственные решения. В компаниях, ориентированных на производство (туроператоры), акцент делается на противоположное. Прежде всего определяются и решаются проблемы производственной стратегии.

Основные решения того или иного типа будут результатом односторонних потоков. В компаниях, ориентированных на обслуживание потребителей, обратная связь от производства к продажам и маркетингу максимально ограничена. То же самое может быть сказано об обратной связи от продаж и маркетинга к производству в компании, ориентированной исключительно на производство. Например, если туристская компания основывает свое долгосрочное планирование на политике разработки новых экзотических туров для состоятельных клиентов, полагая, что выгодные рынки сбыта конечной продукции всегда найдутся, и не уделяя должного внимания маркетингу, то она может в конце концов обанкротиться.

Этот типичный односторонний принцип принятия решений становится незаметным, когда элементы логистики не собраны воедино и не являются функциональной ответственностью. Из-за отсутствия централизации подразделения по продажам управляют собственными видами продукции: производственное подразделение планирует, с какими из поставщиков услуг, составляющих турпакет, работать фирме; транспортный отдел управляет перевозками туристов различными видами транспорта; экономисты посредством прогнозов продаж помогают отрегулировать товарные уровни и т. д.

Чтобы турфирмы не пострадали от одностороннего потока в принятии логистических решений, топ-менеджмент должен принимать корректирующие действия.

Компании вынуждены разрабатывать долгосрочные планы перевозок туристов за границу, бронирования блоков мест в гостиницах. В таких случаях необходимо заранее до начала сезона планировать примерное количество туристов, которое фирме придется обслужить. Финансовый риск таких решений может быть действительно ощутим. Скажем, сняв на сезон целый самолет, при некоторых обстоятельствах (снижение покупательной способности населения, смена вкусов или даже плохая политическая обстановка в стране отдыха) турфирма почти наверняка понесет огромные убытки. Понятно, что крупные компании все больше обращаются к методам анализа риска. Некоторые специально разработанные для турфирм компьютерные программы позволяют производить взаимосвязанные усовершенствования в планировании перевозок туристов, бронировании мест в отелях, что помогает сократить до минимума количество неиспользуемых в данный момент времени мест.

Планы необходимо пересматривать и исправлять ежесезонно, а иногда и чаще, ориентируясь на сложившуюся на рынке ситуацию [6, с. 34].

Проекты логистики, без сомнения, выгодны очень большим компаниям с собственными аналитиками, способными их разрабатывать, и компьютерным персоналом. В то же время небольшие компании, каковых на туристском рынке большинство, теряют значи-

тельные возможности увеличения своих прибылей и снижения издержек, так как менеджеры, неправильно понимая всеобъемлемость

логистических операций, не считают нужным направлять усилия на проведение экономического анализа операций компании.

Список литературы

1. Шматько Л. П. Туризм и гостиничное хозяйство — Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2005.
2. Боголюбов В. С. Орловская В. П. Экономика туризма. — М.: Академия, 2005.
3. Саратовцев Е. Ю. Технология туризма. — СПб.: СПбГИЭУ, 2005.
4. Гвозденко А. А. Логистика в туризме. — М.: Финансы и статистика, 2004.
5. Харрисон А., Хоук В. Р. Управление логистикой. Разработка стратегий логистических операций. — Днепропетровск: Баланс Бизнес Букс, 2007.
6. Чудновский А. Д., Жукова М. А., Сенин В. С. Управление индустрией туризма. — М.: Кросс, 2007.

УДК 338.984

Е. А. Маслова,
аспирант,
СПГУВК

ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ГОСУДАРСТВЕННЫХ УСЛУГ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

PROBLEMS OF IMPROVEMENT OF QUALITY OF THE STATE SERVICES ON THE SAILING CHARTER

В статье рассматриваются государственные услуги, оказываемые предприятиями внутреннего водного транспорта, в частности в ГБУ «Волго-Балт». Рассмотрены количественные и качественные индикаторы, применяемые при бюджетировании, ориентированном на результат, и ведущие к росту эффективности и результативности бюджетных расходов.

In article the state services rendered by the enterprises of an internal sailing charter, in particular in «Volgo-Balt» are considered. The quantitative and qualitative indicators applied at budgeting, focused on result, and leaders to growth of efficiency and productivity of budgetary expenses are considered.

Ключевые слова: стандарт качества, государственная услуга, критерии качества, безопасность судоходства, бюджетирование, ориентированное на результат, эффективность, результативность, индикаторы.

Key words: the quality standard, the state service, criteria of quality, safety of navigation, the budgeting focused on result, efficiency, productivity, indicators.



СТАНДАРТ качества оказания государственных услуг в области внутреннего водного транспорта распространяется на эксплуатацию и развитие водных путей и гидротехнических сооружений, обеспечение безопасности судоходства, экологической и пожарной безопасности, диспет-

черское регулирование движения судов и проводку судов государственными лоцманами.

Государственная услуга — это деятельность органа власти в ответ на обращение гражданина или организации, результатом которой является возникновение (изменение, прекращение) правоотношения (например,

выплата социальной помощи) либо создание документа (например, выдача паспорта моряка, лоцманского удостоверения).

Качество оказания услуг — это степень удовлетворенности получателя бюджетной услуги, т. е. соответствие полученного и ожидаемого.

Основная услуга внутреннего водного транспорта — обеспечение безопасности судоходства. В связи с этим рассмотрим государственные услуги, оказанные предприятиями внутреннего водного транспорта, в частности Федеральным государственным учреждением «Волго-Балтийское бассейновое управление водных путей и судоходства» (далее ГБУ «Волго-Балт»). Для того чтобы стандарт качества соблюдался, необходимо определить индикаторы его измерения, ведущие к росту эффективности и результативности бюджетных расходов.

Проблемы совершенствования качества, существующие в ГБУ «Волго-Балт», были связаны главным образом с самим типом бюджетного планирования. Постатейная форма представления бюджета не позволяет отслеживать и контролировать результаты произведенных бюджетных расходов. Единственно доступным параметром бюджетных расходов является величина затраченных ресурсов (финансовых, материальных, людских и т. д.), на которой строится оценка эффективности расходов. Другими словами, можно определить, сколько ресурсов потрачено на ту или иную функцию, услугу, товар. Однако оценить *целесообразность* расходов и их направленность на повышение качества не представляется возможным. Поэтому в ГБУ «Волго-Балт» стала рассматриваться возможность перехода на другой тип финансового планирования — бюджетирование, ориентированное на результат, связывающий расходование бюджетных средств с заявленными приоритетами.

Важно также и то, что бюджетирование, ориентированное на результат, должно было способствовать участию в бюджетном процессе общественности, так как использует в качестве своих целей общественно значимые приоритеты, определяемые на основе опросов населения, общественных слушаний, работы общественных советов и т. д.

Более того, использование в бюджете ряда нефинансовых показателей, направленных на рост качества услуг, потенциально могло повысить его прозрачность, предоставляя инструмент мониторинга и контроля выполнения декларируемых целей.

В развитых странах попытки внедрить систему БОР начали предприниматься еще с середины XX века. К примеру, в США к концу 1990-х гг. процедуры бюджетирования, ориентированного на результат, были законодательно оформлены в 31 штате, а еще в 16 существовал ряд его элементов. В настоящий момент система бюджетирования, ориентированного на результат, в том или ином виде используется в большинстве стран Европейского союза, Австралии, Новой Зеландии и в других государствах.

Метод бюджетирования, ориентированного на результат, был заимствован из практики частного бизнеса. Главной новацией для общественного сектора было сочетание централизации при выборе целей расходования бюджетных средств с децентрализацией определения способа их достижения. Однако в отличие от частного бизнеса в общественном секторе не существует механизмов (аналогов «ценовых сигналов» на открытом рынке), позволяющих автоматически регулировать предложение и качество услуг в соответствии со спросом. Более того, мотивация работников в частных структурах отлична от мотивации чиновников. В связи с этим применение бюджетирования, ориентированного на результат, в публичном секторе экономики ведет к необходимости разработки целого комплекса количественных параметров (индикаторов), на основе которых можно оценивать эффективность и результативность бюджетных расходов, ведущих к повышению качества услуг.

Индикаторы разрабатываются для каждого из этапов предоставления бюджетной услуги.

К основным типам индикаторов относятся следующие категории.

Затраты — ресурсы, необходимые для предоставления бюджетной услуги. Индикаторами в данном случае служат объемы денежных и материальных ресурсов, например количество средств, затраченных на ремонт

шлюза, количество человек, занятых в работах и т. д.

Результаты — объем предоставленных услуг. Как правило, индикаторы имеют абсолютное выражение — численность населения, получившего услугу, количество построенных объектов (шлюзы и т. д.), протяженность благоустроенных водных путей и т. д.

Социально-экономический (общественный) эффект — показатель общественной выгоды от затраченных ресурсов. Примерами количественных индикаторов могут являться увеличение объема перевозок в результате роста пропускной способности указанных участков, увеличение объема перегрузочных работ в результате строительства новых грузовых причалов. Примеры качественных индикаторов — содержание навигационного обслуживания в надлежащем состоянии. Важно учитывать, что именно общественный эффект является целью бюджетной политики, в то время как *результаты* являются ее

инструментами.

Результативность — оценка достижения намеченной цели, степень соответствия результатов поставленным целям. Индикаторы результативности во многом схожи с параметрами, используемыми при оценке общественного эффекта. В общем виде отличие заключается в том, что под результативностью понимается качественная степень достижения цели только за счет данной расходной программы, без учета других факторов.

Эффективность — количество затраченных ресурсов на единицу произведенной услуги. Индикатором может служить количество бюджетных денег, затраченных на качественный ремонт 1 км русла реки, затраты на одного нанятого рабочего и т. д.

Ниже представлена таблица, обобщающая данные понятия и показывающая различные сочетания индикаторов, используемых при оценке качества бюджетных расходов (табл. 1).

Таблица 1

Количественные и качественные индикаторы, применяемые при бюджетировании, ориентированном на результат

	Количество	Качество
Ресурсы (затраты)	Объем произведенных работ и затраченных ресурсов	Качество услуг (доступность, уровень обслуживания, своевременность и т. д.)
Результаты и эффект	Объем оказанных услуг, количество получателей услуг (результат и эффективность)	Количество получателей услуг, получивших от нее пользу (эффект и результативность)

Необходимо учитывать, что важность данных индикаторов неодинакова. При традиционном затратном финансировании наиболее ценную информацию будет содержать левый нижний квадрант, в то время как при бюджетировании по результатам — правый нижний.

В таблице цифрами показана приоритетность каждого из квадрантов в рамках БОР. Данная схема крайне удобна при выборе индикаторов для расходных программ. В табл. 2 приведен пример использования схемы для услуг внутреннего водного транспорта.

Таблица 2

Количественные и качественные индикаторы для оценки расходов на внутренний водный транспорт

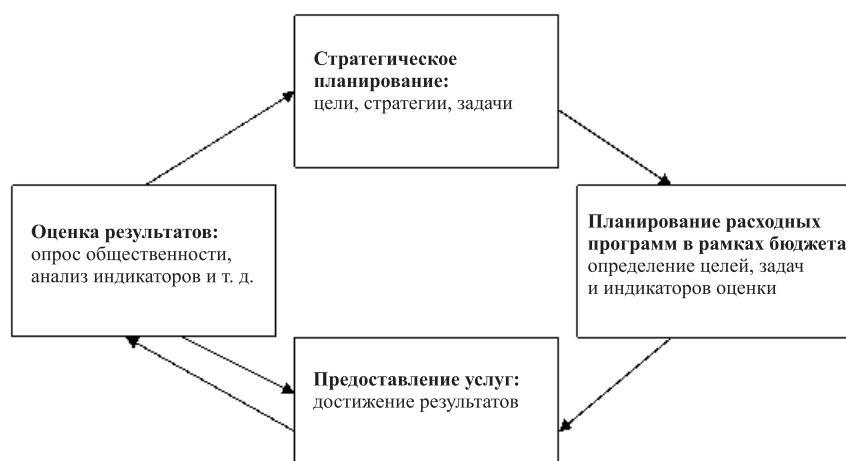
	Количество	Качество
Ресурсы (затраты)	Количество судовладельцев, получающих навигационные услуги	Содержание навигационного обслуживания в надлежащем состоянии. Доля судовладельцев, оплачивающих дополнительные сборы (лоцманская проводка и др.)
Результаты и эффект	Количество обновленных шлюзов, маяков. Затраты на один маяк	Доля судов, прошедших через шлюз вовремя, без задержек

Применение такого подхода к бюджетному процессу предоставляет большую свободу распорядителям бюджетных средств в выполнении поставленных перед ними задач, а также позволяет измерять эффективность и результативность бюджетных расходов. По сути, данные преимущества ведут к отказу от практики затратного финансирования, стимулируют критический анализ структуры

и объема расходования бюджетных средств, способствуют выбору расходных направлений в соответствии с поставленными стратегическими целями.

Анализ практики ГБУ «Волго-Балт» показывает, что используемая администрацией схема бюджетного процесса в рамках бюджетирования, ориентированного на результат, состоит из четырех этапов (см. схему).

**Схема применения бюджетирования, ориентированного на результат,
в ГБУ «Волго-Балт»**



Рассмотрим результаты по основным услугам, оказываемым внутренним водным

транспортом, которые представлены в табл. 3.

Таблица 3

Требования к показателям качества оказываемых государственных услуг

Услуга	Определение качества оказываемой услуги	Результат оказываемой услуги в 2009 г.
1. Навигационное обслуживание судов	1. Содержание навигационного обслуживания (маяки, буи, ограждения и др.) в надлежащем состоянии 2. Поддержка гарантированных габаритов судовых ходов 3. Сохранение сроков действия судоходной обстановки 4. Диспетчерское регулирование движения судов 5. Обеспечение судов путевой гидрометеорологической информацией	Ремонт маяков, буев и т. д.; строительство новых навигационных ограждений; модернизация; реструктуризация водных путей 2.1. Увеличение протяженности внутренних водных путей с гарантированными габаритами на 16,5 % (с 42 тыс. км в 2000 г. до 48,92 тыс. км в 2009 г.) 3.1 Продление сроков навигации в 2009 г. позволило на 5,8 % увеличить использование внутренних водных путей для перевозок грузов и пассажиров 4.1 Повышение качества работы диспетчерской службы в 2009 г.: — повышение квалификации; — обновление оборудования; — повышение прозрачности предоставляемой информации 5.1. Обновление гидрометеорологической информации

2. Дно-углубительные, выправительные работы	Работы по расширению берегов или углублению дна водоемов посредством выемки грунта, восстановление и укрепление берегов рек и каналов. Позволяют значительно увеличить ширину и глубину водоемов	Появление новых классов судов, в частности пассажирских и грузовых с большей осадкой
3. Подготовка материалов для издания карт и схем внутренних водных путей, корректура карт	Получение готовых карт и схем в объеме, необходимом для всех пользователей внутренних водных путей	Применение новых карт и схем, что способствует увеличению производительности
4. Лоцманская проводка	Оказание помощи судоводителю по проводке судна наиболее безопасным путем	Повышение качества работы лоцманской службы: — обучение лоцманов на курсах повышения квалификации; — повышение эффективности работы по цепи: диспетчер — лоцман
5. Дипломирование лиц командного состава судов	Проведение аттестации ответственных за обеспечение безопасности судоходства работников	

Так как целью бюджетной политики является эффект, а результаты являются инструментами, то рассмотрим эффективность государственных услуг.

Введем показатели эффективности по государственным услугам на внутреннем водном транспорте:

1. Доля новых маяков (бுவ) =
= Кол-во новых маяков (бுவ) / Всего маяков (бுவ) * 100 %, %.

2. Доля реконструированных маяков (бுவ) = Кол-во новых маяков (бுவ) / Всего маяков (бுவ) * 100 %, %.

3. Доля реконструированных маяков (бுவ) = Кол-во новых маяков (бுவ) / Всего маяков (бுவ) * 100 %, %.

4. Коэффициент обновления текущей базы навигационного обслуживания =

= Суммарная стоимость введенных ОС (шлюзов, дамб, ограждений и т. д.) /
/ Первоначальная стоимость ОС на к. г.
* 100 %, %.

5. Коэффициент выбытия текущей базы навигационного обслуживания =

= Суммарная стоимость выбывших в течение года ОС (шлюзов, дамб, ограждений и т. д.) / Первоначальная стоимость ОС на н. г.
* 100 %, %.

6. Коэффициент эффективности судопотока на н. г. = Основные фонды н. г. / Количество обслуживаемых судов, руб./шт.

7. Коэффициент эффективности судопо-

тока на к. г. = Основные фонды к. г. / Количество обслуживаемых судов, руб./шт.

8. Коэффициент протяженности навигационной обстановки = Количество прошедших судов во время продления нав. обстановки / Количество обслуживаемых судов * 100 %, %.

9. Коэффициент эффективности повышения качества работы персонала = Количество работников, повысивших квалификацию / Общее число работников * 100 %, %.

Ключевыми и наиболее трудными элементами БОР являются разработка и использование количественных и качественных индикаторов оценки эффективности и качества бюджетных расходов. В свою очередь сложность их применения заключается в определении связей между затратами, результатами

и общественным эффектом, полученными от предоставленной государственной услуги. Зачастую власти не располагают статистическими данными, по которым можно было бы проследить подобные взаимосвязи. Еще более трудно планировать затраты в зависимости от желаемого общественного эффекта. Вместе с тем использование количественных и качественных индикаторов составляет базис БОР.

Вот почему методические основы внедрения БОР требуют тщательного планирования результатов деятельности организации и разработки элементов результативности и эффективности по всем направлениям деятельности. С нашей точки зрения, эту проблему призваны решать не только органы власти, но и непосредственно государственные и муниципальные учреждения.

Список литературы

1. Кодекс внутреннего водного транспорта Российской Федерации от 7 марта 2001 года № 24-ФЗ.
2. Концепция развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации до 2015 года.
3. Савицкая Г. В. Государственные услуги на водном транспорте: Учебник. — М.: Инфра-М, 2008. — 438 с.
4. Внутренние документы ГБУ «Волго-Балт» за 2008–2010 гг.

УДК 65.012:656.615

М. Ю. Артамонова,

ФГОУ ВПО «Морская государственная академия
имени адмирала Ф. Ф. Ушакова»

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СЛУЖБЫ КОНТРОЛЛИНГА В МОРСКИХ ПОРТАХ

METHODS OF EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE SERVICE OF CONTROLLING IN SEAPORTS

В условиях постоянно усиливающейся конкуренции в морских портах должна быть создана служба контроллинга, с помощью которой можно принимать управленческие решения. В статье представлены состав этой службы и ее работа, для оценки эффективности которой рассмотрены инструменты контроллинга, позволяющие управлять парком перегрузочного оборудования. Разработана линейная модель управления затратами на ремонт оборудования, следовательно, можно определить его оптимальный парк при снижении этих затрат, что является важной составляющей технической политики порта.

Under ever increasing competition in seaports office of controlling must be created, which can be used to make management decisions. The article presents the composition of the service and its work, for evaluation, of its effectiveness which examines, tools you're controlling, let you manage fleet of cargo handling equipment. A liner model is developed to control the cost of repair, so we can determine its optimal limited fleet while reducing these costs, which is an important component of technology policy port.

Ключевые слова: морской порт, контроллинг, служба контроллинга, инструменты контроллинга, активные фонды предприятия, методы линейного программирования.

Key word: seaport, controlling, department of controlling, controlling instruments, active funds of the enterprise, methods of liner programming.

