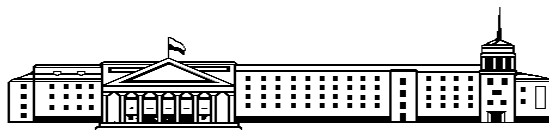


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ВОДНЫХ КОММУНИКАЦИЙ»



ЖУРНАЛ УНИВЕРСИТЕТА ВОДНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Выпуск 3 (7)

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. — 240 с. (Вып. 3).

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.

ББК 95



© Санкт-Петербургский государственный
университет водных коммуникаций, 2010

ISSN 2073-6169

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!



Все годы существования Санкт-Петербургского государственного университета водных коммуникаций, который был основан в 1809 году, университет не прекращал издательской деятельности. В разные годы периодическое научное издание университета называлось: «Журнал путей сообщений», «Журнал министерства путей сообщений», «Труды Ленинградского института водного транспорта».

В 1932 году «Труды Ленинградского института водного транспорта» получили самостоятельный издательский статус. За эти годы было издано 87 выпусков по основным направлениям развития отрасли.

Продолжая научно-издательскую деятельность, Университет с 2008 года издает настоящее периодическое научное издание

«Журнал Санкт-Петербургского университета водных коммуникаций» (Свидетельство о государственной регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-312188 от 22 февраля 2008 г. ISSN 2073-6169).

Требуемая информация об опубликованных в Журнале статьях размещается в базе данных Научной электронной библиотеки и, таким образом, в установленной форме включается в систему Российского индекса научного цитирования.

В этом году, учитывая высокую научную значимость, Журнал был включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации.

*С уважением,
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.
-
-

Агентство «Роспечать» объявляет подписку

на 2011 год

на Журнал СПГУВК



*Издателем Журнала является
Санкт-Петербургский государственный
университет водных коммуникаций*

**ИНДЕКС
ПОДПИСНОГО ИЗДАНИЯ
37276**

Журнал Выходит четыре раза в год

В Журнале печатаются ведущие специалисты отрасли, большинство из них имеют ученую степень доктора наук, а также являются членами различных академий, и прежде всего, Академии транспорта.

Основная тематика Журнала связана с отраслевой деятельностью — эксплуатация водных путей, портов и гидротехнических сооружений, эксплуатация судов, судостроение и судоремонт, управление и транспортное право, экономика и финансы, охрана окружающей среды, информационные технологии, гуманитарные науки и естествознание, инновационные методы в образовательном процессе.

*Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий Высшей аттестационной комиссии
Министерства образования и науки Российской Федерации*

СОДЕРЖАНИЕ

ВОДНЫЕ ПУТИ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ПОРТЫ 8

- Ганеев А. М.* Гидродинамическое воздействие на сухогрузное судно с начальным дифферентом носа или кормы при наполнении камеры шлюза с головной системой питания 8
- Гарибин П. А., Миронов М. Е., Расторгуев И. Е.* Техничко-экономическое обоснование комплекса гидротехнических сооружений для маломерных судов 12
- Гладков Г. Л., Журавлев М. В., Соколов Ю. П.* Исследования повышенной мутности при устройстве подводных отвалов грунта 22
- Бутин В. П.* Автоматизация швартовки судов при их шлюзовании 31
- Глуценко А. В., Моргунов К. П.* Методический подход к определению спектра вибраций инженерных конструкций с помощью прямого фотодетектирования рассеянного когерентного излучения 42
- Кириллов В. М.* Теория прочности грунта: анализ и развитие 45

ГУМАНИТАРНЫЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ 49

- Евланников В. П.* К вопросу о повышении эффективности преподавания гуманитарных наук, в частности социологии 49

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ 56

- Чертовской В. Д.* Моделирование процессов адаптивного автоматизированного управления ...56
- Голоскоков Д. П., Кныш Т. П.* Системы компьютерной математики в образовании 63
- Антонов В. А., Пишеницын К. В., Мульганов С. В.* Оценка потерь информации при передаче сигналов CDMA при наличии окон замириания 69
- Зуб И. В.* Моделирование в задаче управления надежностью транспортных услуг контейнерного терминала 76
- Никитина Е. И.* Вейвлет-анализ как основополагающий компонент современных стандартов сжатия изображений 79
- Башмаков А. В.* Некриптографические методы защиты информации в беспроводных сетях, эксплуатируемых на объектах внутренних водных путей 83
- Горбашко А. В.* Методические основы обработки персональных данных для финансовых организаций 87
- Соколов С. С.* Математическая модель рационального размещения груза в трюмах судна 89

СУДОВОЖДЕНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ 93

- Каретников В. В., Сикарев А. А.* Совершенствование системы управления судами с использованием автоматизированных идентификационных систем на внутренних водных путях 93
- Щербакова О. В., Романченко М. К.* Поиск элементов эффективной защиты от структурного и ударного шума 96
- Григорян В. Л.* Незакономерный дрейф магнитных полюсов Земли и проблемы использования магнитных компасов на морских судах 100
- Тедонзонг Т. Э.* Изменчивость маневренной полосы движения судна с учетом гидрометеорологических условий 104

СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ 110

<i>Барышников С. О.</i> Расчет редукционных коэффициентов элементов корпуса судна по правилам Российского Речного Регистра	110
<i>Даниловский А. Г., Боровикова И. А.</i> Сравнительный анализ вариантов комплектации судовой электроэнергетической установки	117
<i>Голицын В. А.</i> Износостойкость хрома, электроосажденного анодно-струйным способом	123
<i>Саушев А. В.</i> Теоретические основы управления состоянием электротехнических систем	134
<i>Павловский В. В.</i> Системный анализ технологии и организации проектирования преобразовательной техники	146
<i>Пилявский В. М.</i> Перспективы применения нового поколения в диагностических комплексах BOSCH FSA для диагностики судовых двигателей	152
<i>Лопарев В. К.</i> Влияние температурного режима воды и масла на экономические показатели работы дизелей	154
<i>Каторин Ю. Ф.</i> Парадокс судостроения — речные авианосцы	156
<i>Безюков О. К., Кардаков А. А., Шаршавин С. В.</i> Диагностирование технического состояния судовых дизелей по инфракрасному излучению их наружных поверхностей.....	160
<i>Кардаков А. А.</i> Применение терморегистраторов для контроля теплового состояния судовых дизелей	165

ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ 171

<i>Решняк В. И., Курников А. С., Решняк К. В.</i> Исследование особенностей процесса окисления в дисперсной системе «вода–эмульгированные нефтепродукты»	171
--	-----

ЭКОНОМИКА И ФИНАНСЫ 178

<i>Малиновская О. В., Скобелева И. П.</i> Организационные основы государственной поддержки развития инноваций на транспорте в России	178
<i>Селезнева Н. Н., Забелло А. С.</i> Основы эффективного управления стоимостью интегрированных структур на транспорте	184
<i>Бабурин В. А., Минеев С. К., Бабурина К. Р.</i> Исследование зависимости провозной способности флота от интенсивности обслуживания судов	190
<i>Корезин А. С.</i> Контроллинг как внутрикорпоративная сервисная система обеспечения экономической безопасности	195
<i>Ботнарюк М. В.</i> Факторы, определяющие выбор конкурентной стратегии морского транспортного узла	204
<i>Клименко Ю. В.</i> Оценка конкурентной позиции транспортного предприятия	212
<i>Кузнецов Г. Н.</i> Управление организационными изменениями на предприятиях водного транспорта	217
<i>Алексеева Е. К., Алексеев С. А.</i> Построение частных моделей управления качеством содержания и технологии тренажерной подготовки специалистов по судовождению	223
<i>Цанева Н. Ф.</i> Методы оценки экономического эффекта участников концессионных соглашений при реализации инвестиционных проектов развития инфраструктуры внутренних водных путей	235

ВОДНЫЕ ПУТИ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ПОРТЫ

УДК (626.4:626.421.4) 001.2

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

ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА СУХОГРУЗНОЕ СУДНО С НАЧАЛЬНЫМ ДИФФЕРЕНТОМ НОСА ИЛИ КОРМЫ ПРИ НАПОЛНЕНИИ КАМЕРЫ ШЛЮЗА С ГОЛОВНОЙ СИСТЕМОЙ ПИТАНИЯ

HYDRODYNAMIC IMPACT ON THE DRY-CARGO VESSEL WITH INITIAL HEAD OR STERN TRIM DIFFERENCE DURING LOCKAGE UNDER THE HEAD FEED SYSTEM

Приводятся результаты лабораторных гидравлических исследований и дается приближенное теоретическое решение задачи для определения первого пика гидродинамических сил.

The result of laboratory hydraulic investigations is presented. The theory task solution of the identification of the first hydrodynamic forces peak is realized.

Ключевые слова: судоходный шлюз, головная система питания, гидравлические исследования, дифферент судна, гидродинамические силы.

Key words: shipping lock, head-end filling, hydraulic exploration, ship different, hydrodynamic forces.

ЧЕРЕЗ судоходные шлюзы пропускаются суда с различными грузами на борту и осадкой носа и кормы. Значительная часть сухогрузных судов имеет равномерную осадку носа и кормы, но пропускаются суда и с неравномерной осадкой, чаще всего на корму: в балласте, с большегрузными контейнерами и другими неравномерно расположенными на палубе или в трюмах грузами. Гидромеханические процессы, сопровождающие шлюзование этих судов, изучены недостаточно полно, в особенности по условиям их стоянки в процессе наполнения и опорожнения камер шлюзов.

Гидравлические исследования условий стоянки сухогрузного судна с начальным дифферентом на нос или корму впервые проведены автором на модели шлюза № 6 Волго-Балтийского канала [1]. Модель шлюза, изготовленная в масштабе 1:32, имела полную длину камеры $L_k = 302,0$ м и полезную ширину $B_{п.к} = 18,24$ м (для натуры). Исследования проводились с судном типа «Волго-Дон» при средней начальной глубине воды в камере

$h_k = 6,1$ м, глубине на пороге верхней головы $H_n = 5,8$ м и напоре на камеру $H = 17,0$ м. Судно имело длину $l_c = 131,5$ м и ширину $b_c = 16,5$ м, а его водоизмещение при равномерной осадке $S = 3,33$ м получено равным $W = 64\,000$ кН. Создание дифферента судна обеспечивалось перемещением твердого груза на нос или корму. Опыты проводились при соблюдении одинаковых условий шлюзования судов: при подъеме плоских ворот при наполнении на полную высоту $h_{з.п.} = 2,68$ м с постоянной скоростью $v_3 = 0,49$ м/мин и при расположении судна в камере на расстоянии 16,0 м от его носа до балочной решетки. В процессе исследований выполнено 7 серий, включающих 42 опыта, при начальных дифферентах 0, 0,51, 0,99 и 1,47 м. Дифферент судна на нос или корму рассчитан относительно осадки по миделю. При совершенно одинаковых условиях проведены также дополнительные опыты с судном меньшего водоизмещения ($W = 54\,000$ кН, 5 серий, 25 опытов).

Результаты лабораторных исследований по оценке влияния на величины гидродинами-

ческих сил начального дифферента судна приведены в табл. 1. В ней указаны номера серий и число выполненных опытов в них, осадка носа и кормы судна, значения дифферентов, максимальные значения прямых (направленных к нижней голове) и обратных (направленных к

верхней голове) гидродинамических сил, моменты их наступления, а также их превышения (в %) над аналогичными силами для судна с равномерной осадкой. Измерения действующих на судно гидродинамических сил производились тензометрическим датчиком усилий.

Таблица 1

Результаты лабораторных исследований по оценке влияния на величины гидродинамических сил дифферента сухогрузного судна

№ серии	Число опытов	Водоизмещение, W , кН	Осадка, S , м		Дифферент, ΔS , м		Максимальная гидродинамическая сила и время ее наступления, P/t , кН/мин		Превышение сил, %	
			Нос	Корма	Нос	Корма	Прямая	Обратная	Прямая	Обратная
IA	6	64 000	4,80	1,86	1,47	—	$\frac{90,5}{2,70}$	$\frac{75,8}{5,95}$	+41,4	+19,0
IB	5		4,32	2,34	0,99	—	$\frac{87,4}{2,65}$	$\frac{73,6}{5,90}$	+36,6	+15,5
IV	5		3,84	2,82	0,51	—	$\frac{79,0}{2,65}$	$\frac{67,5}{6,02}$	+23,4	+6,0
IG	11		3,33	3,33	0	0	$\frac{64,0}{1,14}$	$\frac{63,7}{5,99}$	0	0
ID	5		2,82	3,84	—	0,51	$\frac{70,4}{2,57}$	$\frac{63,05}{5,90}$	+10,0	–1,0
IE	5		2,34	4,32	—	0,99	$\frac{71,3}{2,61}$	$\frac{61,0}{5,81}$	+11,4	–4,2
IC	5		1,86	4,80	—	1,47	$\frac{70,8}{2,57}$	$\frac{60,0}{5,98}$	+10,6	–5,8
2A	5	54 000	4,29	1,35	1,47	—	$\frac{60,3}{1,98}$	$\frac{72,0}{6,17}$	+18,7	+31,0
2Б	5		3,81	1,83	0,99	—	$\frac{54,1}{2,01}$	$\frac{69,0}{5,87}$	+6,5	+25,5
2B	5		3,33	2,31	0,51	—	$\frac{51,6}{1,98}$	$\frac{65,4}{5,92}$	+1,6	+18,9
2Г	5		2,82	2,82	0	0	$\frac{50,8}{1,97}$	$\frac{55,0}{6,01}$	0	0
2Д	5		2,31	3,33	—	0,51	$\frac{54,1}{1,89}$	$\frac{52,2}{5,86}$	+6,5	–5,1

Анализ гидродинамических сил, действующих на судно в процессе наполнения камеры, показывает, что они носят четко выраженный волновой характер и насту-

пают в характерные моменты времени [1]. Так, например, третий пик прямой силы (наибольший по величине) наступает в момент времени

$$t_3 = 1 \frac{1}{2} T + \frac{1}{2} T_k, \text{ с}, \quad (1)$$

а максимальной обратной силы (первый пик) при

$$t_1 = t_{3,п} + \frac{1}{2} T_k + \frac{1}{4} T_c, \text{ с}, \quad (2)$$

где T и T_c — периоды пробега длинной волны, соответственно в пределах полной длины камеры шлюза и длины судна;

T_k — период пробега волны на участке за кормой судна;

$h_{3,п} = h_{3,п}/v_3$ — время остановки затвора при подъеме на полную высоту, с.

Сравнение гидродинамических сил по величине, зафиксированных при разном начальном дифференте судов, показывает, что они несколько отличаются от аналогичных сил, действующих на суда с равномерной осадкой.

Наибольшее увеличение прямых сил наблюдается при дифференте на нос судна: примерно в 1,4 раза для судна водоизмещением 64 000 кН и в 1,2 раза для судна меньшего водоизмещения (см. рис. 1), а обратных со-

ответственно в 1,2 и 1,3 раза. Эти изменения зависят от величины дифферента судна: силы увеличиваются с увеличением дифферента судна. При дифференте на корму увеличение зафиксировано только для прямых сил (примерно в 1,1 раза), а для обратных сил наблюдается их уменьшение в 1,1 раза.

Выявленные закономерности изменений гидродинамических сил в опытах с судном, имеющим неравномерную осадку, связаны с уменьшением его устойчивости и изменением стеснений живого сечения камеры шлюза носом или кормой судна.

Для приближенной оценки величины волновой составляющей продольной гидродинамической силы, действующей на наклоненное судно при наполнении камеры шлюза с головной системой питания, используем формулу А. В. Михайлова [2], учтя в ней фактическое изменение скорости пробега длинных волн в пределах носа и кормы судна.

В этом случае неустановившееся движение воды в камере рассматривается как распространение длинной волны малой амплитуды.

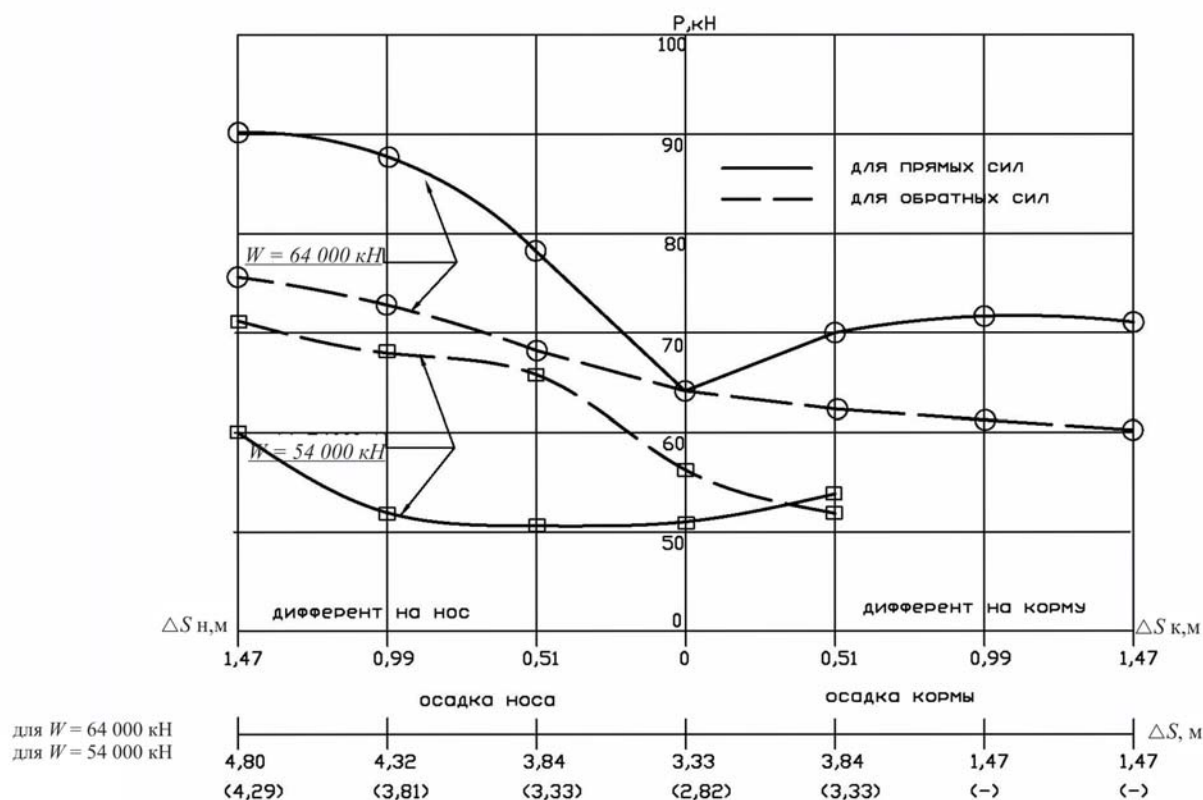


Рис. 1. Зависимости максимальных гидродинамических сил от дифферента судна

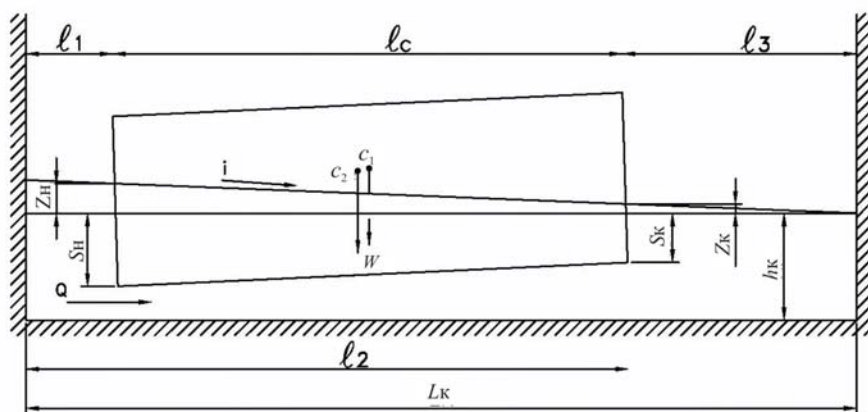


Рис. 2. Расчетная схема действия длинной волны в камере шлюза на судно с начальным дифферентом

литуды (см. рис. 2) и величина уклона поверхности воды в пределах наклонного судна определяются выражением

$$i = \frac{z_H - z_K}{\ell_c} = \frac{1}{B_{nk} \cdot \ell_c} \left(\frac{Q_H}{C_H} - \frac{Q_K}{C_K} \right), \quad (3)$$

где: C_H и C_K — скорости распространения длинной волны, соответственно у носа и кормы судна;

Q_H и Q_K — аналогичные по носу и корме значения расходов воды.

Если выразить расходы Q_H и Q_K через расход Q , поступающий в створе подъемно-опускных ворот верхней головы [3], можно получить следующее выражение для определения величины гидродинамической силы, действующей на судно с начальным дифферентом:

$$p = i \cdot W = \frac{Q \cdot W}{B_{nk} \cdot \ell_k} \left(\frac{\beta_1}{C_H} - \frac{\beta_2}{C_K} \right), \quad \text{кН}, \quad (4)$$

где: $\beta_1 = 1 - \frac{\ell_1}{L_k}$ и $\beta_2 = 1 - \frac{\ell_2}{L_k}$ — коэффициен-

ты, учитывающие плановое положение носа и кормы судна по длине камеры шлюза от створа поступления расхода Q , величина которого на начальной стадии наполнения камеры в момент времени t определяется выражением

$$Q = \mu \cdot B_{nk} \cdot v_3 \cdot t \sqrt{2gH_n} \sin \alpha, \quad \text{м}^3/\text{с}, \quad (5)$$

здесь μ — коэффициент расхода системы наполнения; α — угол ножа затвора плоских подъемно-опускных ворот.

Нетрудно показать, что при равномерной осадке судна полученное выражение для определения гидродинамического воздействия на наклонное судно превращается после несложных преобразований в известную формулу А. В. Михайлова:

$$p = \frac{dQ}{dt} \cdot \frac{W \cdot D}{g(F_k - \otimes)}, \quad \text{кН}, \quad (6)$$

где $\frac{dQ}{dt}$ — приращение расхода воды за единицу времени;

F и $\otimes$ — площади поперечного сечения соответственно камеры шлюза и погруженной части судна по миделю;

D — коэффициент, учитывающий плановое положение судна по длине камеры.

Зависимость для определения гидродинамического воздействия на судно с неравномерной осадкой, как и формула А. В. Михайлова, получена в предположении линейного изменения волновой поверхности в пределах судна без учета сил трения и лобового сопротивления, однако она позволяет судить о закономерности изменения сил в зависимости от начального дифферента судна. При дифференте на нос величина силы будет увеличиваться, поскольку уменьшается скорость пробега длинной волны C_H , а при дифференте на корму, наоборот, силы уменьшаются, что подтверждается данными лабораторных исследований.

Список литературы

1. Ганеев А. М. Лабораторные исследования условий стоянки наливного судна «Волго-нефть» при наполнении камеры шлюза с головной системой питания // Гидравлика, водные пути, изыскания и гидротехническое строительство. — Л.: ЛИВТ, 1976.
2. Михайлов А. В. Судходные шлюзы. — М.: Транспорт, 1966.
3. Маккавеев В. М. Гидромеханические процессы, сопровождающие шлюзование судов и методология лабораторных исследований // Тр. гидротехнической лаборатории им. проф. В. Е. Тимонова. — Л.: Транспорт, 1930. — Вып. X.

УДК:628(27)

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

М. Е. Миронов,
д-р техн. наук, профессор,
СПГУВК;

И. Е. Расторгуев,
канд. экон. наук, доцент,
СПГУВК

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОМПЛЕКСА
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ МАЛОМЕРНЫХ СУДОВ**

**THE FEASIBILITY REPORT ON THE COMPLEX OF HYDRAULIC ENGINEERING
CONSTRUCTIONS FOR SMALL SIZE VESSELS**

В статье рассматриваются научно обоснованные предложения по возможным вариантам компоновки и конструкций защитных гидротехнических сооружений для яхтенного порта на акватории Финского залива.

In article scientifically well-founded offers by possible variants of configuration and variants of designs of protective hydraulic engineering constructions for port yachts on water area of gulf of Finland are considered.

Ключевые слова: защитные сооружения, естественные условия строительства, варианты компоновки и конструкций, экспертная оценка вариантов, сметная стоимость.

Key words: the protective constructions, natural conditions of building, variants of configuration and designs, expert estimation of variants, budget cost.

Введение

В Санкт-Петербурге с каждым годом возрастает инвестиционная активность, связанная с использованием городского потенциала как морской столицы страны. В первую очередь это касается, конечно, развития портовой инфраструктуры и создания

транспортно-логистических комплексов.

Но немаловажным является и сфера туризма, рекреации и спорта на базе водно-моторных и яхтенных центров, состоящих из прибрежного ресторанно-гостиничного сервиса и морской акватории, обустроенной для приема маломерных судов и организации морских соревнований и развлечений.

Администрацией города подготовлена концепция схемы развития и размещения объектов маломерного флота на территории Санкт-Петербурга. Согласно этой схеме площадь размещения, отведенная под яхт-клубы и стоянки катеров, будет составлять 427 га, что больше существующей в 2,8 раза. Такие меры приведут к росту привлекательности Петербурга для иностранных туристов, прибывающих морем.

Сейчас в Петербурге и области насчитывается полтора десятка яхт-клубов и водномоторных баз, около 30 стоянок. Петербургский малый флот (яхты, катера и моторные лодки) насчитывает более 40 тыс. единиц.

Работает Морской яхт-клуб, созданный в 2001 г. на базе яхт-клуба Балтийского морского пароходства: марина (стоянка судов) на 150–200 стояночных мест, эллинги; есть бизнес-центр, бар и ресторан. В устье Малой Невы базируется Центр маломерного флота: 200 открытых причальных мест и 100 — гаражного типа. На Каменном острове в комплексе гребного клуба «Спартак» в 2003 г. появился яхт-клуб «Франкарди»: стоянка для катеров (200 мест), сервисные службы, клубный ресторан «ЗимаЛето». В Красносельском районе расположился яхт-клуб «Балтиец»: площадь акватории — почти 7 га (с наземной частью — 22 га), семь пирсов. В конце мая 2009 г. в поселке Лахта открылся яхтенный порт «Геркулес»: стоянка яхт и катеров на 100 мест; сервисный центр; парусная школа для детей и взрослых; офис дилера по продаже катеров, парусных яхт и катамаранов; летний ресторан с музыкальной программой. Группа

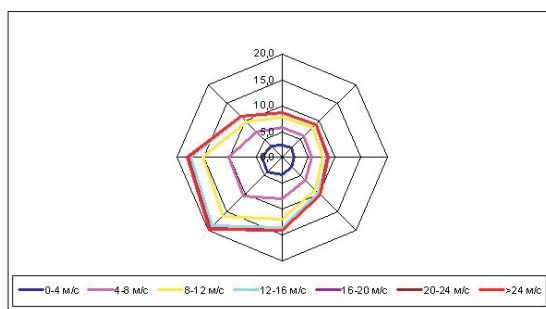
компаний «Осло Марин» строит в г. Сестрорецке элитный многофункциональный центр с яхт-клубом. В составе развлекательного комплекса в районе парка 300-летия Санкт-Петербурга группой «Стремберг» также планируется размещение яхт-клуба.

Особое место среди яхтенных центров занимает яхт-клуб «Терийоки» в г. Зеленогорске, открытие которого состоялось в июне 2008 г. На сегодняшний момент это один из самых современных яхт-клубов Северо-Запада, комплекс которого включает техническую зону, слип, топливно-заправочную станцию, кран для подъема и спуска судов. Клуб может принять 82 судна длиной до 24 м. Помимо высокой технической оснащенности акватории и причальных сооружений, «Терийоки» отличается развитая береговая инфраструктура, в которую входят гостиница (4+), ресторан и коттеджный поселок.

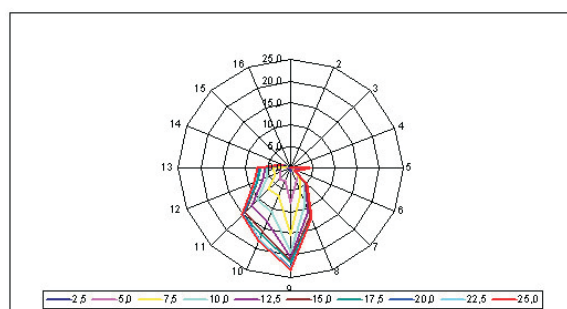
Строительство яхт-клуба «Терийоки» началось в 2006 г.; выбор местоположения не случаен: здесь до революции располагался яхт-клуб, основанный в 1910 г. по инициативе адмирала Скрыдлова. При клубе было парусное общество, которое устраивало великолепные парусные гонки. Он существовал как яхт-клуб до 1940 г., затем в 1960–1980-е гг. использовался как причал для прогулочных теплоходов.

Естественные условия района строительства

В процессе проектирования и постройки яхт-клуба «Терийоки» был проведен комплекс научно-исследовательских работ и



а



б

Рис. 1. Розы повторяемости ветров в районе яхт-клуба «Терийоки»:

а — в безледный период; б — в период летних наводнений

техничко-экономические обоснования по различным вариантам компоновки и конструкции волнозащитных сооружений, имеющих первоочередное значение для обеспечения безопасной стоянки судов в условиях морской акватории.

Параметры оградительных гидротехнических сооружений определяются естественными условиями строительства будущего порта. Основополагающими при выборе конфигурации молв и волноломов являются такие факторы, как ветер, волнение и течения. Конструкция ГТС во многом определяется геоэкологией, ледовыми воздействиями, транспортом наносов, внутренним волнением в гавани и т. п.

Ветровой режим на акватории Финского залива, прилегающей к порту, характеризуется розами повторяемости ветров по скоростям и направлениям, приведенным на рис. 1, а, б.

Особенно опасны ветры во время наводнений, так как в этих условиях действие штормов оказывает наиболее разрушительное воздействие. При летних наводнениях резко преобладают юго-западные и южные ветры (рис. 1, а).

После анализа сведений о максимальных ежегодных скоростях ветра и данных

нормативных документов в качестве расчетных скоростей для штормов приняты: с юго-запада — 25,2; с юга — 25,3; с юго-востока — 22,0 м/с.

В качестве расчетных уровней воды в Финском заливе в соответствии с распределением Гумбеля приняты уровни: годовой — 222,0; зимний — 196 см.

Особенностью площадки строительства является сопоставимость перепадов глубин при наводнениях с естественными глубинами на подходах к порту. При нулевом уровне воды во время шторма граница прибойной зоны располагается в 50–100 м от створа существующего оградительного сооружения, и вследствие этого высоты волн в районе входа в порт за счет обрушений значительно уменьшаются.

Однако при наводнениях граница прибойной зоны значительно приближается к берегу. В этом случае высоты волн резко возрастают. Для расчетов защищенности акватории уровень воды принят на отметке 2,22 м.

Расчетные элементы волн перед входом в гавань для шторма обеспеченностью 4 % при наводнении обеспеченностью 5 % в период навигации имеют следующие значения (табл. 1).

Таблица 1

Расчетные элементы волн в период навигации

Румб	Высота значительных волн h_s , м	Период пика спектра, T_p , с	Средний период волн T_z , с
SW	2,18	6,4	5,7
S	1,79	5,0	4,4
SO	1,26	5,4	4,8

В геологическом строении принимают участие четвертичные отложения: образования голоценового горизонта — техногенные, эоловые, биогенные, аллювиальные и морские отложения; осташковского горизонта — отложения Балтийского ледникового озера и лужские слои. Мощность насыпных грунтов изменяется от 0,1 до 2,8.

Инженерно-геологические условия позволяют применять при строительстве ГТС как откосные сооружения, так и свайные

фундаменты. Основным несущим слоем при этом будут служить толщи твердых морских супесей.

Средний срок появления устойчивого льда в этом районе приходится на 20–25 ноября. Замерзание всего водного пространства восточной части Финского залива продолжается до середины декабря.

Наибольшая опасность связана с зимними наводнениями. Подъем воды вызывает взлом льда и его подвижки под действием

ветра, течений и нагонной волны. При наводнении 20 декабря 1973 г. высота навала льда в районе г. Зеленогорска достигла отметки 7,4 м БС.

Результирующий поток наносов вдоль берега обусловлен преобладающим волнением юго-западного направления, очертанием берега, рельефом подводной отмели, гранулометрическим составом перемещаемого грунта. Совместное наложение этих факторов приводит к перемещению наносов с запада на восток вдоль уреза воды в обширной зоне прибоя и наката волн.

При подъемах уровня воды при нагонах и волнении с юго-запада оградительные сооружения существующего порта подвергаются действию наката волн. При этом прибойные волны переливаются через оградительную стенку, перебрасывая песчаные наносы в гавань. Благодаря такому переносу в гавань ежегодно поступало 500–600 м³ песка. Заносимость существующего подходного канала составляет около 0,2–0,3 м в год.

При выборе плановых компоновочных решений ГТС, предназначенных для защиты от волнения акватории яхт-клуба «Терийоки», учитывалась необходимость размещения стояночных причалов в виде плавучих пирсов и набережных для размещения в гавани

1-й очереди — 100 судов, в гавани 2-й очереди — 200 судов.

Выбор конфигураций

волнозащитных сооружений

Варианты компоновочных решений ГТС, рассматривались с учетом:

- конкретных естественных условий в районе строительства;
- обеспечения судовместимости и нормативных требований к безопасности маневрирования заданных судов, их стоянки и размещения у причалов;
- границ землеотвода под строительство яхтенного порта;
- наличия на выделенной площадке существующих ГТС;
- возможности выделения пусковых комплексов;
- эксплуатационных и экологических аспектов в части снижения или устранения их влияния на морфологические процессы (заносимость и размывы дна), изменения условий для водообмена и т. д.).

После проведения расчетов по определению защищенности акватории порта от волнения при различных конфигурациях защитных сооружений для сопоставительного сравнения было отобрано три решения: А,

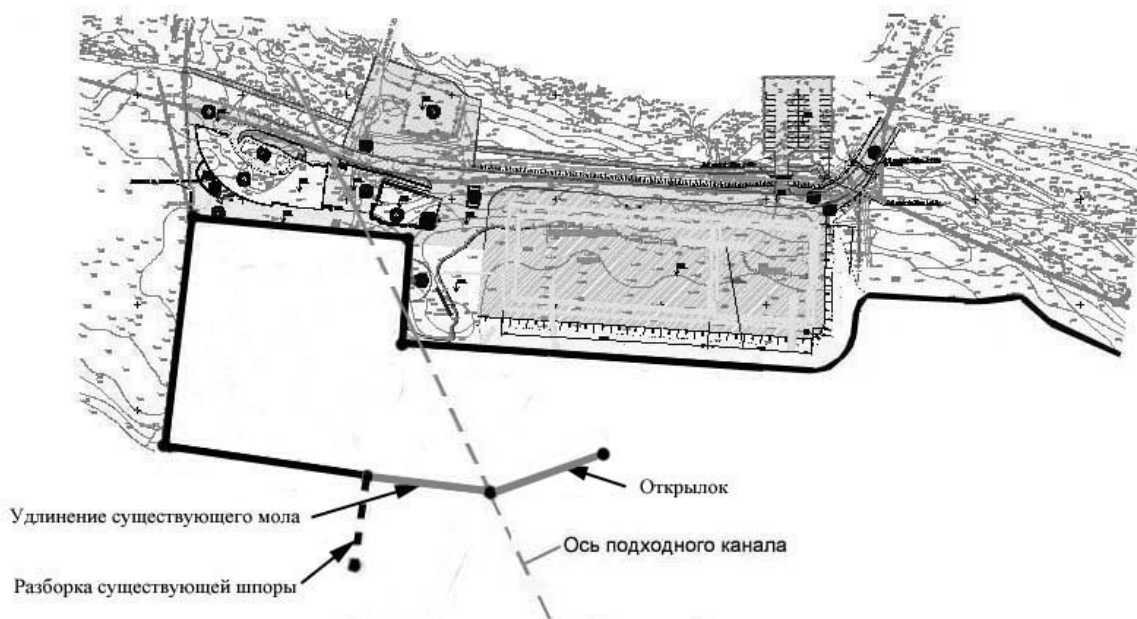


Рис. 2. Схема волнозащиты акватории порта путем удлинения существующего мола со строительством открылка (вариант А)

В, С. Особенности компоновочных решений по вариантам являются:

1) *по варианту А* (рис. 2) — минимальная протяженность удлинения существующего мола. При ее определении учитывались следующие регламентирующие условия: обеспечение достаточной волнозащиты мест стоянки судов на акватории существующей гавани (рис. 3), создание удовлетворительного доступа на акваторию порта с моря; невозможность изменения существующей прямоугольной акватории гавани; невозможность изменения положения оси существующего подходного канала; мелководные ограничения, связанные со стоимостью и трудоемкостью дноуглубительных работ и др. В целом, вариант А предполагает удлинение существующего мола до оси подходного канала примерно на 60 п. м с разборкой имеющейся шпory и устройство открылка протяженностью 55 п. м (итого — 115 п. м);

2) *по варианту В* (рис. 4) — минимальное расширение акватории, позволяющее обеспечить существенное увеличение ее вместимости и значительное улучшение условий мореплавания (рис. 5) на входе в порт путем строительства минимального по протяженности волнозащитного сооружения. В целом, вариант В, помимо удлинения су-

ществующего мола на 60 п. м до оси подходного канала с одновременной разборкой имеющейся шпory и строительства восточного волнолома длиной около 195 п. м на минимальном удалении 105 м от берега, предполагает строительство южного проницаемого волнолома длиной примерно 145 п. м, предназначенного специально для защиты входа в гавань (итого — 400 п. м);

3) *по варианту С* (рис. 6) — требуемое расширение существующей акватории в 3 раза путем строительства более протяженных волнозащитных гидротехнических сооружений. Здесь, помимо строительства южного волнолома длиной около 220 п. м и восточного волнолома длиной примерно 135 п. м на удалении 135 п. м от берега, предполагается устройство открылка в восточной части восточного волнолома протяженностью 60 п. м (итого — 415 п. м). В данном случае площадь дополнительной акватории справа от оси подходного канала, ограниченной границей участка, будет по-прежнему примерно в 2 раза превосходить площадь существующей акватории, однако условия ее волнозащиты существенно улучшатся (рис. 7).

Результаты сопоставления вариантов конфигурации волнозащитных сооружений с достаточной волнозащитой на базе специ-

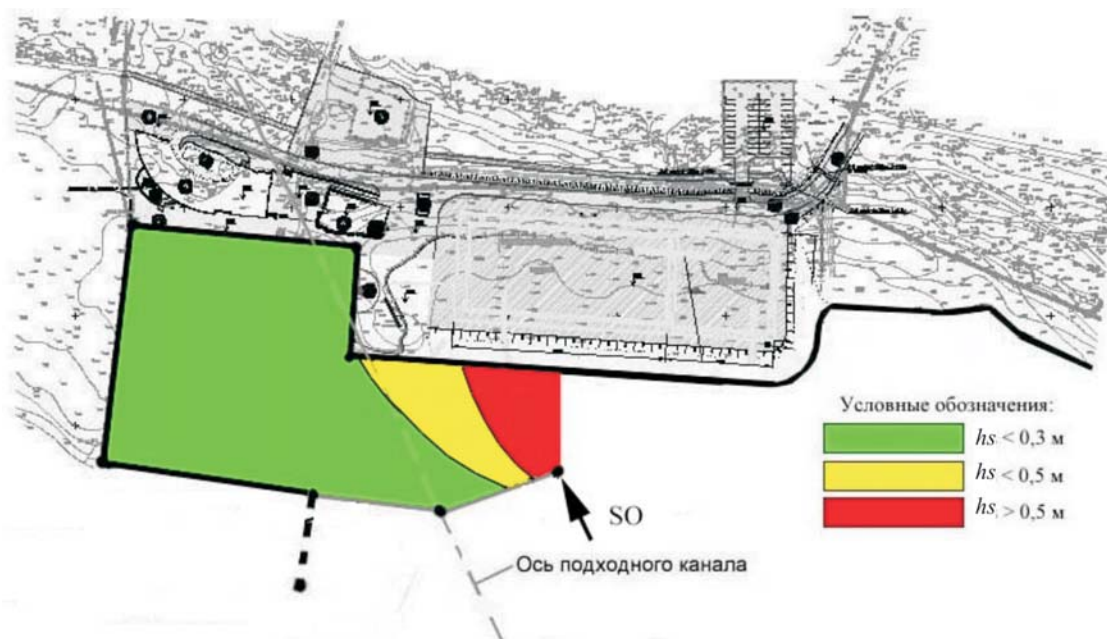


Рис. 3. Зонирование акватории существующей гавани по защищенности от волн.

Вариант А (на примере действия ветра с SO)

ально разработанной методики, основанной на применении матриц сравнения с помощью весовых коэффициентов. При этом в первую очередь определялись критические технические характеристики для наиболее важных компонентов проекта. Затем устанавливались природоохранные критерии по защите окружающей среды. Далее с привлечением экспертов для этих характеристик и критериев назначались общие и частные весовые коэф-

фициенты. В итоге формировались комплексные экспертные показатели (в баллах), характеризующие варианты компоновочных решений с точки зрения строительных технологий и экологических последствий сооружения объектов волнозащиты. В табл. 2 приведены итоговые показатели по принятой в мировой практике для подобных сооружений экспертной технико-экологической оценке вариантов компоновки сооружений.

Таблица 2

Итоговые показатели экспертной технико-экологической оценки вариантов компоновки сооружений

Показатели	Суммарная оценка по вариантам, баллы		
	А	В	С
1. Оценка акватории (весовой коэффициент — 0,6):			
Технические вопросы (весовой коэффициент — 0,3)	3,51	3,84	4,16
Природоохранные вопросы (весовой коэффициент — 0,3)			
Итого по п. 1	3,96	2,91	2,02
2. Оценка территории (весовой коэффициент — 0,4):	2,24	2,03	1,85
Технические вопросы (весовой коэффициент — 0,2)			
Природоохранные вопросы (весовой коэффициент — 0,2)			
Итого по п. 2	1,80	3,60	3,30
	4,40	4,20	4,20
	1,24	1,56	1,50
Всего по варианту	3,48	3,59	3,35

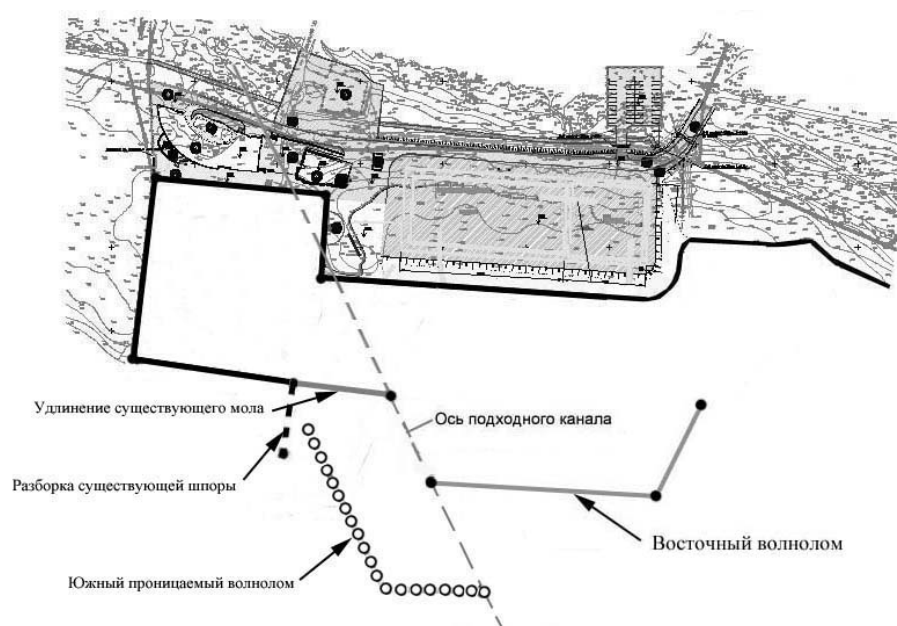


Рис. 4. Схема волнозащиты акватории порта и ее расширения путем удлинения существующего мола, строительства восточного и южного волноломов (вариант В)



Рис. 5. Зонирование акватории гавани по защищенности от волн.
Вариант В (на примере действия ветра с SW)

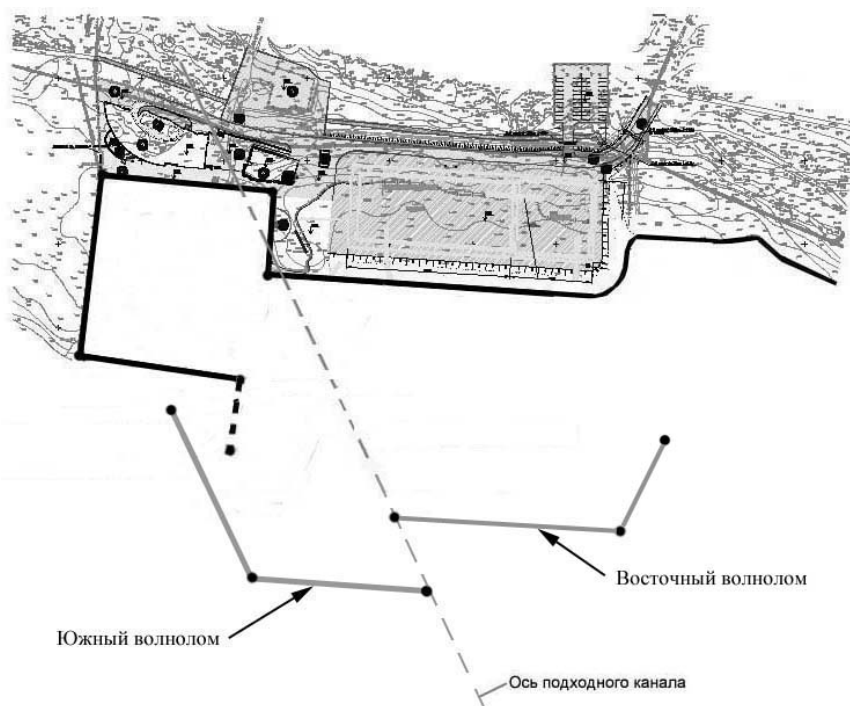


Рис. 6. Схема волнозащиты акватории порта и ее расширения путем строительства южного волнолома и восточного волнолома с открылком (вариант С)



Рис. 7. Зонирование акватории гавани по защищенности от волн.
Вариант С (на примере действия ветра с SW)

На основании результатов сравнения вариантов принят вариант № 4 в виде удлинения существующего мола на 60 п. м до оси подходного канала, строительства восточного мола длиной 195 п. м на минимальном удалении 105 м от берега и устройства южного проницаемого волнолома длиной 145 п. м. Вариант В в итоге набрал 3,59 балла, что несколько больше, чем для варианта А (3,48 балла) и для варианта С (3,35 баллов).

Выбор конструкций волнозащитных ГТС

Конструкции ГТС, их габариты и технологические особенности определились стремлением максимального обеспечения их соответствия:

- естественным условиям;
- технологическим требованиям;
- экономичности по затратам строительных материалов;

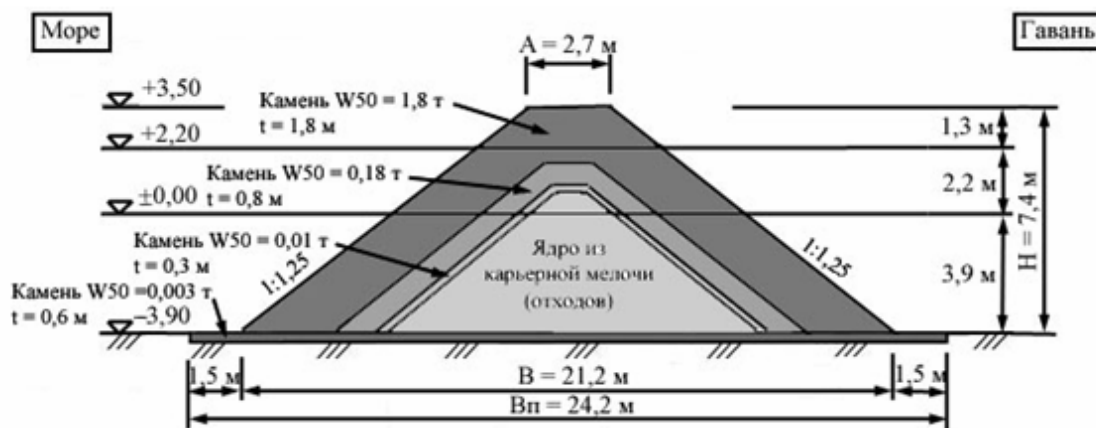


Рис. 8. Поперечное сечение конструкции при наибольшей глубине (вариант 1)

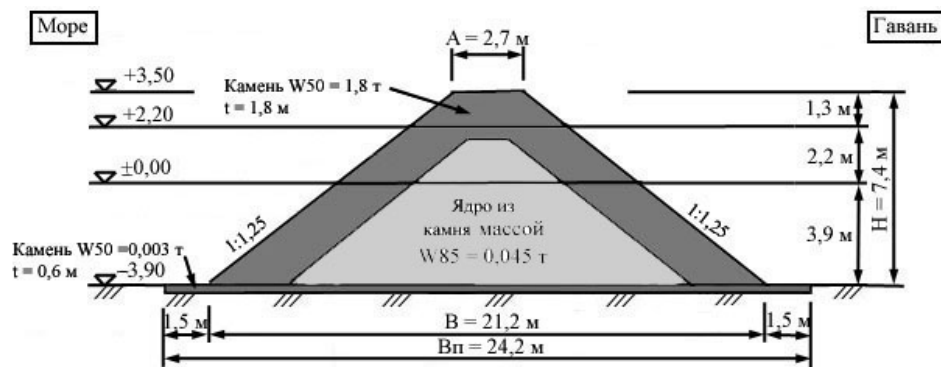


Рис. 9. Поперечное сечение конструкции при наибольшей глубине (вариант 2)

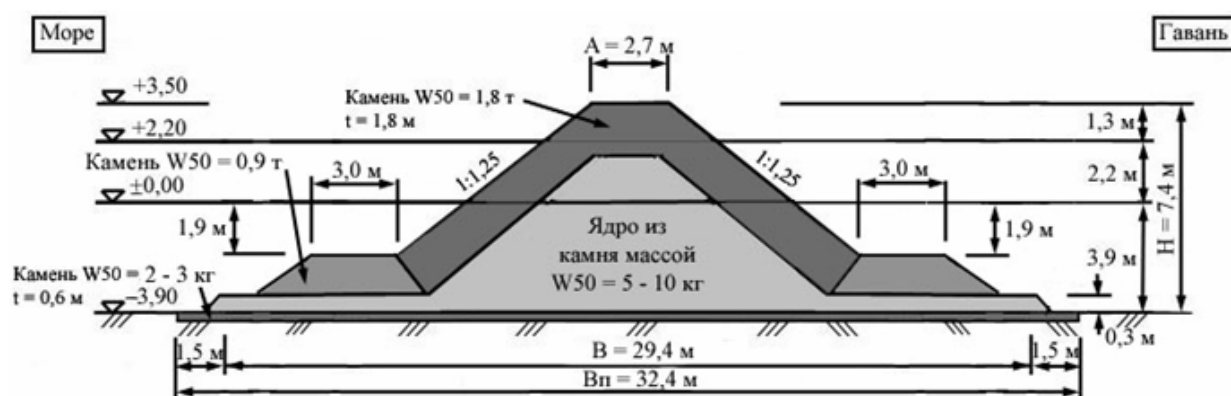


Рис. 10. Поперечное сечение конструкции при наибольшей глубине (вариант 3)

— реальности и рациональности способов производства работ;

— эксплуатационной надежности и заданной долговечности.

Волнозащитные сооружения решены из расчета: допущения перелива волн с расходом не более 500 л/с/п. м; обеспечения защиты гавани от волн, подвижек льда, торосов, заносимости. На основной части акватории гавани должна быть обеспечена высота значительных волн не более 0,3 м. Отметка верха волнозащитных сооружений принята 3,5 м из условия соответствия отметке верха существующих сооружений и территории.

Учитывая естественные условия места строительства порта, были предложены следующие варианты конструкций волнозащитных сооружений для каждого варианта их компоновки.

Вариант 1 (рис. 8). Сооружение откосного профиля с креплением морского и тылового откосов крупным сортированным камнем. Переход к ядру из карьерной мелочи через два

промежуточных слоя сортированного камня разной крупности.

Вариант 2 (рис. 9). Сооружение откосного профиля с креплением морского и тылового откосов крупным сортированным камнем. Ядро из несортированного камня.

Вариант 3 (рис. 10). Сооружение откосного профиля с креплением морского и тылового откосов крупным сортированным камнем. Снизу защитные слои удерживают упорные призмы из сортированного камня. Ядро из несортированного камня.

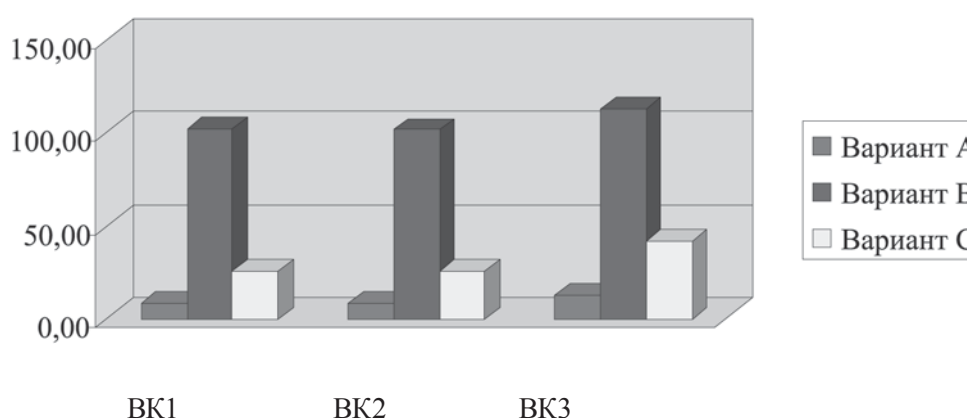
Для перехода от технологических параметров сооружений к экономическим по всем вариантам компоновки и конструкций были выполнены локальные сметные расчеты с использованием территориальных единичных расценок ТЕР-2001 СПб. Сметы составлялись базисно-индексным методом с индексацией базисных показателей сметной стоимости на конец III квартала 2007 г. Ниже в табличной форме и диаграмме приводятся результаты сметных расчетов.

Таблица 3

**Результаты расчетов сметной стоимости ГТС по вариантам компоновки
и вариантам конструкций, млн руб.**

Варианты конструкций	Варианты компоновки сооружений		
	А	В	С
ВК 1	8,01	101,78	25,70
ВК 2	7,85	101,42	25,16
ВК 3	12,57	112,30	41,90

**Сметная стоимость ГТС по вариантам компоновки
и конструкций**



Окончательные выводы

1. Для быстреего ввода марины в эксплуатацию, безусловно, необходимо реализовать вариант компоновки А с вариантом конструкции мола ВК2 — откосного профиля с ядром из несортированного камня и вторым защитным слоем из камня массой 0,9–1,8 т.

2. При осуществлении строительства второй очереди (с увеличением числа стояночных мест вдвое) из всех рассмотренных конфигураций молв и волноломов предпочтительным является вариант С с вариантом конструкции также ВК2. При этом открылок прежнего мола должен быть разобран и использован в новой конструкции.

Список литературы

1. СНиП 2.06.04-82*. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов) / ГП ЦПП Госстроя СССР. — М., 1995.
2. СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения / Госстрой России. — М., 2004.
3. РД 31.33.03-81. Методические указания по определению ветровых и волновых условий при проектировании морских портов. — М.: Союзморниипроект, 1981.
4. РД 31.33.05-85. Расчет режимных характеристик ветра для портовых сооружений: метод. указ. — М.: Союзморниипроект, 1985.
5. Справочные данные по режиму ветра и волнения Балтийского, Северного, Черного, Азовского и Средиземного морей. Российский морской регистр судоходства. — СПб., 2006.

6. ISO/CD 21560. Actions from waves and currents. Technical Committee ISO/TC 98, Basis for design of structures; Subcommittee SC 3, Loads, forces and other actions. — 2004.

7. Составление смет в строительстве на основе сметно-нормативной базы 2001 года: практ. пособие. — М.; СПб., 2003. — 560 с.

УДК 629.12.053

Г. А. Гладков,
д-р техн. наук, профессор,
СПГУВК;

М. В. Журавлев,
канд. техн. наук, профессор,
СПГУВК;

Ю. П. Соколов,
доцент,
СПГУВК

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЫШЕННОЙ МУТНОСТИ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ПОДВОДНЫХ ОТВАЛОВ ГРУНТА

RESEARCHES OF THE RAISED TURBIDITY AT THE DEVICE OF UNDERWATER SAILINGS OF THE GROUND

В статье рассматриваются результаты натурных и лабораторных исследований образования дополнительной мутности воды при устройстве подводных отвалов грунта. Материалы проведенных экспериментов позволяют рекомендовать использование затопленных трубопроводных выпусков гидросмеси для существенного снижения мутности воды.

In article results of natural and laboratory researches of formation of an additional turbidity of water are considered at the device of underwater sailings of a ground. Materials of the spent experiments allow to recommend use of the flooded pipeline releases of a hydromix for essential decrease in a turbidity of water.

Ключевые слова: Материалы проведенных экспериментов позволяют рекомендовать использование затопленных трубопроводных выпусков гидросмеси для существенного снижения мутности воды.

Key words: flooded pipeline releases, hydromix, turbidity of water.

3

АКОНОМЕРНОСТИ распространения взвешенного в воде грунта, удаляемого земснарядами, представляют интерес с точки зрения правильного выбора мест отвалов, где обеспечивается их сохранность и оценки загрязнения воды взвешенными веществами. Несмотря на очевидную важность, задача о распространении грунта в воде при устройстве подводных отвалов до сих пор недостаточно исследована, а имеющиеся экспериментальные и натурные данные очень скудны.

Выполненные на сегодня теоретические и опытные исследования [1–3] позволили выяснить качественную картину распространения грунта в воде при устройстве подводных отвалов. При удалении грунта в открытую воду при всех способах его выгрузки (трубопроводный сброс гидросмеси, сброс через днищевые отверстия трюма, устройство шаландовых отвалов), он поступает в воду в виде компактной массы (рис. 1). Попадая в воду, грунт сначала опускается, а затем откладывается на дне в виде насыпи или в разжиженном состо-

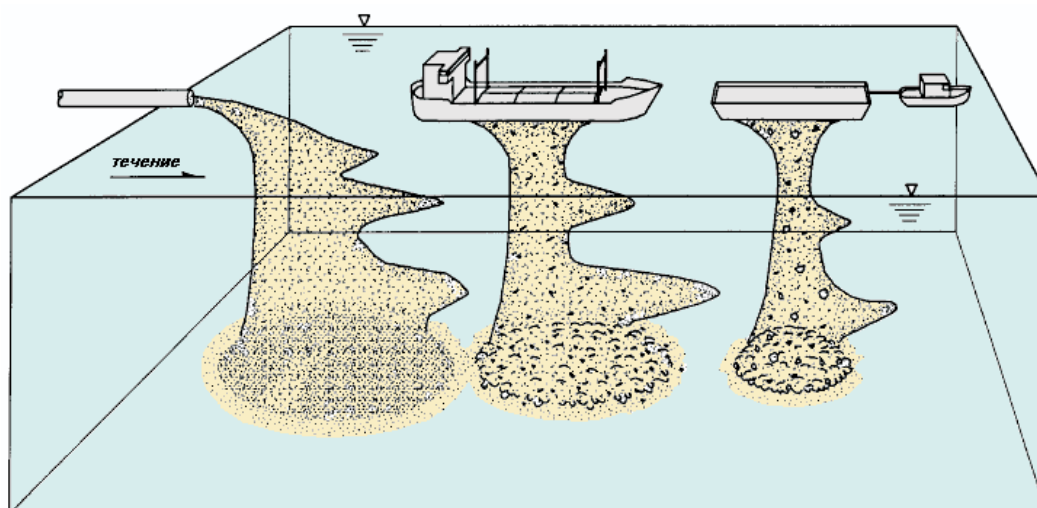


Рис. 1. Способы сброса грунта в воду

янии растекается по его поверхности. После этого наступает длительная фаза медленных перемещений взвешенных в воде мелких частиц грунта в районе отвала под действием диффузии и местных течений.

Движение облака твердых частиц в глубоким водоеме подразделяется на две стадии: конвективного снижения и рассеивания частиц с осаждением (рис. 2). На первой стадии, называемой фазой расширения, облако твердых частиц взаимодействует с окружающей

средой, вызывая вихревое движение и вовлекая в себя окружающую воду. Вследствие вовлечения в снижающееся облако окружающей воды его поперечные размеры увеличиваются, а скорость снижения уменьшается. В фазе осаждения горизонтальные размеры облака остаются относительно постоянными, а движение его вниз происходит со скоростью осаждения одиночных частиц.

Следует заметить, что движение облака в фазе осаждения возможно только при глу-

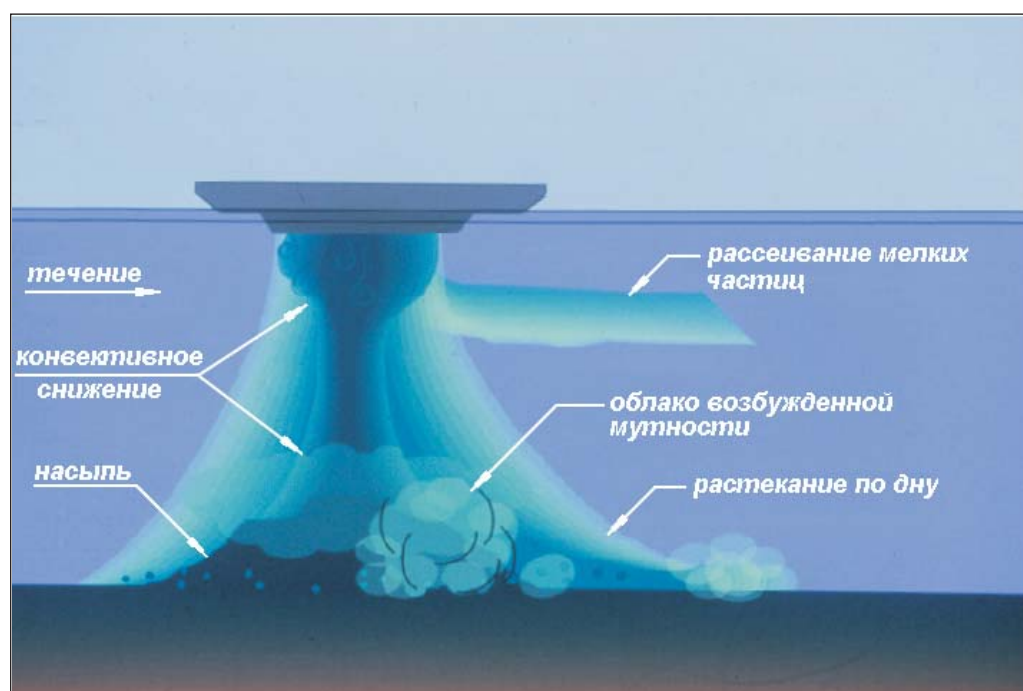


Рис. 2. Схема распространения выгружаемого в воду грунта

бинах свыше 45 м. На мелководных отвалах, вследствие быстрого снижения основного облака твердых частиц, скорость течения и плотность окружающей воды оказывают второстепенное влияние на отложение основной массы грунта на дне. Основная масса грунта имеет такую большую скорость снижения в воде, что сравнительно небольшие скорости течения не оказывают влияния на его распространение. Однако это не относится к мельчайшим частицам, образующим вторичное облако мутности.

Фаза распада снижающегося основного облака частиц грунта начинается от момента подхода его к поверхности дна до завершения отложения материала на дне. При взаимодействии основного облака грунта с дном часть грунта откладывается в насыпь, а часть в разжиженном состоянии распластывается по дну во все стороны. В зависимости от свойств грун-

та и его концентрации в воде распластывание в стороны может происходить либо в виде обычного мутного облака, либо в виде слоя взвешенного потока, текущего по дну.

Имеющиеся аналитические расчетные методики позволяют определить основные параметры облака твердых частиц (скорость снижения и расширения облака, его радиус, размеры образующейся насыпи). Но этими методиками не учитывается образование попутных облаков мутности при сбросе грунта в воду, при снижении основного облака твердых частиц, а также при его взаимодействии с поверхностью дна. Внедрение в воду выгружаемого материала, а также завихрения воды вокруг движущейся вниз массы грунта сопровождаются распространением мельчайших фракций грунта в воде, то есть образованием облака мутности сразу же после начала сброса грунта (см. рис. 2).

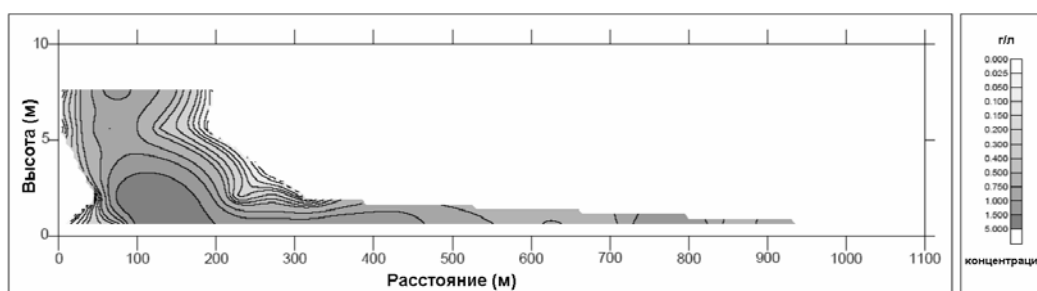


Рис. 3. Распространение основного облака грунта при разгрузке трюмного землесоса

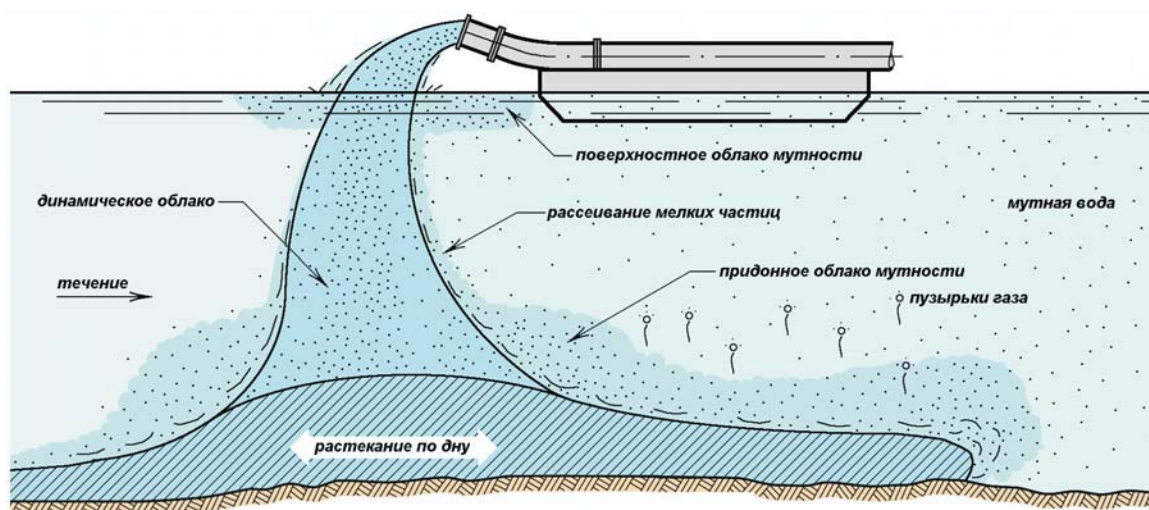


Рис. 4. Схема распространения грунта при рефулировании в воду

При взаимодействии падающего грунта с дном возможно образование местного облака мутности в придонном слое. Такое местное облако возбужденной мутности может претерпевать диффузию в вертикальном и горизонтальном направлениях. Это облако возбужденной мутности вследствие диффузии может распространиться по всей толще воды.

Та часть наиболее мелких фракций грунта, которая выделяется во вторичное облако мутности, очевидно, выносится за пределы отвала. При наличии даже малых течений это приводит к распространению мелких взвешенных частиц на большие расстояния.