МОРСКИЕ ПОРТЫ — это транспортные узлы со сложной организационной структурой, которые связывают различные виды транспорта и, являясь международными «воротами», обеспечивают более 50 % объема внешней торговли. ОАО «Новороссийский морской торговый порт» (НМТП) стабильно удерживает лидирующие позиции в транспортной отрасли России, являясь крупнейшим портом по грузообороту среди морских портов стран СНГ, Балтии, и входит в десятку крупнейших портов Европы, что во многом определяется способностью порта использовать в своей работе лучшие тенденции развития мировой техники и технологии.

В условиях постоянно усиливающейся конкуренции управление портом требует решения многочисленных проблем, обусловленных как внешними, так и внутренними факторами, поэтому инструментом, который интегрирует учет, контроль, планирование в единую самоуправляемую систему, где четко определяются цели предприятия, принципы управления и способы их реализации, может быть система контроллинга. Для эффективной ее реализации в морском порту должна быть создана соответствующая специализированная служба, которая обеспечивает системный сбор, обработку и анализ информации по всем подразделениям порта, определяет ее в соответствии с принятой стратегией развития, подготавливает конструктивные предложения для руководства по эффективному решению возникших проблем. На этой основе существенно улучшается качество управления.

Цель деятельности службы контроллинга — информационно-аналитическая и методическая поддержка руководителей всех уровней управления предприятием в процес-

се принятия ими управленческих решений [3]. Отдел контроллинга — это обслуживающая служба, которая выполняет сервисную функцию для менеджмента и контролирующую — для служб порта. Если руководитель несет ответственность за результат производственно-хозяйственной деятельности, то начальник отдела контроллинга — за «прозрачность» этого результата, т. е. за методическую обоснованность всей процедуры подготовки принятия решений и отчетности, отражающей результаты этих решений, их своевременность и согласованность между функциональными подразделениями. Также данная служба не определяет, что планировать, но разрабатывает технологию планирования, выполняя управленческую функцию ведения задачи планирования на предприятии морского транспорта.

Служба контроллинга не замещает руководителей в процессе планирования, не ведет учет затрат вместо других подразделений и не накапливает контрольно-аналитическую информацию для собственных нужд, а анализирует информацию, полученную другими подразделениями порта. Она, являясь самостоятельной во всех отношениях структурой, находится в непосредственном подчинении у генерального директора порта. Этот отдел должен состоять из высококвалифицированных специалистов, знающих работу порта, обладающих достаточно большими полномочиями и доступом ко всему объему портовой информации, а также владеющих методами экономического и математического анализа. Набранный персонал, безусловно, должен постоянно повышать свою квалификацию, поскольку инструментарий контроллинга непрерывно совершенствуется. Каждый из сотрудников имеет свои обязанности, которые

определены должностными инструкциями. В то же время соблюдается командный принцип работы и коллективное решение проблемы, когда какое-то крупное аналитическое задание сотрудники службы контроллинга выполняют все вместе, помогая друг другу.

В состав службы должны входить специалисты разнопланового профиля, а именно, экономических, юридических и технических служб порта.

Рассмотрим состав отдела контроллинга ОАО «НМТП», который должен состоять из начальника отдела контроллинга, кураторов-контролеров по различным вопросам (см. рис. 1).

В данном рисунке приведен перечень вопросов, курируемых соответствующими

кураторами-контролерами по своему заведению. Работа отдела ориентировочно должна строиться следующим образом: на рабочих совещаниях руководства порта либо на совещаниях совета директоров обозначаются проблемы, требующие решения в краткосрочной либо долгосрочной перспективе. Эти проблемы доводятся до сведения директоров по заведению и берутся на контроль СВК (службой внутреннего контроля). Параллельно проблемная задача поступает в отдел контроллинга (это не исключает и обратную связь, т. е. отдел контроллинга инициирует проблему и доводит до соответствующих дирекций и руководства).

Начальник отдела контроллинга приказом либо распоряжением создает рабочую

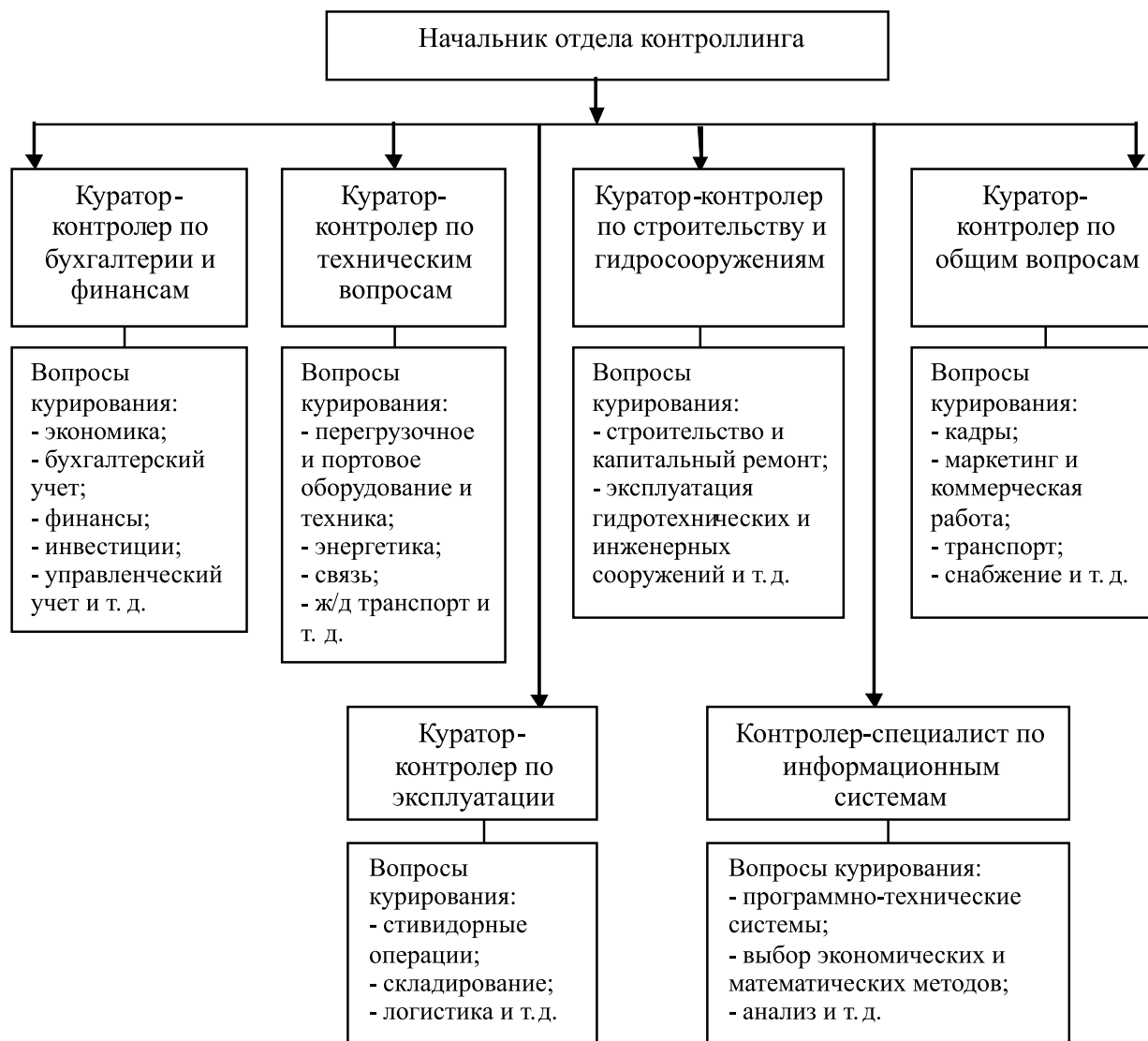


Рис. 1. Состав отдела контроллинга ОАО «НМТП»

группу, в которую включаются специалисты соответствующего направления (не исключается участие одного куратора-контролера сразу в решении нескольких проблемных вопросов), и формулирует ей задачу. Специализация и количество кураторов-контролеров в рабочей группе определяются спецификой поставленной проблемы, прежде всего ее сложностью.

Далее пишется техническое задание на разработку мероприятий по решению проблемы с указанием сроков, которые согласовываются с СВК и директором по заведованию, и утверждается генеральным директором порта.

В зависимости от сложности и важности вопроса техническое задание может быть вынесено на утверждение совета директоров, где принимаются решения о возможном привлечении сторонних организаций и соответствующем финансировании, если это необходимо. Следующим шагом рабочей группы является изучение проблемы — документации, производится сбор информации, и, если необходимо, совместно с сотрудниками подразделений, специалистами ведутся работы по приобретению дополнительного оборудования, информационных систем, систем сбора информации, что позволяет глубоко изучить проблему, создать полную информационную картину и базу данных, разработать формы необходимых отчетных документов и приступить к анализу ситуации и накопленной информации.

После проведенного анализа формируется отчет группы, где излагают причины проблемы и предлагаются пути ее решения. Отчет должен содержать раздел затрат и обоснованного расчета экономического эффекта либо рекомендации руководству и менеджменту по принятию соответствующих решений, направленных на устранение выявленной проблемы. О принятых решениях информируется СВК порта, который берет на контроль реализацию принятых мероприятий. Необходимо отметить, что основные отличия СВК от контроллинговой службы в том, что СВК выполняет надзирающие функции, ставит задачи, а отдел контроллинга предлагает пути их решения. Кроме того, СВК курирует вопросы внешнего характера, зависящие от

конъюнктуры рынка, ситуации в экономике страны, инвестиционные проекты и т. д.

Далее рассмотрим, как с помощью инструментария и созданной службы контроллинга можно принимать управленческие решения.

Важной составляющей управления работой портов является эффективность эксплуатации основных фондов (а именно активных), которая напрямую зависит от своевременной оценки соотношения затрат на их эксплуатацию и прибыль, которую они формируют.

Наиболее активной частью основных фондов предприятия является перегрузочное оборудование. При анализе прежде всего устанавливается количественная обеспеченность предприятия оборудованием и полнота его использования. Возросшая интенсивность грузопотоков требует высокой грузоподъемности и производительности портовой техники. Правильный выбор портовой техники для освоения грузопотоков и использование ее в разумных эксплуатационных режимах, удовлетворяющих освоению грузопотоков, но не превышающих допустимые нагрузки в машинах, обеспечит минимум эксплуатационных расходов на перегрузочные работы, увеличит фондоотдачу и эффективность капитальных вложений на приобретение машин.

Сегодня морские порты работают в условиях жесткой конкуренции на рынке транспортных услуг, ведя постоянную борьбу за грузопотоки, и в связи с этим меняется структура этих грузопотоков, что в свою очередь требует постоянного обновления и увеличения доли перегрузочных машин и оборудования.

В настоящее время в системе контроллинга не существует раздела, занимающегося управлением парком оборудования, но, используя инструментарий контроллинга, можно управлять, в том числе повышая эффективность его использования.

Оценка и своевременное реагирование на соотношения затрат в портах представляет определенные трудности. Эти трудности объясняются, во-первых, отсутствием комплексного подхода, который предусматривает наличие службы, проводящей информационный мониторинг в реальном масштабе времени.

Во-вторых, отсутствием программно-технических средств автоматического регистрирования необходимой информации в пунктах возникновения (регистрации) и телеметрической (дистанционной) передачи в централизованные базы данных для последующей обработки, а также практического использования существующих методик для расчета и анализа.

Задачей данного анализа является определение обеспеченности порта оборудованием и установление уровня его использования. Для проведения анализа необходим расчет следующих групп показателей:

- показатели движения и технического состояние парка оборудования;
- показатели эффективности использования парка оборудования;
- показатели удельных эксплуатационных затрат, приходящиеся на единицу переработанной тонны [2].

Для решения поставленных задач необходимо использование различных инструментов контроллинга, таких как современные математические, экономические методы и модели, анализ, автоматизированные системы управления, которые являются надежными помощниками при поддержке принятия решений. Эти средства реализуют полномасштабную систему, помогая руководству и сотрудникам предприятия. Подобные продукты могут давать весьма квалифицированную оценку основных экономических параметров, позволяют взвешивать финансовые риски и подготавливать решения [1].

Предприятия, внедрившие и применяющие инструментарий контроллинга, получают значительный эффект за счет упрощения процедур планирования, принятия решений и своевременного поступления информации о собственной деятельности.

Таким образом, рассмотрим инструменты контроллинга, используемые в управлении морскими портами по областям применения:

1) планирование (факторный анализ, методы анализа инвестиционных проектов, методы логистики, SWOT-анализ, анализ качества обслуживания, методы линейного программирования, планирование загрузки мощностей и т. д.);

2) управленческий учет (методы анализа отчетности и т. д.);

3) организация информационных потоков (системы документооборота);

4) мониторинг и контроль (контроль соответствия фактических показателей плановым).

Выбор соответствующих моделей, методов и согласование их входных и выходных параметров, определение последовательности реализации, выбор критерия эффективности использования этих моделей — все это задачи контроллинга. Модели, ресурсы (математические, информационные и организационного обеспечения) составляют структуру системы управления.

Оценка существующих элементов системы управления ОАО «НМТП» показал, что частично функции контроллинга выполняются различными отделами предприятия, но используемые методики не обеспечивают в полной мере потребностей управления. Данные причины приводят к недостаточной оперативности контроля затрат компании в целом и отдельных ее подразделений, к невозможности гибкого использования ресурсов.

Для оценки эффективности работы службы контроллинга в ОАО «НМТП» рассмотрим использование математической задачи линейного программирования.

К моделям линейного программирования относят исследования конкретных производственно-хозяйственных ситуаций, которые в том или ином виде интерпретируются как задачи об оптимальном использовании ограниченных ресурсов. Под программированием можно понимать здесь планирование, формирование планов, разработку программы действий.

Рассмотрим линейную модель управления затратами на ремонт оборудования.

Если:

C_i — средние затраты на ремонт единицы оборудования;

D_{ij} — производительность перегрузки j -го вида груза;

x_i — количество единиц оборудования;

P_j — план перегрузки j -го вида груза, то целевая функция выглядит следующим образом:

$$\sum_i C_i x_i \rightarrow \min$$

при ограничениях:

$$\sum_i D_{ij} x_i > P_j, \forall j;$$

$$x_i > 0.$$

Следовательно, с помощью данного аппарата можно определить оптимальный парк перегрузочного оборудования при снижении эксплуатационных затрат, что является важной составляющей технической политики ОАО «НМТП», которая должна учитывать конъюнктуру рынка, состав сложившегося грузопотока последних лет, необходимость его постоянного увеличения, а также настоящее состояние технической базы и перспективы ее развития.

Перечисленные факторы должны быть системой стратегических мер контроллинга в области повышения качества предоставляемых услуг, являясь одним из приоритетных направлений деятельности предприятия.

Главными целями службы контроллинга в этом направлении должна быть выработка и реализация новых подходов к технической деятельности в порту, обеспечивающих сохранение и существенное улучшение важнейших характеристик перегрузочного оборудования, решения задач оптимального оснащения технического парка, поддержание необходимого уровня качественного состоя-

ния и технической готовности при разумном количественном сокращении малоэффективного и устаревшего оборудования. Требуется также приведение объемов финансирования по приобретению и ремонту парка перегрузочной техники в соответствие с реальными потребностями порта, выполнение поставленных задач ресурсосбережения, снижение негативного воздействия на окружающую среду, повышение производительности и улучшение условий труда, повышение эффективности использования площадей за счет установки более современного производственного оборудования, а также снижение затрат на ремонт и складские запасы.

Резкий рост грузопотока навалочных грузов и массы одного грузового места в последние годы потребовал более эффективного использования перегрузочной техники, совершенствования системы контроля расхода топлива, расходов ФОТ, т. е. оптимизации парка технических средств.

Данные расчеты показали, что созданная служба контроллинга может решать любые поставленные вопросы, а классификация инструментов контроллинга позволяет подобрать в конкретной ситуации соответствующий проблематике набор инструментов, тем самым снижаются затраты времени, связанные с поиском необходимого метода решения проблемы.

Список литературы

1. Карминский А. М., Фалько С. Г. Контроллинг. — М.: Финансы и статистика, 2006. — 333 с.
2. Тевелева О. В. Управление парком оборудования промышленных предприятий на основе системы контроллинга // Материалы научной конференции молодых ученых и студентов. Инновации в экономике. — М.: МГТУ, 2006. — 18–20 с.
3. Якименко А. А. Журнал объединения контроллеров // Контроллинг. Технологии управления. 2002. № 1.

УДК 621.43-629.5.001.2

И. В. Ивашин,
аспирант,
ФГУП «Внешнеэкономическое
предприятие «Судэкспорт»

ФИНАНСИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА СУДОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПРИ УЧАСТИИ ПАЕВЫХ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ФОНДОВ

SHIP CONSTRUCTION FINANCING ON THE TERRITORY OF RUSSIAN FEDERATION WITH INVOLVMENT OF SHARE INVESTMENT FUNDS

В статье рассмотрена деятельность закрытых паевых инвестиционных фондов, которая может быть направлена на развитие отечественного судостроения. Показано, что эффективность инвестиционных программ в судостроении может быть высокой только при использовании проектов судов и их энергетических установок, отвечающих современным показателям технического уровня и качества при приемлемой стоимости, определенных с использованием научно обоснованных методов квалиметрии.

The present article considers the activity of closed share investment funds that can be directed to development of the domestic shipbuilding industry. It is specially noted that effectiveness of such investment shipbuilding programs can be high enough only when using the ship's designs and propulsion systems that correspond to high level technical and quality indexes retaining the acceptable price. Such indexes are to be determined by means of applying scientifically proven methods of qualimetry.

Ключевые слова: судостроение, эффективность инвестиционных программ, паевые инвестиционные фонды, проекты судов, энергетические установки, показатели технического уровня и качества, цена, методы квалиметрии.

Key words: shipbuilding industry, effectiveness of such investment shipbuilding programs, investment funds, ship's designs and propulsion systems, proven methods of qualimetry.

В СООТВЕТСТВИИ с поручением Президента РФ Д. А. Медведева до конца 2010 г. будет разработана долгосрочная комплексная программа развития судостроения, которая должна учитывать всю совокупность факторов, влияющих на развитие отрасли, включая и условия международной конкуренции [1]. Предполагается строительство значительного числа судов смешанного река-море плавания водоизмещением до 6–7 тыс. т.

Однако большинство средних и малых российских судоходных компаний испытывают на протяжении последних 20 лет трудности в обеспечении финансирования строительства новых судов — и для замены старых, и для увеличения своего флота в связи с ростом потенциального объема перевозок водным транспортом.

Как показано в работах [2, 3], эти проблемы связаны с невозможностью:

— авансировать из собственных средств в период строительства более 15–25 % цены судна (при этом финансирующие банки требуют для обеспечения строительного финансирования не менее 35–40 %);

— предоставить банкам возможность получения долгосрочного финансирования, поскольку обеспечением у этих компаний могут быть только их суда, возраст которых, как правило, более 20–25 лет. При этом стоимость кредитов российских банков составляет 12–15 % годовых на срок не более 5–6 лет в объеме максимум до 60 % от стоимости судна [3].

Среди ряда причин, препятствующих обновлению флота, основной является длительный срок окупаемости судов, обусловленный малой продолжительностью навигационного периода, который на российских внутренних водных путях не превышает 7 месяцев в году.

Указанные сложности в работе судовых компаний создают, в свою очередь, проблемы с заказами для большинства российских предприятий судостроения и судового машиностроения, прежде всего судового дизелестроения [4].

В то же время за рубежом судовладелец для заказа судна может получить банковский кредит в размере до 80 % от стоимости судна на 10–15 лет по ставке LIBOR плюс 0,3–2,0 % в зависимости от кредитного рейтинга компании.

В целях развития российской судостроительной промышленности должны быть созданы привлекательные экономические условия для постройки коммерческих судов. Однако на законодательном уровне отечественное судостроение пока не получает всеобъемлющей поддержки, о чем свидетельствует решение Государственной Думы по ФЗ «О государственной поддержке судостроительной промышленности Российской Федерации» [5].