Описанная выше качественная картина поведения основного облака грунта подтверждается и натурными данными [4]. На рис. 3 представлена визуализация основного облака грунта, полученная по данным непосредственных измерений при разгрузке трюмного землеса в гавани Zeebrugge (Бельгия). Натурные данные подтверждают наличие вертикального потока сбрасываемого материала и растекание по дну части этого грунта в виде потока взвеси. При этом сенсоры мутности, установленные на глубине 1 и 3 м на специальной пирамиде, регистрировали увеличение мутности только в течение 3 мин после начала выгрузки. У дна это время составляло в среднем от 25 до 30 мин, по истечении которого мутность возвращалась к фоновым значениям.

Аналогичная картина распространения грунта в воде наблюдается и при устройстве рефулерных отвалов (рис. 4). Струя гидросмеси, вытекающая из выходного отверстия грунтопровода, с большой скоростью входит в толщу потока и быстро устремляется к дну в виде облака твердых частиц (динамического облака).

Натурные наблюдения показывают, что 97÷99 % выгружаемого грунта достигают дна в пределах нескольких десятков метров от точки сброса. Достигнув дна, динамическое облако распадается. Часть грунта сразу же откладывается на дне, образуя насыпь. Другая часть под действием силы тяжести растекается по дну в виде потока взвеси на достаточно большие расстояния. Натурные и лабораторные исследования показали, что имеются три основных механизма, которые обуславливают

переход во взвесь мелкодисперсных частиц при рефулировании извлеченного грунта в воду (см. рис. 4).

Струя гидросмеси, вытекающая в атмосферу из грунтопровода, разделяется на две части — компактную и раздробленную. Взаимодействуя с окружающей воздушной средой, струя насыщается воздухом, расширяется и раздробляется на внешней границе на отдельные брызги. Взаимодействие с водной поверхностью брызг, отделившихся от падающей вниз струи гидросмеси, является первым механизмом образования мутности. Это взаимодействие создает у поверхности воды видимую часть облака мутности. Кроме того, в зависимости от содержания органических и других примесей в транспортируемом грунте такое взаимодействие может привести к образованию пены и изменению цвета поверхностного слоя воды.

Вторым механизмом рассеивания мелких частиц является взаимодействие между опускающейся струей и окружающей водой. В процессе снижения струя вызывает турбулентное движение окружающей воды и вовлекает ее в себя. По периметру опускающейся струи образуется область смешивания, что приводит к некоторому рассеиванию тонкодисперсных частиц грунта в толщу воды.

Третий механизм рассеивания тонкодисперсных частиц состоит в следующем. В окрестностях точки взаимодействия динамического облака с дном и выше растекающегося по дну потока взвеси имеется турбулентная область, в пределах которой происходит интенсивный массообмен. Это приводит к рассеиванию наиболее мелких частиц в окружающую воду, создавая придонное облако мутности, поднимающееся вверх в толщу потока. При определенных условиях это облако мутности может достигнуть свободной поверхности.

Натурные наблюдения [5] за облаком мутности, которое образуется в верхней части толщи воды в результате взаимодействия сбрасываемой струи гидросмеси с поверхностью воды и турбулентного перемешивания опускающейся вниз основной струи с окружающей водой, показали, что большая часть мелкозернистого материала быстро спускается к дну, где формируется поток взвеси, рас-

текающей в разные стороны от точки сброса. В зависимости от расхода сбрасываемой гидросмеси, ее консистенции и гранулометрического состава грунта, а также от гидродинамических условий в районе устройства подводного отвала, только 1–3 % объема удаляемого грунта рассеивается в окружающей воде, образуя у поверхности воды и в ее толще облако мутности. Следует заметить, что авторы этой и других работ подчеркивают, что приводимые количественные оценки являются максимальными, то есть получены для наихудших условий. Эти оценки могут быть пересмотрены в будущем по мере накопления эмпирических данных и лучшего понимания протекающих процессов.

Исследования [1; 6; 7] показали, что при извлечении несвязного грунта и его транспортировании в отвал по рефулеру, струя гидросмеси, вытекающая из выходного отверстия горизонтального грунтопровода, быстро опускается на дно через толщу воды. В фазе снижения струя гидросмеси обычно вовлекает в себя окружающую воду и, достигнув дна, растекается по нему в радиальных направлениях от точки сброса, как поток взвеси, име-

ющий малую плотность. Фронт потока взвеси распространяется в форме придонной напорной волны (рис. 5).

Больше чем 98–99 % частиц грунта, перемещающихся в придонном потоке взвеси, остаются в нем и аккумулируются на дне. Концентрации взвешенных твердых частиц в пределах придонного потока взвеси увеличиваются с глубиной от 10 г/л на поверхности раздела слоя взвеси и вышележащей воды до 300–500 г/л у дна. Вследствие турбулентного перемешивания на верхней поверхности слоя взвеси 1–2 % мелких частиц рассеиваются в окружающей воде, создавая облако мутности позади напорной волны. Пространственные и временные колебания в придонном потоке взвеси зависят от расхода, состава и консистенции сбрасываемой гидросмеси, а также от гидродинамического режима и рельефа дна в месте устройства подводного отвала грунта.

Выполненные исследования показывают, что при устройстве рефулерных подводных отвалов со сбросом гидросмеси в атмосферу общий суммарный объем тонкодисперсных частиц, переходящих во взвесь и образующих пассивные облака мутности у свободной по-

верхности и дна, составляет менее 5 % от объема извлеченного грунта.

Для снижения замутнения воды при устройстве подводных рефулерных отвалов применяют затопленные способы выпуска гидросмеси из грунтопровода (рис. 6). Затопленные выгрузки применяют для того, чтобы полностью или частично изолировать транспортируемую гидросмесь от окружающей водной среды, снизить скорость падения струи гидросмеси, а при использовании диффузора на конце трубопровода снизить скорость истечения гидросмеси из грунтопровода.

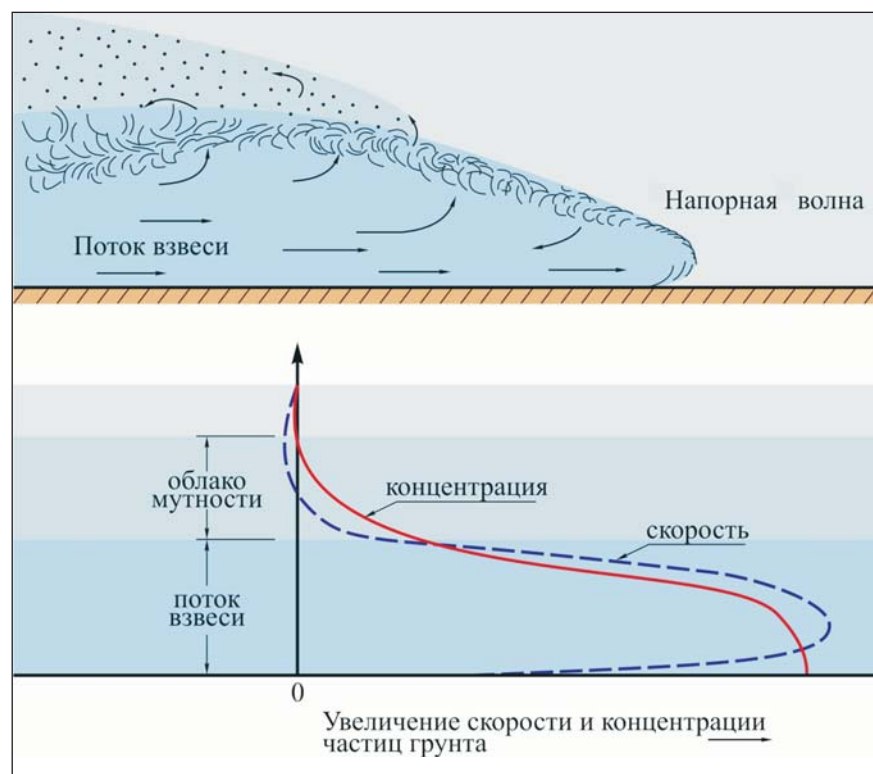


Рис. 5. Распределение скорости и концентрации частиц в пределах напорной волны

Такой способ устройства подводного отвала позволяет уменьшить рассеивание тонкодисперсных частиц в окружающей воде и растекание гидросмеси у дна, а также избежать крупномасштабной турбулентности с сильным разжижением и увеличенной мутностью. Количество тонкодисперсного материала, переходящего во взвесь при затопленной выгрузке, зависит от начальной скорости истечения гидросмеси из выходного отверстия трубопровода, консистенции гидросмеси, расхода гидросмеси и высоты расположения выходного отверстия грунтопровода над дном.

Наиболее эффективным способом затопленного сброса гидросмеси является затопленная выгрузка с погружным диффузором, который крепится на конце вертикального грунтопровода (рис. 7). Назначение диффузора — понизить скорость истечения гидросмеси и изолировать поток гидросмеси от окружающей воды.

Уменьшением скорости истечения гидросмеси достигается понижение градиента

скорости на поверхности раздела между слоем растекающейся гидросмеси и вышерасположенным слоем воды, что, в свою очередь, приводит к уменьшению турбулентных касательных напряжений на поверхности раздела и, следовательно, к понижению интенсивности турбулентного перемешивания. Понижением степени турбулентности обеспечивается минимальное распространение облака дополнительной мутности в толщу потока.

Лабораторные и натурные исследования [8; 9] показали, что применение погружного диффузора позволяет на порядок снизить рассеивание тонкодисперсных частиц в придонном слое потока по сравнению со сбросом гидросмеси через горизонтальный

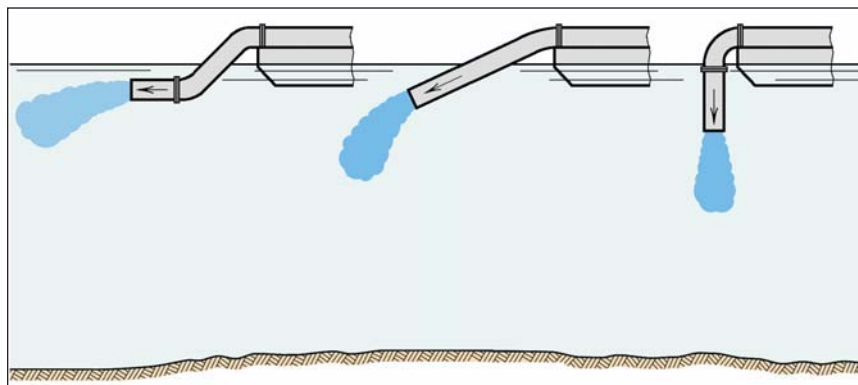


Рис. 6. Затопленные выгрузки гидросмеси

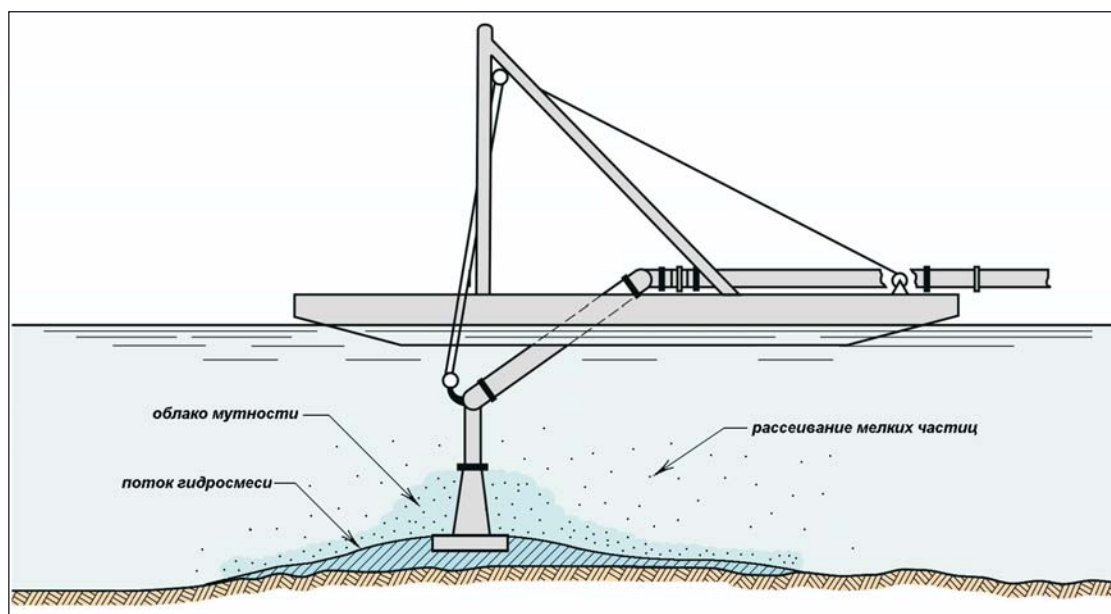


Рис. 7. Распространение грунта при использовании погружного диффузора

грунтопровод в атмосферу. Однако эти же исследования показали, что диффузор наиболее эффективен, если он расположен на дне. В том случае, если диффузор поднят над поверхностью дна, размеры придонного облака мутности увеличиваются и фактор снижения мутности уменьшается примерно в три раза. Это хорошо видно на рис. 8, где показаны изолинии мутности, построенные по данным натурных наблюдений [9], выполненных инженерами-экологами дноуглубительной компании “Royal Boskalis Westminster” в озере Zevenhuizerplas (Нидерланды).

При размещении диффузора у дна водоема обеспечивается плавное растекание гидросмеси в тонком придонном слое без заметного увеличения ее объема. Это обеспечивает достаточно быстрое осаждение взвесей и при неровностях дна — преимущественное заполнение смесью углубленных участков водоема.

Из всех природных и технологических факторов, обуславливающих рассеивание тонкодисперсных частиц грунта при ус-

тройстве рефулерных подводных отвалов, конфигурация грунтопровода представляется единственным параметром, который с практической точки зрения может быть изменен для эффективного регулирования уровнями мутности.

В США в рамках научной программы “Turbidity Prediction and Control” были выполнены лабораторные исследования затопленных выпусков гидросмеси из грунтопровода [8]. Эксперименты проводились в специальном гидравлическом бассейне. Было выполнено две серии опытов. В первой серии исследовалось истечение гидросмеси из грунтопровода со свободным выходным отверстием. Были рассмотрены три конфигурации выпускной трубы: горизонтальная, наклонная (с углом наклона к горизонту 20°) и вертикальная. Во второй серии опытов исследовалось истечение гидросмеси из вертикального трубопровода с закрепленным на конце диффузором радиального типа. Во время проведения опытов измерялись три параметра: скорость распространения напорной волны, высота

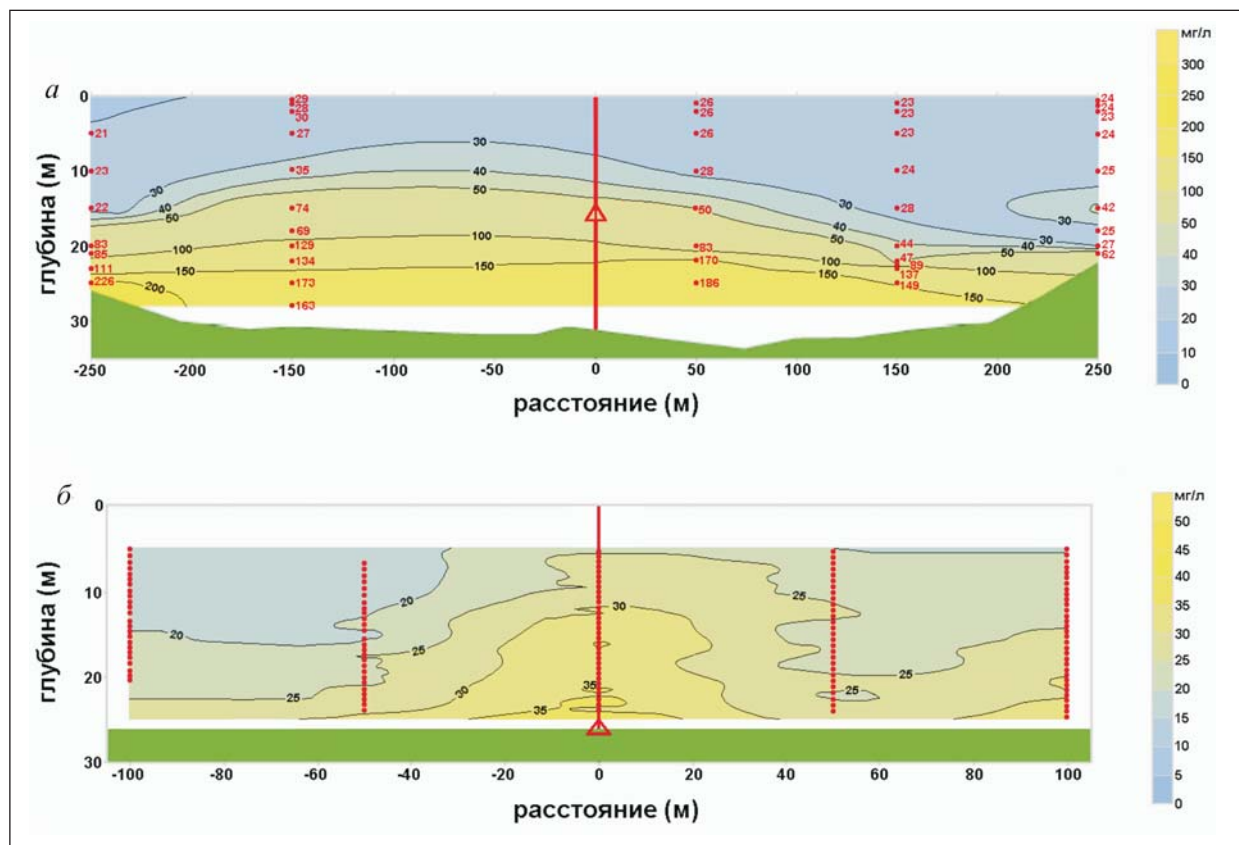


Рис. 8. Изолинии мутности при сбросе гидросмеси с использованием погружного диффузора:

а — диффузор поднят над дном; б — диффузор на дне

слоя взвеси, распространяющейся по дну, и высота облака мутности, которое образуется над потоком взвеси (см. рис. 5). Переменными параметрами при проведении опытов были тип воды (пресная или соленая); тип грунта; консистенция гидросмеси (насыщение смеси грунтом); скорость истечения гидросмеси (расход гидросмеси); диаметр трубопровода, а также высота расположения выходного отверстия трубопровода над дном. Большинство опытов было проведено с гидросмесью, приготовленной на основе грунта, который классифицировался как глинистый ил (15 % песка, 55 % ила и 30 % глины).

Высота облака мутности, формирующегося над потоком взвеси, была выбрана в

качестве меры порожденной мутности у дна.

Авторы работы для оценки степени мутности ввели понятие коэффициента понижения мутности (turbidity reduction factor). Этот коэффициент представляет собой отношение высоты облака мутности к высоте облака, которое формировалось при истечении гидросмеси через установленный на дне диффузор. При таком размещении диффузора высота облака была наименьшей. Таким образом, коэффициент показывает, во сколько раз можно снизить мутность у дна, если использовать выпуск гидросмеси из диффузора, размещенного на дне, по сравнению с другими способами истечения гидросмеси. Другими словами, коэффициент понижения мутности показывает, во

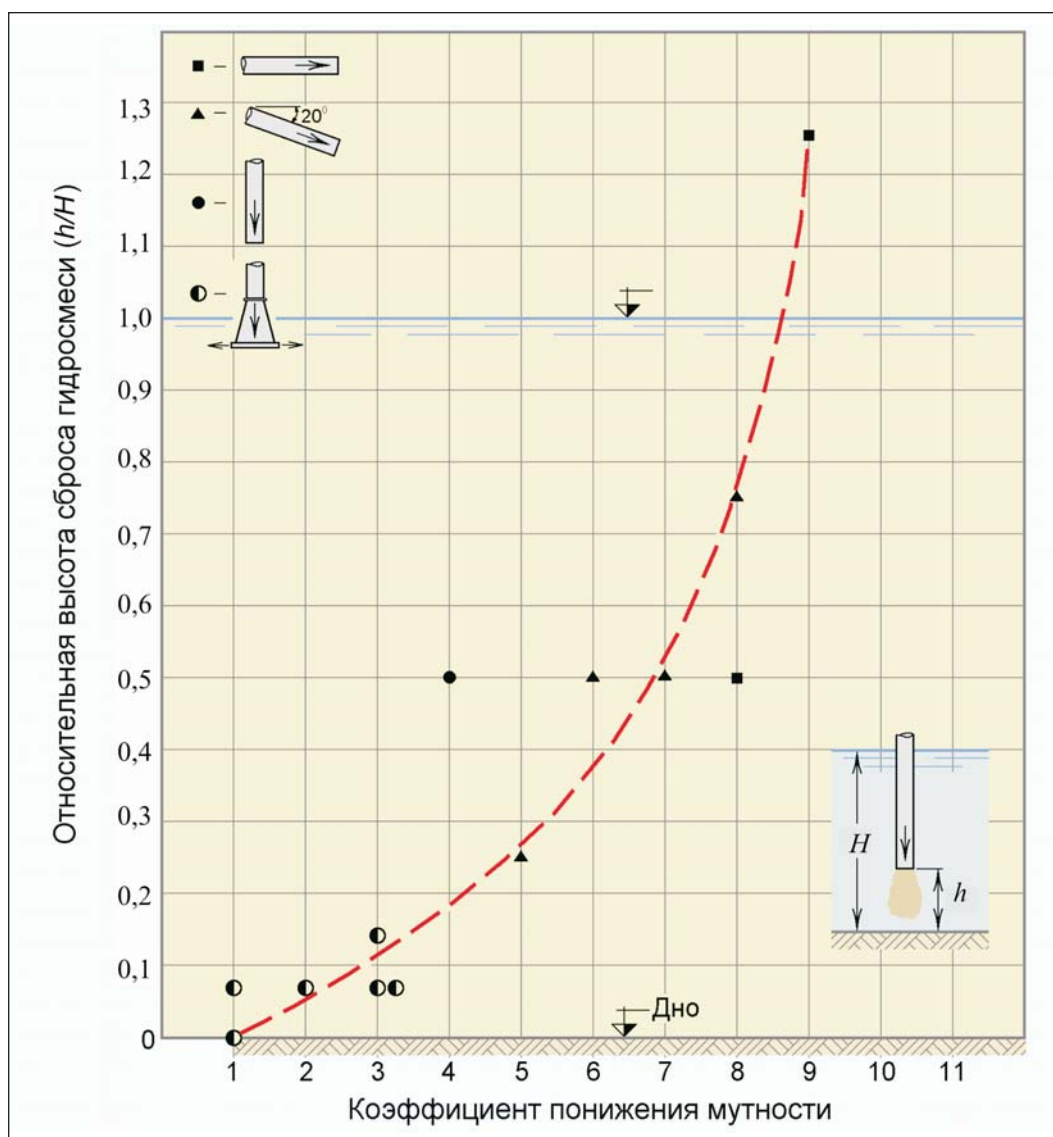


Рис. 9. График связи коэффициента понижения мутности с относительной высотой сброса гидросмеси

сколько раз выпуск гидросмеси через погружной диффузор эффективнее других способов сброса гидросмеси.

Используя этот коэффициент, также можно произвести сравнение различных конфигураций выгрузок. В этом случае отношение коэффициентов при разных выгрузках показывает степень уменьшения порожденной мутности. Например, при истечении гидросмеси из затопленной вертикальной трубы коэффициент равен 4, а при истечении гидросмеси из расположенной на той же глубине горизонтальной трубы он составляет 8. Следовательно, при использовании для сброса гидросмеси вертикально погруженной трубы придонная мутность будет в 2 раза меньше, чем при сбросе пульпы из горизонтальной трубы. Результаты экспериментов в графическом виде представлены на рис. 9.

Выполненные эксперименты показали поразительное уменьшение мутности, которое может быть достигнуто при использовании диффузора, размещенного на дне. В этом случае придонная мутность может быть снижена почти на порядок по сравнению с обычным традиционным способом сброса гидросмеси из горизонтального грунтопровода, расположенного над поверхностью воды. В то же время эффективность диффузора заметно снижается в случае его размещения на некоторой высоте над поверхностью дна.

В результате проведенных исследований было установлено, что затопленная выгрузка из вертикального открытого грунтопровода тоже является очень действенной для снижения мутности. Коэффициенты понижения мутности показывают, что сброс пульпы из вертикальной погруженной трубы в 2,25 раза эффективнее, чем выгрузка гидросмеси из горизонтального грунтопровода, расположен-

ного над поверхностью воды, и в 1,75 раза эффективнее по сравнению с затопленной наклонной трубой. При этом наиболее сильное влияние на процесс рассеивания тонкодисперсных частиц оказывают высота выгрузки над дном и скорость истечения гидросмеси из грунтопровода. Консистенции гидросмеси и ее состав оказывают значительно меньшее влияние на формирование придонного облака мутности.

Таким образом, применение затопленных трубопроводных выпусков гидросмеси позволяет уменьшить рассеивание тонкодисперсных частиц в толще воды и у дна. Это достигается ограничением контакта падающей струи гидросмеси с окружающей водой, понижением скорости ее падения, а также уменьшением интенсивности турбулентности у дна и меньшим разбавлением гидросмеси окружающей водой. Наиболее эффективным способом затопленного сброса гидросмеси является затопленная выгрузка с погружным диффузором на конце вертикального грунтопровода.

Применение диффузора при его расположении на дне водоема позволяет уменьшить придонное облако мутности почти в 10 раз по сравнению с размерами облака мутности, которое формируется у дна при обычном сбросе пульпы через горизонтальный грунтопровод в атмосферу. Учитывая, что при обычном свободном сбросе гидросмеси у дна рассеивается в окружающей воде 1–2 % общего объема сбрасываемого грунта, то при использовании диффузоров радиального типа эта величина составит приблизительно 0,1–0,2 %. Однако эти количественные оценки получены по данным только лабораторных исследований и их следует уточнить по материалам натурных наблюдений.

Список литературы

1. Barnard W. D. Prediction and control of dredged material dispersion around dredging and open-water pipeline: Technical Report DS-78-13, August 1978 / U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station Environmental Laboratory. — Vicksburg, Mississippi, 1978. — 114 p.
2. Dredging and dredged material disposal. Engineer Manual EM 1110-2-5025, March 1983 / Department of the Army U. S. Army Corps of Engineers. — Washington, DC, 1983. — 78 p.

3. Teeter A. M. Underflow spreading from an open-pipeline disposal, DOER Technical Notes Collection (ERDC TN-DOER-N7), August 2000 / U. S. Army Engineer Research and Development Center. — Vicksburg, MS, 2000. — 14 p.

4. Environmental monitoring of the dredging and relocation operations in the coastal harbours in Belgium / M. Van Parys [et al.]. — MOBAG, 2000/ — 14 p.

5. Schubel J. R. et al. Field Investigations of the Nature, Degree and Extent of Turbidity Generated by Open-Water Pipeline Disposal Operations: Technical Report D-78-30, July 1978 / U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, CE. — Vicksburg, Mississippi, 1978. — 112 p.

6. Nichols M. M., Thompson G. S. Field study of fluid mud dredged material: its physical and dispersal: Technical Report D-78-40, July 1978 / U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station. — Vicksburg, Mississippi, 1978. — 74 p.

7. Henry G., Neal R., Greene S. Laboratory Investigation of the Dynamics of Mud Flows Generated by Open-Water Pipeline Disposal Operations, Technical Report D-78-46, August 1978 / U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, CE. — Vicksburg, Mississippi, 1978. — 100 p.

8. Neal R. W., Henry G. An Evaluation of the Submerged Discharge of Dredged Material Slurry During Pipeline Dredge Operations: Technical Report d-78-44, August 1978 / U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station, CE. — Vicksburg, Mississippi, 1978. — 232 p.

9. Controlled submerged deposition of fine grained dredged sediment with various diffuser types, XVII WODCON, C1-4 / D. R. Mastbergen [et al.]. — Hamburg, Germany, 2004. — P. 1–10.

УДК 626.4 (62–82)

В. П. Бутин,

д-р техн. наук, профессор,
СПГУВК

АВТОМАТИЗАЦИЯ ШВАРТОВКИ СУДОВ ПРИ ИХ ШЛЮЗОВАНИИ

AUTOMATION OF THE MOORING OF SHIPS DURING THEIR LOCKING THROUGH

В статье поставлен вопрос об актуальности применения на судоходных шлюзах автоматических швартовых устройств. Выполнен анализ работоспособности некоторых конструкций автошвартовых устройств, из которых лучшей признана конструкция с гидровакуумным захватом. Приведены основные технические характеристики и результаты натурных испытаний автошвартовых устройств с гидровакуумными захватами.

The article raises the question of an urgency of an application of automatic mooring devices at navigable sluices. It is analyzed the efficiency of some constructions of mooring devices from which the construction with the hudrovacuum capturing mechanism is recognized as the best. The basic technical characteristics and the results of natural tests of automooring devices with a hudrovacuum capturing mechanism are cited.

Ключевые слова: судоходный шлюз, автоматическое швартовное устройство.

Key words: navigable sluice, automatic mooring device.



СОВРЕМЕННЫЙ судоходный шлюз представляет собой высокомеханизированное гидротехническое сооружение с автоматическим управлением процесса шлюзования судов. Однако в этой автомати-

зированной цепочке судопропуска по сей день существует одно немеханизированное звено — швартовка судна в камере, которая не позволяет полностью автоматизировать процесс шлюзования. Швартовка судов вручную трудоемка и

далеко не безопасна, что подтверждается высоким уровнем травматизма, особенно при швартовке крупнотоннажных судов и составов, оборудованных жесткими и тяжелыми швартовными канатами. Пришвартовать судно такими канатами втугую практически невозможно. Наличие провесов канатов приводит к значительным подвижкам судов вдоль камеры шлюза, что вызывает инерционные рывки. Кинетическая энергия рывков, не поглощенная швартовными связями, приводит к обрыву швартовных канатов, разрушению гаков плавучих рымов или судовых кнехтов. Шлюзование большегрузных судов и составов при проектном режиме наполнения (опорожнения) камеры шлюза зачастую вызывает значительное превышение допускаемой нормативной гидродинамической силы, которое может создать аварийную ситуацию. В этих случаях судоводители часто прибегают к подработке судна винтами, что вызывает уже свои трудности.

Таким образом, решение задачи о механизации и автоматизации швартовных операций при шлюзовании по сей день является важной и актуальной проблемой как для отечественных, так и для зарубежных судоходных шлюзов. Важность этой задачи подтверждается многочисленными техническими предложениями, разработками, изобретениями, патентами.

Какие же требования должны предъявляться к современному швартовному устройству?

Во-первых, полное устранение ручного труда при швартовке судна в камере шлюза.

Во-вторых, уровень надежности швартовки не должен уступать существующему.

В-третьих, предложенный способ швартовки не должен увеличивать общее время судопропуска.

Исходя из этих требований, рассмотрим некоторые известные и наиболее интересные, на наш взгляд, конструкции автоматических швартовных устройств и выполним анализ возможной их эксплуатации.

Автоматическая швартовка сеткой с подхватом судов под днище (рис. 1) представляет собой систему диагональных и поперечных стальных канатов, закрепленных концами за подвижные каретки, вертикально

перемещаемые в нишах стен камеры шлюза. Каждая сетка связывает четыре каретки и работает самостоятельно. Для равномерного натяжения ветвей канатов лебедки оборудованы фрикционными муфтами. В этом варианте может быть рассмотрено прикрепление кареток к существующим плавучим рымам.

Недостатки: не исключена возможность повреждения винторулевого комплекса и бортовых килей судов; затруднена установка в шлюзовой камере нескольких судов с различной осадкой; зависание одной из четырех кареток может привести к аварийной ситуации.

Автосчалка с выдвижными колесами (рис. 2) представляет собой пантограф, прикрепленный к каретке. Каретки, установленные в нишах стен камеры шлюза, перемещаются при помощи лебедок, размещенных на стенах камеры. На каждом пантографе установлено приводное колесо.

Приводные колеса позволяют также осуществить ввод в камеру судна и вывод из нее с оптимальными скоростными режимами.

Недостатки: сложность устройства — приводные колеса; громоздкость — большие вылеты рычагов пантографа; трудоемкость установки судов, особенно пыжом (судов различных размеров, груженого и порожнего и т. п.).

Автосцеп — клешневой захват с замковым механизмом (рис. 3), установленный на судне. Клешневой захват, выведенный пневмоприводом в рабочее положение, скользит по стенке камеры шлюза до сцепления с вертикальной балкой, закрепленной в нише стены камеры шлюза, и притягивает судно к стенке камеры. Клешни замковых захватов сцепляются с вертикальными балками.

Недостатки: необходимость оборудования автосцепом с различной энергоемкостью всех шлюзуемых судов; необходимость размещения на шлюзе сцепного устройства требует наращивания стенки шлюза на высоту более 5 м от уровня воды; концентрация швартовной нагрузки в одной точке требует упрочнения взаимодействующих элементов; сложность сцепления клешней захватов с балками.

Швартовный манипулятор представляет собой размещенный на судне шарнирно-рычажный механизм (рис. 4). Рычаг оборудован захватом с дистанционным управлением.