В связи с этим целесообразно принятие мер локального характера, однако способных существенно улучшить положение в судостроении.

К числу таких «новых» для российских инвесторов инструментов относится лизинг [6], а также инвестирование в отечественное судостроение через закрытые паевые инвестиционные фонды (ЗПИФ) [7], деятельность которых целесообразно рассмотреть более подробно.

Согласно действующему законодательству, участниками ЗПСФ могут быть как физические, так и юридические лица, являющиеся резидентами или нерезидентами Российской Федерации.

ЗПСФ учреждается под конкретный проект строительства или приобретения готового судна или нескольких судов с целью сбора и аккумуляции средств для финансирования стоимостной части проекта, именуемой собственным капиталом (equity). Как правило, данный капитал не превышает 40–50 % средств, инвестируемых в проект. Остальные средства привлекаются на внутреннем или внешнем финансовых рынках под первую ипотеку судна. В отдельных случаях,

по решению пайщиков, допускается полное финансирование ПСФ приобретаемого судна.

Судно, предполагаемое к строительству по проекту ЗПСФ, делится на согласованное количество паев — долей судна, которые предлагаются к продаже долевым судовладельцам. Каждому (индивидуальному или коллективному) долевному судовладельцу принадлежит одна или несколько долей судна, выраженных через пайевой пакет, являющийся собственностью долевого судовладельца.

В целях реализации проекта планируется учреждение судовладельческой компании — ООО или ЗАО. При этом ЗПСФ является полным или частичным собственником такой компании.

ЗПСФ иницируется на основе соглашения о сотрудничестве по его созданию между имеющей соответствующую лицензию финансовой организацией, являющейся финансовым менеджером, и управляющей компанией ПСФ, и оператором ЗПСФ [8].

Финансовый менеджер и оператор работают на комиссионной основе и не отвечают по обязательствам судовладельцев и судостроителей.

Паи ЗПСФ имеют номинальную и реальную стоимость. Первоначальная стоимость каждого пая определяется капитальной проектной стоимостью судна при его закладке.

На этом этапе особенно важно определение с максимально возможной точностью стоимости судна и его важнейших комплектующих. Для обеспечения быстрой окупаемости капиталовложений судно должно соответствовать современному развитию мирового судостроения и судового машиностроения, обеспечивая при этом наилучшее соотношение «цена / качество» [9–11].

Рыночная стоимость судна отслеживается ЗПСФ, в связи с чем стоимость непроданных паев, являющихся собственностью ПСФ, может меняться. Стоимость проданных паев определяется владельцем пая, при этом пай может быть продан кому угодно, включая ЗПСФ. Продажа пая как части или доли судовладельческой компании подлежит регистрации в ЗПСФ.

ЗПСФ допускает как частное, так и государственное участие в финансировании стро-

ительства судов: доля участника определяется исключительно количеством выкупленных паев строящегося судна.

Государственное участие может носить любой, в том числе временный характер для инициирования важного судостроительного проекта.

Следует иметь в виду, что судовладельческие проекты носят, как правило, целевой характер, определяемый потребностями грузовладельцев, судовладельцев и т. д. Поэтому первоначальная подписка может и должна организовываться соответственно среди данной категории лиц. Вместе с тем приобретаемое судно может быть предназначено исключительно к перепродаже, и в этом случае возможна прямая продажа долей судна ЗПСФ на открытом рынке через его маркетинговые структуры.

Возможны два варианта определения доходности и выплат по паям. По первому

варианту доли судна (пай) имеют срок действия от 5 до 10, а иногда и до 15 лет. По истечении периода их действия пай подлежат обязательному приему фондом обратно по своей номинальной стоимости. При этом процентная ставка по доле судна (паю) определяется соглашением сторон и, как правило, выше средней процентной ставки по банковским депозитам на 2–3 процентных пункта.

Таким образом, приобретая долю судна на 10 лет, долевым судовладельцем получает участие в тоннаже, стабильный доход на инвестиции выше банковского и гарантию возврата вложенных средств.

Возможен второй вариант — доля судна приобретается на весь период существования тоннажа в рамках проекта, и каждый год долевым судовладельцем получает долю чистого дохода от эксплуатации судна.

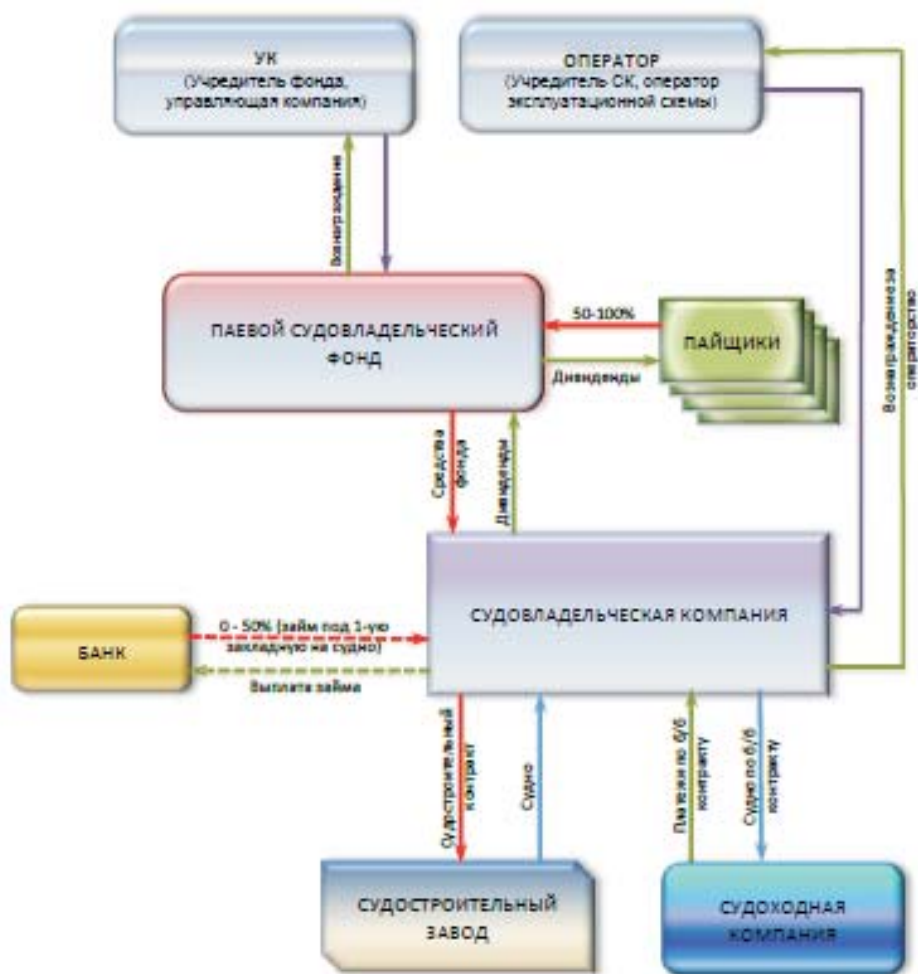


Рис. 1. Схема функционирования паевого инвестиционного фонда

После окончания проекта и продажи судна долевой судовладелец получает причитающуюся ему часть в соответствии с количеством паев. Кроме того, возможна комбинированная доходность. При этом все возможные риски нивелируются договорами страхования судна и связанной с ним деятельности.

Управляющая компания (УК), осуществляющая доверительное управление фондом, — юридическое лицо, имеющее лицензию, выданную Федеральной службой по финансовым рынкам. Именно УК через специального депозитария и регистратора осуществляет государственный контроль за осуществлением инвестирования средств пайщиков.

Интерес УК также имеет государственно-коммерческий характер, так как, с одной стороны, она осуществляет контрольные функции, тогда как с другой — получает за свою деятельность вознаграждение.

Судовладельческая компания: уставной капитал компании отображает текущую стоимость строящегося судна и суммарно соответствует стоимости выпущенных паев. Участвуя в уставном капитале компании, пайщики пропорционально участвуют в строящемся (построенном) судне. Компания регистрируется оператором фонда, который передает ее фонду по мере выкупа пайщиками паев.

В случае если оператор не является пайщиком, судно переходит во владение пайщиков (фонда) при выкупе ими всех паев, т. е. когда уставной капитал компании будет полностью состоять из взносов пайщиков. Посредством участия в судоходной компании пайщики становятся долевыми судовладельцами. Интерес пайщиков — судовладение и доходы от него.

В данной схеме финансирования судостроительных заказов могут участвовать банки, если пайщики по каким-либо причинам не могут аккумулировать достаточно средств для строительства и приобретения судна.

Роль пайщиков состоит в том, чтобы финансировать «эквити» (equity), которое в данной схеме составляет 50 % стоимости судна. Остальные 50 % — участие банка либо как займодателя, либо как пайщика, причем первый вариант предпочтительнее.

Интерес банка — долгосрочное размещение средств под достаточный процент при наличии гарантий возврата капитала и надежной ликвидности предмета вложений.

Основным пайщиком должен быть заказчик судна. ЗПИФ освобождает его от обращения к банкам и обязательств по займу. Инвестируя в судно 25 % его стоимости, основным пайщик становится эксклюзивным судовладельцем и может использовать судно в своих проектах.

Будучи пайщиком, он также получает дивиденды. Его ответственность перед фондом (и остальными пайщиками) состоит в выплате «бербоутной ставки» (bareboat rate), если судно передано ему в бербоут-чартер (bareboat charter), или «тайм-чартерной ставки» (time-charter rate), если судно передано ему судовладельческой компанией в тайм-чартер (time-charter).

Основной пайщик имеет также преимущественное право выкупа судна у фонда.

В качестве пайщиков, которые обеспечивают подписку на 25–75 % паев (в зависимости от того, есть ли в схеме финансирования банк), могут выступать прежде всего оператор схемы, а также квалифицированные пайщики, подписку на паи с которыми осуществит управляющая компания. Интерес пайщиков заключается в судовладении и получении дивидендов.

Интерес судостроительного завода — участие в системе регулярных и надежных заказов на строительство судов, обеспечивающих долговременную занятость верфи.

Окупаемость судостроительных проектов, а следовательно, и эффективность деятельности инвестиционных фондов существенно зависят от технического уровня и качества судов, применяемых на них главных и вспомогательных дизелей, на долю которых приходится до 40 % стоимости готового судна и до 80 % эксплуатационных затрат судовладельцев.

В то же время в последние годы наблюдается постепенное снижение конкурентоспособности продукции предприятий судостроительного, транспортного и машиностроительного комплекса [4].

Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2020 г. и даль-

нейшую перспективу, утвержденная 6 сентября 2007 г. приказом № 354 Минпромэнерго РФ, предусматривает разработку конкурентоспособных на мировом рынке проектов судов и их оборудования, что невозможно обеспечить без использования критериев (показателей) их технического уровня и качества [12].

Несмотря на то что вопросам оценки и управления качеством продукции, в том числе и судов, посвящена довольно обширная литература и ряд стандартов, подходы к установлению системы показателей ТУ и принципы формирования непосредственно самих показателей не обоснованы в должной мере.

Основным методом выбора номенклатуры показателей и установления их значимости при комплексных оценках до сих пор остается экспертный метод, который не может носить объективного характера (многообразие показателей, субъективизм при их сведении к ограниченному числу и выборе весовых коэффициентов).

На наш взгляд, более эффективным является критериальный подход к оценке технического уровня и качества, который обладает большой общностью в связи со своей безразмерностью.

Например, в работах д. т. н., профессора П. А. Малого показано [9], что эксплуатационно-технические свойства (ходкость, энерговооруженность, материалоемкость, грузоподъемность и грузовместимость, приспособленность к грузовым операциям, проходимость и надежность), в значительной мере определяют технический уровень судна в установленных условиях эксплуатации.

В качестве одного из возможных показателей технического уровня, объединяющего все эксплуатационно-технические свойства, можно принять выражение работы, которую может выполнить единица мощности энергетической установки судна за время его эксплуатации при установленном сроке службы.

В ФГУП ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова д. т. н. Э. А. Афромеевым [10] была предложена система показателей ТУ, которая должна определять качество судна как транспортно-го средства, предназначенного для доставки массы полезной нагрузки со скоростью (или за определенное время) на расстояние.

Очевидно, что задача оптимизации показателей судна без учета технического уровня дизелей его энергетической установки, прежде всего главных и вспомогательных дизелей, будет по меньшей мере не полной.

Однако существующие до настоящего времени методы оценки технического уровня судовых дизелей носят субъективный характер и не могут быть использованы в современных условиях.

В связи с этим целесообразно использование подходов к оценке технического уровня и качества судовых дизелей, предложенных д. т. н., профессором О. К. Безюковым [11] и развитых при участии автора [12].

Использование критериев технического уровня судов и их дизелей позволит более эффективно обеспечивать создание конкурентных проектов в судостроении и судовом машиностроении и обеспечить окупаемость проектов, финансируемых при участии паевых инвестиционных фондов.

Для достижения указанной цели целесообразно развитие научно обоснованных методов оценки стоимости судов, предложенных на отраслевом совещании, проходившем в ФГУП ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова 28–29 ноября 2001 г. [13].

Для судовых дизелей цена может быть определена с использованием трехпараметрической регрессионной модели [14], учитывающей их агрегатную мощность, вес и технический уровень:

$$C_{\text{дв}} = a_0 + a_1 N_e + a_2 M_{\text{дв}} + a_3 Tl,$$

где:

$$Tl = \left\{ \frac{3600}{Q_{\text{ит}} \cdot g_e + Q_{\text{ит}} g_m} \cdot \left[1 - \frac{\sum_i^n w_i \cdot (e_i - e_i^d)}{g_e + w_{\text{oil}} \cdot g_m} \right] \right\}^{\alpha} \times \\ \times \delta^{\beta} \cdot \left[\frac{C_m \cdot P_e}{M_{\text{дв}}} \cdot T_1 \cdot T_2 \cdot T_3 \right]^{\delta};$$

N_e — эффективная мощность двигателя, кВт;

$M_{\text{дв}}$ — вес двигателя, кг;

Tl — технический уровень двигателя;

a_0, a_1, a_2, a_3 — коэффициенты уравнения регрессии;

$Q_{нт}$ — низшая теплотворная способность топлива;

g_e — удельный эффективный расход топлива;

$Q_{нм}$ — низшая теплотворная способность масла;

g_m — удельный расход моторного масла на угар;

e_i^p — средневзвешенный удельный выброс i -компонента с отработавшими газами;

e_i^d — предельное значение средневзвешенного удельного выброса i -компонента ОГ;

n — число токсичных компонентов, учитываемых при анализе;

δ — плотность компоновки (безразмерный параметр, равный отношению суммарного рабочего объема двигателя к его габаритному объему);

C_m — средняя скорость поршня, м/с;

P_e — среднее эффективное давление, МПа;

T_1, T_2, T_3 — назначенные ресурсы соответственно безотказной наработки, до капитального ремонта и списания, тыс. ч;

α, β, δ, w — весовые коэффициенты.

Таким образом, предложенная схема финансирования строительства судов в РФ при использовании научно обоснованных оценок технического уровня, качества и стоимости проектов даст положительный кумулятивный эффект как для компаний-судовладельцев, предприятий судостроения и судового машиностроения, так и для государства в целом, повысив эффективность мер, предусматриваемых долгосрочной комплексной программой развития судостроения.

Список литературы

1. Заседание Совета безопасности по вопросам развития судостроения // Судостроение. — 2010, — № 3. — С. 3–4.
2. Чугунов В. В. Российское судостроение. Возможности и перспективы на отечественном рынке заказов судовой техники // Морская Биржа, 2007. — № 21.
3. Герасимов Н. И., Тепляшин М. В. Основные направления развития судостроения в России // Судостроение. — 2010. — № 3. — С. 39–42.
4. Плавник П. Г. О перспективах и проблемах развития отечественного судового энергетического машиностроения в интересах морской индустрии России // Международный морской форум «Морская индустрия России», Москва, 19–21 мая 2010 г.
5. Федеральное собрание РФ. Комитет Государственной Думы по промышленности. Решение от 16 октября 2008 г. № 14-2 «О проекте Федерального Закона № 99034972-2 «О государственной поддержке судостроительной промышленности Российской Федерации».
6. Ивашин И. В. Использование финансовой аренды (лизинга) для строительства речных судов // Труды II Международного научно-технического семинара «Исследование, проектирование и эксплуатация судовых ДВС», 27 сентября 2007 г. — СПб.: СПГУВК, 2008. С. 169–179.
7. ФЗ «Об инвестиционных фондах» (в ред. Федеральных законов от 29.06.2004 № 58-ФЗ, от 15.04.2006 № 51-ФЗ, от 06.12.2007 № 334-ФЗ).
8. Постановление Правительства РФ от 25 июля 2002 г. № 564 «О типовых правилах доверительного управления закрытым паевым инвестиционным фондом».
9. Малый П. А. Принципы определения качества и технического уровня грузовых транспортных судов // Труды ЛИВТа «Теория, проектирование и техническая эксплуатация судов речного флота». — Л., 1970, вып. 127. С. 87–92.
10. Афромеев Э. А. Критерии технического совершенства судов // Судостроение. — 2005, № 5. — С. 14–17.
11. Безюков О. К. Критерий для оценки научно-технического уровня судовых дизелей // Труды Международного научно-технического семинара «Исследования, проектирование, и эксплуатация судовых ДВС» / Под общей редакцией О. К. Безюкова. — СПб.: ПаркКом, 2006. С. 16–19.

12. *Ивашин И. В.* Технический уровень отечественных среднеоборотных дизелей // Сб. трудов V Международной научно-практической конференции «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности» / Под ред. А. П. Кудинова, Г. Г. Матвиенко, 28–30 мая 2008 г. — СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2008. С. 349–354.

13. *Поляков Ю. И.* Задачи институтов судостроительной промышленности по совершенствованию системы ценообразования при постройке кораблей и судов // Отраслевое совещание по проблемным вопросам ценообразования на продукцию судостроения 28–29 ноября 2001 г. Сборник докладов. — СПб.: ЦНИИ им. акад. А. Н. Крылова, 2001.

14. *Ивашин И. В.* Определение цены судовых высокооборотных дизелей с использованием парной и множественной линейных регрессий // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию СЗТУ «Системы и процессы управления и обработки информации». — СПб.: СЗТУ, 2010. Т. 1. С. 256–272.

УДК 658.310.9

Т. В. Микулинская,
аспирант,
СПГУВК

ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ КОМПЛЕКСОМ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА (НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)

PROGRAM-ORIENTED MANAGEMENT OF A COMPLEX URBAN PASSENGER TRANSPORT (ON THE EXAMPLE OF ST. PETERSBURG COMPANIES)

В статье изложены основные положения программно-целевого подхода к управлению комплексом городского пассажирского транспорта крупного города, а также представлены этапы внедрения данного подхода на транспортные предприятия Санкт-Петербурга в условиях современной экономики с учетом сложившейся кризисной ситуации.

The article outlines the main provisions of program-oriented approach to managing complex urban transport of a large city, and provides implementation stages of this approach on the transport enterprises of St. Petersburg in today's economy, given the current crisis.

Ключевые слова: программно-целевое управление, транспорт, система, принцип управления, этап, сущность управления.

Key words: program-oriented management, transport, system, principle of management, stage, essence of management.

РЕФОРМИРОВАНИЕ экономики России обусловило коренное изменение экономических производственных отношений в хозяйственной деятельности. На смену иерархической системе управления, основанной на принципе централизованных плановых заданий и полной подотчетности перед вышестоящими органами, приходит система свободных договорных отношений между самостоятельными и равноправными

экономическими субъектами, руководствующимися в своих действиях принципом коммерческой выгоды.

Сложность ситуации состоит в том, что быстрое изменение экономических отношений требует соответствующего уровня экономической культуры и профессиональных навыков управления, адекватных складывающимся реалиям, а фактическое развитие этих важных элементов вследствие инерционности челове-

ческого фактора и других причин пока отстают, что вызывает неудовлетворенность, а иногда и острые конфликты в обществе, в том числе и на городском пассажирском транспорте, а в целом — сдерживает темпы развития и снижает эффективность экономики и управления.

Ниже приведены результаты анализа действующей системы управления городским пассажирским транспортом.

В Санкт-Петербурге имеются специализированные предприятия, осуществляющие перевозку пассажиров трамвайным, троллейбусным, социальным и коммерческим автобусным транспортом, метрополитеном. В городе насчитывается приблизительно 2,5 тыс. автобусов (ГУП «Пассажиравтотранс»), 1,1 тыс. трамвайных вагонов и 0,7 тыс. троллейбусов (ГУП «Горэлектротранс»), 1,4 тыс. вагонов метрополитена.

Годовой объем перевозок в Санкт-Петербурге за год составляет более 2 млрд пассажиров.

Однако система управления городским пассажирским транспортом, состоящая из нескольких государственных перевозчиков и множества коммерческих структур, в силу отсутствия единого центра координации транспортных потоков и планирования маршрутов, не обеспечивает оптимального удовлетворения потребителей качеством услуг транспортной сети и в определенной степени тормозит развитие отрасли пассажирских перевозок.

Конкуренция между перевозчиками за государственный заказ на проектирование новых маршрутных линий и обслуживание уже существующих еще больше разобщает транспортные предприятия, вплоть до изолированности их друг от друга.

Наземный городской пассажирский транспорт в целом обеспечивает транспортное обслуживание населения Санкт-Петербурга.

Однако на условия его работы существенное влияние оказывают следующие факторы:

- отставание от требуемого уровня развития системы метрополитена, вызванное значительным сокращением средств, выделяемых из федерального бюджета;
- перегруженность существующей улично-дорожной сети.

Основной проблемой комплекса городского пассажирского транспорта является недостаток денежных средств в отрасли и фактическое отсутствие целевого финансирования предприятий в совокупности с высокой стоимостью затрат на реорганизацию, модернизацию и частичное перепрофилирование предприятий.

Выход из сложившейся ситуации возможен только путем разработки и реализации новой системы управления как отрасли в целом, так и на отдельных видах транспорта.

Одним из путей совершенствования системы управления предприятиями городского пассажирского транспорта является внедрение программно-целевого управления.

Программно-целевое управление деятельностью предприятия городского пассажирского транспорта предполагает использование обоснованных принципов и методов, обеспечивающих эффективное управление целенаправленной деятельностью по созданию услуг нового (высокого) уровня на основе разработки и реализации целевых программ, основные мероприятия которых увязаны с источниками инвестирования, сроками и исполнителями.

Программно-целевое управление предназначено для решения сложных проблем, возникающих при реализации крупномасштабных целей.

Основные принципы программно-целевого управления представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные принципы программно-целевого управления

Принцип управления	Характеристика
Целевая направленность	Управление в больших системах, имеющих свои локальные цели, которые позволяют ориентировать локальные цели подсистем на глобальную цель экономического развития предприятия
Комплексность	Разработка и реализация поставленных целей связана всеми аспектами деятельности предприятия

Таблица 1
(Окончание)

Многофункциональность	В ходе проектирования и функционирования программно-целевого управления используют многофункциональные подходы
Стратегическая обоснованность	Данный принцип предполагает использование научных подходов к обоснованию стратегии всей системы программно-целевого управления
Оптимальность использования ресурсов	Для обеспечения эффективности программно-целевого управления необходимо принятие комплекса мер, направленных на оптимизацию объема ресурсов, используемых для достижения цели
Системность	При реализации поставленных целей необходимы системный подход и четкое соблюдение последовательности этапов

Основными этапами программно-целевого управления являются:

- формулировка цели программы;
- расчленение цели на отдельные задачи и мероприятия — формирование дерева целей и задач и оценка его элементов;
- обоснование альтернативных направлений (средств) достижения целей программы;
- оптимизация распределения ресурсов между отдельными ветвями дерева целей и темпов финансирования;
- изменение приоритетности отде-

льных целей программы или средств их достижения; адаптация целевой части программы к изменяющимся внешним условиям.

Сущность программно-целевого подхода состоит в обосновании главных целей, расчете конкретных показателей, разработке мероприятий и расчете ресурсов, необходимых для внедрения программно-целевого управления.

Сущность программно-целевого управления на городском пассажирском транспорте изложена в табл. 2.

Таблица 2

**Сущность программно-целевого управления комплексом
городского пассажирского транспорта**

Главная цель	Улучшение социально-экономических показателей работы всех отраслей городского пассажирского транспорта в целом
Расчет конкретных показателей	Анализ работы каждого вида транспорта, выявление существенных недостатков
Разработка мероприятий	Расчет сроков, необходимых для устранения выявленных недостатков, обоснование приоритетности реализации задач, разработка мероприятий по модернизации, выбор мотивации для сотрудников
Расчет ресурсов	Расчет затрат на проведение модернизационных и мотивационных мероприятий, расчет необходимого количества рабочей силы, поиск и привлечение инвесторов

В соответствии с изложенным, на городском пассажирском транспорте Санкт-Петербурга необходимо внедрить программу

целевого управления, содержание и этапы которой представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Основные этапы программно-целевого управления
городским пассажирским транспортом Санкт-Петербурга**

Этап	Мероприятия	Результат
I. Создание единого центра управления пассажирскими перевозками	1. Объединение руководящего аппарата предприятий городского транспорта	1. Быстродействие при решении возникающих проблем на всех видах городского пассажирского транспорта
	2. Создание отдела мониторинга общественного мнения (аналитический отдел)	2. Возможность в короткое время проанализировать причины неудовлетворенности потребителей качеством услуг предприятий городского пассажирского транспорта
	3. Создание отдела программных разработок	3. Разработка и обоснование целесообразности внедрения программ, направленных на решение возникающих проблем при оказании транспортных услуг населению
	4. Создание отдела планирования	4. Выбор приоритетных задач для данного и последующих этапов, расчет срока их реализации и инвестиционных затрат
	5. Создание отдела инвестиций	5. Поиск и привлечение к реализации проектов инвесторов во всех структурах
II. Разработка совместно с органами государственной власти законопроектов, направленных на развитие и модернизацию городского пассажирского транспорта	Проект нормативных правовых актов, направленных на реконструкцию транспортных линий электротранспорта, изменение порядка движения всего транспортного потока в историческом центре города, замену подвижного состава, изменение существующей системы оплаты проезда, реформирование системы тендеров на пассажироперевозки и других мероприятий	Законодательное утверждение мероприятий по выделению отдельных полос для движения городского пассажирского транспорта по обочинам дорог, сокращению личного автотранспорта в историческом центре, обновлению подвижного состава, переходу на новую зонально-почасовую систему оплаты проезда, сокращению числа частных коммерческих перевозок
III. Внедрение и реализация на предприятиях городского пассажирского транспорта целевых программ	Создание на предприятиях отделов контроля за качеством выполнения мероприятий, создание гибкой системы премирования за исполнение поставленных задач качественно, в срок либо досрочно	Мотивация работников предприятий городского пассажирского транспорта для четкого и качественного выполнения поставленных задач, а соответственно, повышение качества оказываемых услуг

Кроме того, важным критерием изменения системы, механизма и процесса управления является и масштаб управления. Так как предприятия городского пассажирского транспорта — крупные, то предпочтительнее система управления матричного типа. Этот тип позволяет согласовывать решения и деятельность различных подразделений, он определяет ее гибкость и возможность наиболее рационально

использовать специалистов, перераспределяя их по объектам управления, проблемам, целям.

Внедрение программно-целевого управления при соблюдении последовательности выполнения всех задач программы обеспечит быстрый темп развития транспортного комплекса города и позволит вывести предприятия городского пассажирского транспорта Санкт-Петербурга из кризиса.

Список литературы

1. ГОСТ Р 51004-96 Услуги транспортные. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества. — М.: ИПК «Издательство Госстандарта России», 1997.
2. Райзберг Б. А., Лобко А. Г. Программно-целевое планирование и управление. — М.: ИНФРА-М, 2002. — 428 с.
3. Спирин И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками. — М.: Академия, 2003. — 400 с.
4. Сафронов Э. А. Транспортные системы городов и регионов. — М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2005. — 272 с.

УДК 658.511:656.13

М. Г. Григорян,

канд. экон. наук, доцент,
Санкт-Петербургский государственный
инженерно-экономический университет

МЕТОДОЛОГИЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

METHODOLOGY OF A PARAMETRICAL ESTIMATION IN A MANAGEMENT SYSTEM OF TRANSPORT COMPANY

В статье предпринята попытка формирования методологии параметрической оценки в системе управления транспортным предприятием. Предложена классификация показателей оценки и представлены основные элементы оценки. Сформулированы условия проведения параметрической оценки деятельности транспортного предприятия.

In clause attempt of formation of methodology of a parametrical estimation in a management system of transport company is undertaken. Classification of parameters of an estimation is offered and basic elements of estimation are presented. Conditions of carrying out of a parametrical estimation of activity of transport company are formulated.

Ключевые слова: измерительные параметры, методология оценки, деятельность транспортного предприятия, условия проведения оценки.

Key words: measuring parameters, methodology of estimation, activity of transport company, condition of carrying out of an estimation.

Любая организация вне зависимости от ее конкретного вида деятельности и принятой системы оценки своей деятельности может быть описана с помощью ряда показателей (параметров). В связи с этим наиболее распространенной и объективной является параметрическая оценка деятельности организации. В самом же общем случае каноническая параметрическая оценка предполагает определение и измерение необходимой и достаточной совокупности показателей, характеризующих какое-либо свойство социально-экономического процесса, явления или системы, для последующего их анализа. В определенных ситуациях подобная оценка позволяет измерить социально-экономические параметры на выходе из системы (в нашем случае система — транспортное предприятие).

Важное значение в данной связи для нас имеет уточнение понятия «параметр». Анализ показал, что существует достаточно широкий диапазон в трактовке этого понятия, более того, подобные определения носят общий характер. Так, например, в [1] указывается, что параметр — показатель, характеризующий объект и процесс изучения. Вероятно, это самое общее из существующих определений, но, к сожалению, оно не несет в себе информацию о том, что же представляет собой собственно параметр. Несколько иная трактовка дается в работах [2; 3]:

параметр — показатель, величина которого оказывает существенное влияние на экономические процессы;

параметр — показатель, характеризующий важное свойство чего-либо.

Из последних двух приведенных выше определений становится ясно, что измерительные параметры — это не любые показатели, а некоторая ограниченная совокупность каким-то образом определенных показателей. Более строгое понятие параметра дается в математике, например, в [4] отмечается: параметр — величина, значение которой служит для различия элементов некоторого множества между собой. Думается, что под элементами некоторого множества можно понимать различные состояния предмета оценки. В работе [5] определяются основные параметры системы — такие ее характерис-

тики, которые изменяются лишь тогда, когда меняется сама система, т. е. для данной системы — это константы. Однако это не вполне точно. На самом деле параметры могут быть переменными величинами, изменяющимися относительно медленно. Иногда приходится включать в модель коэффициенты изменения параметров за изучаемый срок, что, правда, усложняет расчеты по модели, но дает более точный результат.

Однако из представленных определений не ясна еще прагматическая специфика в определении параметра для целей нашего исследования. Для того чтобы ее выявить, следует ввести следующее понятие. Под *измерительными параметрами* понимают определенным образом ограниченную совокупность постоянно присутствующих оценочных показателей, величины которых характеризуют какую-либо проекцию предмета оценки.

Наконец, рассмотрим проблему классификации параметров. Выше, в предложенном нами определении измерительных параметров, отмечалось, что в прагматическом отношении параметры — это определенным образом ограниченная совокупность постоянно присутствующих показателей оценки, а потому с точки зрения проведения процедуры оценки их можно классифицировать следующим образом. Так, наиболее часто выделяют две группы показателей оценки — качественные и количественные [1, 6–8 и др.]. Как совершенно верно замечено в работе [9], «...метод деления оценок на качественные и количественные... достаточно часто вызывает неоднозначное толкование одних и тех же оценок, поскольку несет в себе семантическую ошибку». Ясно, что при этом признак группировки показателей оценки выглядит расплывчатым. Согласно названному весьма распространенному методу, к качественным, в отличие от количественных, относят показатели, которые по каким-либо причинам не могут быть представлены количественным измерителем.

Далее в работе [9] указывается на то, что оценки, измерение которых затруднено, должны быть названы неформализованными, или описательными, или аксиологическими. В этом случае при делении оценок на коли-

качественные и описательные (аксиологические) можно говорить о вполне определенном признаке группировки оценок — таком, как «форма представления оценки». Определение же «качественные» может быть отнесено к любой из оценок, независимо от степени ее формализации, так как оно свидетельствует о наличии определенных качеств оценки как таковой — о ее полноте, либо своевременности, либо достоверности, либо транзитивности и т. п.

Деление показателей оценки на количественные и описательные (аксиологические) не является жестким. Аксиологические показатели оценки могут приобретать количественное выражение, например при совершенствовании измерительного инструментария или в результате использования количественных шкал, а количественные показатели оценки зачастую сопровождаются аксиологическим анализом.

Существует также подход, например в работе [6], при котором показатели оценки типа «много — мало» относят к количественным показателям, а показатели оценки типа «больше — лучше» — к качественным. Однако, как нам представляется, эти группы оценок должны быть названы соответственно абсолютными и сравнительными, так как в данном случае признаком группировки является «способ оценивания предмета оценки». Исходя из названного признака абсолютные и сравнительные оценки характерны как для аксиологических, так и для количественных

показателей.

Примером сравнительных количественных показателей могут быть названы такие, как процент выполнения плана перевозок, индекс средней заработной платы и др. Абсолютные и сравнительные показатели оценки, которые могут быть отнесены к описательным (аксиологическим) показателям, чаще всего выражают триплетом. При абсолютных оценках это может быть триплет: «хорошо — безразлично — плохо», при сравнительных оценках: «лучше — равноценно — хуже». Этот принцип может быть использован при формализации аксиологических показателей, когда проектируется и нормируется шкала измерений, и каждому из оценочных суждений присваивается балл, представляющий собой определенное число.

В литературе [1, 10] встречается и такое мнение, при котором к качественным неправомерно отнесены все результирующие показатели деятельности предприятия. Тогда списочное количество автомобилей в этом случае, следуя идее авторов, — количественный показатель, а прибыль предприятия — качественный. В то же время оба этих показателя относятся по признаку «форма представления оценки» к группе количественных оценок, а различаются они по признаку «степень обобщения оценки». В соответствии с этим признаком среди оценочных показателей можно выделить группы частных (списочное количество автомобилей) и обобщающих показателей (прибыль предприятия).

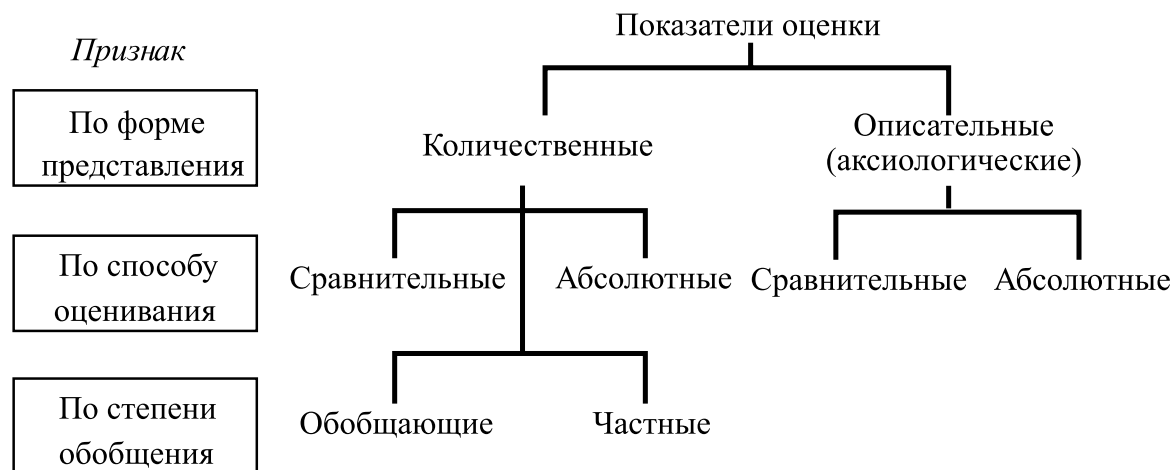


Рис. 1. Классификация показателей оценки

Здесь уместно отметить, что при этом должен быть установлен верхний горизонт параметрической оценки. Так, в приведенном выше примере верхним горизонтом оценки является деятельность предприятия в целом. При снижении (или увеличении) горизонта оценки, как правило, происходит смещение показателей в названных группах. Например, если верхним горизонтом оценки является парк подвижного состава, то списочное количество автомобилей может быть названо обобщающим показателем, а частными — такие показатели, как количество работающих автомобилей, количество прицепов и т. п.

Таким образом, учитывая высказанные соображения и руководствуясь работой [9], можно сформировать следующую классификацию показателей оценки (рис. 1).

Уточнение признаков классификации оценочных показателей, а также определение верхнего горизонта параметрической оценки представляется нам обязательным условием ее успешного проведения.

В литературе по экономико-математическому моделированию и эконометрике принято выделять два вида измерительных параметров: поведенческие и управляемые. Поведенческие параметры характеризуют реакцию заинтересованных лиц (владельцы предприятий, руководители, специалисты, водители и т. д.) на изменение внешних по отношению к ним условий, а также результат действия и выражение внутренних законов функционирования предприятия. Тогда поведение организации как открытой социально-экономической системы отражается в ее модели как функция времени t и параметров Q :

$$P = f(Q, t),$$

где P — показатель состояния или положения социально-экономической системы.

В свою очередь, управляемые параметры (или инструментальные переменные) — те экономические параметры, с помощью сознательного изменения которых менеджмент организации способен менять ход и направление экономических процессов, протекающих на предприятии. В экономике предприятия обычно удается быстрее достигать той или иной цели именно с помощью регулирующего воздействия управляемыми параметрами

на управляемые факторы, нежели любыми другими способами. Это доказывается, в частности, эффективностью применения экономических рычагов, роль которых на сегодня существенно повышается.

Инструментальные переменные делят на 3 группы:

— стабилизаторы (с их помощью пытаются ограничивать конъюнктурные колебания, т. е. кризисы);

— стимуляторы (предназначенные для сохранения или повышения темпов экономического роста предприятия);

— регуляторы (их функция — поддерживать сбалансированность функционирования и развития предприятия).

Кроме того, наличие управляемых параметров — главное, что отличает модели нормативного (прескриптивного) типа от описательных (дескриптивных). В самом общем случае смысл решения задачи состоит в отыскании такого вектора значений управляемых параметров, при котором достигается экстремум целевой функции.

Важным условием проведения параметрической оценки является оценка самих параметров. Существует два метода подобной оценки: метод наименьших квадратов и метод максимального правдоподобия. Кратко остановимся на методике оценки, так как опыт ее использования в практике социально-экономических исследований еще недостаточно велик, а вместе с тем именно эти два названных метода позволяют установить необходимое и достаточное число параметров, описать реально существующие между ними пропорции и связи.