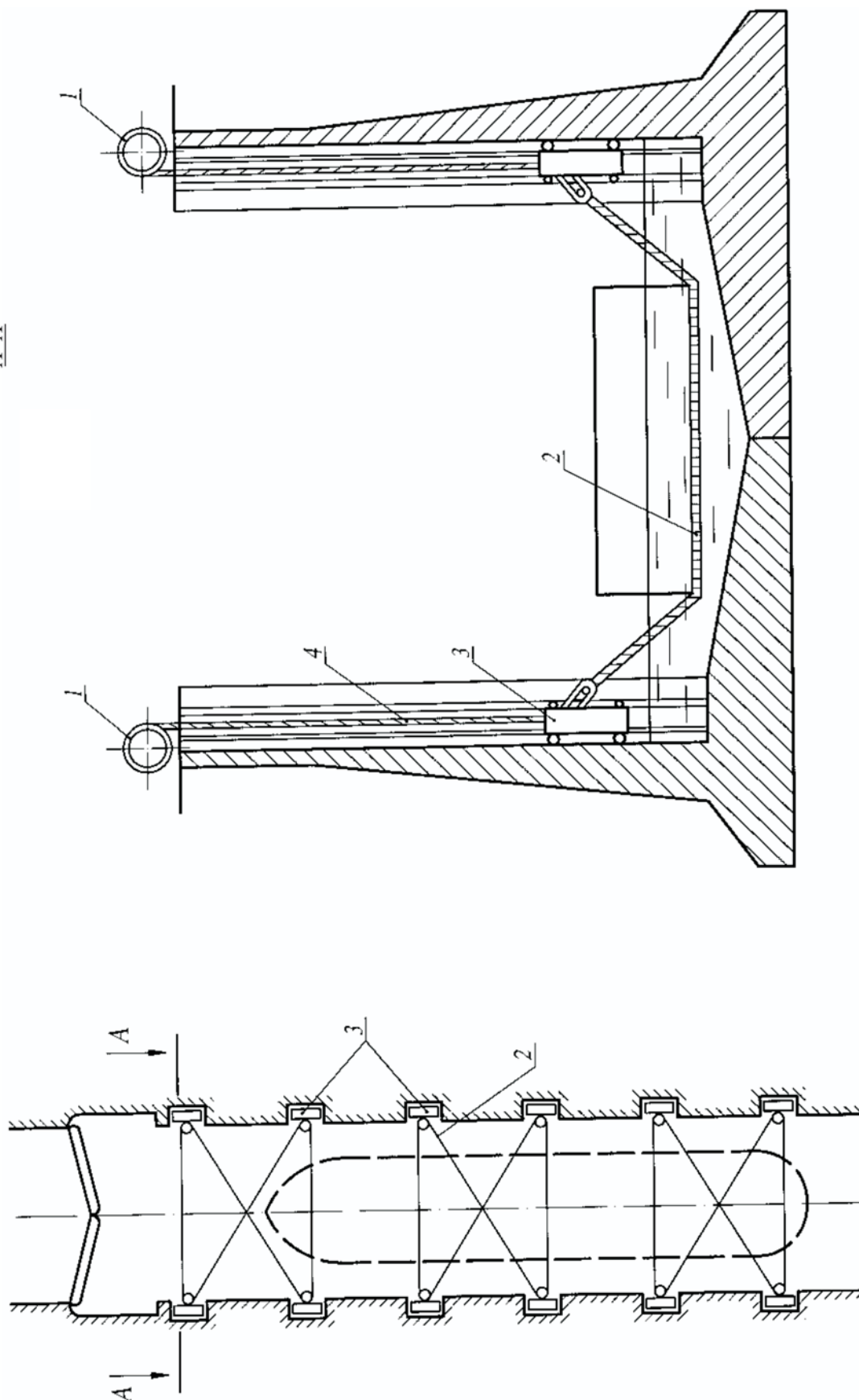
$A-A$ 

Рис. 1. Автосчалка с сеткой с подхватом судов под днище:
1 — лебедки; 2 — сетка из стальных канатов; 3 — каретки; 4 — канаты подвески кареток

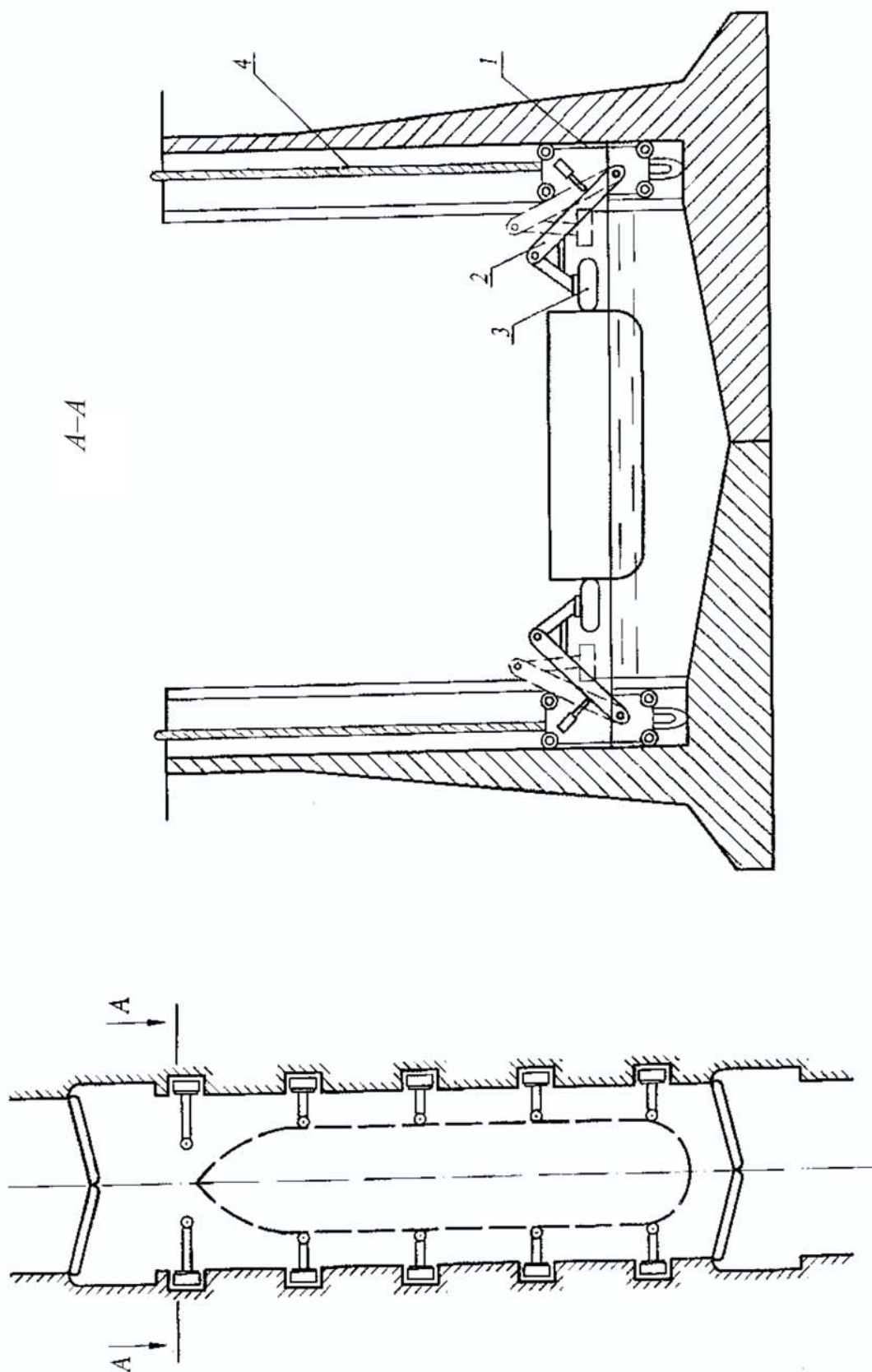


Рис. 2. Автосчалка с выдвигаемыми колесами:
1 — каретка; 2 — пантограф; 3 — приводное колесо; 4 — канат подвески каретки

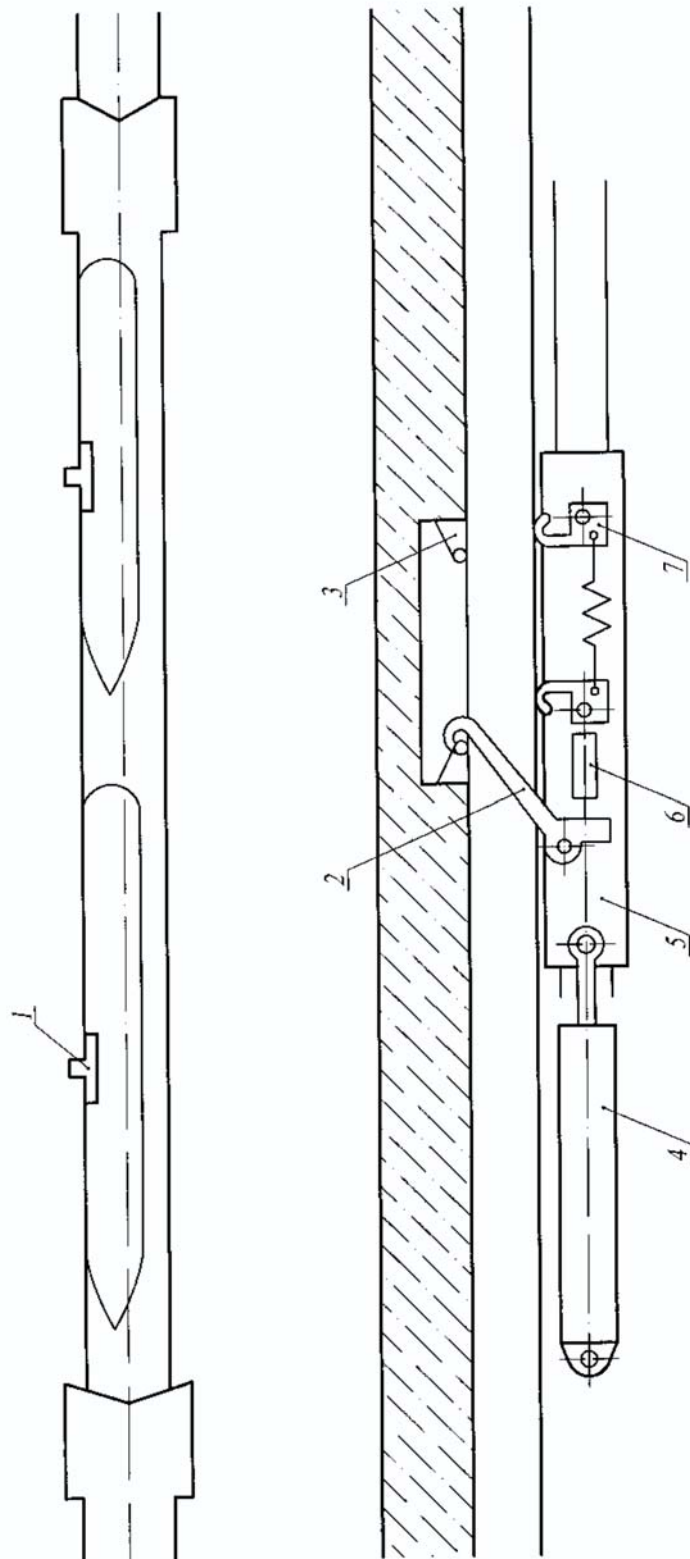


Рис. 3. Автосцеп — клешневой захват:

1 — автосцеп; 2 — клешневой захват; 3 — вертикальные сценные балки; 4 — гидроцилиндр;
5 — подвижная платформа; 6 — пневмопривод; 7 — замковый механизм

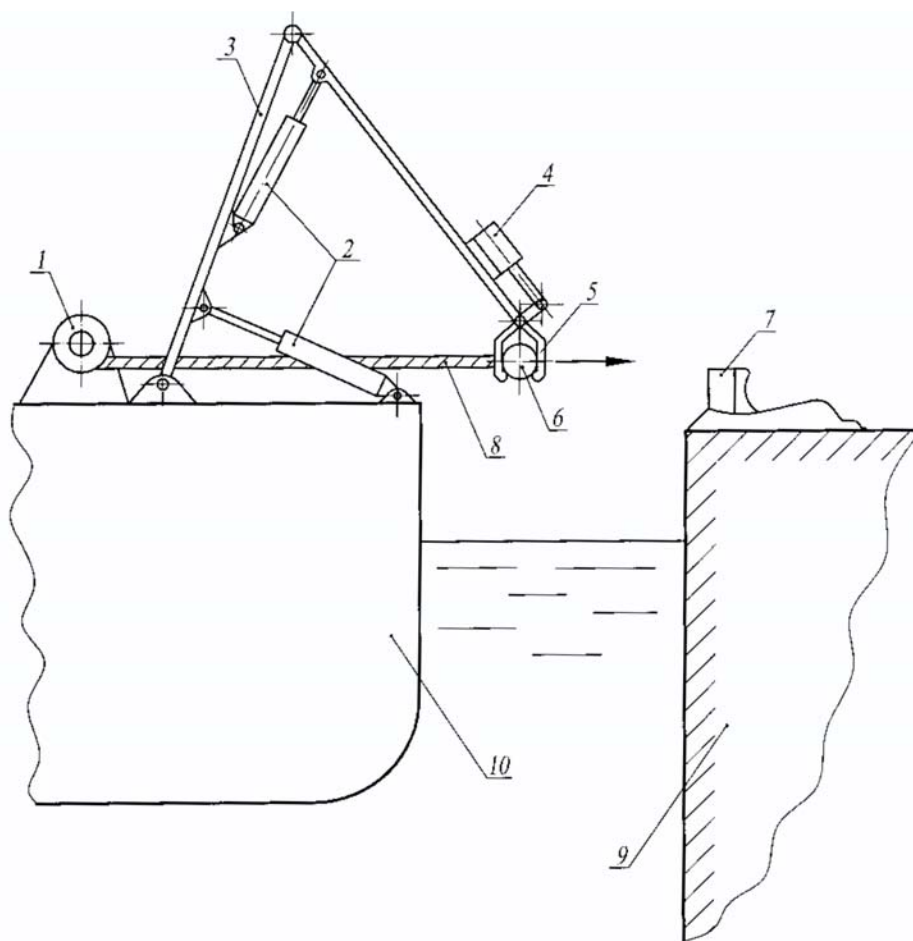


Рис. 4. Швартовый манипулятор с шарнирно-рычажным механизмом:
1 — лебедка; 2 — гидроцилиндры; 3 — рычаги; 4 — электромагнит; 5 — захват; 6 — шар;
7 — береговая ловушка-гребенкой; 8 — канат; 9 — стенка шлюза; 10 — судно

Захват удерживает шар, закрепленный за швартовый канат. Стенка шлюза оборудуется гребенчатой ловушкой, в которую и заводится шар при швартовке. Для освобождения шара предусмотрена педаль механизма гребенки.

Недостатки: необходимость оборудования устройством всех шлюзуемых судов; концентрация швартовой нагрузки в одной точке; не предусмотрена возможность швартовки при изменении осадки судна.

Электромагнитное устройство (рис. 5) представляет собой блок электромагнитов, закрепленных на плавучем рыме шлюза через амортизаторы.

Недостатки: вредное влияние электромагнитного поля на судовое навигационное оборудование; электромагниты выступают за пределы ниши и могут быть повреждены судами; зависимость электромагнитной силы

от состояния контактирующей поверхности (борта судна); дополнительное маневрирование судна, необходимое для навала его на электромагниты.

Автошвартовное устройство с вакуумным захватом (рис. 6), размещенное на штатном плавучем рыме. Основным рабочим органом является вакуумный захват, который, с одной стороны, укреплен на рычаге, шарнирно подвешенном на тележке плавучего рыма, с другой стороны, соединен стальными канатами с кронштейном этого рыма. Гидروвакуумный захват контактирует при швартовке с бортовой подводной частью корпуса судна. Перемещение рычага выполняется пневмоприводом, обеспечение в захвате вакуума — гидровакуумным насосом, размещенным в бочке плавучего рыма. Управление автошвартовным устройством осуществляется дистанционно с пульта управления.

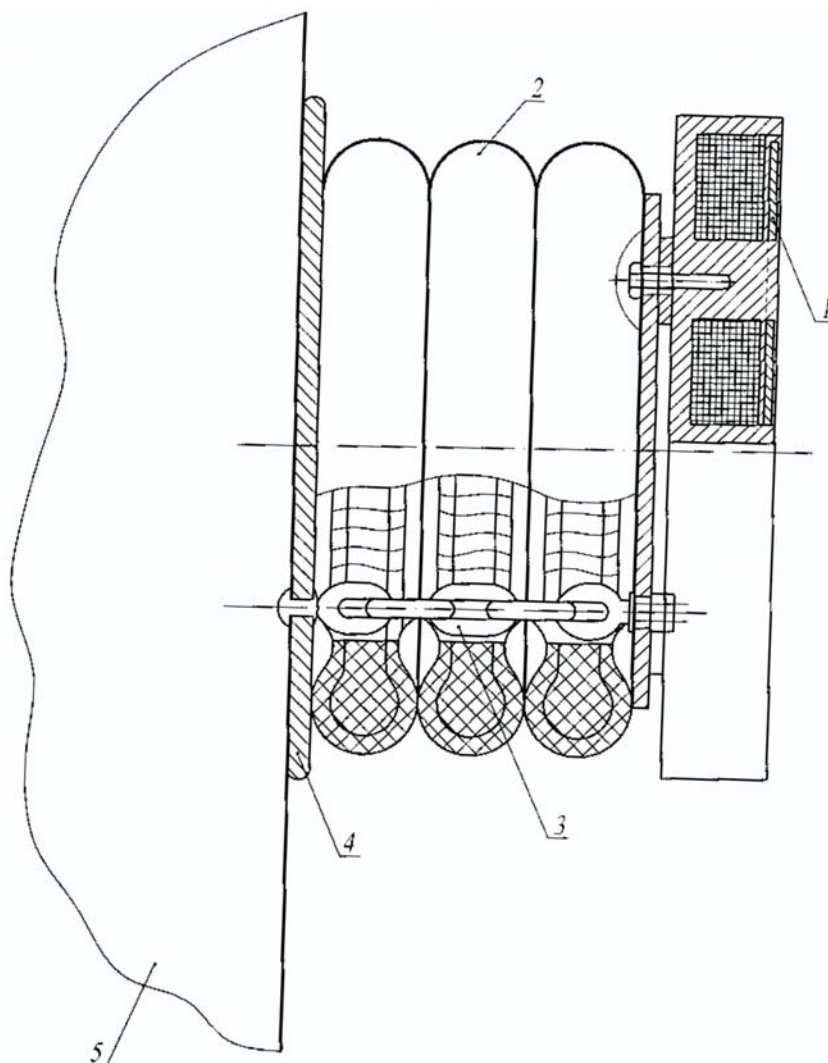


Рис. 5. Электромагнитное устройство:

1 — блок электромагнитов; 2 — амортизатор; 3 — цепь; 4 — плита; 5 — плавучий рым

Недостатки: устройство непригодно для судов с малой осадкой и имеющих на борту ниже ватерлинии выступающие части; ограничен рабочий ход вакуумного захвата.

Анализ эффективности рассмотренных конструкций автошвартовых устройств сведен в таблицу, в которой в сравнении рассмотрены четыре основные положительные и четыре отрицательные качества. При этом, если устройство гарантированно выполняет рассматриваемую функцию, устанавливается один балл, не выполняет — ноль баллов. При неясных функциональных возможностях — 0,5 балла. Аналогично оцениваются отрицательные качества устройств. Если устройство

обладает устранимыми негативными качествами, ему устанавливается 0,5 балла.

Эффективность автошвартового устройства определяется отношением положительного показателя баллов к отрицательному (см. табл. 1).

Сравнительная оценка показала, что наибольшей эффективностью обладает автошвартовное устройство с вакуумным захватом.

Идея швартовки судов вакуумным захватом принадлежит инженеру В. Л. Шведову. Под его руководством были разработаны опытные конструкции автошвартового устройства, проведены лабораторные и натурные исследования на шлюзах Волго-Балтийского

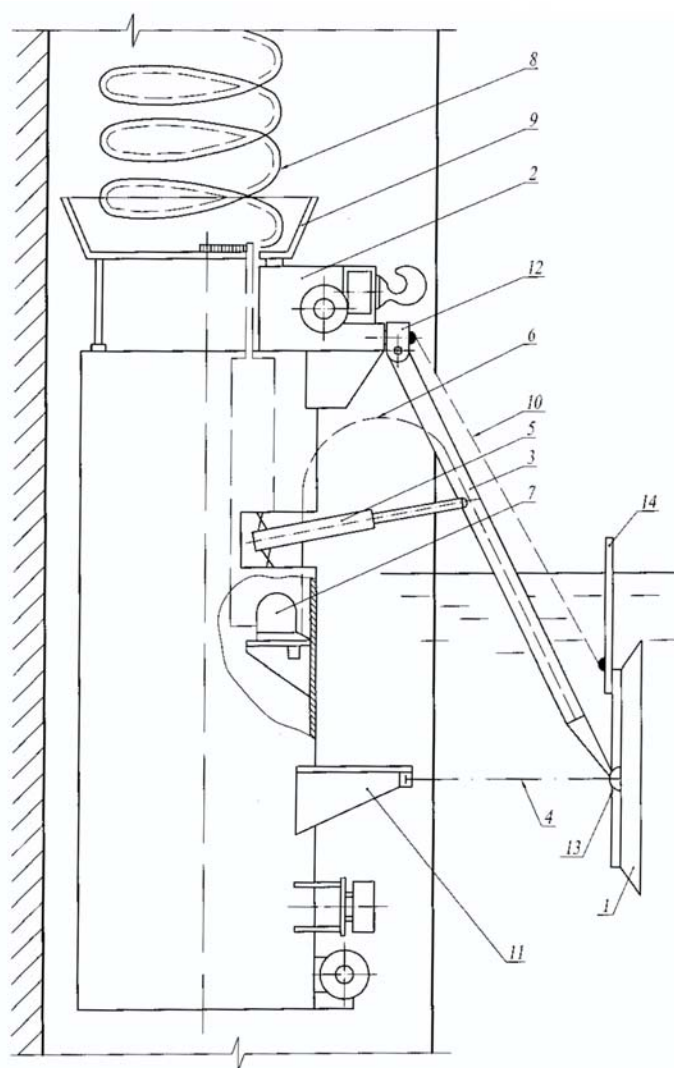


Рис. 6. Автошвартовное устройство с вакуумным захватом:

- 1 — вакуумный захват; 2 — тележка плавучего рыма; 3 — рычаг; 4 — швартовый канат;
5 — пневмопривод; 6 — рукав захвата; 7 — гидровакуумный насос; 8 — кабель питания;
9 — поддон; 10 — цепь фиксирования положения захвата; 11 — нижний кронштейн
бочки плавучего рыма; 12 — шарнир захвата; 14 — мерная рейка

водного пути и Волго-Донского судоходного канала.

Основным элементом автошвартовного устройства является вакуумный захват, который в нерабочем положении размещается в нише плавучего рыма, не выступая за лице-

вую грань стенки камеры шлюза. При швартовке вакуумный захват рычагом выводится из ниши и прижимается к бортовой подводной части корпуса судна, так как борт судна на речных судах выше ватерлинии оборудован привальным брусом.

Таблица 1

Сравнительная оценка эффективности автоматических швартовых устройств

Наименование		С сеткой	С выдвижными колесами	Клешневой захват	С шарнирно-рычажным механизмом	Электромагнитное устройство	С вакуумным захватом
Функциональные возможности	Торможение судна	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5
	Применение на причалах и других объектах	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Эксплуатация при отрицательных температурах	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Швартовка в камере шлюза нескольких судов	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0
	Сумма баллов	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Негативные показатели	Вред применения для окружающей среды	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
	Необходимость реконструкции камеры шлюза	0,0	1,0	0,5	0,5	0,0	0,0
	Дооборудование судна	0,0	0,0	1,0	1,0	0,5	0,0
	Степень сложности	0,5	1,0	1,0	0,5	0,0	0,5
	Сумма баллов	1,0	2,0	2,5	2,0	1,5	0,5
Показатели эффективности		2,0	1,0	1,2	1,5	2,0	6,0

Вакуумный захват представляет собой круглое основание, по контуру которого установлено эластичное уплотнение. Нормальную удерживающую силу захвата можно определить из выражения

$$N = F \cdot P,$$

где F — рабочая площадь захвата, P — разность давлений между наружной и внутренней поверхностями захвата.

Максимальная гидродинамическая сила направлена вдоль камеры шлюза, поэтому она может быть определена из выражения

$$S = N \cdot f,$$

где f — коэффициент трения между корпусом судна и вакуумным захватом.

По данным натурных исследований, такой коэффициент трения колеблется в пределах от 0,35 до 0,8. При определении удерживающего судна усилия величина коэффициента трения должна приниматься по нижнему пределу (0,35), при расчете прочности конструктивных элементов автошвартового устройства — по верхнему пределу (0,8).

Размеры захвата установлены исходя из ширины ниши плавучего рыма и осадки швартуемых судов. Диаметр захвата принят равным 1,3 м.

Размеры рычага обусловлены необходимостью получения максимального хода и обеспечения полного прижатия захвата к борту судна. Ход вакуумного захвата составил 0,8 м.

Пневмопривод рычага принят в соответствии со следующим:

— при навале судна на захват пневмоцилиндр работает как амортизатор, не создавая перегрузок конструкции швартовного устройства;

— пневмопривод обеспечивает автономность эксплуатации устройства независимо от электроснабжения шлюза.

Производительность вакуумного насоса выбрана исходя из возможных протечек через уплотнение манжеты захвата, неровности поверхности борта судна (вмятины, гофры, сварные швы и т. п.). Многочисленные натурные испытания показали, что оптимальным для швартовых вакуумных захватов можно считать центробежный насос с производительностью 3–5 м³/ч.

Выполнение швартовки вакуумным захватом не предъявляет каких-либо дополнительных требований по сравнению с ручной швартовкой, а именно: подход судна к швартовному устройству, торможение, остановка.

Швартуемое судно при автошвартовке должно находиться на расстоянии не более 0,8 м от стенки камеры шлюза. При швартовке вручную судно должно проходить вдоль стенки с ее касанием, так как уже на расстоянии более одного метра ручная швартовка невыполнима. Менее жесткие требования при автошвартовке предъявляются и к точности остановки судна, допуская неполную остановку. Это обстоятельство недопустимо при ручной швартовке, так как движение судна при этом — вероятная ситуация травматизма. Натурные исследования показали возможность торможения вакуумными захватами судов грузоподъемностью до 50 тыс кН при скорости их движения не более 0,5 м/с.

Процесс швартовки вакуумными захватами происходит оперативно и составляет 3–10 с (полный вывод захвата рычагом из рымовой ниши — 1–2 с; создание номинального вакуума в рабочей части захвата — 2–7 с).

Швартовное устройство с гидровакуумным захватом в полной мере отвечает всем изложенным выше требованиям. Действительно, полностью устраняется применение ручного труда, что позволяет автоматизировать весь процесс шлюзования. Надежность работы обеспечивается отсутствием жесткой связи между швартовным устройством и судном. При возникновении сверхрасчетных нагрузок происходят проскальзывание захвата вдоль корпуса судна и перераспределение гидродинамической силы между всеми задействованными в швартовке захватами. При этом исключаются инерционные рывки в швартовых связях, приводящие к существенному превышению расчетной гидродинамической силы. Надежное удержание судна вакуумными захватами и предусмотренной конструкцией свободный ход захватов вдоль камеры шлюза ($\pm 0,3$ м) позволяет увеличить допускаемую гидродинамическую силу, а следовательно, сократить время наполнения (опорожнения) камеры шлюза. Это в итоге приведет к существенному сокращению времени судопропуска (см. табл. 2).

Натурные испытания показали, что автоматическое швартовное устройство с гидровакуумными захватами полностью отвечает требованиям, предъявляемым к швартовке судов при шлюзовании.

Основные технические характеристики испытанного автошвартовного устройства:

- нормальное удерживающее усилие — 115 кН;
- продольное удерживающее усилие — 42 кН;
- диаметр гидровакуумного захвата — 1300 мм;
- рабочий ход захвата — 0,8 м;
- остаточное давление в рабочей полости захвата — 0,015 МПа;
- давление в магистрали пневмопривода — 0,3 МПа;
- масса навесного автошвартовного устройства — 200 кг.

Таблица 2

Ожидаемое время наполнения камеры шлюза при применении автошвартовки с гидровакуумными захватами

Тип судна	Водоизмещение, кН	Длина судна (состава), м	Кол-во рымов при счалке с одного борта с двух бортов	Суммарная удерживающая сила, кН, при счалке с одного борта с двух бортов	Удерживающая сила, кН, при выходе из строя при счалке с одного борта с двух бортов $P_{автошв}, кН$	Допускаемая гидродинамическая сила $P_{доп}, кН$	$P_{автошв} / P_{доп}$	Отношение времени наполнения камеры при $P_{доп}$ к времени наполнения камеры при $P_{автошв}$ (приближенно)	Ширина шлюза, м, при счалке с двух бортов
Толкаемый большегрузный состав	200 000	240	$\frac{8}{16}$	$\frac{280}{560}$	$\frac{245}{490}$	43,5	$\frac{5,6}{11,25}$	$\frac{2,4}{3,4}$	30
«Волго-Дон» с приставкой	127 000	238	$\frac{8}{16}$	$\frac{280}{560}$	$\frac{245}{490}$	56,0	$\frac{4,4}{8,75}$	$\frac{2,1}{3,0}$	18
«Волго-Дон»	68 000	135	$\frac{4}{8}$	$\frac{140}{280}$	$\frac{105}{210}$	57,3	$\frac{1,83}{3,66}$	$\frac{1,3}{1,9}$	18
«Балтийский»	39 000	110,2	$\frac{3}{6}$	$\frac{105}{210}$	$\frac{70}{140}$	47,6	$\frac{1,47}{2,94}$	$\frac{1,2}{1,7}$	14,5
«Балтийский»	32 000	92	$\frac{3}{6}$	$\frac{105}{210}$	$\frac{70}{140}$	44,5	$\frac{1,58}{3,14}$	$\frac{1,3}{1,8}$	14,5
«6-я пятилетка»	27 500	90	$\frac{3}{6}$	$\frac{105}{210}$	$\frac{70}{140}$	42,3	$\frac{1,65}{3,3}$	$\frac{1,3}{1,8}$	14,5
пр. 765а	8 400	62	2	70	35	28,6	1,22	1,1	14,5
пр. 869	4 340	57	2	70	35	22,8	1,53	1,2	14,5
пр. 890	2 570	42	2	70	35	19,2	1,82	1,35	14,5

С целью дальнейшего совершенствования конструкции автошвартовного устройства и внедрения его на судоходных шлюзах необходимо выполнить дополнительные проектно-конструкторские проработки (в частности, захват выполнить из двух вакуумных полостей, при этом верхняя часть будет использоваться

для мелкосидящих судов, обе части — для крупнотоннажного флота; увеличить длину рычага, увеличивая тем самым рабочий ход вакуумного захвата) и провести всесторонние натурные испытания при счалке судов двумя бортами, причем не менее чем четырьмя автошвартовными устройствами с каждого борта судна.

Список литературы

1. Баланин В. В., Варламов Н. Н., Семанов Н. А. Судоходные каналы, шлюзы и судоподъемники. — М.: Транспорт, 1970. — 350 с.
2. А. С. 1402639 опубликовано в Б. И. № 22, 1988 г. Шведов В. Л., Баланин В. В., Бутин В. П., Николаев Н. П.

УДК 62+66

А. В. Глущенко,
СПГУВК;

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

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СПЕКТРА ВИБРАЦИЙ ИНЖЕНЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ПРЯМОГО ФОТОДЕТЕКТИРОВАНИЯ РАССЕЯННОГО КОГЕРЕНТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

METHODICAL APPROACH TO DEFINITION OF VIBRATION SPECTRUM OF ENGINEERING DESIGNS BY MEANS OF DIRECT PHOTODETECTING THE COHERENT RADIATION SCATTERED ON SURFACE

В работе получен алгоритм определения спектра механических вибраций инженерных конструкций при помощи регистрации динамической спекл-картины, позволяющий реализовать дистанционный метод вибромониторинга. В частном случае спектр флуктуаций рассеянного излучения представляет собой набор дискретных гармоник, отвечающий частотам механических колебаний.

Algorithm of definition of a spectrum of mechanical vibrations of engineering designs by means of registration of the dynamic speckle pattern where obtained. It allows to realize a remote method of vibration diagnostics. In some specific case the spectrum of fluctuations of the scattered radiation represents the set of discrete harmonics adequating to frequencies of mechanical vibration.

Ключевые слова: спектр механических вибраций, когерентное излучение, динамическая спекл-картина, прямое фотодетектирование, корреляционная функция, спектр флуктуаций излучения.

Key words: a spectrum of mechanical vibrations, coherent radiation, a dynamic speckle pattern, direct photodetecting, correlation function, a spectrum of fluctuations of radiation.

В ПРОЦЕССЕ эксплуатации зданий, сооружений, машин и механизмов возникает необходимость оценки их технического состояния и устойчивости к разрушающему воздействию вибраций. Объективная оценка технического состояния и своевременное выявление возможных разрушений в элементах инженерных сооружений, а также элементах конструкций машин и механизмов необходимы для обеспечения их безаварийной эксплуатации и предотвращения техногенных катастроф. В процессе вибромониторинга основной задачей является измерение эксплуатационных уровней вибраций и оценка их соответствия допустимым нормам. Особенно актуально в связи с этим развитие дистанционных способов вибромониторинга, разработка физических принципов и методического обеспечения, а также алгоритмов обработки и анализа данных, обеспечивающих получение необходимой измерительной информации неконтактным способом. В литературе [1–4] имеется ряд сообщений о разработках в области лазерной виброметрии, являющейся инновационной технологией. В отличие от датчиков пьезоэлектрического типа, виброметры, использующие лазерную технологию для измерения виброскоростей и виброперемещений, — это неконтактные приборы, они не воздействуют механически на исследуемую поверхность, не подвержены влиянию таких факторов окружающей среды, как температура и давление. Эти приборы позволяют проводить оперативные измерения в трудно-

доступных участках сооружений, машин и механизмов, невзирая на сложности конструкций, температуру объекта, его радиационное или химическое загрязнение. Такие приборы применимы также для обследования легких и миниатюрных конструкций. В упомянутой литературе рассматриваются виброметры, построенные на использовании доплеровского эффекта и являющиеся, по сути, лазерными интерферометрами. Эти приборы достаточно сложны в настройке, требуют высокой когерентности источников, имеют высокую стоимость и сравнительно небольшую дальность (~ 3 м), что ограничивает условия их применения в основном лабораторными условиями.

Однако известен и другой принцип действия лазерного виброметра. В работах [5; 6] сообщается о способе, позволяющем оценивать параметры механических вибраций, основанном на регистрации рассеянного на исследуемой поверхности когерентного излучения в режиме прямого фотодетектирования. В этом случае требования к когерентности источника излучения снижаются. Становится возможным использование в качестве источника излучения компактных лазерных диодов, что позволяет значительно уменьшить габариты оптической головки.

Преимущества метода спекл-интерферометрии (рис. 1) по сравнению с доплеровскими методами следующие: более широкий диапазон измеряемых вибраций (от долей герца до килогерцового диапазона); компактная оптическая схема; низкая себестоимость.

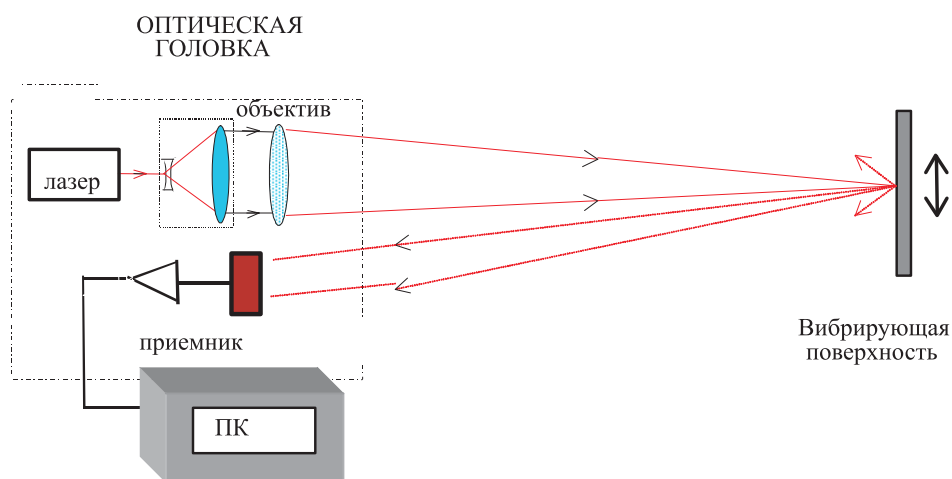


Рис. 1. Схема регистрации динамической спекл-картины

В работах [5; 6] теоретически и экспериментально показана возможность оп-
ределения амплитуды и частоты колебания
исследуемой поверхности при помощи ре-
гистрации динамической спекл-картины.
В настоящей работе сообщается о специаль-
но разработанном алгоритме цифровой об-
работки сигнала, позволяющем определять
спектр механических колебаний в случае,
когда исследуемая поверхность совершает
сложные колебания.

При рассеянии когерентного (лазер-
ного) излучения на движущейся диффузной
поверхности возникает случайная дифрак-
ционная картина — случайное простран-
ственно-временное поле интенсивности
 $I(x, t)$. Статистическое описание этого поля в
рамках корреляционной теории может быть
выполнено при помощи пространственно-
временной функции корреляции $C_1(r, \tau)$. Су-
ществует возможность получения информа-
ции о движении рассеивающего объекта по
спектральным характеристикам рассеянного
излучения.

Частотный спектр флуктуаций интен-
сивности $G(\omega)$ может быть найден с помощью
Фурье-преобразования временной функции
корреляции $C(\tau) = C(0, \tau)$.

Для временной функции корреляции
интенсивности рассеянного излучения при
поперечных колебаниях рассеивателя спра-
ведливо следующее соотношение [4]:

$$C_1(t_1, t_2) = \exp \left[-(\beta_1 + \beta_2) (a(t_1) - a(t_2))^2 \right]. \quad (1)$$

Здесь $a(t)$ — закон, по которому колеблется
плоская поверхность, β_1 и β_2 — параметры,
зависящие от схемы наблюдения. В случае,
когда фотоприемник установлен в плоскости
изображения однолинзовой изображающей
системы:

$$\beta_1 = \frac{1}{q^2} \left(1 + \frac{l_1}{\rho} \right)^2, \quad \beta_2 = \left(\frac{kq}{l_1} \right)^2, \quad (2)$$

где объектив с радиусом q_0 аппроксимируется
«мягкой» гауссовой диафрагмой с радиусом
по уровню e^{-1} пропускания $q = \frac{q_0}{\sqrt{2}}$, l_1 — рас-
стояние от рассеивателя до плоскости входно-

го зрачка оптической системы, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ — вол-
новое число, ρ — радиус кривизны волнового
фронта.

При освещении когерентным пучком
рассеивателя, совершающего механические
колебания, формируется нестационарная во
времени спекл-картина, несущая информацию
о параметрах колебаний. Извлечение этой ин-
формации сопряжено с определенными труд-
ностями, связанными с нестационарным во
времени характером флуктуаций. Именно
поэтому функция корреляции интенсивности
в (1) зависит от моментов времени t_1 и t_2 , а не
от их разности $\tau = t_1 - t_2$.

Спектр мощности флуктуаций интен-
сивности рассеянного излучения можно полу-
чить, используя обобщенную теорему Вине-
ра–Хинчина для нестационарного случайного
процесса [7]:

$$G(\omega) = \frac{1}{(2\pi)^2} \iint C_1(t_1, t_2) \exp[-i\omega(t_1 - t_2)] dt_1 dt_2. \quad (3)$$

Положим, что механическое движение
тела осуществляется на некоторых частотах
 $\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_n$, так что

$$a(t) = \sum_n h_n \sin(\Omega_n t + \varphi_n), \quad (4)$$

где h_n — амплитуда n -го колебания, φ_n — фаза
 n -го колебания.

Рассмотрим случай, когда амплитуды h_n до-
статочно малы, так что $\beta |h_n|^2 \ll 1$, где $\beta = \beta_1 + \beta_2$.

Раскладывая (1) в ряд и сохраняя только
линейные по $\beta |h_n|^2 \ll 1$ члены, можно полу-
чить для корреляционной функции:

$$C_1(t_1 - t_2) = 1 - \sum_n (\sin \Omega_n t_1 - \sin \Omega_n t_2)^2 \beta h_n^2. \quad (5)$$

Для амплитуды k -й гармоники спектра
мощности флуктуаций интенсивности излу-
чения можно записать

$$b_k = \left(\frac{2}{T} \right)^2 \int_{-T/2}^{T/2} \int_{-T/2}^{T/2} C_1(t_1, t_2) \cos k\omega_0(t_1 - t_2) dt_1 dt_2,$$

где $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$, $k = 0, 1, 2$.

После выполнения интегрирования по-
лучаем

$$\begin{cases} b_0 = 4 - 4 \sum \beta h_n^2 \left(1 - \frac{\sin \left(\sin \left(2 \pi \Omega_n \right) / \omega_0 \right)}{4 \pi \Omega_n / \omega_0} \right), \\ b_k = 2 \sum \beta h_n^2 \left[\frac{\sin \pi \left(\frac{\Omega_n}{\omega_0} - k \right)}{\pi \left(\frac{\Omega_n}{\omega_0} - k \right)} + \frac{\sin \pi \left(\frac{\Omega_n}{\omega_0} + k \right)}{\pi \left(\frac{\Omega_n}{\omega_0} + k \right)} \right]. \end{cases} \quad (6)$$

В частном случае, когда механическое колебание происходит на частотах, кратных Ω_1 , то есть $\Omega_n = n\Omega_1$, амплитуды (6) можно за-

писать следующим образом:

$$b_0 = 4 - 2 \sum \beta h_n^2, \quad b_k = 2 \beta h_k^2. \quad (7)$$

Соотношение (7) показывает, что спектр флуктуаций рассеянного излучения представляет собой набор дискретных гармоник, отвечающий частотам механических колебаний. Если апертура приемника достаточно мала, так что не происходит усреднение спекл-картины по апертуре, то спектр электрического сигнала в цепи фотоприемника повторяет спектр флуктуаций рассеянного излучения.

Список литературы

1. Застрогин Ю. Ф. Контроль параметров движения с использованием лазеров. — М.: Машиностроение, 1981. — 176 с.
2. Гречихин В. А., Ринкевичюс Б. С. Цифровые методы обработки сигналов в лазерной анемометрии и виброметрии // Автометрия / РАН, Сибирское отд-ние. — 1999. — Т. 36, № 1. — С. 59.
3. Гончаренко А. М., Васильев В. А., Жмудь В. А. Метод повышения чувствительности лазерных виброметров // Автометрия / РАН, Сибирское отд-ние. — Т. 39, № 2. — С. 43.
4. Детектирование приращения текущей фазы в лазерном измерителе малых вибраций на больших базовых расстояния / В. А. Васильев [и др.] // Электроника и радиотехника. — 2002. — № 4. — С. 97.
5. Веселов Л. М., Попов И. А. Определение амплитуды и частоты колебаний тела путем измерения спектра рассеянного когерентного излучения // Оптика и спектроскопия. — 1991. — Т. 70, вып. 5. — С. 1136.
6. Veselov L. M., Popov I. A. Use of a speckle method for vibration analysis // Proc SPIE. — 1994. — Vol. 2342. — P. 273.
7. Перина Я. Когерентность света. — М.: Мир, 1974. — 358 с.

УДК 624.04

В. М. Кириллов,
д-р техн. наук,
СПГУВК

ТЕОРИЯ ПРОЧНОСТИ ГРУНТА: АНАЛИЗ И РАЗВИТИЕ

THE THEORY OF SOIL STRENGTHS: ANALYSIS AND DEVELOPMENT

Показана идентичность условия прочности Кулона–Мора для плоских и пространственных задач.
Identify of Coulomb-Mohr strength condition is shown for plane and spatial problems.

Ключевые слова: прочность грунта, условие Кулона–Мора, параметр Лоде.
Key words: soil strength, condition of Coulomb-Mohr, parameter of Lode.

Общие положения

Локальная прочность грунта определяется некоторым сочетанием действующих напряжений, при которых грунт в точке **грунтового** массива переходит в состояние предельного состояния, сопровождающееся прогрессирующим процессом накопления пластических деформаций.

При сложном **напряженном** состоянии этот процесс определяется условием, в которое входит некоторая комбинация действующих напряжений по определенным площадкам скольжения.

Этими напряжениями могут быть главные напряжения $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$, а площадки скольжения характеризуются нормалью v с направляющими косинусами $\ell = \cos(v, \sigma_3)$, $m = \cos(v, \sigma_2)$ и $n = \cos(v, \sigma_1)$. На площадке с нормалью v разрушение (то есть прогрессирующее накопление пластических деформаций) происходит при выполнении условия [1]

$$|\tau_v| = \sigma_v \operatorname{tg} \varphi + c_v \quad (1)$$

или

$$|\tau_v| - \sigma_v \operatorname{tg} \varphi - c_v = F = 0, \quad (1^*)$$

где c_v и φ_v — параметры, а τ_v и σ_v — компоненты нормальных и касательных составляющих напряжений с нормалью v , записанных с учетом правила знаков в механике грунтов, — сжимающие напряжения приняты положительными.

Эти компоненты равны

$$\sigma_v = \sigma_3 \ell^2 + \sigma_2 m^2 + \sigma_1 n^2, \quad (2)$$

$$\tau_v^2 = (\sigma_2 - \sigma_3)^2 \ell^2 m^2 + (\sigma_2 - \sigma_1)^2 m^2 n^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 \ell^2 n^2, \quad (3)$$

$$\text{где } \ell^2 + m^2 + n^2 = 1. \quad (4)$$

Плоская задача

Для условий плоской деформации вместо (2)–(4) нужно записать

$$\sigma_v = \sigma_3 \ell^2 + \sigma_1 n^2, \quad (5)$$

$$\tau_v = (\sigma_1 - \sigma_3) \ell n, \quad (6)$$

$$\ell^2 + n^2 = 1, \quad (7)$$

откуда с учетом того,

$$\text{что } \sigma_v = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} - \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} (2\ell^2 - 1), \quad (8)$$

$$\tau_v = (\sigma_1 - \sigma_3) \ell \sqrt{1 - \ell^2}, \quad (9)$$

из (1*) следует

$$\begin{aligned} & (\sigma_1 - \sigma_3) \ell \sqrt{1 - \ell^2} - \\ & - \frac{1}{2} [\sigma_1 + \sigma_3 - (\sigma_1 - \sigma_3)(2\ell^2 - 1)] \\ & \operatorname{tg} \varphi_v - c_v = f = 0. \end{aligned} \quad (10)$$

Исследование функции $f(\ell)$ на экстремум

$$\frac{df}{d\ell} = 0 \quad (11)$$

окончательно дает

$$\ell^2 = \frac{1}{2} (1 \pm \sin \varphi), \quad (12)$$

что после подстановки в (10) приводит к зависимости

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3 + 2\sigma_c} (\cos^2 \pm \sin^2 \varphi) = \sin \varphi, \quad (13)$$

где $\sigma_c = c / \operatorname{tg} \varphi$, а φ и c — параметры прочности грунта по Мору–Кулону.

В формуле (13) из физических соображений сохраняется только знак (+):

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3 + 2\sigma_c} = \sin \varphi \quad (13^*)$$

Пространственная задача

В этом основном случае уравнение (1*) с учетом равенств (2) и (3) записывается в виде

$$\begin{aligned} & \sqrt{(\sigma_2 - \sigma_3)^2 m^2 (1 - m^2 - n^2) + (\sigma_1 - \sigma_2)^2 m^2 n^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 (1 - m^2 - n^2)} - \\ & - [\sigma_3 (1 - m^2 - n^2) + \sigma_2 m^2 + \sigma_1 n^2] \operatorname{tg} \varphi_v - c_v = F = 0, \end{aligned} \quad (14)$$

где учтено обозначение

$$\ell^2 = 1 - m^2 - n^2,$$

вытекающее из (4).

Так как функция $F(m, n)$ зависит от двух переменных m и n , то исследование этой функции на экстремум сводится к решению системы из 2 уравнений [2]:

$$\frac{\partial F}{\partial m} = 0 \quad (15)$$

или

$$\frac{\partial F}{\partial n} = 0. \quad (16)$$

Из (15) и (16) следуют равенства

$$\frac{(\sigma_2 - \sigma_3)^2(1 - 2m^2 - n^2) + (\sigma_1 - \sigma_2)^2 n^2 - (\sigma_1 - \sigma_3)^2 n^2}{2\tau_v(\sigma_2 - \sigma_3)} = \operatorname{tg}\varphi, \quad (17)$$

$$\frac{-(\sigma_2 - \sigma_3)^2 m^2 + (\sigma_1 - \sigma_2)^2 m^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2(1 - m^2 - 2n^2)}{2\tau_v(\sigma_1 - \sigma_3)} = \operatorname{tg}\varphi. \quad (18)$$

Так как правые части (17) и (18) равны, то, следовательно,

$$\frac{(\sigma_2 - \sigma_3)^2(1 - 2m^2 - n^2) + (\sigma_1 - \sigma_2)^2 n^2 - (\sigma_1 - \sigma_3)^2 n^2}{\sigma_2 - \sigma_3} = \frac{-(\sigma_2 - \sigma_3)^2 m^2 + (\sigma_1 - \sigma_2)^2 m^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2(1 - m^2 - 2n^2)}{\sigma_1 - \sigma_3}. \quad (19)$$

Преобразования левой части этого равенства дают

$$(\sigma_2 - \sigma_3)(1 - m^2) - 2n^2(\sigma_1 - \sigma_3), \quad (20)$$

а правой —

$$(\sigma_1 - \sigma_3)(1 - 2n^2) - 2m^2(\sigma_2 - \sigma^3), \quad (21)$$

откуда в силу (19) вытекает равенство

$$\sigma_1 = \sigma_2. \quad (22)$$

С учетом этого равенства из (17) следует выражение

$$\frac{(\sigma_1 - \sigma_3)(2\ell^2 - 1)}{2\tau_v} = \operatorname{tg}\varphi, \quad (23)$$

в котором τ_v определяется зависимостью (9), а $\ell^2 = 1 - (m^2 + n^2)$. Последующая подстановка (9) в (23) приводит к уравнению

$$\ell^4 - \ell^2 + \frac{1}{4(1 + \operatorname{tg}^2\varphi)} = 0 \quad (24)$$

с решением (12), а равенство (22) и зависимость (12) позволяют окончательно записать условие предельного равновесия (14) в виде (13*).

Выводы

1. В плоском и в пространственном вариантах получено одинаковое выражение (13*) для условий предельного напряженного состояния грунта в точке грунтового массива.

2. На решение пространственной задачи промежуточное главное напряжение σ_2 не оказывает влияния. В этом случае параметр Лоде $\mu_\sigma = \frac{2(\sigma_2 - \sigma_3)}{\sigma_1 - \sigma_3} - 1 = 1, 0$, что соответствует испытаниям в стабилометрах типа Б [3].

Заключение

Касаясь вопроса об инвариантности к виду напряженного состояния условия прочности грунта, можно отметить следующее.

Данные опытов Г. Грина и А. Бишоп [4; 5] с речным плотным песком свидетельствуют о влиянии параметра μ_σ на угол внутреннего трения φ только в достаточно узком диапазоне изменений параметра Лоде от 0,8 до 1,0. При $0,8 > \mu_\sigma > -1,0$ вид напряженного состояния не оказывал влияния на прочность исследованного грунта. В связи с этим авторы работы [1] рекомендуют в этом диапазоне параметра Лоде использовать критерий прочности Мора–Кулона.

Исследования А. Л. Крыжановского и других [6; 7] показали существенную зависимость параметров прочности Мора–Кулона от траектории нагружения. По мнению авторов статьи [7], независимость φ от μ_σ (или σ_2), зафиксированная в опытах [4; 5], объясняется именно влиянием пути нагружения. Испытания по траектории, реализованной в [4; 5], подтвердили сделанные ранее Г. Грином и А. Бишопом опыты. Однако в исследованиях, выполненных под руководством Ю. К. Зарецкого [1; 8; 9 и др.], ощутимого влияния пути нагружения на параметры прочности Мора–Кулона не отмечено.

В работе М. В. Малышева [10] приведены опытные зависимости φ от μ_σ по данным разных исследователей (У. Киркпатрик, Г. М. Ломизе и А. Л. Крыжановского, М. В. Малышева и Э. Д. Фрадиса, А. С. Строганова, Д. Корнфорса). Из них следует, что угол внутреннего трения есть функция параметра Лоде практически во всем диапазоне его значений от $-1,0$ до $1,0$.

Все это свидетельствует об отсутствии в настоящее время единых общепринятых взглядов по проблеме инвариантности или неинвариантности локальной прочности грунта от вида напряженного состояния. Решение этой проблемы могут подсказать только целенаправленные и обширные экспериментальные исследования.

Список литературы

1. Зарецкий Ю. К., Ломбардо В. Н. Статика и динамика грунтовых плотин. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 255 с.
2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. — М.: Наука, 1973. — 831 с.
3. Бугров А. К., Нарбут Р. М., Сипидин В. П. Исследование грунтов в условиях трехосного сжатия. — Л.: Стройиздат, 1987. — 185 с.
4. Green G. E., Bishop A. W. A note on the drained strength of sand under generalized strain conditions // *Geotechnique*. — 1969. — № 19. — P. 144–149.
5. Бишоп А. У. Параметры прочности при сдвиге ненарушенных и перемятых образцов грунта // *Определяющие законы механики грунтов*. — М.: Мир, 1975. — С. 7–75.
6. Крыжановский А. Л. Механическое поведение грунтов в условиях пространственного напряженного состояния // *Основания, фундаменты и механика грунтов*. — 1983. — № 1. — С. 23–27.
7. Крыжановский А. Л., Вильгельм Ю. С., Медведев С. В. Определение угла внутреннего трения в приборах трехосного сжатия и срезных приборах // *Основания, фундаменты и механика грунтов*. — 1985. — № 3. — С. 20–23.
8. Зарецкий Ю. К., Воронцов Э. И., Гарицелов М. Ю. Экспериментальные исследования упругопластического поведения грунтов // *Проектирование и исследование оснований гидротехнических сооружений: материалы конф. и совещаний по гидротехнике / ВНИИГ*. — М., 1980. — С. 121–126.
9. Зарецкий Ю. К., Воронцов Э. И., Икрамов Ф. А. Приближенное решение задачи о давлении несвязного грунта на смещаемую подпорную стенку // *Извест. вузов. Строительство и архитектура*. — 1983. — № 11. — С. 28–37.
10. Малышев М. В. Прочность грунтов и устойчивость оснований сооружений. — М.: Стройиздат, 1980. — 137 с.

ГУМАНИТАРНЫЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 37. 022:316

В. П. Евланников

д-р филос. наук, профессор,
СПГУВКК ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ
ГУМАНИТАРНЫХ НАУК, В ЧАСТНОСТИ СОЦИОЛОГИИTO A QUESTION ON INCREASE OF EFFICIENCY OF TEACHING
OF THE HUMANITIES AND IN PARTICULAR SOCIOLOGY

Статья посвящена некоторым проблемам преподавания общественных наук, в частности социологии, в современном техническом вузе, прилагаются некоторые меры, которые способствовали бы повышению эффективности преподавания с учетом современных реалий рынка.

Article is devoted some problems of teaching of social studies and in particular sociologists, in modern technical college, some measures which would promote increase of efficiency of teaching taking into account modern realities of the market are applied.

Ключевые слова: образование, эффективность, социология, гуманитарное знание, рынок.
Key words: formation, efficiency, sociology, humanitarian knowledge, the market.

БУДУЩИ основным социально-культурным механизмом, человечество создает и использует образование для целенаправленного влияния на ход своего развития и качество его результатов. То есть образование не сводится к простой передаче социального опыта (знаний, умений, навыков) от поколения к поколению, а служит способом формирования творчески активной личности, способной к саморазвитию и быстрой адаптации в условиях высокого динамизма современного российского общества, которое, находясь в переходном состоянии, в значительной мере (гораздо большей, чем в стабильных социальных системах) пренебрегает опытом предыдущих поколений, что перекладывает на систему высшего образования целый ряд новых задач, ранее решаемых в рамках иных институтов, вовлеченных в процесс социализации личности.

Большая часть решения данных задач в нашем университете находится в орбите гуманитарных дисциплин и в том числе социологии. Значимость общественных дисциплин в данном случае детерминирована двумя факторами: отказом от парадигмы целевого

профессионального обучения и плюрализмом подходов к научному объяснению сложных общественных явлений и процессов. Первый из них ведет к дифференциации гуманитарных специальностей, что в некоторой степени снижает остроту проблемы, но не решает ее. Для приемлемого решения проблемы гуманитаризации образования следует отказаться от деления предметов на профилирующие и непрофилирующие, создать условия для овладения студентами таким количеством знаний, которое бы позволило при надобности расширить их самостоятельно. Самообразование сильно затрудняется вторым фактором, который определяет отсутствие универсального, единственно верного решения и необходимость выбора точки зрения, в наибольшей степени соответствующей собственным мировоззренческим позициям, которые по многим причинам обычно не сформированы.

Если, как обыкновенно принято, сравнивать с западной социологией, то основой таких образовательных программ является радикальный функционализм, и все остальные теории рассматриваются сквозь призму методологической базы функционализма.

Однако функционализм, вполне достаточный для описания целостной картины стабильного общества, неприменим для объяснения большинства социальных явлений и процессов в обществах динамичных, и в современной учебной литературе он представлен не иначе как эклектическое сочетание тем. Таким образом, в наших условиях требуется включать в учебный курс изучение следующих вопросов: освещение основной тематики и направленности современных научных периодических изданий, раскрытие идейно-теоретических и методологических основ наиболее известных авторов в конкретных областях социологического знания. Изучение данных вопросов с неизбежностью закладывает фундамент необходимых для поиска и нахождения (в случае надобности) нужного материала, развивает навыки критического восприятия изучаемого материала, в том числе и навыки различных методов анализа содержания текстов.

В рамках курса социологии решение вышеперечисленных проблем затруднено в силу разнообразия тем и ограниченности времени, отпущенного на их изучение. Поэтому целесообразно параллельно со сквозным курсом социологии вводить в качестве спецкурсов изучение отдельных социологических дисциплин по направлениям: социология экономики, социология труда, социология права и тому подобные, которые конкретизируют не только ряд тем общей социологии, но и предоставляют возможность более детально (с приведением многочисленных примеров) рассмотреть сквозные теории среднего уровня (социология малых групп, социология конфликта, социология организаций). При подобном подходе можно провести предметное разграничение между общей социологией и отдельными отраслями социологического знания, при котором первая рассматривала бы основные методологические подходы к изучению общества, а также теорию и методику конкретно-социологических исследований, а последние способствовали бы овладению этими знаниями на практике применительно к отдельным частным вопросам, составляющим предметную сферу данной отрасли. Изменения в Госстандарте позволяют провести такие разграничения. Здесь общая социология

могла бы пойти как федеральный, а отраслевая — как региональный компоненты цикла дисциплин. При этом последняя действительно заостряла бы внимание на специфике местных условий, (например, в рамках социологии труда целесообразно рассматривать особенности судовых коллективов и т. д.). Однако это разграничение возможно лишь при условии, что в учебный план входят и общая социология, и одна из ее частных дисциплин, а также последовательность чтения курсов, иначе будет нарушена целостность восприятия социологического знания студентами.

Другой стороной этого процесса является нарушение целостности восприятия в связи с введением новых учебных дисциплин и снижением удельного времени изучения каждой из них. Излишняя дифференциация общественных наук породила ситуацию «лоскутного изучения» одних и тех же социальных явлений и процессов. Рассматривая сложные многомерные явления и процессы, каждая наука акцентирует лишь те их стороны, которые составляют предметную сферу данной науки. Это не всегда подчеркивается преподавателями, и студенты, сталкиваясь с различными дефинициями одного и того же явления, не постигают явление как многогранную целостность, синтезируя знания о каждой из его сторон, а рассматривают их как набор не связанных между собой элементов, или даже противопоставляют их друг другу.

Сегодня дифференциация учебных дисциплин требует интегративного подхода к преподаванию. Одним из возможных путей решения данной проблемы могло бы стать создание интегративной дисциплины, которая бы сквозным образом читалась параллельно всем гуманитарным курсам, о чем мне уже приходилось высказываться на страницах данного журнала. Другим путем может выступить согласование учебных программ различных гуманитарных кафедр, что могло бы принести значимый результат, однако лишь при наличии единой комплексной программы, четко определяющей тематику каждой дисциплины и место изучаемых вопросов в системе гуманитарного знания. Подобная программа с необходимостью должна включать совместную работу преподавателей различных кафедр, оп-

ределять формы и методы межкафедральной работы (организация научно-практических и методологических семинаров, ознакомление с учебными курсами и определение критериев их согласования, сопоставимости). Наличие комплексной программы может способствовать формированию у студентов не только целостного восприятия мира, но и навыков, умений использовать полученные знания при изучении других дисциплин. Введение в нашем институте балльно-рейтинговой системы оценки знаний в наибольшей степени достигается определением заданий для самостоятельной работы студентов, их ориентацией на привлечение широкого круга литературы и источников.

В социологии подобные задания целесообразно давать в рамках отдельных отраслей социологической теории, которые широко используют понятийно-категориальный аппарат, применяемый смежными дисциплинами. Так, базисные понятия политологии, культурологии, социологии, философии, права, экономики во многом совпадают, да и предметная сфера этих дисциплин также близка и взаимообусловлена. Не случайно политическая, экономическая, юридическая науки широко используют данные социологических исследований. Почему бы в задания не включать изучение эмпирической базы, оценки ее репрезентативности и валидности? Социологические исследования составляют одну из основ маркетинга; и здесь использование знаний методики и техники исследования могут быть включены в структуру самостоятельной работы студентов. В равной степени это касается и теоретических проблем. Рассматривая специфические политические, экономические и другие институты и организации, студентов необходимо ориентировать на умение выделить специфические свойства изучаемых образований в структуре их общих характеристик. В противном случае, что отмечалось выше, студенты воспринимают социальные и, скажем, политические институты как разные явления.

Следует отметить, что задача социологии — прививать навыки использования социологических знаний и в рамках других гуманитарных дисциплин, и в структуре формирования собственного поведения. Данная

задача будет выполняться в более полной мере, если в преподавании других гуманитарных дисциплин увеличится доля апелляций к социологическому знанию, а отдельные отрасли социологии будут постоянно ссылаться на теории других гуманитарных дисциплин. При наличии определенной учебной программы, включающей перечень гуманитарных дисциплин и постоянное место их преподавания (номер семестра, количество часов), можно организовать системное преподавание наук о человеке и обществе, способствуя становлению целостной личности.

В настоящее время проблемой становится атомизация или фрагментация поля социологического образования в вузах, несмотря на внешние признаки консолидации. По сути, каждый вуз, даже каждый преподаватель, ведет свою линию и реализует свое понимание социологического образования, как, впрочем, и самой социологии. Это выражается в отсутствии единых или даже близких учебных программ и учебных планов, в наличии на рынке учебной литературы массы несогласующихся по базовым принципам учебников социологии, в нежелании активно поддерживать общенациональные социологические ассоциации и др.

Социологическая культура в российском интеллектуальном сообществе формируется крайне медленно, что контрастирует с повсеместным присутствием социологии в ее различных номинальных ипостасях. Даже люди, профессионально занимающиеся социологией, нередко видят в ней некую туманную дисциплину, «обсуждающую» общество «вообще». В таком случае практически любое суждение об обществе (тем более глубокомысленное) воспринимается как «социологическое». Возникает этакая «квазисоциология», состоящая зачастую из совершенно ненаучных компонентов (скажем, религиозно-идеологические, житейские и пр.), которая вытесняет еще не оперившуюся научную социологию. Это еще больше отдаляет российское социологическое образование от мирового.

На этом фоне в российской социологии возник еще один, весьма опасный феномен, назовем его «бонапартизм в образовании». Каждое, сколь угодно малое звено в социо-

логической структуре (вуз, кафедра или отдельный социолог) считает возможным устанавливать свои стандарты социологического образования (хотя формально, быть может, и делает реверансы в сторону утвержденных Министерством образования стандартов). «Бонапартизм» в данном контексте означает позицию «А я так вижу!» Подобного рода научная нескромность фактически стала нормой. Ложно понимаемая свобода научных исследований и преподавания, лишенная внутренней приверженности профессиональным стандартам, превратилась в господствующий фактор. На практике это означает, что для выражения своего «Я» в социологии вовсе не обязательно иметь большой опыт, публикации, признание со стороны профессионального сообщества. Отсутствие квалифицированного контроля, низкий образовательный уровень студентов, принципиальная незаинтересованность в качестве образования и большая деловая энергия обеспечивают «успех» практически любому самопровозглашенному социологу.

Таким образом, объективно на социологическом поле возникло жестокое столкновение нескольких факторов: тенденции плюрализации, отсутствие глубокой социологической культуры, отсутствие профессиональной корпоративности. Как правило, «бонапартизм» в социологии обосновывает игнорирование требований международной социологии и уход в свою «своеобычность». (Существенно реже можно столкнуться с бонапартизмом и в виде сектантского западничества, когда тот или иной специалист, будучи поклонником какой-либо западной школы, нарочито и с сектантской исступленностью противопоставляет себя «неразвитому» окружению, не многим лучше и «промарксистское» сектантство, особенно в условиях технического вуза.)

Указанные процессы, может быть, имеют естественный и переходный характер (но, возможно, и нет). Но в любом случае этот процесс требует аналитической оценки и последующей терапии. Исходной позицией для осуществления терапевтических мер можно считать, прежде всего, установление смысловых стандартов в трактовке социологии и соответственно социологического образования.

В настоящее время практически ни один традиционный предмет преподавания, традиционная специальность или область знания в чистом виде никого не устраивают, и прежде всего студентов. Постоянно востребуются новые составные образовательные продукты, гибриды, которые в любой комбинации будут содержать компонент бизнес-образования и менеджмента.

Скажем, мало кого устраивает традиционная фундаментальная социология. Она не собирает необходимого числа заинтересованных студентов. Весьма ограничены возможности применения чисто социологического знания по окончании вуза. Социологические специальности уже не могут конкурировать с другими по числу привлеченных студентов и объемам внешнего внебюджетного финансирования. Поэтому в некоторых университетах традиционная факультетская структура нашла свое спасение в открытии общеуниверситетской и межфакультетской программы (к примеру «Организации и мировая конкуренция»), где традиционные дисциплины фундаментальной социологии существенно трансформировались (и прежде всего в своих названиях) в предметы, более привлекательные для студентов и обеспечивающие им будущую занятость по специальности. В европейских вузах многие естественно-научные, инженерные и медицинские специальности сегодня соединяются с конкретными обществоведческими специальностям в рамках единых образовательных программ с последующим присуждением степени.

Не исключается, что в скором времени факультеты и кафедры как самостоятельные структурные единицы начнут отмирать, уступая место динамичным междисциплинарным программам, открывающимся и закрывающимся в соответствии с запросами рынка и опирающимся на подвижный состав преподавателей, привлекаемых на договорной основе. Вузы в современных условиях всемерно стремятся снять с себя груз гарантий и обязательств перед штатным составом преподавателей, приглашая преподавателей к участию во временных междисциплинарных программах (часто весьма успешных в экономическом отношении, но заведомо временных), где все

зависит от рыночной эффективности этих программ при минимуме ответственности администрации за возможный неуспех в будущем.

Это требует и нового типа преподавателя — умеющего легко перенастраивать свое преподавание, специалиста в нескольких смежных областях знания, находящего контакт с любой аудиторией вне зависимости от уровня ее подготовки, владеющего мультимедийными технологиями и полностью интегрированного в Интернет.

Тенденции к междисциплинарности, динамичности, рыночной ориентированности вступают в конфликт с традиционными ценностями преподавания в вузах. А поскольку финансовые успехи вуза на самом деле зависят от качественного состава преподавателей, (хотя сама администрация уверена, что только от менеджмента), то университетам в спешном порядке следует организовать программы переподготовки преподавателей по наиболее привлекательным направлениям (re-education of educators).