Но прежде обратим внимание на требование предварительной формализации полученной информации об объекте оценки (в нашем случае — деятельность транспортного предприятия). Полагается, что полученные данные несут в себе неточности. Эти неточности принято называть ошибками упрощения, возникающими как следствие таких причин:

1) мысленная остановка непрерывного процесса производства транспортной услуги, его формализации в дискретные моменты времени;

2) неполнота охвата, потому что иногда

часть единиц изучаемой совокупности по тем или иным причинам не может быть включена в исследование;

3) неполнота учета факторов, воздействующих на то или иное социально-экономическое явление на предприятии. Эти ошибки возникают потому, что в ни одно уравнение, ни в одну модель нельзя включить бесконечное число факторных признаков; обычно отбирается только часть их, причем практически отбор носит субъективный характер;

4) характер выбранного уравнения связи. Как бы хорошо уравнение ни было обосновано, как бы теоретически адекватно ни описывало исследуемое явление, оно не может быть его точным аналогом.

Техника оценки параметров (рис. 2) предполагает, что, во-первых, полученную в результате наблюдения совокупность данных необходимо теоретически проанализировать, оценить качество информации и осуществить ее отбор для дальнейшей обработки. Предварительный теоретический анализ представляет исследование данных и должен раскрыть внутрисистемное содержание совокупности. Такой внутрисистемный анализ включает

качественное и количественное описание совокупности. Во-вторых, полученный таким образом набор параметров обрабатывается методом наименьших квадратов или методом максимального правдоподобия.

При помощи качественного описания совокупности данных проводится их критическая оценка. Последняя предполагает то обстоятельство, что любая оценка должна быть соотнесена с субъектом оценки. Выполнение этого требования позволяет установить степень доверия к оценке, так как то, с чьей позиции проводилась оценка, почти полностью определяет ее интерпретацию, вплоть до знака оценки. Кроме того, выясняется, когда получены исходные данные, какие материалы представлены: первичные или вторичные, статистические или аналитические и т. д.

Критическая оценка исходных данных включает и оценку каждого элемента совокупности с точки зрения соответствия его понятию единицы наблюдения, а также установления однородности, однотипности единиц, входящих в исследуемую совокупность. Далее, учитывая специфику подотрасли транспорта, формируют систему оценочных показателей и определяют взаимосвязи

между отдельными явлениями, факторами. Основой качественного анализа является выявление причинно-следственных связей, оценка силы воздействия отдельных факторов на результаты финансово-хозяйственной деятельности. Коэффициенты корреляции, которые определяют характер и силу воздействия, даже будучи весьма близкими к единице, еще не дают ответа на наличие связей. Эти связи могут оказаться ложными вследствие допущенных логических ошибок при формировании рядов исходных данных.

Изучением проблемы ложной корреляции занимались такие отечественные специалисты, как Б. С. Ястремский, Н. С. Четвериков и др. Хотя теория ложной корреляции еще достаточно

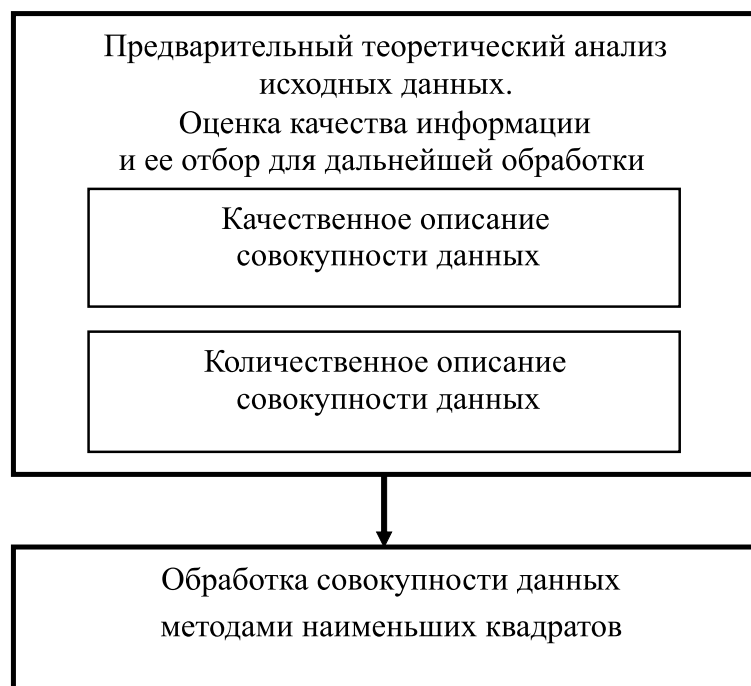


Рис. 2. Основные элементы оценки социально-экономических данных методами наименьших квадратов и максимального правдоподобия

не разработана, но основные причины, способствующие проявлению ложной корреляции, обоснованы. Связи могут оказаться ложными, когда:

1) обрабатываемые динамические ряды построены на данных, взятых из совокупности с разными законами распределения;

2) обрабатываются динамические ряды, имеющие ярко выраженные тенденции;

3) динамические ряды построены на данных, взятых из разнородных совокупностей;

4) обрабатываются ряды относительных величин, причем все относительные величины получены как отношения к одной и той же величине;

5) обрабатываются динамические ряды, содержащие ошибки наблюдения, т. е. в случаях, когда исходные данные не были критически оценены.

В свою очередь, количественное описание данных основано на широком использовании группы дескриптивных методов: метод группировок, метод относительных и средних величин, индексный метод и др. Однако применение только указанных методов недостаточно в силу сложности и специфичности (особенности) изучаемых социально-экономических явлений или процессов. Эти особенности заключаются в том, что тенденции и закономерности социально-экономических явлений и процессов проявляются только в массовых данных. Им свойственна некоторая неопределенность, случайность, которая объясняется тем, что каждое явление зависит от большого числа факторов как прямых, так и косвенных.

Специфика параметрической оценки, в основе которой лежит метод наименьших квадратов или метод максимального правдоподобия, состоит в том, что обнаруженные связи и зависимости обосновываются не как жестко детерминированные, а устойчивые только на определенный момент времени и при определенных условиях с той или иной степенью вероятности.

В целом предварительный анализ, включающий две стадии описания данных, подкрепляет теоретическую обоснованность применения методов наименьших квадратов

и максимального правдоподобия, позволяет в дальнейшем при использовании методологии корреляций и регрессий углубиться в сущность изучаемых связей и во многих случаях приводит к выявлению ранее неизвестных соотношений между изучаемыми явлениями.

Основной принцип метода наименьших квадратов рассматривается, например, в работе [11], а метода максимального правдоподобия, например, в [12]. Не раскрывая основной принцип, поскольку это исчерпывающе выполнено в указанной специальной литературе, остановимся лишь только на перечислении свойств достаточных оценок, полученных посредством названных методов.

1. Несмещенность. При большом числе наблюдений с одинаковыми объемами выборки среднее значение оцениваемого параметра должно стремиться к своему истинному (например, нормативному) значению в гипотетической совокупности:

$$y_{1,2,...,n} = f(x_1, x_2, ..., x_n) \rightarrow y.$$

Если этого не происходит, то оценки будут смещенными. Смещение, в свою очередь, может быть объяснено ошибками наблюдения, и прежде всего систематическими.

2. Эффективность. При анализе регрессии может сложиться такая ситуация, при которой будет получена не одна, а несколько несмещенных оценок. В этом случае выбирают оценку, которая обладает наименьшей дисперсией. Такую оценку называют эффективной.

3. Состоятельность. Если при оценивании какого-либо параметра точность оценки при увеличении объема выборки возрастает, то считают, что эта оценка является состоятельной. Предельной точности эта оценка достигает тогда, когда ее численное значение совпадает с оцениваемым параметром (на практике подобное не встречается).

Однако любая оценка истинного значения параметра по выборочным данным может быть произведена только с определенной степенью достоверности. Степень достоверности определяется путем построения доверительных интервалов.

Таким образом, можно кратко сформулировать следующие основные условия проведения параметрической оценки деятельности транспортного предприятия:

1. Уточнение признаков классификации оценочных показателей и горизонта оценки. При выделении основных признаков классификации, таких как форма представления, способ оценивания и степень обобщения, важно однозначно формулировать и четко трактовать оценки внутри отдельного класса (группы). Изменение горизонта оценки приводит к смещению показателей в группах (классах).

2. Наличие определенной техники оценки самих параметров, включающей, во-первых, этап предварительного анализа исходных данных, который состоит из двух стадий описания исследуемой совокупности — качественной и количественной (иными словами, следует помнить о двух сторонах, выражающих сущность измерительных параметров: качественной и количественной); во-вторых, этап обработки набора параметров методом наименьших квадратов или методом максимального правдоподобия.

3. Использование метода наименьших квадратов для анализа регрессионных моделей большой размерности, в частности метода главных компонент для определения референтной группы параметров оценки результатов деятельности транспортного предприятия (его подразделения, группы работников и т. д.)

4. Соблюдение принципа релятивизма оценки путем указания субъекта оценки и уточнение ценностей, принимаемых во внимание этим субъектом (лицом, группой лиц).

5. При формировании системы критериев и параметров оценки следует принимать во внимание, что необходимо достижение баланса между критериями оценки и отдельного анализируемого отрезка времени (его формализации в виде дискретного момента времени) от момента проведения анализа.

6. Достижение возможности развития методологии построения синтетической модели параметрической оценки деятельности автотранспортного предприятия, заключающейся в преемственности перехода от дескриптивной модели оценки к прескриптивной (нормативной) модели. Только в единстве использования дескриптивной и прескриптивной подсистем синтетической модели можно говорить об объективности оценочной технологии.

В целом параметрический метод оценки основывается на количественном и качественном выражении исследуемых свойств системы управления и установлении взаимосвязей между параметрами как внутри управляющей и управляемых подсистем, так и между ними.

Список литературы

1. Ковалев В. В., Волкова О. Н. Анализ хозяйственной деятельности предприятия. — М.: ПБОЮЛ Гриженко Е. М., 2000.
2. Харламов А. И. и др. Общая теория статистики: статистическая методология и изучение коммерческой деятельности. — М.: Финансы и статистика, 1994.
3. Кондаков Н. И. Логический словарь-справочник. — М.: Наука, 1976.
4. Аленицын А. Г., Бутиков Е. И., Кондратьев А. С. Краткий физико-математический справочник. — М.: Наука, 1990.
5. Веденеев В. Т., Наумович А. Ф., Наумович Н. Ф. Математический словарь высшей школы. Общая часть. — Минск: Высш. шк., 1984.
6. Савицкая Г. В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия. — Минск: ООО «Новое знание», 2001.
7. Григорян М. Г. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности автотранспортного предприятия. — СПб.: СПбГИЭУ, 2006.
8. Ефанов А. Н., Коваленок Т. П. Анализ производственно-финансовой деятельности железной дороги. — СПб.: ПГУПС, 2001.
9. Кононова Г. А. К вопросу об оценке деятельности предприятия // Экономика и менеджмент на транспорте: Сб. научн. тр. Вып. 7. — СПб.: СПбГИЭУ, 2010.

10. Сондрес М., Льюис Ф., Торнхили Э. Методы проведения экономических исследований: Пер. с англ. — М.: Эксмо, 2006.
11. Королев Ю. Г. Метод наименьших квадратов в социально-экономических исследованиях. — М.: Статистика, 1980.
12. Герасимович А. С. Определение параметров, аппроксимирующих функцию. — Сергиев Посад: Все для Вас, 2007.

УДК 334.784:656.615

М. В. Ботнарюк,

канд. экон. наук, доцент,
ФГОУ ВПО «Морская государственная академия
имени адмирала Ф. Ф. Ушакова»

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕЖФИРМЕННЫХ ОТНОШЕНИЙ УЧАСТНИКАМИ МОРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ

THE PARTICULARS OF INTER COOPERATION MAKING BY MEMBERS OF SEA TRANSPORT JUNCTION

В статье рассматриваются вопросы межфирменного взаимодействия компаний с целью приобретения дополнительных конкурентных преимуществ. Проанализированы особенности формирования сетей компаниями, составляющими морской транспортный узел. Сделаны выводы о необходимости создания между компаниями узла межфирменных партнерских отношений, что повысит конкурентоспособность участников сети.

The questions of inter companies cooperation with the purpose of additional competitive advantages receiving are considered in the article. The particulars of making nets by companies from sea transport junction are analyzed. Conclusions of forming the necessity of inter companies relationships between junction's companies are done. This will rise the competitiveness of members of the net.

Ключевые слова: межфирменное взаимодействие, конкурентные преимущества, морской транспортный узел, межфирменные сети, сетевой подход.

Key words: inter companies cooperation, competitive advantages, sea transport junction, inter companies nets, net approach.

В СОВРЕМЕННЫХ условиях развития экономики, для которых характерной чертой являются глобализационные процессы, при достижении компанией устойчивого конкурентного преимущества происходит смещение акцентов с выделением в качестве приоритетного аспекта маркетинговой деятельности. С целью создания уникальных ресурсов и характеристик товаров и услуг сегодня все более важная роль отводится дизайну, продвижению торговой марки, укреплению бренда и использованию инновационных маркетинговых инструментов. При этом происходит изменение парадигм в маркетинге. И если

раньше маркетинговая ориентация компании рассматривалась как элемент роста прибыли [5, с. 135], то сегодня все большее количество ученых считают, что конкурентоспособность фирмы достигается не только благодаря ее личным достижениям в области стратегического управления и навыкам, но и умению плодотворно сотрудничать как с покупателями, так и с деловыми партнерами (поставщиками, контрагентами и др.).

Сегодня одним из перспективных направлений получения компанией дополнительных конкурентных преимуществ является изучение и использование различных форм партнерских отношений, что предполагает

интерактивную координацию всех деловых партнеров в рамках производственного процесса.

Выпуская продукцию, каждый производитель выступает в тесной взаимосвязи с поставщиками, потребителями, различными институтами, контролирующими органами и т. д., в результате чего создаются сетевые взаимосвязи [3], феномен которых объясняется концептуальными основами сетевого подхода.

Сетевой подход является сравнительно новым направлением изучения межфирменных отношений, возникающих в результате социально-экономического взаимодействия деловых партнеров. В рамках его концепции межфирменные сети объясняются как один из передовых методов регулирования взаимосвязей между компаниями, который преодолевает фрагментарность существующих сегодня механизмов, сформированных под влиянием плановой и рыночной экономик. Концептуальные основы данного подхода предполагают взаимодействие, основанное на длительном сотрудничестве, предусматривающем как формальные, так и неформальные отношения между участниками транзакций, не требуя при этом их централизации.

Сетевой подход был разработан в 1970-е гг. международной группой европейских исследователей: Д. Форд, Х. Хаканссон, Л. Маттссон, П. Турнбулл, Дж. Валла и др. Основоположниками сетевого подхода также являются В. Аксилссон, Д. Андерсон, Я. Йохансон, Я. Шехота, Д. Шарма, Г. Эстон и др.

К числу российских исследователей, разрабатывающих теоретические вопросы анализа и управления межфирменными отношениями, следует отнести Г. Багиева, В. Катькало, С. Куца, Н. Моисееву, В. Радаева, М. Смирнову, Б. Соловьева, О. Третьяк, М. Шерешеву, О. Юлдашеву, С. Авдашеву, В. Дементьева и др.

Несмотря на то что в научных кругах активно обсуждался вопрос о том, является ли сетевой подход новой методологией исследования или альтернативной формой организации экономической деятельности, все исследователи независимо от принадлежности к конкретному научному направлению отме-

чали, что сетевые формы организации являются основой развития современного бизнеса, дополняя вертикально интегрированные компании. В настоящее время сетевой подход широко используется в теории организации, промышленного маркетинга и маркетинга услуг, управления каналами поставок, а также при исследовании взаимоотношений субъектов рынка на уровне групп предприятий, отраслей и т. д. [2]

Создание компаниями межфирменных сетей является результатом развития теории маркетинга взаимоотношений и обуславливает получение ими дополнительных конкурентных преимуществ. При этом, как показывает зарубежный опыт, чем выше эффективность взаимодействия компаний, тем выше уровень их конкурентоспособности [1, с. 34].

Маркетинг партнерских отношений представляет собой целенаправленное создание и поддержание долгосрочных, удовлетворяющих все заинтересованные группы связей в целях устойчивого ведения бизнеса, создания коллективного конкурентного преимущества [5, с. 136].

Принципиальным отличием маркетинга взаимоотношений от классического маркетинга является «длительная» направленность: его целью является получение устойчивой, долговременной прибыли в результате формирования надежных партнерских отношений «на перспективу», предусматривающих интерактивное взаимодействие. Результатом маркетинга партнерских взаимоотношений является формирование маркетинговой деловой сети, участники которой вступают в постоянные отношения как на индивидуальном и организационном, так и на межорганизационном уровнях.

Сегодня одним из перспективных направлений исследования эффективности взаимодействия между фирмами является анализ маркетинговых подходов фирмы на разных уровнях управления маркетинговыми взаимоотношениями с партнерами и межфирменной сетью. И наиболее востребованным — подход, предложенный К. Меллером и А. Халиненом, которые выделяют четыре уровня управления маркетинговыми взаимоотношениями фирмы на промышленном рынке: индивидуальные

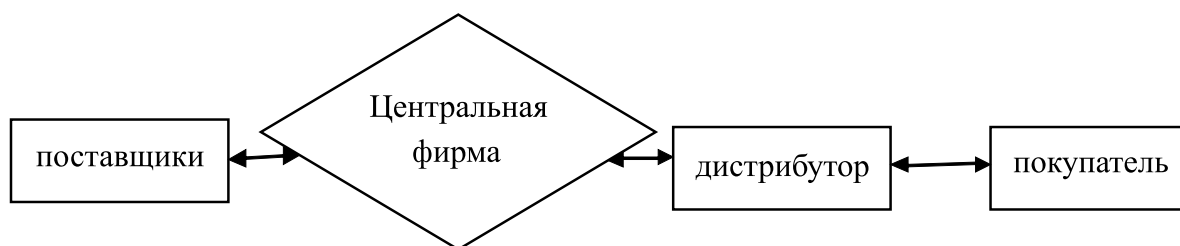


Рис. 1. Маркетинговые взаимоотношения фирмы на промышленных рынках

взаимоотношения с поставщиками и покупателями, портфель взаимоотношений, центральная сеть, отраслевая сеть [1, с. 35].

Данный подход предусматривает доминирующую роль центральной фирмы, которая выступает в качестве координатора распределения ресурсов в межфирменной сети. В случае ее одновременного участия и в других сетях, но уже в качестве партнера (координатором выступает другая центральная фирма), вышеуказанная фирма должна оценивать свои возможности влияния на участников сети, чтобы выбрать эффективные стратегии формирования и управления отношениями с деловыми партнерами. В случае формирования компаниями межфирменных сетей на промышленных рынках уровни управления маркетинговыми взаимоотношениями фирмы в общем виде можно представить в виде схемы (рис. 1).

Однако следует отметить, что сети могут создаваться не только участниками производства и потребления продукции, которые

связаны «производственными узами», но и конкурирующими компаниями, что обусловлено спецификой производственного процесса, например необходимостью получения доступа к ресурсам, обладание которыми существенно повышает эффективность деятельности компании, усиливая ее конкурентоспособность.

Так, при функционировании морского транспортного узла (далее по тексту МТУ), который представляет собой совокупность морских компаний и иных организаций, работающих на его территории и оказывающих услуги судовладельцам и грузовладельцам, в качестве уникального и, можно без преувеличения сказать, бесценного ресурса выступает информация, обладание которой значительно повышает конкурентные преимущества как самого узла, так и входящих в него компаний.

В состав МТУ входят как конкурирующие (в рамках одного профессионального направления, например оказание агентских услуг), так и не конкурирующие, но взаимодействующие между собой компании (см. рис. 2).

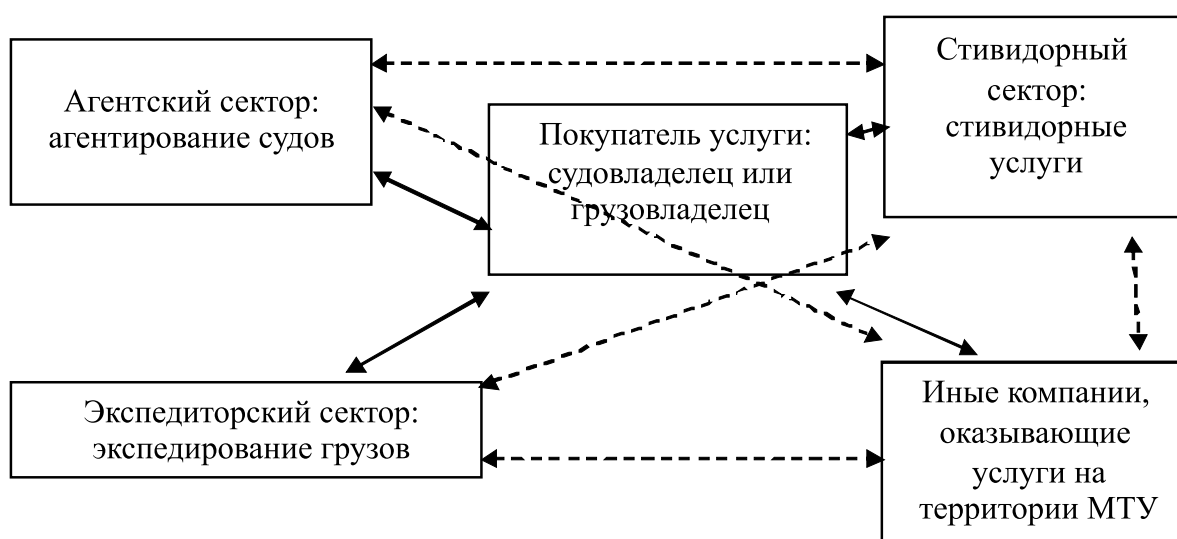


Рис. 2. Маркетинговые взаимоотношения компаний в МТУ

В качестве пояснения к рис. 2 следует отметить следующее. В центре маркетинговых (а также и производственных) взаимоотношений компаний — участниц МТУ находится покупатель, оказание услуг которому (на рисунке показано обычными стрелочками) и представляет производственный процесс каждой отдельной компании и всего узла в целом. Компании, работающие в одном секторе, являются конкурирующими, не взаимодействующими в рамках своего профессионального направления. Однако в силу специфики своей деятельности они постоянно контактируют с другими профессиональными блоками (на рисунке эти контакты показаны в виде пунктирных стрелочек).

При этом для выполнения своего производственного процесса каждая из компаний, входящих в морской транспортный узел, пользуется, как правило, одной и той же информацией: о дате и времени подхода судна, постановки его к причалу, окончании погрузочно-разгрузочных работ и т. д. Следовательно, как конкурирующие, так и не конкурирующие между собой, но взаимодействующие при оказании услуг судовладельцам и грузовладельцам компании образуют некоторую сеть (в настоящий момент неформальную, обусловленную спецификой работы), результатом

деятельности которой является качественное обслуживание покупателей, что в итоге обуславливает приобретение новых конкурентных преимуществ.

Следовательно, определяя МТУ как некоторую деловую межфирменную сеть, получаем дополнительные возможности формирования устойчивого конкурентного преимущества самого узла, а также входящих в него компаний (см. рис. 3).

Актуальность перехода к эре «сетевого» построения партнерских отношений в России обусловлена устойчивой тенденцией глобализации мировой экономики, что предусматривает «вливание» отечественных компаний в международную конкуренцию. Особенно это характерно для открытых отраслей, какой и является отрасль морского транспорта.

Западные экономисты подчеркивают, что сегодня межфирменную сеть следует рассматривать как один из наиболее эффективных инструментов формирования конкурентных преимуществ компании.

Тем не менее, как показали проведенные исследования [1, с. 50], в настоящее время менее 8 % российских компаний воспринимают свое внешнее окружение как сеть. Если же рассматривать компании, функционирующие

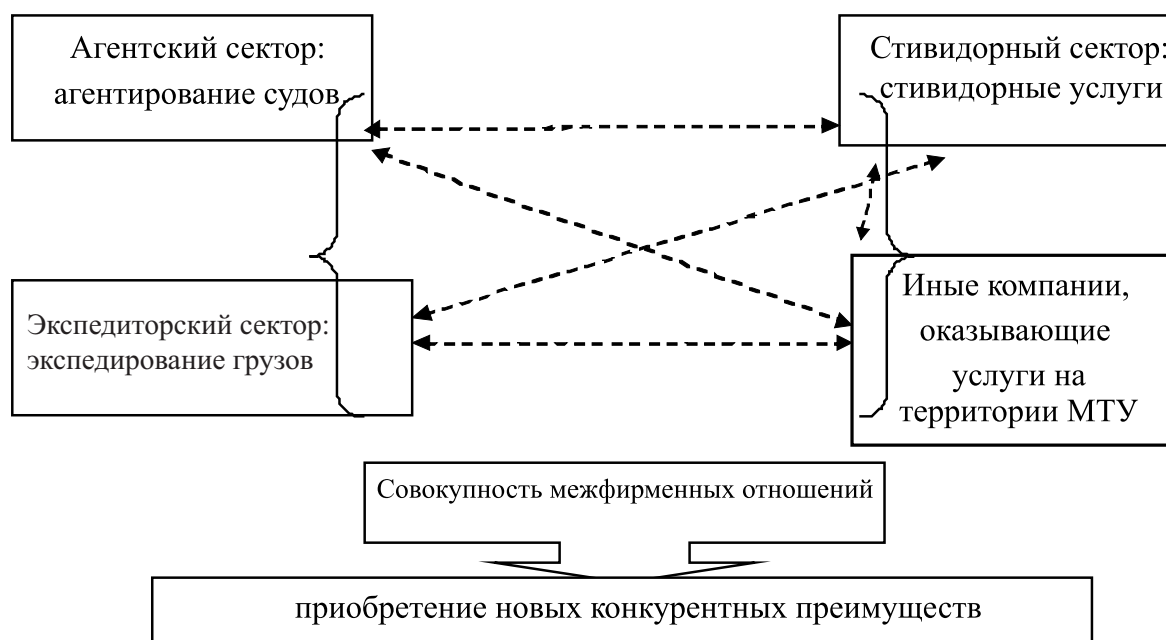


Рис. 3. Формирование новых конкурентных преимуществ компаниями МТУ при условии их межфирменного взаимодействия

на территории МТУ, то ситуация складывается следующим образом.

«Ведущие» стивидорные компании, осуществляющие погрузочно-разгрузочные работы и занимающие, по их убеждению, приоритетное положение, считают, что благодаря специфике их деятельности все остальные участники являются инфраструктурным звеном и должны находиться в положении «обслуживающего персонала». И только некоторые, недавно вошедшие в стивидорный бизнес молодые компании (в отличие от тех, кто является правопреемником предприятий, созданных «плановой системой»), а также «обслуживающий персонал» понимают и, что самое главное, признают важность взаимодействия в рамках партнерских отношений (данные получены в результате проведенного анкетирования сотрудников компаний различного иерархического уровня). Здесь можно говорить о том, что сегодня в сфере деятельности МТУ уже создаются предпосылки формирования нового уровня межфирменных отношений, что в дальнейшем позволит получить компаниям дополнительные конкурентные преимущества от синергетического эффекта, возникающего в рамках их партнерско-сетевого взаимодействия.

С целью получения наиболее полного представления о возможности и целесообразности применения «сетевой» концепции в России далее рассмотрим некоторые особенности развития отечественных межфирменных сетей.

Сетевой подход трактует взаимосвязи между участниками рынка как совокупность симметричных и однозначно определенных контрактов [3, с. 39]. Однако в реальной экономике участники транзакции взаимодействуют не только в рамках контрактных отношений, определяемых как формальные, но и при условии наличия неформальных связей, которые, тем не менее, в ряде случаев являются доминирующими. В данном случае следует говорить о более общем понятии, чем контрактные отношения: речь идет о деловых связях.

Деловые связи представляют собой относительно устойчивые отношения между разными предприятиями и бизнесами, кото-

рые независимы в финансовом и управленческом отношениях. Их также можно определить как повторяющиеся контакты между разными организационными структурами [3, с. 69].

Деловые связи являются необходимостью при взаимодействии, взаимном наблюдении, обмене информацией, а также совершении рыночных транзакций и выступают в нескольких структурных формах [3, с. 70]:

- стратегические альянсы;
- деловые сети;
- деловые ассоциации.

При этом следует отметить, что все вышеуказанные формы являются продолжением эволюции маркетинговых отношений, поскольку компании, желая получить дополнительные конкурентные преимущества, используют новые стратегии и методологические подходы. В результате от простых транзакций они постепенно переходят к долгосрочным, а затем к партнерским отношениям, которые, базируясь на взаимосвязи и взаимодоверии, формируют стратегические альянсы, деловые сети, а также деловые ассоциации.

Стратегические альянсы основываются на соглашении о совместной деятельности компаний, сохраняющих свою самостоятельность.

Деловые сети представляют собой совокупность устойчивых множественных связей между формально независимыми участниками рынка. При этом каждая компания, как правило, является участницей нескольких деловых сетей [3, с. 70].

Деловые ассоциации — это объединение компаний, которое базируется на принципе формального членства. Основной их задачей, как правило, является решение глобальных задач общего характера. Например, решение вопросов правового характера, которые в одиночку компания решить не имеет возможности.

Поэтому приходим к заключению о том, что при определении формы межфирменного взаимодействия для решения практических производственных задач в качестве приоритетных следует обозначить стратегические альянсы и деловые сети.

При рассмотрении феномена межфирменных сетей в России и МТУ в частности

видится необходимость выделить несколько особенностей их развития [1, с. 38].

Первая выражена в том, что во времена плановой экономики многие предприятия были связаны так называемыми плановыми отраслевыми сетями, инициатором которых выступало государство, которое отвергало рыночные принципы их формирования.

Вторая особенность состоит в том, что российские межфирменные сети разделены на две группы: сети выживания и предпринимательские сети. В первую группу входят компании, которые были объединены еще плановой экономикой, при этом их маркетинговые отношения не имеют ничего общего с маркетингом взаимодействия. Ко второй принадлежат компании, успешно реализующие новые концепции и инструменты, активно внедряющие инновации, и маркетинговые в том числе.

Третьей особенностью является направление, предусматривающее развитие межфирменных отношений с партнерами и клиентами.

Четвертая особенность состоит в том, что в силу специфики производственного процесса некоторые деловые партнеры могут обладать специфическими ресурсами, что обуславливает некоторую степень оппортунизма в их поведении.

Пятая особенность носит отраслевой характер и обусловлена спецификой производственного процесса (например, оказание услуг). Она состоит в том, что в некоторых отраслях результат, получаемый при обслуживании покупателя, зависит от слаженной работы нескольких независимых друг от друга фирм, находящихся, тем не менее, в постоянном взаимодействии, причем как в формальном (состоят в договорных отношениях), так и в неформальном (отсутствие заключенного контракта). При этом выбор делового партнера не всегда зависит от желания компании, а обусловлен необходимостью выполнения пожеланий клиентов или ранее заключенных контрактов.

Например, деятельность МТУ предусматривает, что в обслуживании судна (при оказании ему стивидорных, агентских, сюрвейерских и иных услуг) принимают участие несколько независимых друг от друга

компаний, причем они могут состоять как в формальных (контракт между стивидорной и агентствующей компаниями на оказание услуг агентам), так и в неформальных (предоставление информации без заключения договора) отношениях. И результат, который впоследствии оценит покупатель, определяется их совместной работой. При этом стивидорная компания, заключившая контракт с грузоотправителем, находится под «давлением» этого контракта и обязана в дальнейшем вступать во взаимоотношения с теми агентами, которые будут обслуживать поданное под обработку данного грузопотока судно.

Влияние отраслевого фактора на формирование межфирменных сетей также выражено в количестве их участников. Например, развитие индивидуальных двусторонних взаимоотношений наиболее характерно для фармацевтических и инжиниринговых компаний, в то время как в деятельности машиностроительных, телекоммуникационных и сервисных компаний доминирующим является сетевой аспект [1, с. 42].

Шестая особенность состоит в достаточно низком на данный момент уровне доверия, который определяет долгосрочность сотрудничества, особенно в случае высокой степени неформальности отношений, характерной для «сервисных» отраслей, что в итоге обуславливает эффективность взаимоотношений деловых партнеров (при наличии заключенного между ними контракта) и участников (сотрудничество на неформальной основе) межфирменной сети.

В результате сетевого взаимодействия компании получают возможность доступа к дополнительным источникам формирования конкурентных преимуществ, таких как внешние ресурсы и информация. Организации вступают во взаимодействие друг с другом, чтобы оптимально использовать собственные ресурсы и получить доступ к ресурсам другой стороны [с. 29]. При этом чем больше ресурсов и информации, в том числе создаваемых всеобщими усилиями, становится общим достоянием всех участников сети, тем сильнее их рыночные позиции [1, с. 44]. В результате происходит формирование ресурсных, информа-

ционных и референтных (рекомендации потребителей, на основании которых компании выстраивают стратегии взаимоотношений с существующими и потенциальными покупателями) возможностей взаимоотношений, которые являются основой получения дополнительных конкурентных преимуществ.

Однако вышеуказанные особенности развития межфирменных сетей создают труднопреодолимые барьеры при организации эффективной деятельности МТУ.

Как было отмечено выше, производственными «центрами» МТУ являются стивидорные компании, большая часть которых была преобразована из государственных предприятий в акционерные (как правило) общества. Получив от своих «родителей» в наследство основные и оборотные фонды, квалифицированный персонал и другие ресурсы, безусловно, положительно влияющие на конкурентоспособность, а также централизованную систему управления, они сумели завоевать прочные позиции, избрав (преимущественно административно), рыночный подход. При этом парадигмой их развития и построения отношений с поставщиками и с контрагентами выбрана концепция доминирования как при работе с деловыми партнерами, так и в некоторых случаях с клиентами.

Пользуясь исключительным положением, приобретенным в основном за счет хорошей ресурсной базы, данные компании относятся к сетевым межфирменным взаимодействиям со значительной долей скептицизма, часто проявляя оппортунизм, и в частности тактику вымогательства. Однако вследствие развития рыночных отношений они вынуждены функционировать в рамках предпринимательских сетей, основанных на межфирменном взаимодействии, но, к сожалению, с

минимальным уровнем доверия.

На основании проведенных исследований автор приходит к следующим выводам.

В условиях глобализации и интеграции мировой экономики весьма остро стоит проблема повышения конкурентоспособности отечественных морских портов, а также формируемых на их основе морских транспортных узлов. Поиск новых направлений, решающих данную проблему, сегодня актуален и востребован, поэтому применение как сетевого подхода, так и концепции маркетинга партнерских отношений, на наш взгляд, является необходимым условием успешной деятельности как отдельных предприятий, так и отрасли морского транспорта в целом.

Однако, как показали проведенные автором исследования, сегодня для компаний, составляющих МТУ и принимающих участие в обслуживании общего покупателя, серьезным барьером для формирования партнерского сотрудничества является высокая степень закрытости, обусловленная формальной конфиденциальностью информационных ресурсов. Тем не менее залогом получения дополнительных конкурентных преимуществ является именно информационный аспект совместной деятельности, а также признание наличия и важности неформальных отношений и равенства всех участников процесса.

В качестве практических рекомендаций, являющихся результатом проведенных исследований, следует отметить необходимость изменения стереотипов мышления, что предполагает выбор в качестве приоритетного направления развития создание межфирменных отношений, основанных на доверии и долгосрочном плодотворном сотрудничестве; это, безусловно, повысит конкурентоспособность всех участников сети.

Список литературы

1. Куц С. П., Афанасьев А. А. Маркетинговые аспекты развития межфирменных сетей: российский опыт // Российский журнал менеджмента. — 2004. — № 1. — С. 33–52.
2. Попова Ю. Ф. Сетевая концепция управления межфирменными отношениями на промышленных рынках / Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук. СПб., 2010.

3. Радаев В. В. Социология рынков: к формированию нового направления. — М.: ГУ ВШЭ, 2003. — 328 с.
4. Смирнова М. М. Управление взаимоотношениями на промышленных рынках как источник конкурентных преимуществ компании // Российский журнал менеджмента. — 2004. — № 3. — Т. 4. — С. 27–54.
5. Третьяк О. А. Эволюция маркетинга: этапы, приоритеты, концептуальная база, доминирующая логика // Российский журнал менеджмента. — 2006. — № 2. — Т. 4. — С. 129–144.

УДК 338.26:656.615:656.073

А. Г. Мухина,
СПГУВК

МЕТОДИКА ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ ПОРТОВОГО КОНТЕЙНЕРНОГО ТЕРМИНАЛА В ТРАНСПОРТНО- ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

METHODS OF PLANNING THE PRODUCTION CAPACITY OF THE PORT CONTAINER TERMINAL IN THE TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEM

Методика предназначена для планирования производственной мощности портового контейнерного терминала. Она разработана в соответствии с рекомендациями Министерства транспорта РФ и учитывает специфику деятельности портовых контейнерных терминалов. Представлен методический подход и определен порядок планирования объемов погрузочно-разгрузочных работ грузов в контейнерах в зависимости от характеристик терминала, анализа основных тенденций развития мирового судоходства, расчета пропускной способности грузовых причалов и складов, а также судооборота.

The method is intended for planning production capacity of the port container terminal. It is designed in accordance with the recommendations of the Ministry of Transport of Russia and takes into account the specifics of port container terminals. The methodology presented an approach to set the procedure for planning the volume of loading and unloading of cargo in containers, depending on the terminal, the analysis of major trends in world shipping, calculate the throughput of cargo piers and warehouses, as well as turnaround.

Ключевые слова: методика, планирование, водный транспорт, контейнерный терминал, пропускная способность, погрузочно-разгрузочные работы, контейнер, доходы.

Key words: methodology, planning, water transport, container terminal, capacity, cargo handling, container, revenues.



ДИНАМИЧНОЕ развитие транспортно-экономических связей, повышение требований к комплексности и сбалансированности развития транспорта на основе совершенствования структуры материально-технической базы водного транспорта обуславливают повышение роли планирования деятельности портов и в том числе портовых контейнерных терминалов.

Необходимо отметить, что до настоящего времени в портовых контейнерных терминалах не имеется обоснованной методики планирования объемов перевалки контейнерных грузов на предстоящую перспективу.

Имеющиеся методики обоснования и планирования производственных мощностей в разных отраслях промышленного производства не применимы для портового контейнерного терминала, поскольку транспортный процесс — стохастический и характеризуется большой степенью неопределенности, что затрудняет оптимизацию расчетов резерва пропускной способности. В портовых контейнерных терминалах необходим учет специфики функционирования в системе логистического управления потоками контейнерных грузов.

Допущения и ограничения:

— Методика составлена для использования в российских портовых контейнерных терминалах, выполняющих погрузочно-разгрузочные работы экспортно-импортных грузов в контейнерах, а также внутрироссийских грузов в контейнерах.

— Планирование осуществляется на базе прозрачной и достоверной информации о финансово-хозяйственной деятельности терминала.

— На протяжении всего периода действия терминала администрации необходимо системно поддерживать техническое обеспечение эффективной работы за счет инвестиций.

— Планирование объема перевалки контейнеров ориентировано на 20-футовый эквивалент, т. е. в TEU.