Важным вопросом является то, что все в меньшей степени фундаментальное знание (прежде всего в гуманитарных дисциплинах) сохраняет свою привлекательность для студентов и вузовской администрации. Его место постепенно занимает знание экзотическое, то есть ориентированное на необычность, неповторимость, уникальность и при этом раскрывающее свои новые потребительские качества на рынке профессий. На поиски новых комбинаций и междисциплинарного синтеза направлены усилия руководителей академических программ. В известной мере сами фундаментальные знания, прежде всего в гуманитарной области, тоже приобретают экзотический характер, ими занимаются лишь немногие студенты и столь же немногочисленные профессора, по разным причинам не вписавшиеся в основной поток коммерциализации. Разумеется, внутри любого университета по-прежнему остаются подразделения и профессора, отвечающие традиционным требованиям и не приносящие прямых доходов. Их статус и дальнейшая судьба в каждом отдельном случае определяются по-разному. Иногда их оставляют в покое, не требуя практической эффективности, по соображениям

престижа университета в целом, особенно если благоприятная экономическая конъюнктура дает для этого основания. Но в случае ухудшения конъюнктуры подобные островки чистой науки приносятся в жертву в первую очередь. С другой стороны, университет по-прежнему выступает и в роли центра экспертизы по тем или иным научным вопросам, для чего нужна узкая специализация, основанная на фундаментальном знании.

Нельзя не упомянуть мультимедийные средства в аудиторном преподавании. Известно, что современным студентам присуще усвоение информации в основном визуальными рецепторами, как утверждают психологи образования. Преподавательским стратегиям следует динамично отозваться на это. Причем речь идет не о визуализации тех или иных материалов, а о существенном их переструктурировании в связи с включением в процесс визуализации, то есть не просто размещать картинки на экране монитора или на большом экране, но совершенно пересмотреть концепцию лекции, ее структуру, тезисный характер изложения материала, включение звуковой дорожки, видео и пр. Все материалы курса размещаются на сайте преподавателя, и студенты имеют круглосуточный доступ к этому сайту, где они также общаются со своим преподавателем и оставляют ему свои послания и готовые письменные работы. Многие лекционные курсы оцениваются студентами в основном со стороны зрительного эффекта, которые они производят, и более высокие рейтинги получают те преподаватели, которые более удачно визуально преподносят свои курсы.

Можно наметить несколько конкретных перспективных тенденций развития современного университета. Ни для кого не секрет, что отношение студентов и их родителей к университетскому образованию становится все более потребительским. Большое значение приобретают такие компоненты выбора университета, как стоимость обучения (быть может, цена превращается в ведущий фактор в определении высшего учебного заведения будущим студентом и его родителями), территориальная расположенность, широко известный бренд, красивый и убедительный

каталог, хорошая реклама, наличие современного сайта и пр.

Для большинства студентов университетское образование потеряло характеристики экзистенциальности, обучение в университете — это всего лишь эпизод в их жизни, развертывающейся параллельно с другими, не менее важными эпизодами: престижная работа, личная жизнь, наполненная удовольствиями потребительского общества, и пр.

Имея это в виду, от университета требуется безусловно хороший сервис во всех его инфраструктурных и основных компонентах: доступность и инвайронментальная дружелюбность (хорошее расположение кампуса в городе, удобная парковка автомобилей, развитая природная среда, комфортность, экологичность помещений, прекрасное питание, наличие торговых точек и индустрии рекреации непосредственно в кампусе и др.), легкая усваиваемость предметов, сквозная ясность состава образовательного продукта с заранее ожидаемыми свойствами (дисциплины, учебные программы, биографии профессоров), полное соответствие требованиям рынка труда, наличие в учебном плане спецпредложений, то есть особых эксклюзивных предметов), недоступных студентам других вузов, организация праздников и фестивалей самого различного рода, необременительность университетской жизни. Университет должен находиться на гребне технического и технологического прогресса, предлагая студентам самые новейшие достижения в организации учебного процесса и студенческой жизни. Постепенно университетское образование включается в процесс виртуализации, то есть все больший вес приобретают программы дистантного образования, телеконференции, образование через интернет-сайты и пр. Для любого студента университет и преподаватель должны быть оперативно доступны. И даже традиционные формы обучения скоро уже будут немыслимы без максимальной поддержки в Интернете и виртуальных библиотек.

Постепенно трансформируются и другие, казалось бы, вечные формы университетского преподавания. На смену поточным лекциям приходят дискуссии со студентами

по типу «ток-шоу», возникает сеть промежуточных форм вовлечения клиентов в университетское образование: семинары для публики и местного сообщества, консультации фирмам и общественным организациям и многое другое. Иногда за участие в этих, чаще всего платных формах работы студентам могут начисляться зачетные баллы, которые в итоге войдут в учебный план. За всем этим стоит принцип «Все средства хороши» для привлечения новой клиентуры (но при этом под угрозой будет соблюдение высокого стандарта предоставляемых образовательных услуг). В этих условиях потребуются четкие регулирующие нормы и принципы. Все обуславливается контрактами и договорами, за каждой формой взаимодействия со студентами-клиентами должно быть грамотное, а главное — прозрачное юридическое сопровождение.

Хорошо, если вуз может предложить учебные (и досуговые) программы за рубежом и иметь свои кампусы-базы в различных привлекательных регионах. В этом смысле процесс обучения и туризм постепенно сближаются. К примеру, Бостонский университет имеет программу обучения на океанском лайнере, барражирующем в Мировом океане и встающем на якорь в различных портах. При чем речь идет не об обучении океанологии, а о сугубо гуманитарных и экономических дисциплинах. В процессе обучения студенты хотят быть в движении, меняя координаты своей географической и социально-культурной локализации. Имея в виду профиль нашего вуза, это вовсе не кажется утопией.

В Концепции модернизации российского образования на период до 2010 года определен ряд принципов, которые заложены в основу разработки содержания высшего образования: универсальность, то есть полный набор гуманитарных дисциплин для базовой подготовки специалистов; интегративность — содержательное и структурное единство учебного процесса; вариативность — гибкое сочетание обязательных базовых курсов и дополнительных дисциплин по выбору студентов; целостность картины мира, которая обеспечивается комплексом базовых дисциплин; фундаментальность — высокое качество и научная основательность общекультурной,

гуманитарной, психолого-педагогической и специальной подготовки.

Данные принципы предопределяют содержание задач гуманитарной составляющей вуза: предложить студенту систему знаний о взаимосвязях человека с природой, обществом и государством. Тем самым способствовать развитию и углублению целостной гуманитарной и естественно-научной картины мира. Это даст возможность студенту самостоятельно оценивать социальные и природные явления и процессы, а также овладеть способами работы с огромным объемом информации. В рамках проблемы гуманизации образования стоит задача вооружить студента системой антропологического знания в соответствии с принципом проблемно-содержательной взаимосвязи социальных, гуманитарных, культурологических, психолого-педагогичес-

ких и специальных дисциплин, обеспечить становление общей и профессиональной культуры специалиста. Комплекс гуманитарных дисциплин имеет цель — ознакомить студентов с наличным уровнем знаний о природе, о путях и средствах освоения человеком мира, иными словами, обрести мировоззренческие ориентации. Достижение этой цели целесообразно осуществлять посредством комплексного решения задач гуманитаризации инженерного образования. Думается, что сегодня очень важно в деле подготовки квалифицированных специалистов для транспортной отрасли использовать весь просветительский, обучающий и воспитательный потенциал общественных дисциплин — философии, социологии, политологии, отечественной истории, экономической теории, психологии и педагогики, культурологии и др.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 681.322

В. Д. Чертовской,
д-р техн. наук, профессор,
СПГУВКМОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ
АДАПТИВНОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯMODELING OF PROCESSES OF ADAPTIVE
AUTOMATIZED CONTROL

Показана необходимость использования адаптивного автоматизированного управления производством в условиях рыночных отношений. Отмечено, что процесс планирования может быть изучен аналитически. Для более сложного процесса управления на первом этапе исследования предложен метод моделирования. Приведены результаты моделирования для процессов планирования и управления в рамках программного продукта MatLab.

Necessity to apply of adaptive automatized control of manufacturing in market environment is shown. Planning process can be researched analytical. For more complex control process is considered in the first stage of research the modeling method. Modeling results of planning and control processes are represented in toolbox MatLab.

Ключевые слова: адаптивное, автоматизированное, процесс, планирование, управление, моделирование.

Key words: adaptive, automatized, process, planning, control, modeling.

Введение

Современные производства работают в динамичной рыночной среде [1]. Это требует использования адаптивных автоматизированных систем управления производством.

Суть таких систем, требования к методам их описания и сравнительный анализ рассмотрены в работе [1], продолжением и разви-

тием которой является настоящая работа.

При рассмотрении отдельного элемента системы возможны изменения величин ΔR_3 , ΔR_4 , Δb , Δc , где ΔR_3 , ΔR_4 — изменения в спросе на старую и новую продукцию; Δb — изменения в ресурсном обеспечении; Δc — изменения цены (прибыли). Всего имеется 16 вариантов задач (таблица).

Таблица 1

Варианты задачи

	Спрос	Вариант			
		I	II	III	IV
1	$\Delta R_3 = 0$	$\Delta b = 0$	$\Delta b \neq 0$	$\Delta b = 0$	$\Delta b \neq 0$
	$\Delta R_4 = 0$	$\Delta c = 0$	$\Delta c = 0$	$\Delta c \neq 0$	$\Delta c \neq 0$
2	$\Delta R_3 \neq 0$	$\Delta b = 0$	$\Delta b \neq 0$	$\Delta b = 0$	$\Delta b \neq 0$
	$\Delta R_4 = 0$	$\Delta c = 0$	$\Delta c = 0$	$\Delta c \neq 0$	$\Delta c \neq 0$
3	$\Delta R_3 = 0$	$\Delta b = 0$	$\Delta b \neq 0$	$\Delta b = 0$	$\Delta b \neq 0$
	$\Delta R_4 \neq 0$	$\Delta c = 0$	$\Delta c = 0$	$\Delta c \neq 0$	$\Delta c \neq 0$
4	$\Delta R_3 \neq 0$	$\Delta b = 0$	$\Delta b \neq 0$	$\Delta b = 0$	$\Delta b \neq 0$
	$\Delta R_4 \neq 0$	$\Delta c = 0$	$\Delta c = 0$	$\Delta c \neq 0$	$\Delta c \neq 0$

Строка 4 является сочетанием строк 2, 3, в которых изменения ΔR_3 и ΔR_4 рассмотрены порознь. В связи с этим строку 4 рассматривать отдельно нецелесообразно. По этим же причинам нет резона рассматривать варианты столбца IV, который является сочетанием столбцов II и III. Строка 1 соответствует традиционному управлению.

Вариант I.1 соответствует процессу планирования, вариант I.2 характеризует компенсацию сигнальных возмущений в традиционной автономной системе управления. Вариант I.3 соответствует адаптивной автономной системе управления с изменением параметров.

Варианты II.1 и III.1 говорят о «чистой» оценке возмущений в системе управления. На действия возмущений в вариантах II.2 и III.2 накладывается входной сигнал, усложняя «видение» общей картины процессов. В связи с этим имеет смысл варианты II.2 и III.2 не рассматривать, а исследовать только вариант I.2. Особый интерес представляет прежде всего вариант I.3 в «чистом виде», а потому изучение вариантов II.3 и III.3 остается под вопросом.

В варианте I.3 осуществляется, таким образом, ориентация производств на потребителя, поскольку производитель вынужден приспосабливаться к изменениям параметров рыночной среды. Иными словами, система управления должна стать адаптивной.

Под **адаптацией** понимается процесс изменения структуры, параметров и алгоритмов системы на основе дополнительной информации, получаемой в процессе управления, с целью достижения оптимального состояния или поведения системы при начальной неопределенности и изменяющихся условиях работы, определяемых во взаимодействии с внешней средой.

В процессе управления организационно-экономическими системами изменяется структура спроса, которая определяет изменения цели работы системы. Компенсация таких изменений может быть в общем случае осуществлена изменениями структуры системы. Под **структурой** понимается совокупность элементов и их связей. Введение (удаление) новых структурных элементов (реконструкция) организационно-экономических систем управления связано с серьез-

ными затратами. В связи с этим компенсация изменения состава вектора цели осуществляется изменением состава векторов плана и управляющих воздействий, то есть посредством изменения структурных связей системы (маршрутов — в терминах предметной области) и, возможно, весов отдельных составляющих целевых функций. В данной работе под изменением структуры подразумевается изменение связей при фиксированных структурных элементах. Иными словами, фактически используется понятие «гибкость» — способность системы изменять цели функционирования за счет изменения структурных связей без существенных затрат (перевооружения производства). Гибкость представляет собой таким образом частный случай процедуры адаптации.

Во вновь введенной классификации адаптивных систем гибкие системы отнесены к интеллектным системам с наличием человеческого фактора.

Гибкие системы отличаются многоэлементным составом. Более того, элементы управляющей части характеризуются в процессе эксплуатации наличием целенаправленности, экономического интереса, который в математической форме может быть представлен целевой функцией. Работа целенаправленной системы проходит более успешно в случае согласования экономических интересов.

В публикации [2] выявлено, что для теоретического (математического) описания многоуровневых автоматизированных систем управления пригодны системный и однородный методы.

Системный метод предполагает описание процесса планирования с помощью широко распространенного аппарата статического линейного программирования (СЛП), а процесса управления — с применением линейно-квадратичной оптимизации (ЛКО). Применение разных типов описания требует их согласования. К тому же в ЛКО не учтено воздействие нелинейностей, всегда имеющих место, а квадратичный критерий затрудняет экономическую трактовку как постановки задачи, так и полученных результатов.

В связи с этим предпочтительнее оказался однородный метод, в котором и процесс

планирования, и процесс управления описываются с помощью динамического линейного программирования (ДЛП).

В опубликованных автором работах основное внимание уделено математическому описанию отдельных структурных элементов без учета и с учетом специфики уровней многоуровневой системы управления.

Постановка задачи. Вместе с тем требуется решение проблемы согласования экономических интересов целенаправленных элементов процессов планирования и координации динамических свойств в процессе управления.

Процесс планирования является динамическим и имеет следующее описание для отдельных элементов (уровней).

Уровень $h = 1$.

$$z_k(t_{i+1}) = A_k z_k(t_i) + B_k p_{1k}(t_i), z_k(0) = z_{k0}, \quad (1)$$

$$p_k(t_i) = C_{kk} z(t_i), \quad (2)$$

$$D_k p_{1k}(t_i) \leq b_k(t_{i-1}), p_k(t_i) \geq 0, \quad (3)$$

$$J_k = -F_k \sum_{i=1}^N p_k(t_i) \rightarrow \min, \quad (4)$$

где z_k , p_k — векторы планового незавершенного производства и ежедневного плана, p_{1k} — вектор запуска комплектов материалов в производство, D_k — матрица норм расходов, b_k — вектор наличного количества ресурсов; P_k — вектор плана с накоплением, F_k — прибыль от выпуска единицы продукции, A_k , B_k , C_k — матрицы соответствующей размерности, отражающие динамику процесса планирования; t_i , T — минимальный интервал времени и время моделирования, $[t_i] - [t_{i-1}] = \Delta t = \text{const}$; $i = 1, I$; k — номер подразделения.

Уровень $h = 3$.

$$P(T) \geq R(T), \quad (5)$$

$$P(T) = P(0) + p(T), P(0) = P_0, \quad (6)$$

$$Z(T) = AZ(0) + Bp_1(0), Z(0) = Z_0, \quad (7)$$

$$p(T) = Cz(T), \quad (8)$$

$$Dp_1(T) \leq b(0), \quad (9)$$

$$J = -\langle G, P(T) \rangle \rightarrow \min, \quad (10)$$

где Z , p — векторы незавершенного производства и ежедневного плана; p_1 — вектор

запуска комплектов материалов в производство; R — вектор спроса; D — матрица норм расходов; b — вектор наличного количества ресурсов; P — вектор плана с накоплением; G — прибыль от выпуска единицы продукции; A , B , C — матрицы соответствующей размерности; t , T — минимальный интервал времени и время моделирования.

Уровень $h = 2$.

$$z_k(t_{i+1}) = A_k z_k(t_i) + B_k p_{1k}(t_i), z_k(0) = z_{k0}, \quad (11)$$

$$p_k(t_i) = C_{kk} z(t_i), \quad (12)$$

$$\sum_{i=0}^I D_k p_{1k}(t_i) \leq \sum_{i=0}^I p_{1k-1}(t_i), \quad (13)$$

$$\sum_{i=0}^I D_1 p_{11}(t_i) \leq b(0), \quad (14)$$

$$\sum_{i=0}^I p_{1k}(t_i) \geq P(T), \quad (15)$$

$$J = \sum_{i=0}^I J_k \rightarrow \min. \quad (16)$$

Процесс управления имеет следующее описание для разных уровней.

Уровень $h = 1$.

$$z_k(t_{i+1}) = A_k z_k(t_i) + B_k u_k(t_i), \quad (17)$$

$$y_k(t_i) = C_k z_k(t_i), \quad (18)$$

$$D_k u_k(t_i) \leq b_k(t_{i-1}), \quad (19)$$

$$\varepsilon_k(t_i) = p_k(t_i) - y_k(t_i), \quad (20)$$

$$J = \sum_{i=0}^I \{C_{1k} \varepsilon_k(t_i) + C_{2k} u_k(t_i)\} \geq \min, \quad (21)$$

где p_k , z_k , u_k , y_k , b_k — векторы плана, состояния, управления размерности ресурсов, выхода, наличных ресурсов; A_k , B_k , C_k — матрицы, характеризующие динамику; D_k — матрица норм расхода ресурсов; C_1 , C_2 — вектор строки потерь за счет отклонения от плана и потребностей в дополнительных ресурсах для управления; $\varepsilon_k(t_i) = p_k(t_i) - y_k(t_i)$ — вектор отклонений; T — интервал времени; k — номер подразделения.

Уровень $h = 3$.

$$Z(T) = AZ(0) + BU(0), \quad (22)$$

$$Y(T) = CZ(T), \quad (23)$$

$$DU(T) \leq b(0), \quad (24)$$

$$E(T) = P(T) - Y(T), \quad (25)$$

$$J = \{C_1 E(T) + C_2 U(T)\} dT \rightarrow \min. \quad (26)$$

Уровень $h = 2$.

$$z_k(t_{i+1}) = A_k z_k(t_i) + B_k u_k(t_i) + \sum_{j=1, j \neq k}^K A_{kj} z_j(t_i) + B_{0k} U_0(t_i), k=1, K, \quad (27)$$

$$y_k(t_i) = C_k z_k(t_i), \quad (28)$$

$$D_k u_k(t_i) \leq b_k(t_{i-1}), \quad (29)$$

$$\varepsilon_k(t_i) = p_k(t_i) - y_k(t_i), \quad (30)$$

$$J = \sum_{k=1}^K J_k, \quad (31)$$

где U_0 — управление с более высокого уровня.

Решение задачи. Проблема согласования экономических интересов для процесса планирования при использовании СЛП в системном методе подробно освещена в [2]. Этим результатом можно воспользоваться в ДЛП процесса планирования однородным методом, если удастся свести задачу ДЛП к задаче СЛП.

Эта процедура для уровня $h = 1$ выглядит следующим образом:

$$z(t_{i+1}) = z(t_i) + A z(t_i) + B u(t_i), \quad (32)$$

$$z(t_N) = z(t_{N-1}) = A^N z(0) + A^R B P1, \quad (33)$$

$$J(p(t_i)) = - \sum_{r=1}^R A^r B P1 \rightarrow \max, \quad (34)$$

$$f_*(t_i) \leq p(t_i) \leq f^*(t_i), \quad (35)$$

$$g_* \leq C A^R B P1 \leq g^*(T), \quad (36)$$

где $r = (i-1, i-2, \dots, 0)$; $R = (N-1, N-2, \dots, 0)$; $A^R B = (A^{N-1} B \ A^{N-2} B \ \dots \ A B \ B)$; $P1^T = (p(0), p(t_1), \dots, p(t_{N-1}))$; g, f — векторы ограничений.

Задача (32)–(36) является задачей статического линейного программирования, и согласование экономических интересов для нее возможно способом, детально описанным в работе [2].

Проблема согласования экономических интересов в процессе планирования имеет относительно простое решение в силу разомкнутой структуры процесса.

Проблему согласования экономических интересов в процессе управления все же удастся решить путем сведения задачи ДЛП к задаче СЛП с учетом обратной связи. С учетом

выражений вида (32)–(33) описание (17)–(21) процесса управления уровня $h = 1$ может быть приведено к такому виду.

$$J(u) = \left\{ \sum_{r=1}^R C_1 C (A^r B) - C2 \right\} U \rightarrow \max, \quad (36)$$

$$J(u(t_i)) = - F A^T B U \rightarrow \max, \quad (37)$$

$$f_*(t_i) \leq u(t_i) \leq f^*(t_i), \quad (38)$$

$$g_* \leq C A^R B U \leq g^*, \quad (39)$$

где $r = (i-1, i-2, \dots, 0)$; $R = (N-1, N-2, \dots, 0)$; $A^R B = (A^{N-1} B \ A^{N-2} B \ \dots \ A B \ B)$; $U^T = (u(0), u(t_1), \dots, u(t_{N-1}))$; g, f — векторы ограничений.

Для задачи (36)–(39) снова может быть применен способ согласования экономических интересов, описанный в работе [2].

Гораздо труднее проблема координации динамических свойств, предполагающая наличие минимальной ошибки слежения при неколебательном переходном процессе. При этом следует учесть, что при линейном критерии решение находится на границах рассматриваемого интервала времени.

Обеспечить минимальную ошибку возможно либо с помощью введения большого коэффициента усиления, либо с помощью введения интегрирующего звена. Сложнее вопрос обеспечения неколебательного переходного процесса.

В силу сложности вопроса на первом этапе исследования процесса управления целесообразно применить метод моделирования, который одновременно дает возможность контрольной проверки результатов для процесса планирования.

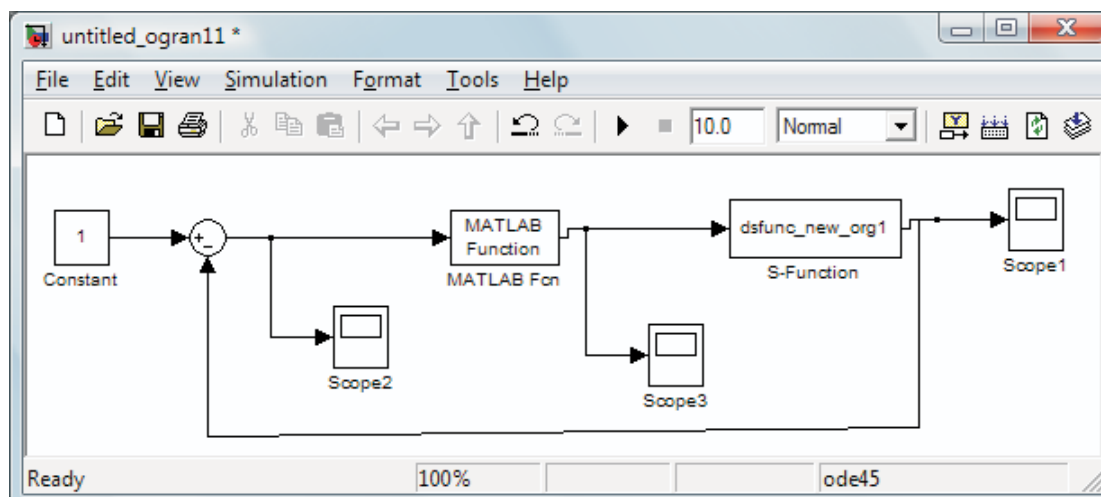
Моделирование и его результаты. Безусловно, моделирование для реальных промышленных объемов большой размерности целесообразно проводить с применением СУБД InterBase с режимом клиент-сервер в среде Delphi. Такая модель-программа для отдельного элемента создана автором и описана в работе [2].

Прямое моделирование в InterBase процедур взаимодействия структурных элементов с проведением изучения влияния параметров модели затруднительно. Для оперативного исследования более подходят программные продукты Excel и MatLab. Excel отличается неудобным интерфейсом,

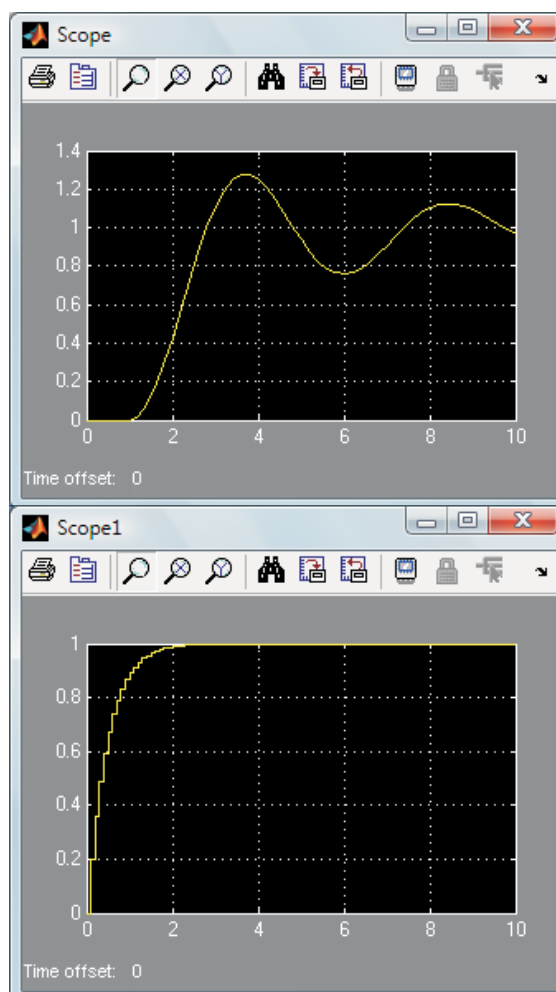
сложностью формирования динамических процессов и более удобен для контрольных проверок частных результатов моделирования (процесс планирования для отдельных структурных элементов).

В связи с этим моделирование предпочтительно вести в MatLab с использованием Toolbox Optimization и SIMULINK.

Схема процесса управления в квазиоптимальном режиме показана на рис. 1, а.



а

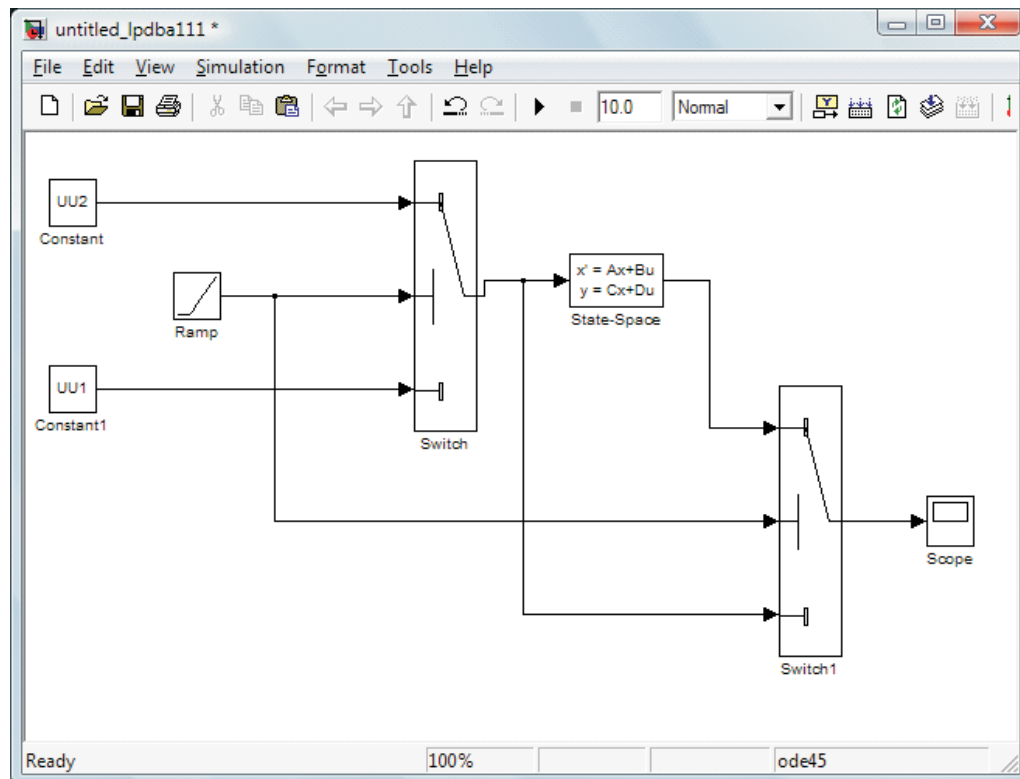


б

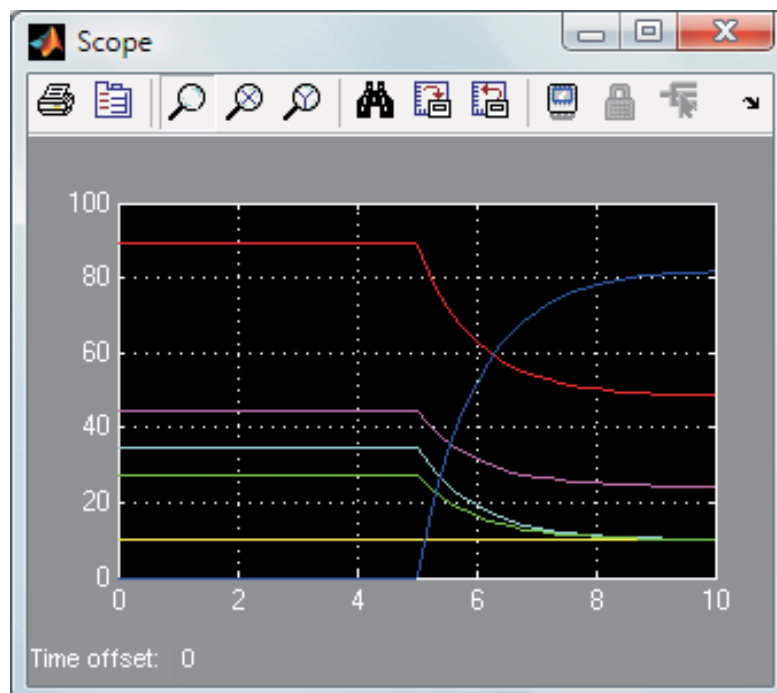
Рис. 1. Переходные процессы при неоптимальном и квазиоптимальном управлении

Из рис. 1, б видно, что колебательный переходный процесс объекта управления становится неколебательным в системе с

обратной связью. Построение оптимального режима связано с выполнением программы [1].

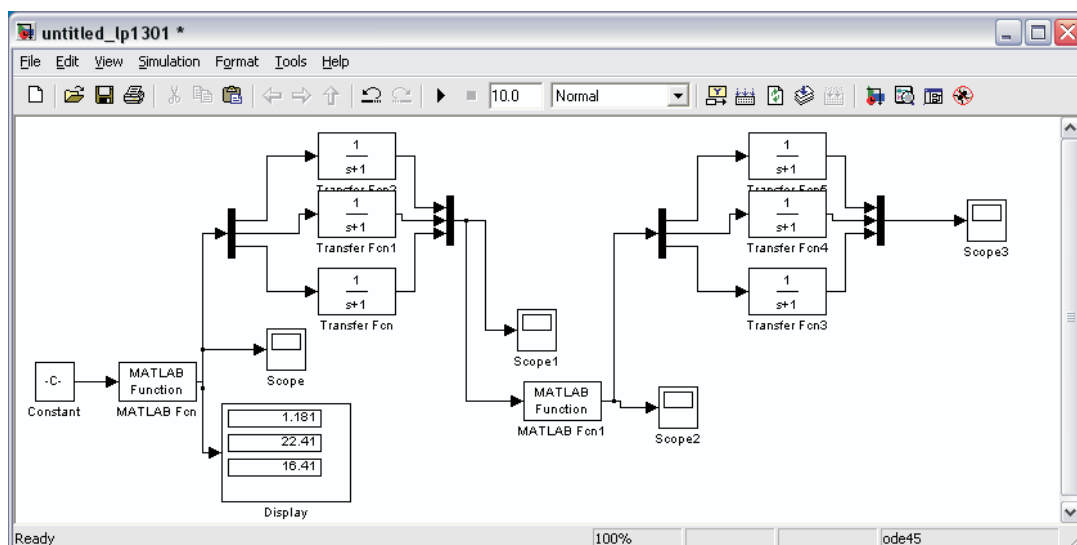


а

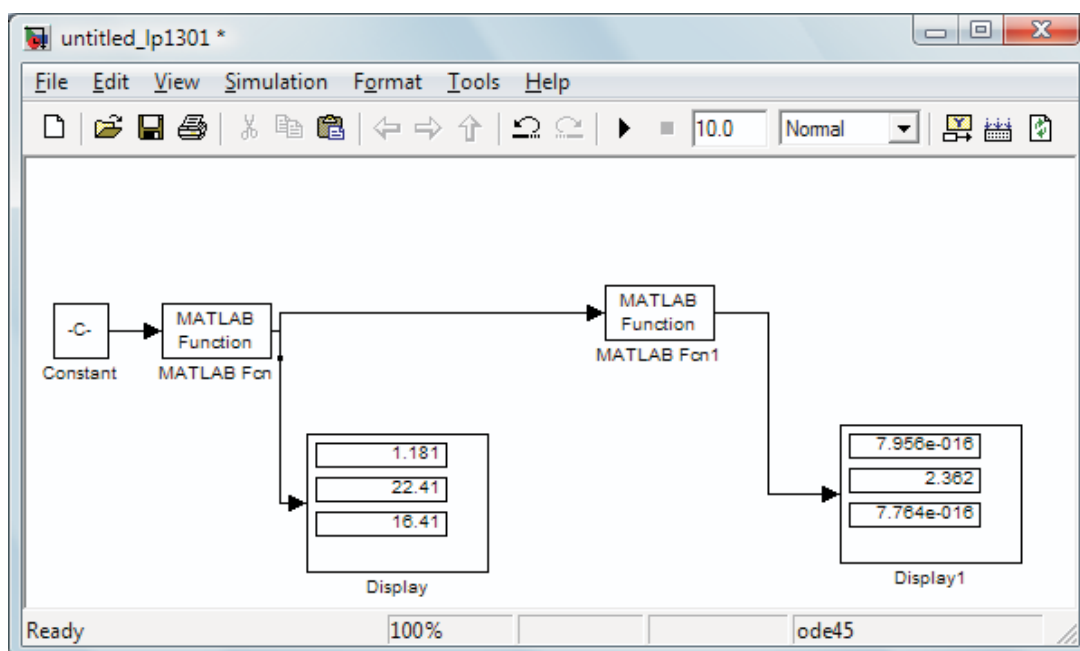


б

Рис. 2. Переход на выпуск новой продукции



а



б

Рис. 3. Схемы горизонтального взаимодействия для процессов управления (а) и планирования (б)

На рис. 2 представлена схема моделирования (а) и график процесса управления путем оперативного перехода на выпуск новой продукции (б).