— Планирование объема перевалки контейнеров ориентировано на условия, что сроки вывоза груженых контейнеров автотранспортом будут соответствовать договорным и фактическое отклонение сроков вывоза не превысит 10 сут; вывоз порожних контейнеров будет осуществляться контейнеровозами сразу после выгрузки груженых контейнеров — на освободившийся контейнеровоз погружаются порожние контейнеры.

В методике приняты следующие уточнения терминов и определений:

Портовый контейнерный терминал — это крупное и среднее предприятие морского и внутреннего водного транспорта, имеющее акваторию, предназначенное для выполнения погрузочно-разгрузочных работ, накопления и хранения грузов. Терминалы оснащены техникой для выполнения погрузочно-разгрузочных операций: грузовыми кранами различной грузоподъемности, автопогрузчиками для перевозки контейнеров, другими транспортными и подъемными средствами.

Пропускная способность грузового причала — показатель, который выражает производственную мощность и измеряется количеством контейнеров (или тонн груза), перегружаемого в единицу времени кордонными механизированными установками причала, в определенных организационно-технических условиях работы причала (род груза, вариант работы, технологическая схема).

Обозначения, применяемые в методике:
 t_{-2}, t_{-1} — предшествующие базовому году;

$t_{\text{баз}}$ — базовый (контрольный) год;

t_2, t_1 — планируемые годы.

Методика планирования производственной мощности портового контейнерного терминала включает последовательность выполнения операций:

— Производственно-техническое описание контейнерного терминала.

— Анализ основных тенденций развития мирового судоходства и объемов переработки контейнеров в данном регионе.

— Анализ состава и производительности погрузочно-разгрузочного оборудования, технологии выполнения работ, методов складирования контейнеров. Выполняется расчет месячной пропускной способности причалов.

— Анализ выполнения договорных обязательств по проведению погрузочно-разгрузочных работ. Выполняется расчет средних сроков хранения груженых и порожних контейнеров.

— Выполняется расчет пропускной способности склада по обороту груженых и порожних контейнеров в TEU.

— Рассчитывается обобщенная оценка тренда по изменению объемов переработки груженых и порожних контейнеров с привязкой к судообороту с помощью метода аналитического выравнивания динамического ряда с применением регрессионного анализа.

— Составляется график обработки судов на предстоящую перспективу.

— Рассчитывается объем (количество) оборота груженых и порожних контейнеров на базисный год ($t_{\text{баз}}$) исходя из расчетного количества судозаходов и установленного в регрессионном анализе тренда.

— Рассчитываются показатели судозаходов и объемов перевалки груженых и порожних контейнеров, полученный результат за базовый год сравнивается с фактическим.

— Рассчитываются доходы от выполнения терминалом погрузочно-разгрузочных работ по груженым и порожним контейнерам.

— Планируется объем погрузочно-разгрузочных работ исходя из заданных условий работы терминала на t_1, t_2 годы.

На *первом этапе* составляется производственно-техническая характеристика контейнерного терминала.

Характеристика терминала включает гидрологические и гидрометрические сведения, состав и качество погрузочно-разгрузочной техники и оборудования, уровень эксплуатационных показателей (механовооруженность, плановая пропускная способность и величина ее резерва, количество причалов и их специализации, период использования, типы обрабатываемых судов и других транспортных средств), а также организационную структуру управления.

На *втором этапе* выполняется анализ основных тенденций развития мирового судоходства и объемов переработки контейнеров в данном регионе.

Анализ выполняется по следующей программе:

1) изучается мировой рынок контейнерных перевозок;

2) анализируется количество, доли на рынке судоходных компаний по наличию флота, грузообороту и пр.;

3) изучается география перевозок грузов (направления перевозок, типы судов, род груза, терминалы погрузки (выгрузки), мощность погрузочно-разгрузочного оборудования терминалов для разгрузки (загрузки) данных типов судов и пр.);

4) дается оценка тенденций изменения объемов погрузочно-разгрузочных работ для данного вида контейнеров по выбранным критериям (например, по грузоподъемности) в данном регионе на предстоящую перспективу.

На *третьем этапе* уточняется состав имеющегося погрузочно-разгрузочного оборудования, технологии выполнения работ, методов складирования контейнеров. С технической службой согласовываются сроки и объемы проведения текущего, среднего и капитального ремонта погрузочно-разгрузочной техники, а также грузовых причалов и подкрановых путей.

На основании сведений о предстоящем плановом ремонте рассчитывается месячная пропускная способность грузового причала и железнодорожных путей в следующей последовательности.

1. Расчет суточной пропускной способности грузового причала (TEU/сутки):

$$P_{\text{прич.сут}} = 24 \sum_{i=1}^n P_{\text{эi}} * N_{\text{yi}} * k_{\text{непр.потерь}}, \quad (1.1)$$

где:

$P_{\text{эi}}$ — эксплуатационная производительность i -го портального крана, TEU/час;

N_{yi} — количество портальных кранов i -й эксплуатационной производительности, совершающих погрузочно-разгрузочные работы, ед.;

$k_{\text{непр.потерь}}$ — коэффициент непроизводительных потерь, учитывающий:

время на открытие границы для судна — $t_{\text{отк}}$, ч;

время на закрытие границы для судна — $t_{\text{закр}}$, ч;

время оформления транспортных документов — $t_{\text{оф.док.}}$, ч;

время на швартовные операции — $t_{\text{шв. опер.}}$, ч.

$$k_{\text{непр.потерь}} = \frac{t_{\text{n(в)}}}{t_{\text{n(в)}} + t_{\text{отк}} + t_{\text{закр}} + t_{\text{оф.док.}} + t_{\text{шв. опер.}}}, \quad (1.2)$$

где $t_{\text{n(в)}}$ — время погрузки или выгрузки судна, ч.

2. Расчет месячной пропускной способности грузового причала (TEU/мес.):

$$P_{\text{прич.мес}} = P_{\text{прич.сут}} * 30,5 * k_{\text{произ.потерь}}, \quad (1.3)$$

где $k_{\text{произ.потерь}}$ — коэффициент производственных потерь, учитывающий:

— снижение температуры воздуха ниже -15°C ;

— обледенение причала, обледенение контейнеров на судне;

— нормируемое время на дополнительные технологические перерывы докерам-механизаторам в условиях снижения температуры воздуха ниже -15°C .

Коэффициент производственных потерь необходимо применять в условиях Севера или приравненных к ним территорий. Для Северо-Западного региона РФ его влиянием на пропускную способность грузового причала можно пренебречь.

3. Расчет суточной пропускной способности железнодорожных путей.

Пропускная способность погрузочно-разгрузочных железнодорожных путей определяется (TEU/сутки):

$$P_{ж.д.сут} = N_B * Q_B * N_{П.В.} * N_{пут}, \quad (1.4)$$

где:

N_B — количество вагонов (платформ) в одной подаче, шт.;

Q_B — норма загрузки вагона (TEU);

$N_{пут}$ — количество погрузочно-разгрузочных железнодорожных путей на причале, шт.;

$N_{П.В.}$ — количество подач вагонов к причалу за сут;

$$N_{П.В.} = \frac{24}{t_{n(в)}^6 + t_{под} + t_{уб}} * 100\%, \quad (1.5)$$

$t_{n(в)}^6$ — время погрузки или выгрузки подачи вагонов, ч.;

$t_{под}, t_{уб}$ — время на маневровые передвижения по подаче и уборке вагонов на погрузочно-разгрузочный путь, ч.

4. Расчет месячной пропускной способности железнодорожных путей, (TEU /мес.):

$$P_{ж.д.мес} = P_{ж.д.сут} * 30,5 * k_{произ.потерь}. \quad (1.6)$$

Необходимо отметить, что для обеспечения перевалки контейнеров, следующих в смешанном железнодорожно-водном сообщении, по прямому варианту (судно – вагон) пропускная способность погрузочно-разгрузочных железнодорожных путей причала должна быть равна или больше пропускной способности грузового причала (его причального фронта):

$$P_{ж.д.сут} \geq P_{причала.сут}. \quad (1.7)$$

На *четвертом этапе* определяются средние сроки хранения по грузным и порожним контейнерам. Средний срок хранения контейнеров необходимо определять по типоразмерам контейнеров:

- 20-футовый грузный,
- 40-футовый грузный,
- 20-футовый рефрижераторный контейнер грузный,
- 40-футовый рефрижераторный контейнер грузный,
- 20-футовый порожний,
- 40-футовый порожний,
- 20-футовый рефрижераторный контейнер порожний,
- 40-футовый рефрижераторный контейнер порожний.

Средний срок хранения контейнеров на терминале, сут.:

$$t_{cp} = \frac{\sum (G_1 * t_1 + G_2 * t_2 + \dots + G_n * t_n)}{G_1 + G_2 + \dots + G_n} * 100\%, \quad (1.8)$$

где:

t_n — срок хранения n -го контейнера, сут;

G_n — количество контейнеров, проходящих через склад, шт.

В исследовании выполнен анализ вывоза грузных контейнеров с терминалов РФ, в результате которого установлены следующие сроки вывоза:

в течение 4 дней вывозится 30 % контейнеров;

в течение 10 дней — 40 %;

в течение 15 дней — 20 %;

в течение 30 дней — 10 %.

Сроки вывоза контейнеров из терминалов РФ зависят напрямую от груза, находящегося в контейнере. В первую очередь вывозятся скоропортящиеся грузы (креветки, фрукты, мясо и пр.), а также дорогостоящее оборудование, находящееся в контейнере (катера, мотоциклы, техника).

На этом этапе за анализируемый период определяется средний срок хранения контейнеров (грузных и порожних).

На *пятом этапе* производится расчет пропускной способности склада по обороту контейнеров раздельно грузных и порожних в TEU.

1. Пропускная способность склада определяется (TEU/сутки):

$$P_{скл} = \frac{E_{скл}}{t_{cp}}, \quad (1.9)$$

где:

$E_{скл}$ — норма емкости склада, TEU;

t_{cp} — средний срок хранения контейнеров на складе, сут.

При этом рекомендуется в зависимости от условий работы терминала при определении емкости склада учитывать следующие факторы

Разделение склада на четыре зоны:

- импорта;
- экспорта;
- внутренних грузов;
- размещения порожних контейнеров.

На терминале должны быть предусмотрены площадки для проведения визуального досмотра контейнеров и другого вида контроля контейнеров (рентгеновский досмотр).

Необходимо и целесообразно также выделение или разграничение каждой зоны хранения контейнеров по принадлежности экспедиторам или принадлежности линии.

2. Полезная площадь склада для хранения контейнеров определяется:

$$F_{скл} = \sum_{i=1}^n L_{скл} * B_{скл} * k_n, \quad (1.10)$$

где:

$L_{скл}$ — длина контейнерной площадки, м;

$B_{скл}$ — ширина контейнерной площадки, м;

k_n — коэффициент использования полезной площади контейнерного терминала.

3. Норма емкости склада в TEU рассчитывается по формуле

$$E_{скл} = \frac{F_{скл}}{L_{конт} * B_{конт}} * N_{яр}, \quad (1.11)$$

где:

$L_{конт}$ — длина 20-футового контейнера, м ($L_{конт} = 6,058$ м);

$B_{конт}$ — ширина 20-футового контейнера, м ($B_{конт} = 2,438$ м);

$N_{яр}$ — количество ярусов складирования контейнеров (зависит от нормы нагрузки на 1 м²).

4. Для обеспечения складирования контейнеров пропускная способность склада $\Pi_{скл}$ должна быть равна или больше суточного грузооборота склада $g_{скл}$:

$$\Pi_{скл} \geq g_{скл}. \quad (1.12)$$

5. Суточный грузооборот склада:

$$g_{скл} = \mu * \bar{g} * k_{неравн}, \quad (1.13)$$

где:

μ — коэффициент, характеризующий удельный вес перевалки контейнеров по варианту судно — склад;

$\bar{g}$ — среднесуточный перевалочный грузооборот терминала в наиболее деятельный месяц навигации, контейнеров/сутки;

$k_{неравн}$ — коэффициент неравномерности грузооборота по максимальному грузообороту TEU.

$$\bar{g} = \frac{C_{приб}^{max} + G_{уб}^{max}}{30.5}, \quad (1.14)$$

где:

$G_{приб}^{max}$ — максимальный месячный объем контейнеров прибывших на терминал контейнеров;

$G_{уб}^{max}$ — максимальный месячный объем контейнеров убывших с терминала контейнеров.

$$k_{неравн} = \frac{12 * G_{мес}^{max}}{G_{год}}, \quad (1.15)$$

где:

$G_{мес}^{max}$ — максимальный месячный объем выгружаемых контейнеров с судов за год;

$G_{год}$ — годовой объем выгруженных контейнеров с судов.

Особое внимание на данном этапе уделяется возможности расширения зоны хранения контейнеров или поиску возможности работы по прямому варианту.

Это возможно достигнуть путем:

— перепрофилирования складских площадей;

— модернизации техники и технологического процесса;

— ускорения оборачиваемости контейнеров;

— получения дополнительных площадей для хранения отдельных видов контейнеров в непосредственной близости к терминалу.

На *шестом этапе* с помощью метода аналитического выравнивания динамического ряда и регрессионного анализа вычисляются обобщенная оценка тренда и корреляция динамики объемов переработки груженных и порожних контейнеров с грузооборотом. Для оценки тренда использовано две функции: прямолинейная и парабола второго порядка, по стандартному вычислению среднеквадратического отклонения принимается линейная или параболическая форма зависимости, при которой отклонение минимально.

На *седьмом этапе* планируется график обработки судов на предстоящую перспективу с учетом обоснованного в расчете влияния индекса сезонности на количество судоходов, а также влияния индекса случайной состав-

ляющей и влияния индекса роста объемов потребления контейнеропригодных грузов (в процентах).

Планирование обработки судов на t_1 год выполняется по следующей методике.

1. В таблицу заносится ежемесячно количество судозаходов за t_{-2} и t_{-1} год.

2. По информации за t_{-2} и t_{-1} годы вычисляют ежемесячное среднее количество судозаходов.

3. Устанавливается также по факту t_{-2} и t_{-1} гг. ежемесячное максимальное количество судозаходов.

4. Вычисляются значения следующих ежемесячных коэффициентов:

— Коэффициент влияния сезонности на количество судозаходов, %:

$$I_{сез.г.мес} = \frac{(K_{t_{-2}}^{мес} + K_{t_{-1}}^{мес})}{\sum_{1}^{12} K_{t_{-2}}^{год} + \sum_{1}^{12} K_{t_{-1}}^{год}} * 100\%, \quad (1.16)$$

где:

$K_{t_{-2}}^{мес}, K_{t_{-1}}^{мес}$ — ежемесячное количество судозаходов за t_{-2} и t_{-1} годы соответственно;

$\sum_{1}^{12} K_{t_{-2}}^{год}, \sum_{1}^{12} K_{t_{-1}}^{год}$ — общее количество судозаходов за t_{-2} и t_{-1} соответственно;

— Коэффициент влияния случайной составляющей, %:

$$I_{случ.г.мес} = \frac{MAX(K_{t_{-2}}^{мес}; K_{t_{-1}}^{мес})}{\frac{\sum_{1}^{12} K_{t_{-1}}^{год}}{2}} * 100\%, \quad (1.17)$$

— Коэффициент влияния роста (снижения) объемов потребления контейнеропригодных грузов, $I_{влиян.портр.г.мес}$ %, является специфическим коэффициентом для каждого конкретного портового контейнерного терминала (принимается самостоятельно в зависимости от условий работы терминала). Годовой процент влияния коэффициента находится в диапазоне от -15 % до 15 %. На данный коэффициент оказывает влияние общее состояние мировой экономики.

5. Количество судозаходов планируется по следующей формуле:

$$K_{суд.г.мес} = MAX(K_{t_{-2}}^{мес}; K_{t_{-1}}^{мес}) * (1 + I_{сез.г.мес} * I_{случ.г.мес} * I_{влиян.портр.г.мес}). \quad (1.18)$$

При этом уделяется внимание изучению плановых и нормативных документов по организации грузовой обработки и комплексного обслуживания судов в терминале.

На *восьмом этапе* планируется объем обработки груженных и порожних контейнеров на $t_{баз}$ год в соответствии со спланированным объемом судозаходов.

На *девятом этапе* плановые судозаходы и объемы перевалки груженных и порожних контейнеров сравниваются с фактическими показателями по направлениям: анализируется количество контейнеров по месяцам; выявляются наиболее напряженные месяцы, в которых объем достигает максимальных размеров; выявляются резервы роста пропускной способности терминала; анализируется возможность снижения сроков хранения контейнеров; планируются мероприятия по увеличению объемов переработки контейнеров на перспективу.

На *десятом этапе* рассчитываются доходы от проведения погрузочно-разгрузочных работ, выполняемых терминалом по груженым и порожним контейнерам.

По каждому месяцу исходя из планируемого объема перевалки определяются выручка от погрузочно-разгрузочных работ, выручка от хранения контейнеров, а также сопутствующих услуг (досмотр контейнеров).

На *одиннадцатом этапе* на основании полученных данных по судозаходам на t_{-1} , $t_{баз}$ годы планируется судозаходы на t_1 , t_2 год. После этого планируется объем перевалки груженных и порожних контейнеров на t_1 , t_2 год в соответствии с объемом судозаходов и формой корреляционной зависимости.

Алгоритм методики планирования производственной мощности портового контейнерного терминала в транспортно-логистической системе представлен на рис. 1.

Таким образом, разработанная методика позволяет на новой методической основе планировать объемы погрузочно-разгрузочных работ. Применение методики ориентировано на повышение эффективности деятельности предприятий водного транспорта за

счет внедрения экономически оправданной системы планирования, позволяющей более эффективно использовать производственные

мощности контейнерных терминалов, тем самым повышать рентабельность погрузочно-разгрузочных работ.