Схемы горизонтального взаимодействия в процессе управления и планирования представлены на рис. 3.

Предварительно следует подобрать числовые данные для этой задачи в соответствии с программой Р. Габасова [3]. В ней задаются

границы элементов матриц и составляющих векторов задачи статического линейного программирования. Программа трансформирована так, что выход предыдущего элемента равен входу последующего элемента.

Возможно составить схему для нескольких структурных элементов. Не представляет труда моделирование вертикального взаимодействия, однако при этом следует более тщательно балансировать входы и выходы гори-

зонтальной цепочки со входами и выходами элемента более высокого уровня.

Заключение. Показана возможность использования моделирования для оператив-

ного исследования процессов в адаптивной автоматизированной системе. Созданы предпосылки для формирования аналитических способов изучения названных систем.

Список литературы

1. Чертовской В. Д. Информационные технологии в исследовании процесса управления производством // Журнал университета водных коммуникаций. — СПб., 2010. — Вып. 1. — С. 123–128.
2. Чертовской В. Д. Интеллектуализация автоматизированного управления производством. — СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2007. — 164 с.
3. Альсевич В. В., Габасов Р., Глушенков В. С. Оптимизация линейных экономических моделей. Статические задачи. — Мн.: БГУ, 2000. — 210 с.

УДК 621.396.218

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

Т. П. Кныш,
канд. физ.-мат. наук, доцент,
СПГУВК

СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ В ОБРАЗОВАНИИ

SYSTEMS OF COMPUTER MATHEMATICS IN EDUCATION

В статье обсуждаются проблемы применения систем компьютерной математики, в частности математической системы Maple, в образовании.

In article problems of application of systems of computer mathematics, in particular, mathematical systems Maple, in education are discussed.

Ключевые слова: системы компьютерной математики, образование, математика.
Key words: systems of computer mathematics, education, mathematics.

СОВСЕМ недавно, решая даже простые численные задачи, мы были вынуждены осваивать основы программирования и писать программы одноразового применения. Между тем возможности компьютеров постоянно росли. Современные персональные компьютеры по своим возможностям намного превосходят первые ЭВМ, занимавшие целые комнаты и залы. А скорость вычисления нынешних

ПК в сотни раз превосходит скорость вычисления первых ПК. В связи с этим стал меняться взгляд на назначение компьютера. На первое место вышло применение их для работы с текстовыми процессорами (например, Microsoft Word) и прикладными программными системами для автоматизации офисной деятельности. Развитие мультимедиа привело к бурному применению компьютеров в роли игровых автоматов.

В результате главный стимул развития компьютерной техники создается, к сожалению, не высокоинтеллектуальными задачами.

Однако времена меняются и вечные ценности, к коим принадлежат наука и образование, вновь возвращаются. В последние годы во всем мире существенно возрос интерес к серьезному применению ПК, в том числе в области математических расчетов. Этому в большой степени способствовала разработка специальных компьютерных математических программных систем, резко снизивших потребность в написании собственных программ при решении математических задач.

В последние годы показателем интеллектуальной мощи компьютеров, в том числе и персональных, стали уже не программы для игры в шахматы, а новейшие системы компьютерной математики (СКМ) (иногда их называют системами компьютерной алгебры, или системами символьных (аналитических) вычислений).

Большинство первых систем (Mercury, Excel, Lotus-123, Mathcad для MS-DOS, PC MATLAB и др.) предназначались для численных расчетов. Они как бы превращали компьютер в большой программируемый калькулятор, способный быстро и автоматически выполнять арифметические и логические операции над числами или массивами чисел. Их результат всегда конкретен — это или число, или набор чисел, представляющих таблицы, матрицы или точки графиков. Разумеется, компьютер позволяет выполнять такие вычисления с немыслимой ранее скоростью, педагогичностью и даже точностью, выводя результаты в виде хорошо оформленных таблиц или графиков.

Созданные для проведения символьных преобразований математических выражений, эти системы были доведены до уровня, позволяющего облегчить, а подчас и заменить труд математиков — теоретиков и аналитиков.

Сейчас СКМ выпускаются самого разного «калибра» — от рассчитанной «на всех» системы Mathcad, поразительно компактной, быстрой и удобной для простых символьных вычислений системы Derive, до компьютерных монстров Mathematica, MATLAB и Maple, имеющих тысячи встроенных и библиотечных

функций и поразительные возможности графической визуализации вычислений. Все эти системы работают на персональных компьютерах, оснащенных популярными операционными системами класса Windows, есть версии под операционные системы Linux, Unix, Mac и др. Они давно знакомы пользователям больших компьютеров и даже суперкомпьютеров.

Одной из самых мощных и интеллектуальных систем компьютерной алгебры является Maple. Эта система была создана группой ученых, занимающихся символьными вычислениями (The Symbolic Group), организованной Кейтом Геддом (Keith Geddes) и Гастоном Гонэ (Gaston Gonnet) в 1980 г. в университете Waterloo, Канада. Вначале она была реализована на больших компьютерах и прошла долгий путь апробации, вобрав в свое ядро и библиотеки, и большую часть математических функций и правил их преобразований, выработанных математикой за столетия. Есть реализации программы на платформах ПК Macintosh, Unix и др.

Несмотря на свою направленность на серьезные математические вычисления, системы класса Maple необходимы довольно широкой категории пользователей: студентам и преподавателям вузов, инженерам, аспирантам, научным работникам и даже учащимся математических классов общеобразовательных и специальных школ.

Трудно сказать, сколько ребят невзлюбили математику из-за неудач в ее изучении, неправильно сделанных математических преобразований на контрольных работах и экзаменах. Еще больший урон наносит неумение выпускников школ и вузов применять современные математические методы на практике, хотя именно это является конечной целью фундаментального математического образования. Многие студенты запоминают математические истины от силы на несколько дней во время экзаменов.

Как же найти выход из этого тупика? Одна из возможностей — применение достаточно универсальных СКМ, автоматизирующих большую часть математических вычислений. Такие системы позволяют пользователю — как студенту, так и научному работнику — быстро вспомнить полученные в вузе

знания и легко использовать их на практике без этапа нудных и трудоемких рутинных вычислений и преобразований. А заодно и освоить новые для себя методы и разделы современной математики.

Увы, в нашей системе образования недостаточное знакомство с современными СКМ характерно не только для студентов, но и для доцентов и профессоров вузов. Среди них хорошее владение СКМ скорее исключение, чем правило. Это серьезно препятствует решению ряда первостепенных проблем образования — повышению его фундаментальности и вхождению нашей образовательной системы в общемировую, где компьютерные системы символической математики в последние годы нашли самое широкое применение.

Очевидно, что чем раньше пользователь ПК начнет знакомиться с СКМ, тем больше математических знаний он получит. Хотя, безусловно, желательно, чтобы такое использование шло под контролем опытного преподавателя.

Математика непрерывно развивается, и ни один самый способный ученик не в состоянии запомнить все математические законы и правила, созданные за многовековую историю человечества. Сотни лет назад такие задачи, как решение квадратного уравнения в общем виде, были в числе труднейших математических задач, а сейчас их «щелкают» школьники. Даже многотомные справочники по математике не гарантируют полного описания всех ее возможностей. Так что нет ничего страшного в том, что в наш просвещенный век вычисление производных или первообразных функций в аналитическом виде берет на себя компьютер. И их применение внешне становится таким же простым, как таблица умножения.

Во всех современных СКМ примеры применения «живые» — вы можете подыскать наиболее близкий к решаемой вами задаче пример и тут же перестроить его под свои нужды.

В данной статье остановимся на примерах применения математической системы Maple в образовательном процессе. Достоинствами этого пакета являются: стандартный для операционной системы Windows интерфейс, его универсальность — возможность ре-

шения широкого круга задач. Maple позволяет выполнять сложные алгебраические преобразования, вычислять пределы, суммы, произведения, производные и интегралы, находить решения обыкновенных дифференциальных уравнений, систем дифференциальных уравнений, дифференциальных уравнений в частных производных. С его помощью можно решать задачи аналитической геометрии, теории вероятностей и математической статистики, тензорного анализа и линейной алгебры, дискретной математики, теории групп и многое другое.

Приведем простейшие примеры (рис. 1):

$$\begin{aligned}
 a &> \int_1^7 x^n dx; \\
 &\quad \frac{-1 + 7^{n+1}}{n+1} \\
 b &> eq := a \cdot x^2 + b \cdot x + c; \\
 &\quad a x^2 + b x + c \\
 &> solve(eq, x); \\
 &\quad \frac{1}{2} \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{a}, -\frac{1}{2} \frac{b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{a} \\
 в &> series(\sin(x), x); \\
 &\quad x - \frac{1}{6} x^3 + \frac{1}{120} x^5 + O(x^6)
 \end{aligned}$$

Рис. 1. Примеры вычислений из области математического анализа:

a — вычисление определенного интеграла;

b — решение квадратного уравнения;

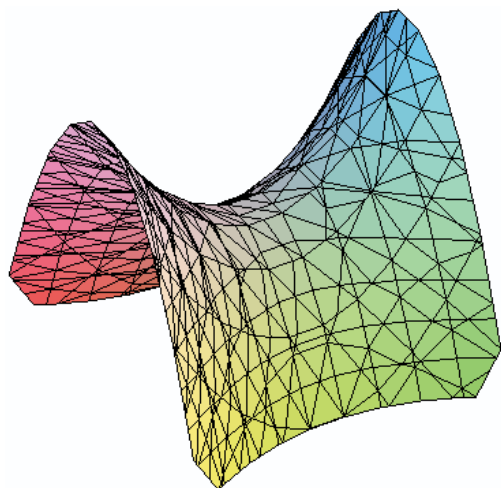
в — разложение в ряд

Особенно следует отметить великолепные графические возможности системы (двух- и трехмерная графика), позволяющие представлять в графической форме различные данные и результаты решения задач. Использование графических возможностей систем позволяет сделать процесс изучения той или иной дисциплины более наглядным, понятным и быстрым.

Особых трудностей при изучении правил взаимодействия с ПО научного назначения у студентов не возникает, тем более если у них имеется опыт работы с пакетами общего назначения.

Многие виды вычислений, даже элементарных, довольно трудоемки. Например, построение трехмерной поверхности требует зачастую сотен однообразных вычислений, выполнять которые крайне мучительно, даже используя калькулятор. Современные СКМ делают это за считанные секунды, а то и за доли секунды. К тому же, они сразу же строят графики поверхностей с разнообразной функциональной окраской и позволяют интерактивно вращать их, добиваясь лучшей выразительности и лучшего обзора фигур, как на рис. 2.

```
> with(plots):  
> implicitplot3d(x^2/16-y^2/9-z,x=-30..30,  
y=- 30..30,z=-60..60);
```



(и подобные ей символьные математические системы) от систем для выполнения численных расчетов. При символьных операциях, называемых также аналитическими, задания на вычисление составляются в виде символьных (формульных) выражений и результаты вычислений также получаются в символьном виде. Численные результаты при этом являются частными случаями символьных.

В новых стандартах образования роль СКМ наконец-то осознана всерьез. По ряду специальностей математического профиля предусмотрено изучение СКМ.

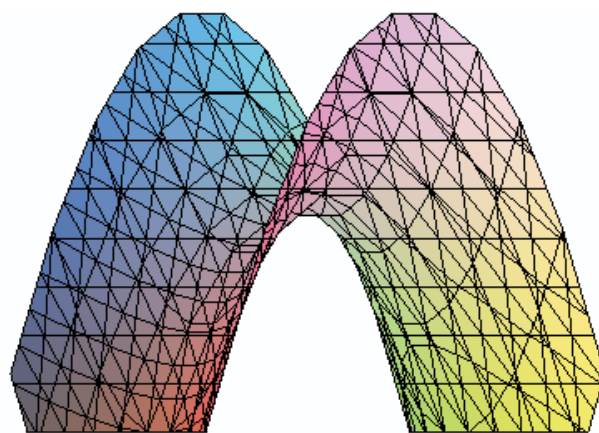


Рис. 2. Гиперболический параболоид

Однако результаты вычислений редко бывают абсолютно точными в математическом смысле: как правило, при операциях с вещественными числами происходит их округление, обусловленное принципиальным ограничением разрядной сетки компьютера при хранении чисел в памяти. Реализация большинства численных методов (например, решения нелинейных или дифференциальных уравнений) также базируется на заведомо приближенных алгоритмах. Часто из-за накопления погрешностей эти методы теряют вычислительную устойчивость и расходятся, давая неверные решения или даже ведя к полному краху работы вычислительной системы — вплоть до злополучного «зависания».

Символьные операции — это как раз то, что кардинально отличает систему Maple

В конечном счете, СКМ — не более чем удобный и мощный инструмент для учащегося, педагога, инженера или научного работника. Как его применять (в методическом, научном и практическом отношении), зависит уже от пользователя. Однако важно и ценно то, что системы символьной математики снимают у учащихся психологический барьер в реальном применении математики, особенно высшей.

Тем не менее многие преподаватели математики опасаются приобщения своих учеников к работе с СКМ. Бывает, что некоторые преподаватели школ и вузов при подготовке массовых заданий по алгебре, тригонометрии и геометрии сами применяют СКМ — например, для подготовки контрольных по курсам математики или физики. Но это становится

еще одним наивным поводом ограждать учащихся от систем символьной математики и даже запрещать их в учебном процессе. Оно и понятно — ведь школьник или студент, имеющий компьютер с системой компьютерной алгебры, «прощелкает» все подобные примеры за считанные минуты. Между тем учащиеся, столь виртуозно владеющих системами компьютерной математики, надо всячески поощрять!

Надо учитывать, что эффективное применение систем компьютерной алгебры практически невозможно без четкого понимания основ элементарной и высшей математики. Невозможно оно и без творческого участия пользователя как в постановке решения задач, так и в контроле и отборе результатов их решения. В большинстве математических систем используются специальные опции и директивы, направляющие решение в нужное русло. В какое именно, должен определить пользователь, владеющий нужными для этого математическими понятиями. Кроме того, именно пользователю необходимо проверить полученные результаты и убедиться в их достоверности.

Среди части преподавателей вузов существует в корне неверное мнение о том, что не нужно изучать сами СКМ — достаточно использовать доморощенные обучающие программы. Среди таких программ и впрямь есть интересные разработки, но они, как правило, базируются на ядре той или иной символьной СКМ, причем нередко старых версий, применяемых с целью обойти лицензионные ограничения.

По большому счету, такие обучающие системы ничего нового в процесс математических вычислений не вносят. Современные универсальные СКМ намного мощнее подобных программ, имеют более совершенный и удобный интерфейс пользователя, а главное — только они реально применяются на месте работы будущих специалистов. Поэтому изучение современных СКМ столь же необходимо, как изучение офисных программ, например того же текстового редактора Word. Наиболее удобной формой для этого являются спецкурсы, хотя и в ряде обязательных курсов такое изучение предусмотрено новыми учеб-

ными программами Министерства образования РФ.

У нас на факультете информационных технологий СПГУВК использование СКМ поддерживается изучением базовых возможностей Maple в общем, вводном курсе «Введение в математические пакеты» для студентов-математиков I курса. На последующих курсах пакет Maple широко используется в таких дисциплинах, как «Численные методы», «Теория вероятности», «Дифференциальные уравнения», «Уравнения математической физики» и т. п. И как заключительный аккорд на V курсе изучается дисциплина «Решение прикладных задач в математических пакетах». Все эти курсы обеспечены соответствующими учебниками и учебными пособиями (см., например, [1; 2]). Это позволяет упрочить использование СКМ как естественную среду жизни математика или инженера, предоставляющую ему возможности проведения аналитических, численных и графических вычислений. Такой подход поддерживается заметным числом преподавателей факультета и в основных, и в специальных курсах.

Современные СКМ следует рассматривать не только как электронные справочники нового поколения, но и как системы для самообучения и дистанционного обучения математике. Однако для этого они должны быть снабжены грамотно составленными (прежде всего в методическом отношении) электронными уроками или книгами. В то же время при отсутствии таких уроков применение математических систем может иметь негативные последствия для образования — опасна подмена обучения основам математики обучением основам работы с математическими системами.

Во многих случаях использование Maple позволяет сделать процесс обучения более наглядным, а усвоение изучаемого материала — более эффективным. Полученные навыки в дальнейшем дадут возможность студентам самостоятельно использовать эти и другие математические системы при решении гораздо более сложных и громоздких задач.

Применение СКМ в образовании избавляет учащихся от массы рутинных вычисле-

ний и высвобождает их время для обдумывания алгоритмов решения задач, более обоснованной постановки их решения, многовариантного подхода и представления результатов в наиболее наглядной форме. Высвободившееся время можно использовать для более глубокого изучения математической или физической сущности решаемых задач и их решения различными методами. Таким образом, СКМ не только не лишают учащихся серьезных математических навыков, но, напротив, способны их расширить и углубить.

Работать с современными СКМ просто, приятно и поучительно. Благодаря этому освоение систем Maple воспринимается учащимися с большим интересом, что служит побудительным мотивом к их внедрению в систему образования.

Наш вуз имеет необходимое оснащение информационными ресурсами. Однако методическое обеспечение в области применения компьютерных средств в образовательном процессе не достигло должного уровня. Мы считаем, что особенно необходимы такие разработки в области преподавания математических дисциплин. Высочайший «интеллект» системы Maple объединяется в ней с прекрасными средствами математического численного моделирования и просто потрясающими возможностями графической визуализации решений. Применение таких систем возможно при преподавании и самообразовании от самых основ до вершин математики.

В настоящее время СКМ являются одними из эффективных компонентов обучения математике студентов высшей школы США, Западной Европы и Японии. Проблема использования СКМ в процессе обучения высшей

математике в российских вузах приобретает особую актуальность. Ее решение будет способствовать не только повышению качества математических знаний студентов и подготовке высококвалифицированных специалистов, но и интеграции российского образования в мировую образовательную систему, что особенно актуально в связи с присоединением России к Болонскому процессу.

Опрос, проведенный среди преподавателей математических дисциплин вуза, показал, что большая часть из них не используют информационные технологии в преподавании. Хотя имеются отдельные попытки создания и использования разнообразных средств информационных технологий для преподавания математики, среди которых: видеолекции; электронный учебный материал по отдельным темам математики (особенно для заочников); банки тестовых тренировочных и контрольных заданий по математическим дисциплинам.

Процесс обучения высшей математике на основе системы лабораторных работ с использованием СКМ будет способствовать повышению уровня математической подготовки студентов, а также целенаправленному формированию их познавательной самостоятельности.

Целесообразно создание методического обеспечения по использованию СКМ в процессе обучения высшей математике в СПбГУВК на основе лабораторных работ в виде учебно-методического комплекса, который в дальнейшем сможет применяться преподавателями высшей математики в вузах, а также студентами для подготовки к практическим занятиям и зачетам, для проведения математических исследований и самообразования.

Список литературы

1. *Голоскоков Д. П.* Уравнения математической физики. Решение задач в системе Maple. — СПб.: Питер, 2004. — 539 с.: ил.
2. *Голоскоков Д. П.* Практический курс математической физики в системе Maple: учеб. пособие для вузов. — СПб.: ООО «ПаркКом», 2010. — 643 с.

УДК 621.396.22:621.371.332.2

В. А. Антонов,
д-р физ.-мат. наук, профессор,
СПГУВК;

К. В. Пшеницын,
аспирант,
СПГУВК;

С. В. Мульганов,
ассистент,
СПГУВК

(Статья рекомендована академиком МАС А. А. Сикаревым)

ОЦЕНКА ПОТЕРЬ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ СИГНАЛОВ CDMA ПРИ НАЛИЧИИ ОКОН ЗАМИРАНИЯ

ESTIMATION OF LOSSES OF THE INFORMATION AT SIGNALING CDMA AT PRESENCE OF SITES FREEZING

Статья посвящена расчету потерь информации при прохождении цифрового сигнала в условиях стационарного процесса. В качестве примера рассмотрим прохождение сигнала по каналу с замираниями. Установлена общая закономерность: доля потери информации из стационарного процесса с произвольной корреляцией его звеньев не превышает доли времени с замиранием.

Article is devoted to calculation of losses of the information at passage of a digital signal to conditions of stationary process. As an example we shall consider passage of a signal on the channel with freeze. General law is established: the share of loss of the information from stationary process with any correlation of its parts does not exceed a share of time with freeze.

Ключевые слова: случайные процессы, стационарные процессы, цепи Маркова, потери информации, канал с замираниями.

Key words: casual processes, stationary processes, Markov chains, losses of the information, the channel with freeze.

1. Введение

В настоящее время наиболее перспективным направлением в создании систем связи и навигации третьего поколения является использование технологии многостанционного доступа (рис. 1) с кодовым разделением (CDMA), хорошо апробированной в сухопутных сотовых системах [1].

Применение этой технологии в спутниковой системе связи GLOBALSTAR/GPS позволит создать более эффективную систему автоматизированного управления движением судов на внутренних водных путях, поскольку спутниковая система GLOBALSTAR охватывает почти всю территорию России за исключением полярных областей (рис. 2).

Псевдослучайные последовательности, расширяющиеся коды, шумоподобные сигналы, являющиеся основой при создании сигнала

лов CDMA, можно рассматривать как стационарные случайные процессы, позволяющие решать многие задачи в теории и практике передачи информации на основе цепей Маркова [2].

Хорошо известно, что при расчете пропускной способности канала связи всякий перерыв в приеме сигнала вызывает, вообще говоря, потерю части полезной информации. В количественном смысле такую потерю можно оценивать, сравнивая энтропию исходного сигнала $S(A)$ с энтропией сигнала после «вырезания» окон пропуска $S(B)$. Такие окна могут иметь естественное происхождение (например, грозозащитные разряды), но могут носить и производственный характер. Разность $S(A) - S(B)$ в отсутствие подключения посторонней информации определяет величину потерянной информации. Для соот-

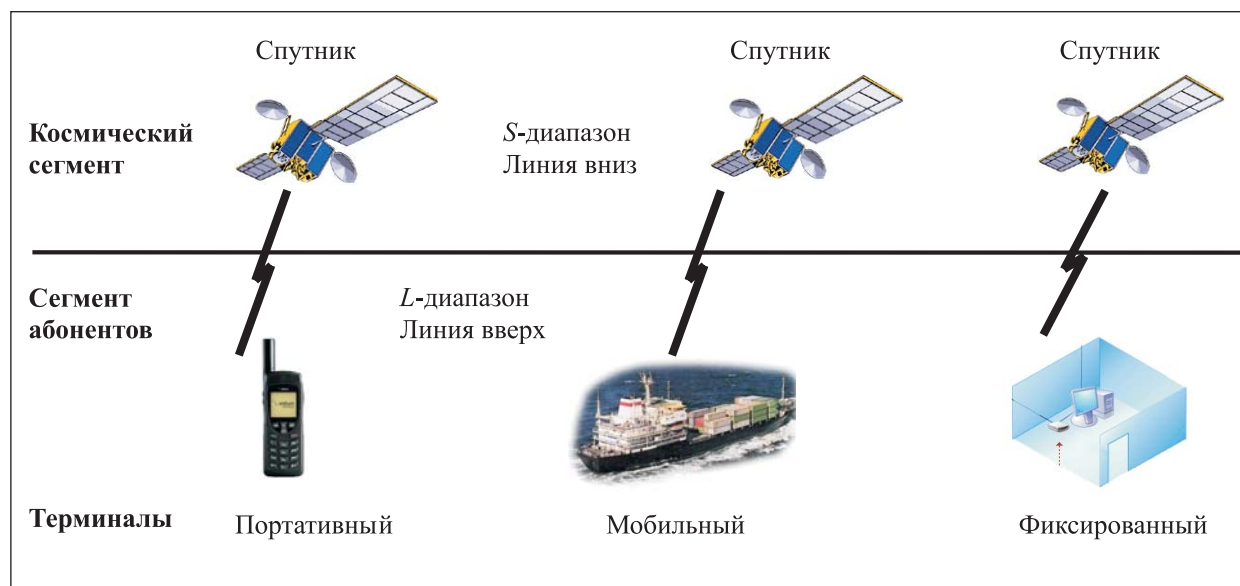


Рис. 1. Интегрирование системы связи GLOBALSTAR с наземной сетью

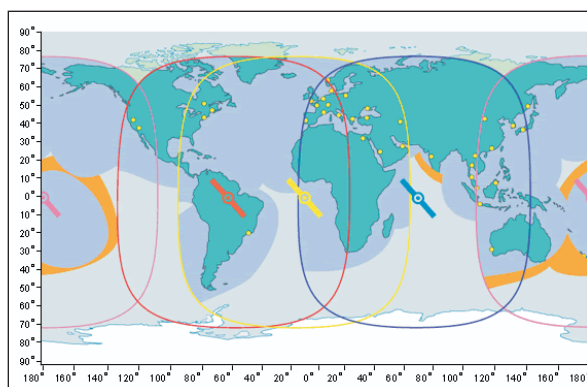


Рис. 2. Зона уверенного покрытия спутниковой системы GLOBALSTAR

ветствующей оценки приведем сравнительно простой пример в условиях, когда исходный сигнал представляет собой не просто набор независимых импульсов (тогда они безвозвратно терялись бы в окне пропускания), а цепь

Маркова, в которой из взаимной зависимости импульсов возможно частичное восстановление последних. Зависимость импульсов в цепи Маркова — один из факторов информационной безопасности.

Передаваемые для различных цепей длительные сигналы часто можно рассматривать как стационарные случайные процессы. В дальнейшем мы будем постоянно подразумевать дискретное время и какое-либо раз и навсегда заданное конечное множество состояний. При таких условиях, как известно [3], для заданного процесса A существует как энтропия $S_n\{A\}$ его отрезка из n звеньев, так и предел в виде удельной энтропии:

$$\hat{A} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{S_n\{A\}}{n}. \quad (1)$$

Данная статья посвящена такой схеме передачи A как сигнала, при которой он не проходит в первоначальной форме, а вместо этого отдельные участки целиком выпадают. Мы останавливаемся на частной схеме, когда чередуются участки из λ звеньев, не подверженные искажениям, с участками из μ звеньев, полностью теряющимися (можно, например, представлять, что все эти звенья за-

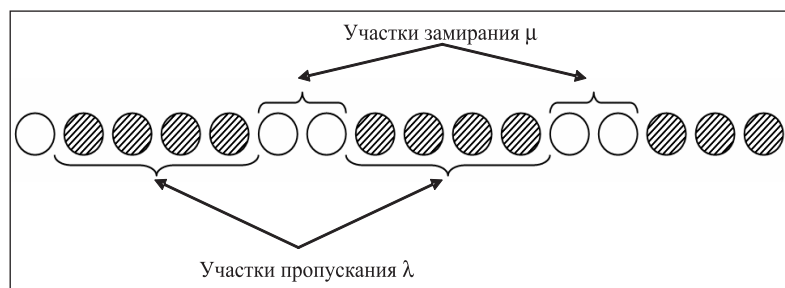


Рис. 3. Схематическое изображение входного сигнала

меняются нулями). Например, при $\lambda = 4$, $\mu = 2$ получается схема, изображенная на рис. 3.

Для полученного сигнала с пропусканиями, обозначаемого как B , также можно определить энтропию $S_n\{B\}$ достаточно длинного отрезка и удельную энтропию

$$\hat{B} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{S_n\{B\}}{n}. \quad (2)$$

Очевидно, процесс B получается детерминированным функциональным преобразованием. В таких случаях всегда [3]

$$S_n\{B\} \leq S_n\{A\} \quad (3)$$

и в пределе

$$\hat{B} \leq \hat{A}. \quad (3a)$$

Разность

$$\hat{H} = \hat{A} - \hat{B} \quad (4)$$

естественно трактовать как информацию, потерянную при переходе от A к B , также в расчете на одно звено. Вообще говоря $\hat{A} > 0$, кроме вырожденных ситуаций с $\hat{A} = 0$, которые мы оставляем в стороне.

Что касается величины $\hat{H}$, то она может обращаться в нуль при достаточно естественных условиях, например, когда в A каждый символ повторяется дважды, причем $\mu = 1$, тогда, как легко увидеть, никакая информация не теряется и

$$\hat{H} = 0. \quad (5)$$

Другой простой пример получается при взаимной независимости всех звеньев A , из-за которой и передача информации происходит раздельно на каждом шаге, отчего при больших n

$$S_n\{B\} \approx \frac{\lambda}{\lambda + \mu} S_n\{A\}, \quad (6)$$

$$\hat{B} = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \cdot \hat{A} \quad (6a)$$

и

$$\hat{H} = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \cdot \hat{A}. \quad (7)$$

Предположительно, формула (7) справедлива и при наличии корреляции в исходном процессе A . Во всяком случае, в нижеследующем примере это предположение оправдывается.

Как мы увидим ниже, случаи (5) и (7) задают границы, между которыми всегда располагается истинная удельная потеря информации. Однако сперва рассмотрим чуть более сложный частный пример.

2. Пример

Пусть процесс A , кроме стационарности, обладает еще и свойством марковости, а число состояний равно 2. Присваиваем им номера 0 и 1, а условные вероятности перехода пусть будут

$$p_{00} = p_{11} = 1 - \alpha, \quad (8)$$

$$p_{01} = p_{10} = \alpha$$

с заданным постоянным $\alpha \in (0, 1)$. Данный процесс часто встречается как простейший пример цепи Маркова, соответствующие стационарные вероятности для него хорошо известны [4]:

$$p_0 = p_1 = \frac{1}{2}. \quad (9)$$

Для подсчета нужных нам величин энтропии обозначим произвольный прошедший отрезок A как

$$(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_\lambda). \quad (10)$$

Случайные величины ξ_k ($1 \leq k \leq \lambda$), принимающие значения 0 и 1, взаимозависимы, но их можно преобразовать к независимости, полагая

$$\xi_k = \xi_{k-1} \oplus \eta_k, \quad k = 2, 3, \dots, \lambda, \quad (11)$$

где $\oplus$ — знак сложения по модулю 2, а η_k — вспомогательные логические переменные, у которых $\eta_k = 0$, если между звеньями $t = k - 1$ и $t = k$ данной цепи Маркова происходит переход $0 \rightarrow 1$ или $1 \rightarrow 0$ и $\eta_k = 1$ в противном случае. Тогда $\eta_2 \dots \eta_\lambda$ независимы друг от друга, и энтропия, как всегда при взаимно однозначном преобразовании дискретных величин, сохраняется при переходе от (10) к модифицированному отрезку

$$(\xi_1, \eta_2, \dots, \eta_\lambda), \quad (12)$$

для которого энтропия определяется [3] прямым суммированием по всем звеньям. В итоге

$$S_\lambda\{A\} = \ln 2 - (\lambda - 1)[\alpha \ln \alpha + (1 - \alpha) \ln (1 - \alpha)] \quad (13)$$

Если же мы сразу возьмем отрезок длины

$$n = v(\lambda + \mu), v = 1, 2, \dots, \quad (14)$$

то аналогично (13) находим

$$S_n\{A\} = \ln 2 - (n-1)[\alpha \ln \alpha + (1-\alpha) \ln(1-\alpha)]. \quad (15)$$

Обратимся теперь к следующему прошедшему отрезку:

$$\xi_{\lambda+\mu+1} \dots \xi_{2\lambda+\mu} \quad (16)$$

Для обеспечения независимости от (10) заменяем отрезок на

$$(\theta_{\lambda+\mu+1}, \eta_{\lambda+\mu+2} \dots \eta_{2\lambda+\mu}) \quad (17)$$

где переменная $\theta_{\lambda+\mu+1}$ подбирается так, чтобы быть независимой от последнего члена отрезка (10), чего по свойству марковости для нашей цепи достаточно. Отличие от построения величин η_2 и тому подобных состоит лишь в том, что место параметра α занимает α' — вероятность перехода в первоначальной цепи A из состояния 0 в состояние 1 или обратно за $\mu + 1$ шагов. Для соответствующего расчета временно отмечаем индексом зависимость α' от μ . Тогда, в частности,

$$\alpha'_0 = \alpha, \quad (18)$$

а далее получаются типичные для цепей Маркова уравнения

$$\alpha'_\mu = \alpha'_{\mu-1}(1-\alpha) + (1-\alpha'_{\mu-1})\alpha. \quad (19)$$

С эквивалентным в данном случае

$$1 - \alpha'_\mu = \alpha'_{\mu-1}\alpha + (1-\alpha'_{\mu-1})(1-\alpha), \quad \mu=1, 2, \dots \quad (20)$$

и с начальными условиями (17) решением является (снова опускаем индекс)

$$\alpha' = \frac{1}{2} \left[1 - (1-2\alpha)^{\mu+1} \right] \quad (21)$$

и попутно

$$1 - \alpha' = \frac{1}{2} \left[1 + (1-2\alpha)^{\mu+1} \right]. \quad (21a)$$

Распределение же случайных величин $\eta_{\lambda+\mu+2}$ и тому подобных такое же, как у η_2 . Энтропия всего изучаемого отрезка процесса B теперь получается сложением:

$$S_n\{B\} = \ln 2 - (\lambda-1)[\alpha \ln \alpha + (1-\alpha) \ln(1-\alpha)] - \\ - (v-1) \left\{ \alpha' \ln \alpha' + (1-\alpha') \ln(1-\alpha') \right\} + \\ + (\lambda-1) [\alpha \ln \alpha + (1-\alpha) \ln(1-\alpha)]. \quad (22)$$

Для определения $\hat{H}$ остается только вычесть одну величину из другой (15) и (22), разделить на длину первоначального соотношения n с учетом (14) и перейти к пределу $n \rightarrow \infty$, отбрасывая некоторые возникающие бесконечно малые члены [3]. Остается

$$\hat{H} = \frac{\alpha' \ln \alpha' + (1-\alpha') \ln(1-\alpha') + (\mu-1) [\alpha \ln \alpha + (1-\alpha) \ln(1-\alpha)]}{\lambda + \mu}. \quad (23)$$

Из формулы (23) вытекает неравенство $\hat{H} \leq \frac{\mu}{\lambda + \mu} \hat{A}$, поскольку из определения α (21) следует, что α' ближе к среднему значению вероятности (1/2), чем α .