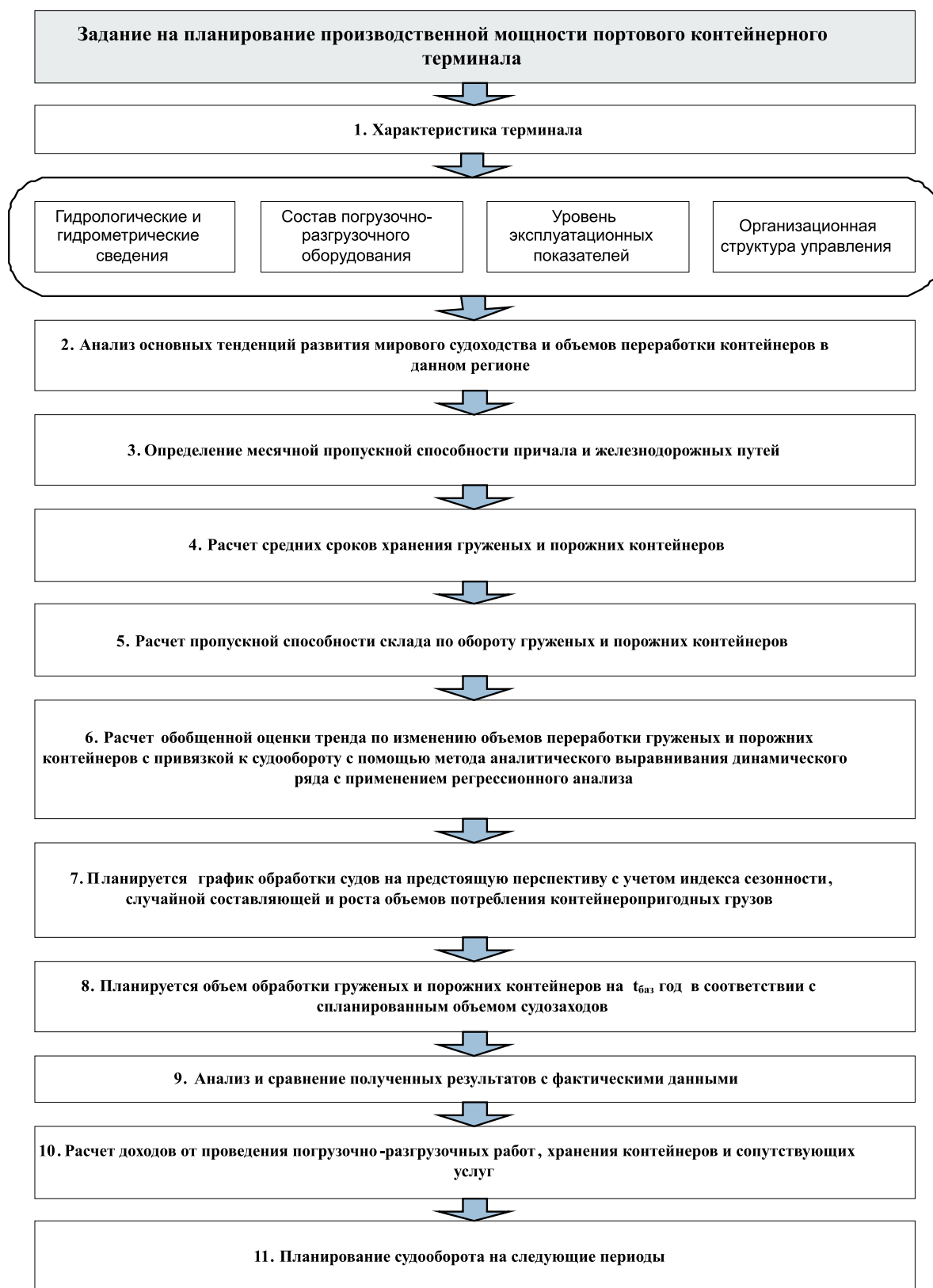


Рис. 1. Алгоритм методики планирования производственной мощности портового контейнерного терминала в транспортно-логистической системе

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫЯВЛЕНИЯ СПРОСА
ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ УСЛУГ ВОДНОГО ТРАНСПОРТАDEMAND ELICITATION THEORETICAL PARTICULARS OF POTENTIAL
CONSUMERS OF MARITIME TRANSPORT FACILITY

В условиях постоянно усиливающейся конкуренции основной задачей коммерческой работы водного транспорта является привлечение грузов или выявление спроса потенциальных потребителей услуг. В статье представлена разработанная автором принципиальная схема направлений привлечения грузов на водном транспорте, а также дана краткая характеристика каждого из них. На основе анкетирования грузовладельцев были выявлены основные критерии оценки транспортных предприятий.

Under pressure of permanently increasing competition, main task of commercial employment of maritime transport is attraction of cargoes and demand elicitation of potential consumers. In the article presented functional diagram developed by author of involvement of cargoes for maritime transport, and short description of each of their. Basic criteria of transport enterprise valuation made on questionnaire design of cargo owners.

Ключевые слова: водный транспорт, коммерческая работа, направления привлечения грузов, выявление спроса, критерии оценки.

Key word: maritime transport, commercial activity, involvement of cargoes direction, demand investigation, evaluation indicator.

В УСЛОВИЯХ централизованного планирования главной целью коммерческой эксплуатации на водном транспорте являлось максимальное обеспечение потребностей предприятий и отдельных лиц в услугах речного и морского транспорта. Под влиянием рыночной экономики изменились приоритеты в деятельности предприятий водного транспорта с «полного удовлетворения потребностей народного хозяйства и населения в морских перевозках» на «получение максимальной прибыли при удовлетворении потребностей грузовладельцев и пассажиров в перевозках и других транспортных услугах».

Однако основные задачи грузовой и коммерческой работы водного транспорта остались прежними: привлечение грузов или выявление спроса потенциальных потребителей услуг водного транспорта; улучшение использования флота, технических средств и портового хозяйства; обеспечение сохранности груза и сроков доставки; снижение транспортных затрат, повышение доходности и рентабельности транспорта, выполнение договор-

ных обязательств. Традиционно в грузовую и коммерческую работу предприятий водного транспорта входит осуществление связей с грузоотправителями и грузополучателями, выполнение коммерческих операций по приему и выдаче грузов, оформление документов и расчетов по перевозкам, перегрузочным работам и другим услугам, координационная работа со смежными видами транспорта при организации прямых смешанных перевозок.

Рассмотрим возможные подходы к решению задачи по привлечению грузов на морском транспорте. Основываясь на научных разработках ученых в области эксплуатации водного и других видов транспорта, накопленном отечественном и зарубежном опыте на транспорте и исследованиях автора, предлагается принципиальная схема направлений привлечения грузов на морском транспорте, представленная на рис. 1 [5].

Ниже приведена краткая характеристика направлений по привлечению грузов на морском транспорте из предложенной схемы (рис. 1).

Самостоятельное изыскание грузопотоков службой коммерческой эксплуатации флота. В условиях командно-распределительной системы самостоятельные изыскания грузопотоков проводились в виде технико-экономических изысканий и организации грузопотоков с учетом экономических зон тяготения грузов к водному транспорту [1].

В современных условиях зона поиска грузопотоков изменилась, и при изыскании новых грузопотоков (привлечения клиентуры) службами коммерческой эксплуатации используются новые подходы [5]:

Проведение маркетинговых исследований рынка. Информирование грузовладельцев о возможностях использования флота судоходных компаний через проведение рекламных мероприятий (размещение информации о транспортном предприятии и его услугах в

СМИ, тематических справочниках и Интернете).

Участие в форумах, выставках-ярмарках для заключения договоров.

Информирование грузовладельцев о возможностях использования морского флота судоходной компании через рассылку коммерческих предложений по электронной почте.

Текущая работа с грузовладельцами. Служба коммерческой эксплуатации флота судоходной компании для успешного взаимодействия с потребителями транспортных услуг в рамках текущей работы с грузовладельцами должна получать о них следующую информацию:

— потребности в услугах и перспективы их изменения;

— мотивы грузовладельцев при выборе вида транспорта и конкретного транспортного



Рис. 1. Схема направлений привлечения грузов на морском транспорте

предприятия, так как это определяет требования клиентуры к качеству перевозок, коммерческим условиям сделки, сервису и самому перевозчику;

порядок сбора информации потребителем и принятие им решения по выбору предприятия по доставке груза, выполнения иной транспортной работы.

В текущей работе необходимо использовать зарубежный опыт линейного фрахтового рынка по привлечению (канвасингу) клиентуры [2]. В настоящее время используются несколько разновидностей канвасинга.

Генеральный канвасинг — регулярные контакты с имеющейся клиентурой, планомерное развитие контактов и связей с новой клиентурой. На основе ABC-анализа клиентуры определяется режим посещения каждой группы. До посещения клиентов канвасер обязан подготовить сравнительные данные стоимости перевозки грузов на судах своей линии. Сравнение должно учитывать все оплачиваемые грузоотправителем услуги по транспортировке товаров от начального до конечного пунктов назначения. Сравнительные данные позволяют канвасеру компании показать грузоотправителю преимущества в стоимостном выражении.

Направленный канвасинг — наиболее распространенный вид привлечения грузов на определенное судно с целью выполнения планового (либо дополнительного) фрахтования, не обеспеченного другим агентом, или обеспечение грузом судна, впервые введенного в расписание.

Канвасинг по «наводке» — привлечение груза на линию по информации от агентов страны пребывания или от агентов/брокеров других стран. Обычно такая информация содержит полные данные о грузоотправителе и грузе (название фирмы, масса отправки, даты отгрузок и пр.). Залог успеха в этом виде канвасинга — высокая оперативность в обмене информацией о грузе.

Канвасинг с хорошо знакомой клиентурой обычно производится из офиса по телефону, телефаксу или путем обменных писем.

Разработка и создание условий для привлечения потребителей транспортных услуг. Соответствие требованиям грузовла-

дельца — это решение вопросов доставки грузов на тех условиях, на которых он требует. Необходима такая организация работы судходной компании при стремлении работать с прибылью, которая направлена на решение вопросов в целом в пользу клиентов (потребителей), поиск квалифицированных кадров и партнеров для сотрудничества. По мнению экспертов, надежного партнера найти трудно, а информация носит фрагментарный характер.

С целью оценки актуальности разработки направлений по привлечению грузов на морской транспорт были выявлены критерии оценки транспортных предприятий клиентурой в современных условиях. Автором было проведено анкетирование грузовладельцев (50 зарубежных организаций с различной формой собственности и сферой деятельности) о важности для них показателей работы перевозчиков. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты опроса потребителей транспортных услуг о важности показателей при подборе партнеров по доставке

Вопрос	Варианты ответа	Доля, %
Какие критерии важны при подборе транспортных партнеров?	Надежность	100
	Ценовая политика	100
	Диапазон предлагаемых услуг	60
	Компетентность, профессионализм	50
	Качество продукции, услуг	17
	Стабильное положение на рынке	15
	Известность	10

Необходимо заметить, что 100 % респондентов отметили важность надежности перевозчиков и его ценовой политики. Все направления важны, и судходная компания для привлечения грузовладельцев должна

повышать свою надежность, разрабатывать гибкую тарифную политику, развивать новые виды услуг.

Использование возможностей общественных организаций (союзов, ассоциаций). Вступление в различные общественные ассоциации, союзы открывает возможность выхода на новые рынки, поскольку ассоциации проводят мероприятия по продвижению услуг, поиску рынков сбыта, комплексному изучению рынка, проведению выставок, а также 15 % из них декларируют услуги по подбору партнеров (см. рис. 2, 3).

Использование технологических посредников между перевозчиком и грузовладельцем. При поиске клиентуры и заключении договоров на перевозку привлекаются различные посредники, физические или юридические лица, способствующие установлению деловых связей между производителями продукции с одной стороны и с потребителями с другой [3].

Посредники осуществляют поиск грузовладельца либо перевозчика, при этом могут принимать участие и в организации транспортного процесса (табл. 2). Необходимо отметить, что вид деятельности экспедиторов и агентов (аквизация) по привлечению

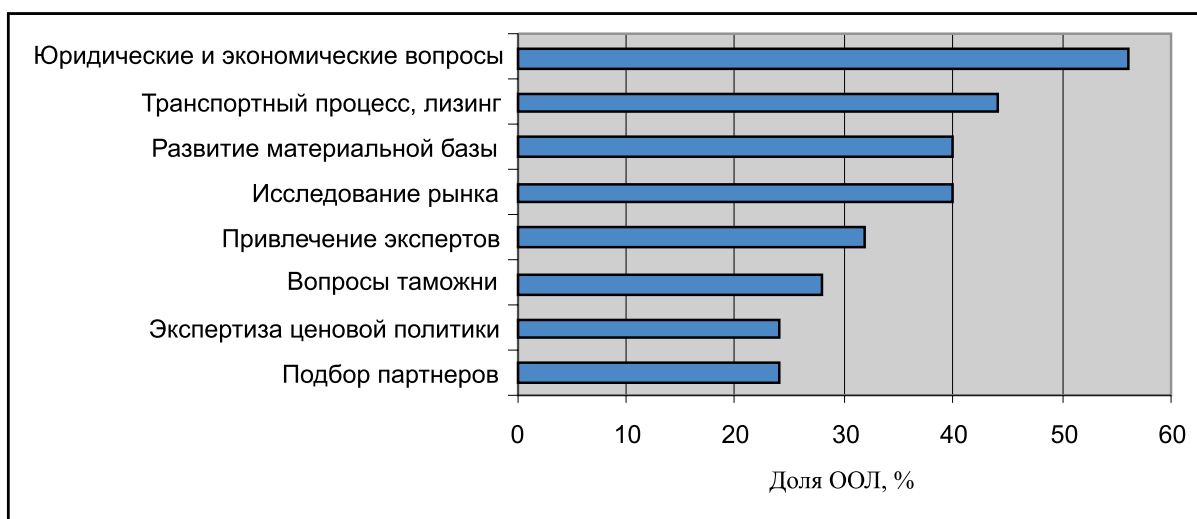


Рис. 2. Структура и применяемость услуг по блоку «консалтинг»

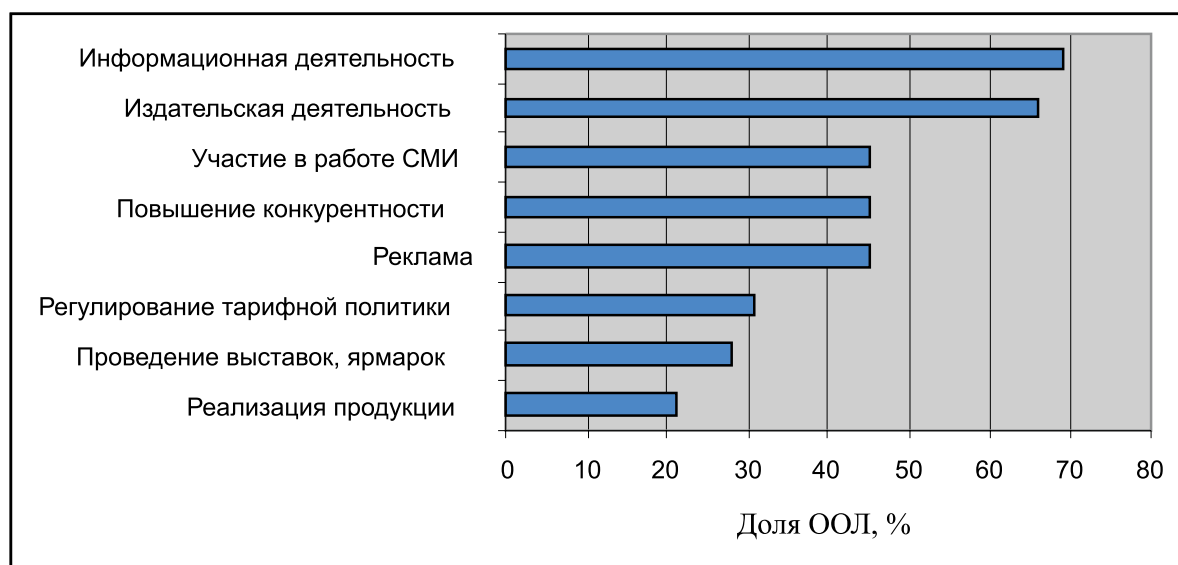


Рис. 3. Структура и применяемость услуг по блоку «продвижение»

новых клиентов и заключению договоров перевозки и договоров страхования широко применяется в зарубежных странах. Так, в обязанности транспортного брокера входит посещение промышленных и торговых предприятий с целью обеспечения потенциальных грузоотправителей аудиовизуальными и другими рекламными материалами перевозчика, а также информацией о тарифах, маршрутах, скидках.

Посредничество особенно распространено на морском фрахтовом рынке, и С. И. Дол-

гов выделяет следующие его виды [6]:

- экспедирование (экспедитор);
- агентирование (агент);
- фрахтовое агентирование (фрахтовый агент);
- брокерская деятельность (транспортный брокер);
- хранение грузов (хранитель);
- погрузочно-разгрузочные и стивидорные работы (погрузочно-разгрузочные и стивидорные компании);
- лизинговые (арендные) операции.

Таблица 2

Характерные черты транспортных посредников

Вид посредника	Осуществляет поиск	Заключает договоры и действует			Участвует в	
	груза/фрахта	от имени своего/ принципала	за свой счет/ принципала	получает вознаграждение от принципала	организации доставки груза	транспортном процессе
Эксплуатант (оператор, провайдер)	+/+	+/-	+/-	—	+	+
Экспедитор (фрахтовый брокер)	+/+	-/+	-/+	+	+	—
Агент	+/+	+/+	-/+	+	—	—
Аквизор	+/-	+/+	-/+	+	—	—
Транспортный брокер	+/-	-/+	-/+	+	—	—

В последнее время появился новый тип посредников для морского транспорта — транспортные компании-операторы, которые своего флота не имеют, но заключают договоры на перевозку грузов, для выполнения которых флот берут в аренду [4].

Заказ на изыскание перспективных грузопотоков у сторонних организаций. С целью оценки таких возможностей автором было проведено исследование организаций, предоставляющих информационные услуги. Они показали, что в настоящее время информационные услуги могут быть получены в коммерческих организациях различных типов:

— консалтинговых, как с широким спектром услуг, так и специализирующихся на отдельных направлениях консалтинга;

— агентства по продвижению информации;

— охранных, предоставляющих услуги по обеспечению комплексной безопасности.

Работа с информационными партнерами позволяет значительно сократить время на поиск требуемой информации. Транспортные организации (по данным опросов их работников) пользуются услугами информационных партнеров достаточно активно.

Это направление по зарубежному опыту по мере развития консалтинговых услуг будет неотъемлемой частью коммерческой эксплуатации морского транспорта.

Участие в конкурсах на выполнение государственных заказов перевозок грузов. Конкурсное распределение заказов на пере-

возку грузов в основном проводится в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях. Методика отбора исполнителей северного завоза грузов по регионам разная, но в основном она сводится к проведению администрацией данных регионов тендеров, в которых выбор производится по тарифам. При этом возможно лоббирование интересов отдельных компаний, как правило, местных (из данного региона).

Следует ожидать, что в ближайшем будущем условия проведения тендеров будут меняться в направлении обеспечения надежности и качества доставки грузов. В связи с этим будут актуализированы задачи:

— обеспечения соответствия парамет-

ров предприятий морского транспорта требованиям организаторов конкурса;

— лоббирования интересов для местных (региональных) судоходных компаний в государственных органах власти.

Оба направления требуют дальнейшего научно-методического развития.

Развитие транспортной инфраструктуры экономически тяготеющих регионов возможно через участие в создании транспортных коридоров, формирование транспортно-логистических центров, вложение инвестиций в развитие терминалов, лоббирование интересов в территориальных и региональных программах развития.

Список литературы

1. *Багров Л. В.* Организация коммерческой работы на речном транспорте: Учебник для институтов водного транспорта / Л. В. Багров, А. Н. Мацвейко, М. Н. Чеботарев. — М.: Транспорт, 1985. — 652 с.
2. *Бучин Е. Д.* Маркетинг на транспорте: учеб. пособие для студ. судоводительских, управленческих и экономических специальностей институтов водного транспорта / Е. Д. Бучин, В. Н. Костров. — Н. Новгород: ВГАВТ, 1996. — 145 с.
3. *Родников А. Н.* Логистика: Терминологический словарь / А. Н. Родников. — М.: Инфра-М, 2000. — 352 с.
4. *Уртминцев Ю. Н.* Организация работы речного флота в условиях рынка: проблемы методологии. Монография / Уртминцев Ю. Н. — Н. Новгород: Изд-во ГОУ АПО ВГАВТ, 2003. — 252 с.
5. *Цверов В. В.* Прогнозирование в маркетинговых исследованиях рынка: учебное пособие / В. В. Цверов, С. В. Булганина. — Н. Новгород, ВГИПА, 2003. — 80 с.
6. Экономика и организация внешнеторговых перевозок: учебник / С. И. Долгов, К. В. Холопов, С. В. Домнина и др. / Под ред. К. В. Холопова. — М.: Юристъ, 2000. — 682 с.

Научное издание

Журнал университета водных коммуникаций
Выпуск 4 (8)

2010 год

Материалы публикуются в авторской редакции

Выпускающий редактор *Е. А. Монахова*

Дизайнер *С. В. Курбатов*

Технический редактор *М. Н. Евсюткина*

Набор *Ю. А. Курицына*

Корректор *Ю. В. Бармина*

Подписано в печать с оригинал-макета 30.12.10. Формат 60×90/8
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 27,84. Тираж 500 экз. Заказ № 189
Отпечатано в типографии ФГОУ ВПО СПГУВК
198035, Санкт-Петербург, Межевой канал, 2