По смыслу правая часть (23) положительна. Этого не видно при непосредственном взгляде на формулу, но подтверждается как численно (рис. 4), так и специальными выкладками.

Из рис. 4 видно, что потери информации растут с увеличением длины участка замира-

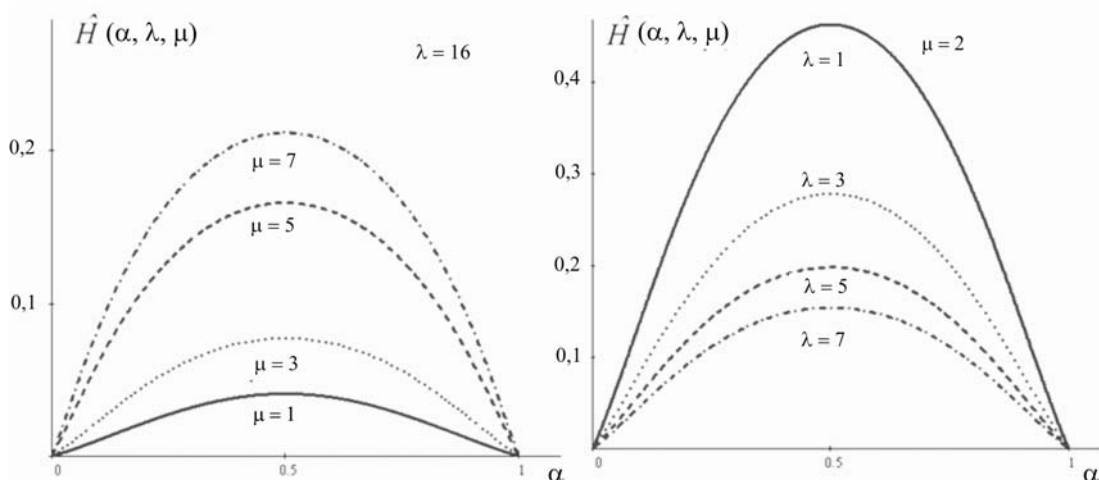


Рис. 4. Зависимость удельных потерь информации от длин интервалов замирания и вероятности перехода из одного состояния в другое

ния при фиксированной длине участка пропускания.

Проведем специальные выкладки для доказательства исходного неравенства (3) в случае стационарного процесса с произвольной корреляцией его звеньев. Начинаем с известного неравенства [5]

$$\varphi(x+y) \geq \varphi(x) + \varphi(y), \quad (x > 0, y > 0) \quad (24)$$

для произвольной выпуклой книзу функции, удовлетворяющей начальному условию

$$\varphi(0) = 0. \quad (25)$$

Функция $\varphi(x) = x \ln x$ данному условию выпуклости удовлетворяет, поскольку для второй производной $\varphi''(x) = \frac{1}{x} > 0$. Используя (19), получаем

$$\alpha'_\mu \ln \alpha'_\mu \geq \alpha'_\mu (1 - \alpha) \cdot \ln[\alpha'_\mu (1 - \alpha)] + (1 - \alpha'_\mu) \cdot \alpha \cdot \ln[(1 - \alpha'_\mu) \cdot \alpha] \quad (26)$$

и аналогично из (20)

$$(1 - \alpha'_{\mu-1}) \ln(1 - \alpha'_{\mu-1}) \geq \alpha \cdot \alpha'_{\mu-1} - (1 - \alpha)(1 - \alpha'_{\mu-1}), \quad \mu = 1, 2, \dots \quad (26a)$$

В сумме (26) и (26a) после несложных выкладок дают

$$\begin{aligned} \alpha'_\mu \ln \alpha'_\mu + (1 - \alpha'_\mu) \ln(1 - \alpha'_\mu) &\geq \alpha'_{\mu-1} \ln \alpha'_{\mu-1} + \\ + (1 - \alpha'_{\mu-1}) \ln(1 - \alpha'_{\mu-1}) &+ \\ + \alpha \ln \alpha + (1 - \alpha) \ln(1 - \alpha) \end{aligned}$$

и по индукции с учетом (18)

$$\begin{aligned} \alpha'_\mu \ln \alpha'_\mu + (1 - \alpha'_\mu) \ln(1 - \alpha'_\mu) &\geq \\ \geq (\mu - 1) [\alpha \ln \alpha + (1 - \alpha) \ln(1 - \alpha)] \end{aligned}$$

откуда и вытекает положительность дроби в (11), где $\alpha' \equiv \alpha'_\mu$.

Отметим еще свойство симметрии: в нашем примере величина $\hat{H}$ не меняется от замены $\alpha \leftrightarrow 1 - \alpha$ (хотя сами процессы A и B становятся несколько иными). Это следует из выражения (23) с учетом того, что согласно (21) и (21a) при указанной замене либо α' сохраняет свое значение (при нечетном μ), либо происходит перестановка $\alpha' \leftrightarrow 1 - \alpha'$ (при четном μ).

3. Общая закономерность

Докажем обещанное ранее неравенство (3), предполагая лишь стационарность процесса A . Начинаем несколько издалека. Сохраняем обозначения λ, μ, v, n , рассмотрим v -мерную случайную величину A , каждый компонент которой может принимать заданную совокупность дискретных значений, пронумерованных от 1 до какого-то фиксированного γ . Сами же компоненты как одномерные случайные величины обозначаем символами $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$. Вводим еще меньшей размерности случайные величины $(1 \leq \sigma \leq \lambda + \mu)$

$$B^{(\sigma)}(\xi_\sigma, \xi_{\sigma+1} \dots \xi_{\sigma+\lambda-1} \dots \xi_{\sigma+\lambda+\mu}, \xi_{\sigma+\lambda+\mu+1} \dots \xi_1, \xi_2 \dots \xi_\sigma),$$

где $\sigma = 1, 2, \dots, \lambda + \mu$.

Таким образом, принцип выбора компонентов для составления $B^{(\sigma)}$ следующий: мы исходим из последовательности номеров проходящих сигналов нашей исходной задачи, исключая сигналы в участке замирания, и смещаем ее как целое на $\sigma - 1$ шагов по принципу круговой перестановки. Из компонент с этими номерами и составляется случайный вектор $B^{(\sigma)}$.

Для упрощения дальнейших обобщений мы формально объединим компоненты с номерами, отличающимися только на целые кратные $\lambda + \mu$, например $\sigma, \sigma + \lambda + \mu \dots \sigma + (v - 1)(\lambda + \mu)$, в один вектор r_σ . Упрощение основано на том, что во всех выражениях эти v компонентов все равно выступают совместно. В сокращенной записи имеем дело с вектором $X(r_1, r_2, \dots, r_{\lambda+\mu})$ с правилом циклического продолжения: $r_{j+\lambda+\mu}$ надо понимать как r_j .

Составим теперь выражение

$$v = S\{A\} - \frac{1}{\lambda} \sum_{\sigma=1}^{\lambda+\mu} S\{B^{(\sigma)}\}. \quad (27)$$

Для его правильного понимания подчеркиваем, что распределения A и всех $B^{(\sigma)}$ должны быть взаимно согласованы. Формулировка такой согласованности идет через введение вероятностей. Пусть $N = \gamma^v$ возможных значений вектора r_j при любой j каким-либо образом снова пронумерованы подряд новым индексом $s = 1, 2, \dots, N$.

Пишем $P(s_1, s_2, \dots, s_{\lambda+\mu})$ как сокращенное обозначение для вероятности события $r_1 = s_1$,

$r_2 = s_2, \dots$ и аналогично вероятность события $r_\sigma = s_\sigma, r_{\sigma+1} = s_{\sigma+1}, \dots$ для $B^{(\sigma)}$ у нас фигурирует как $Q^{(\sigma)}(s_\sigma, s_{\sigma+1}, \dots, s_{\sigma+\lambda-1})$. Правило согласования гласит, что

$$\sum_{/s_\sigma \dots s_{\sigma+\lambda+1}/} \dots \sum P(s_1, s_2, \dots, s_{\lambda+\mu}) = Q^{(\sigma)}(s_\sigma, s_{\sigma+1}, \dots, s_{\sigma+\lambda-1}). \quad (28)$$

В (28) у нас косые черты означают, что суммирование происходит по всем векторам s_j , кроме указанных, а само суммирование ведется от 1 до N . Кроме того, введенные вероятности подчинены условию нормировки:

$$\sum \dots \sum P(s_1, s_2, \dots, s_{\lambda+\mu}) = 1 \quad (29)$$

с суммированием по всем s_j . В терминах отдельных вероятностей (27) переписывается как

$$v = -\sum \dots \sum P(s_1, s_2, \dots, s_{\lambda+\mu}) \ln P(s_1, s_2, \dots, s_{\lambda+\mu}) + \frac{1}{\lambda} \sum_{\sigma=1}^{\lambda+\mu} \left[\sum_{/s_\sigma \dots s_{\sigma+\lambda-1}/} \dots \sum Q^{(\sigma)}(s_\sigma, \dots, s_{\sigma+\lambda-1}) \ln Q^{(\sigma)}(s_\sigma, \dots, s_{\sigma+\lambda-1}) \right] \quad (30)$$

(в первом числе правой части суммирование по всем s_j).

Будем искать максимум выражения (30) при естественных ограничениях

$$P(s_1, s_2, \dots, s_{\lambda+\mu}) \geq 0 \quad (31)$$

со связью (27). Как для всякой непрерывной функции в ограниченной области, этот максимум должен достигаться для некоторого набора $P(s_1, \dots, s_{\lambda+\mu})$. В такой точке максимума для всех ненулевых $P(s_1, \dots, s_{\lambda+\mu})$ пригоден метод неопределенных множителей Лагранжа. Несложное частное дифференцирование с учетом (29) дает необходимое условие максимума.

$$-\left[\ln P(s_1, s_2, \dots, s_{\lambda+\mu}) + 1 \right] + \frac{1}{\lambda} \sum_{\sigma=1}^{\mu} \left[\ln Q^{(\sigma)}(s_\sigma, \dots, s_{\sigma+\lambda-1}) + 1 \right] = h$$

или после освобождения от логарифмов и несколько иного представления неопределенного множителя Лагранжа:

$$P(s_1, s_2, \dots, s_{\lambda+\mu}) = C \cdot \prod_{\sigma=1}^{\lambda+\mu} Q^{(\sigma)}(s_\sigma, \dots, s_{\sigma+\lambda-1}) \quad (32)$$

с неизвестным пока постоянным множителем C .

По смыслу ясно только, что $C > 0$.

Выражение (32) автоматически верно и для нулевого значения $P(s_1, s_2, \dots, s_{\lambda+\mu})$, если

одновременно для того же набора s_j обращается в нуль хотя бы одна из функций $Q^{(\sigma)}$.

Для полноты картины рассмотрим случай, когда $P(s_1, s_2, \dots, s_{\lambda+\mu}) = 0$, но все соответствующие $Q^{(\sigma)}$ строго положительны. Тогда приращение этому $P(s_1, s_2, \dots, s_{\lambda+\mu})$ малого положительного приращения ε для соблюдения (31) дает приращение всей функции (30)

$$\Delta v = \varepsilon \ln \frac{1}{\varepsilon} + O(\varepsilon),$$

положительное при достаточно малом ε , что несовместимо с предположением о максимуме. Итак, в точке максимума соотношение (32) должно полностью соблюдаться.

Просуммируем левую и правую части (32) по s_1 . Слева получится маргинальное распределение

$$\tilde{P}(s_2, \dots, s_{\lambda+\mu}) = \sum_{s_1=1}^N P(s_1, s_2, \dots, s_{\lambda+\mu}).$$

Справа же остаются на месте множители, не зависящие от s_1 — это $Q^{(\sigma)}$ с $\sigma = 2, 3, \dots, \mu + 1$. Суммированию же подвергается произведение $Q^{(\sigma)}$ с $\mu + 2 \leq \sigma \leq \lambda + \mu + 1$; для оценки суммы используем неравенство Гельдера [5]:

$$\sum_{s_1=1}^N (f_{s_1} \dots f_{s_p})^q \leq \left(\sum_{s_1=1}^N f_{s_1} \sum_{s_2=1}^N f_{s_2} \dots \sum_{s_p=1}^N f_{s_p} \right)^q, \quad (33)$$

где f_{s_p} ($1 \leq s \leq N, 1 \leq p \leq n$) неотрицательные числа, N и n — целые и $q = \frac{1}{n}$.

Собственно говоря, в [5], как и в других источниках, эту формулу дают для интегралов, но мы ее выписали для фактически нужного нам более частного случая сумм. Кроме того, вместо одного q в общей формулировке стоят разные $q_1, \dots, q_n$, что нам также не понадобится.

Итак, отождествляем n в (33) с нашим λ и получаем неравенство

$$\sum_{s=1}^N (Q^{(\mu+2)} \cdot Q^{(\mu+3)} \cdot \dots \cdot Q^{(\mu+\lambda+1)})^{\frac{1}{\lambda}} \leq (\tilde{Q}^{(\mu+2)} \cdot \tilde{Q}^{(\mu+3)} \cdot \dots \cdot \tilde{Q}^{(\mu+\lambda+1)})^{\frac{1}{\lambda}},$$

где знак $\sim$ опять-таки означает суммирование по s_1 . Весь этот результат удастся трактовать как замену распределения для многомерной случайной величины A на такую, в которой

вместо r_1 стоит детерминированное число, хотя бы 1, причем соответствующей замене подвергаются и все «отрезки» A как вектора. Разница состоит лишь в том, что вместо равенства (32) у нас теперь получается, вообще говоря, неравенство. Этот процесс можно продолжать, исключая r_2 и так далее, пока не получится просто детерминированное число, и тогда остается

$$1 \leq C. \quad (34)$$

Оценим теперь для распределения, удовлетворяющего (32), выражение (30). Подстановка дает

$$\begin{aligned} & \sum \dots \sum P(s_1, \dots, s_{\lambda+\mu}) \ln P(s_1, \dots, s_{\lambda+\mu}) = \\ & = \sum \dots \sum P(s_1, \dots, s_{\lambda+\mu}) \cdot \left[\ln c + \frac{1}{\lambda} \sum_{\sigma=1}^{\lambda+\mu} \ln Q^{(\sigma)} \right]. \end{aligned}$$

Проведя суммирование элементов, не входящих в состав $Q^{(\sigma)}$, убеждаемся, что в (30) в данном случае происходит существенное сокращение и остается только

$$v = -\ln c \leq 0. \quad (35)$$

Неравенство (35) выведено нами для

распределений, дающих хотя бы локальный максимум v . Тем более оно справедливо для произвольных распределений.

Применим теперь полученный результат к нашей первоначальной задаче. Граничными эффектами при большой длине сообщения можно пренебречь. Тогда все векторы $B^{(\sigma)}$ становятся практически эквивалентными между собой, и неравенство (35) в наших предыдущих обозначениях превращается в

$$S\{A\} - \frac{\lambda + \mu}{\lambda} S\{B\} \leq 0, \quad S\{B\} \geq \frac{\lambda}{\lambda + \mu} S\{A\},$$

откуда для удельной потери информации сразу выводим

$$\hat{H} \leq \frac{\mu}{\lambda + \mu} \hat{A}.$$

Итак, мы доказали общий закон: доля потерянной информации из стационарного процесса с произвольной корреляцией его звеньев не превышает доли времени с замираниями. Этот вывод верен лишь асимптотически для длинных сигналов, и во всей статье предполагается отсутствие налагающихся помех, иначе исходное соотношение (4) становится несправедливым.

Список литературы

1. *Ojanpera T., Prasad R.* Overview of Air Third Generation Wireless Personal Communications: An European Perspective // IEEE Personal Communications, Des. — 1998. — Vol. 5.
2. *Тутубалин В. Н.* Теория вероятностей. — М.: Изд-во Московского ун-та, 1972. — 230 с.
3. *Стратонович Р. Л.* Теория информации. — М.: Сов. радио, 1975.
4. *Карлин С.* Основы теории случайных процессов. — М.: Мир, 1971. — 536 с.
5. *Беккенбах Э., Беллман Н.* Неравенства. — М.: Мир, 1965.

МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ
ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГ КОНТЕЙНЕРНОГО ТЕРМИНАЛАMODELING IN PROBLEM OF MANAGEMENT OF RELIABILITY OF TRANSPORT
SERVICE OF CONTAINER TERMINAL

В статье посредством аппарата сетей Петри моделируется организация ремонта перегрузочной техники (ричстакеров) контейнерного терминала.

In the article the organization of repair of reloading technics (reashstackers) of container terminal is modeled by means of the device of Petri's nets.

Ключевые слова: сети Петри, надежность, техническое состояние, ремонт, ричстакер.

Key words: Petri nets, reliability, operating conditions, repair, reashstacker.

ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ парка перегрузочной техники (ПТ) со средним наработкам, соответствующим капитальному ремонту, снижается надежность из-за отказов. При этом терминальный оператор должен иметь оснащенную ремонтную базу и страховой запас запасных частей. Страховой запас запчастей определяется по имеющимся статистическим данным. При эксплуатации морально устаревшей, снятой с производства техники можно столкнуться с проблемой закупки необходимых запчастей. Кроме проблем с запасными частями, эксплуатация такой техники приводит к падению имиджа организации.

При ремонте перегрузочной техники при отсутствии ремонтной базы намного эффективней производить ремонт агрегатным методом, при котором заменяется агрегат (гидрораспределитель, насос и т. д.). При этом техника вводится в эксплуатацию в короткие сроки, а вышедший из строя агрегат ремонтируется.

Задача обеспечения оптимального уровня надежности контейнерного терминала имеет два аспекта — критериальный и алгоритмический.

В условиях рыночной экономики надежность в большинстве случаев перестает быть критериальным показателем, а ее обеспечение — конечной (системной) целью управления производственно-экономической систе-

мой. С этой точки зрения, по нашему мнению, нуждается в переоценке классическая концепция Н. П. Бусленко [1]. Именно, если k — показатель надежности системы, а $k_0, k_{\text{тек}}$ — соответственно его максимальное и текущее значения, то разность $\Delta k = |k_0 - k_m|$ не должна служить системным критерием, поскольку ее уменьшение может в итоге привести к ухудшению итоговых экономических показателей.

Таким образом, обеспечение надежности должно опираться на системный, экономический критерий эффективности. С формальной точки зрения затраты на обеспечение приемлемого уровня надежности должны входить в ограничения соответствующей задачи математического программирования.

На многих контейнерных терминалах основным типом ПТ является ричстакер (RS). RS является сложной технической системой, в которой функционально выделяются пять подсистем:

$RS = \{\text{ЭС, ГС, ГПС, ДВ, ХКП}\}$,

здесь: ЭС — электрическая система; ГС — гидравлическая система; ГПС — грузоподъемная система; ДВ — двигатель; ХКП — ходовая часть (ведущий и рулевой мост, коробка передач).

Взаимодействие подсистем RS между собой отражено на рис. 1. При выходе из строя одной из них RS переходит из состояния «ис-

правный» в состояние «работоспособный» или в состояние «неработоспособный».

Чем больше элементов содержит система и чем сложнее ее структура, тем больше вероятность отказа такой системы. В ряде работ (например, [4]), вероятность P безотказной работы объекта равна произведению вероятностей безотказной работы составляющих подсистем:

$$P = P_{ЭС} P_{ГС} P_{ГПС} P_{ДВ} P_{ХКП} = \prod_{i=1}^n P_i, \quad (1)$$

где P_i — надежность i -го узла.

Нам представляется такой подход излишне упрощенным, поскольку формула (1) априори предполагает статистическую (а значит, и технологическую, эксплуатационную) независимость соответствующих случайных событий. Наличие независимости должно быть установлено или отвергнуто математико-статистическими методами. В общем же случае применение теоремы умножения вероятностей должно опираться на условные вероятности [2] комбинаций отказов.

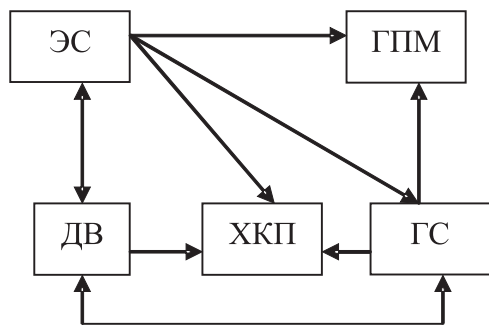


Рис. 1. Взаимосвязь систем RS

Косвенным подтверждением наличия существенных зависимостей между подсистемами RS служат данные [5], согласно которым общий срок службы контейнерных погрузчиков составляет 50 тыс. моточасов, хотя отдельные агрегаты имеют меньший срок службы.

Контроль технического состояния RS может проводиться по большому количеству параметров, различающихся своей

информативностью. Для минимизации необходимого объема информации о техническом состоянии RS произведен отбор наиболее информативных показателей: давление масла в двигателе; давление масла в гидравлической системе (в цилиндрах подъема, тормозной системе, гидравлической системе спредера, рулевой системе); контролируется износ рулевых пальцев, твистлоков спредера, общее состояние металлоконструкций.

Техническое состояние RS имеет 3 уровня (рис. 2):

I — исправное состояние;

II — неисправное, работоспособное состояние;

III — неработоспособное состояние (отказ RS).

Уровень I характеризует исправное состояние I_0 . В процессе работы происходит накопление отклонений параметров и переход в состояние I_n того же уровня:

$$I_0 \pm \Delta O_1 \pm \Delta O_2 \pm \dots \pm \Delta O_n \rightarrow I_n$$

или происходит смена уровня и переход в состояние P_n II уровня:

$$I_0 \pm \Delta O_1 \pm \Delta O_2 \pm \dots \pm \Delta O_n \rightarrow P_n,$$

где ΔO_n — отклонение параметра; n — число отклонений.

При отклонении параметров от нормативных диапазонов система переходит из исправного состояния в работоспособное, а при переходе критической границы параметра — в неработоспособное:

$$I_0 \rightarrow P_n,$$

$$I_0 \rightarrow \text{ОТКАЗ}.$$

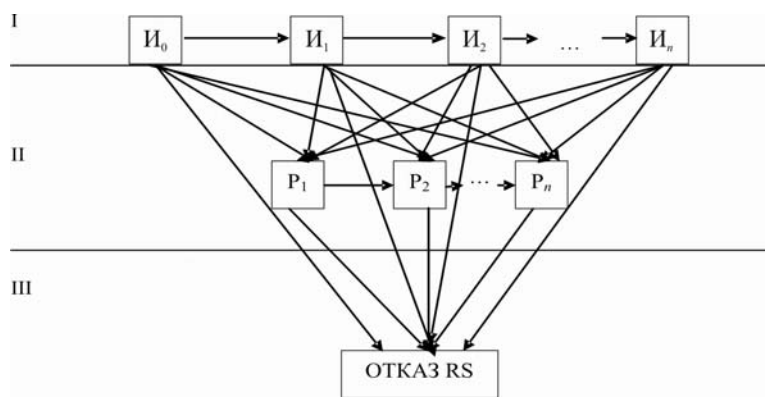


Рис. 2. Граф работоспособности RS

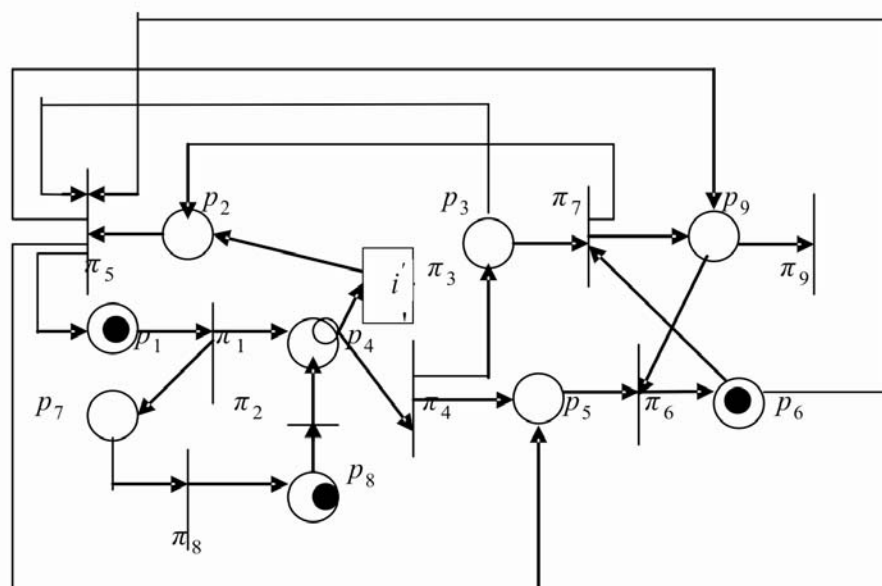


Рис. 3. Сеть Петри состояний работоспособности ПТ (RS):

p_1 — исправное состояние; p_2 — неисправное, работоспособное состояние;
 p_3 — неработоспособное состояние; p_4 — диагностика; p_5 — заявка на снабжение;
 p_6 — наличие запчастей на складе; p_7 — информация об отказе; p_8 — заявка на ремонт;
 p_9 — наличие деталей (агрегатов) на списание; π_1 — отказ системы или механизма; π_2 — ремонт;
 π_3 — возможность ремонта в течение часа; π_4 — ремонт длительностью более часа;
 π_5 — восстановление исправного состояния; π_6 — заказ запасных частей; π_7 — восстановление работоспособного состояния; π_8 — вызов ремонтной службы; π_9 — списание дефектных деталей

Уровень II характеризует работоспособное состояние. В процессе работы происходят накопление отклонений ΔO_n , переход из состояния P_1 в состояние P_n :

$$P_1 \pm \Delta O_1 \pm \Delta O_2 \pm \dots \pm \Delta O_n \rightarrow P_n$$

или происходит переход на III уровень и переход в неработоспособное состояние:

$$P_1 \pm \Delta O_1 \pm \Delta O_2 \pm \dots \pm \Delta O_n \rightarrow \text{ОТКАЗ.}$$

Уровень III характеризует отказ RS.

При проведении профилактических работ выявляются отклонения технических параметров и проводятся ремонтно-восстановительные работы, что приводит к возвращению ПТ (RS) в состояние II уровня или I уровня. Процесс обеспечения работоспособности моделируется сетью Петри, представленной на рис. 3.

В позиции p_1 фишка (k) имеет значение $k = 5$ по числу подсистем RS. Переход π_1 —

переход в неработоспособное состояние. Информацию об отказе инициирует докер-механизатор p_7 . Фишка в позиции p_8 — готовность ремонтной службы (переход π_2 — ремонт). Диагностика отказа отражена позицией p_4 , содержащей объективный конфликт. Позиция p_4 имеет вложенную сеть (рис. 4). При устранении дефекта в течение часа ПТ переходит в неисправное, но работоспособное состояние. Переход π_3 имеет метку i' [3]. Во вложенной сети позиции p_4 переход π'_1 имеет метку i ; при совпадении этих меток возбуждается переход π_3 . Для совпадения меток переход π'_1 имеет охрану $T_{\text{рем}} \leq 1$ ч. Если метки не совпадают, то возбуждается переход π_4 . В позиции p_6 фишка имеет значение kn , по количеству находящихся на складе запасных частей.

Как показывает анализ сети, в позиции p_4 возникает конфликтная ситуация. При

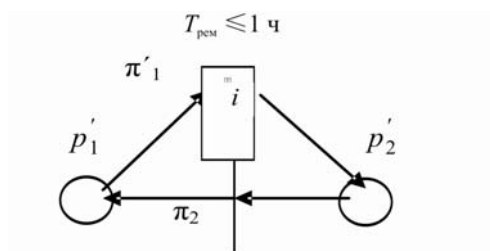


Рис. 4. Сеть Петри позиции p_4

выявлении дефекта, на устранение которого необходимо затратить более часа, необходимо вводить в работу резервный RS. При отсутствии резерва и наличии транспортных средств под обработку восстановление RS в зависимости от сложности работ производится до работоспособного технического состояния.

Список литературы

1. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. — М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1978. — 399 с.
2. Гнеденко Б. В., Беляев Ю. К., Соловьев А. Д. Математические методы в теории надежности. — М.: Наука, 1965. — 524 с.
3. Ломазова И. А. Вложенные сети Петри: моделирование и анализ распределенных систем с объективной структурой. — М.: Научный мир, 2004. — 208 с.
4. Максименко А. Н. Эксплуатация строительных и дорожных машин. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 400 с.
5. Wheeler P. Phones phoneyes and foresight // Port Strategy. — 2005. — P. 32–35.

УДК 681.3

Е. И. Никитина,
аспирант,
СПГУВК

ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗ КАК ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЙ КОМПОНЕНТ СОВРЕМЕННЫХ СТАНДАРТОВ СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

WAVELET ANALYSIS AS A BASIC COMPONENT OF THE CONTEMPORARY IMAGE COMPRESSION STANDARDS

Вейвлет-анализ произвел революцию в области теории и практики обработки нестационарных сигналов. Особо большое развитие получила практика применения вейвлетов для решения задач сжатия и обработки изображений. Было достигнуто одновременное снижение сложности и повышения эффективности сжатия. В данной статье будет произведено сравнение различных алгоритмов сжатия изображений на примере биочипов ДНК.

Wavelet analysis made a revolution in theory and practice of signal processing. Using wavelets for image compression was especially progressive. Simultaneous complexity decrease and performance increase of compression was achieved. This article examines comparison of various image compression algorithms by way of DNA microarrays example.

Ключевые слова: вейвлет-преобразование, сжатие изображений, алгоритм сжатия, биочип, эффективность сжатия.

Key words: wavelet transform, image compression, shrinking algorithm, microarray, compression performance.

ТИПИЧНЫЕ изображения биочипов очень велики. Например, биочип компании “Agilent” с человеческим олигонуклеотидом может содержать более 51 Мб информации с красным и зеленым диапазонами. При увеличении количества биочипов, участвующих в эксперименте, с уменьшением их стоимости влияние ограничения пропускной способности при передаче совместно с необходимостью эффективного распространения и хранения таких огромных объемов информации становится важной проблемой. Следовательно, может быть полезно применить технологию сжатия к изображениям биочипов, чтобы уменьшить сложности при распространении данных и сэкономить место при их хранении. Чтобы получить значительное сжатие, необходимо использовать технологию сжатия с потерями.

Вейвлеты [1] — это средства для декомпозиции сигналов, таких как изображения, на иерархию нарастающих разложений: рассмотрение большого количества слоев разложения дает все более точное описание изображения.

В общем случае вейвлет-преобразование функции $f(t)$ выглядит так:

$$W(x, s) = \frac{1}{s} \int_{-\infty}^{+\infty} \psi^* \left(\frac{t-x}{s} \right) f(t) dt, \quad (1)$$

где t — ось времени, x — момент времени, s — параметр, обратный частоте, а $(*)$ означает комплексно-сопряженное.

В отличие от разложения Фурье, которое дает представление только о частотах, вейвлетное разложение изображений обеспечивает пространственно-частотное представление. При использовании целочисленного вейвлет-преобразования представление изображения в виде вейвлетов также имеет целочисленную разрядность, делая возможным выполнение сжатия без потерь с конкурентоспособными коэффициентами сжатия. Представление в виде вейвлетов вызвало изучение новой стратегии квантования (в случае сжатия изображения с потерями) для использования лежащего в его основе пространственно-частотного описания изображения.

Шапиро [2] произвел переворот с внедрением его алгоритма вейвлет-кодирования на основе вложенных нуль-деревьев (EZW) в 1993 г. С тех пор был разработан новый класс алгоритмов, который достигает значительно более высокой производительности по сравнению с кодером EZW. В частности, работа Саида и Пирлмана о разложении множества по иерархическим деревьям (SPIHT) [3], что

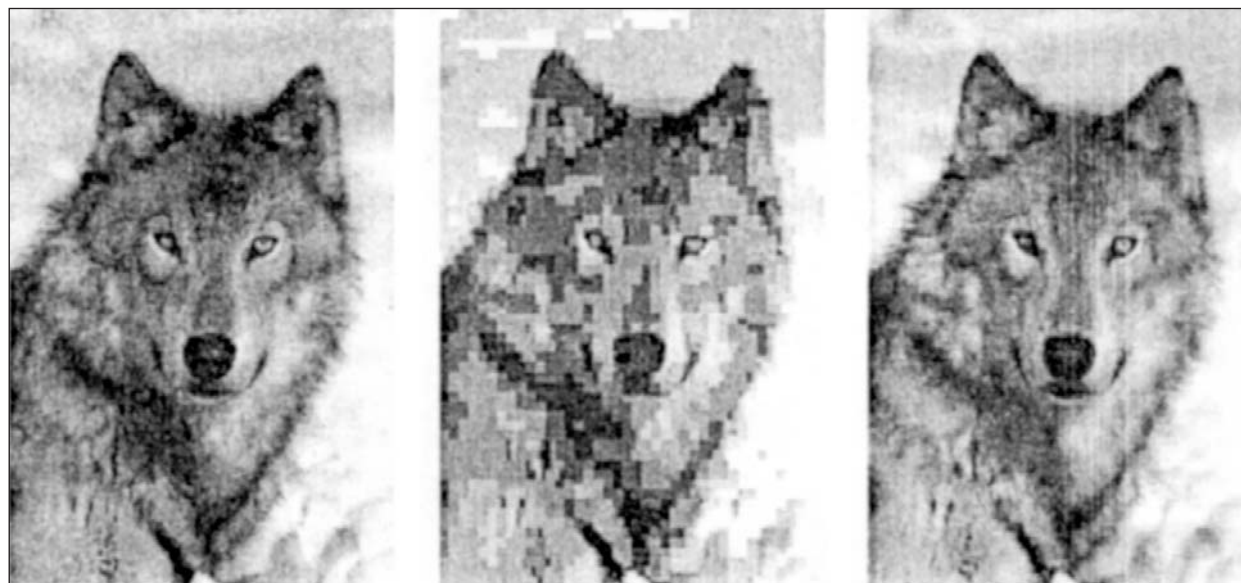


Рис. 1. Оригинальная фотография (размер файла 461 760 байт) (слева).

Фотография, восстановленная после сжатия по JPEG-алгоритму (размер файла 3511 байт) (посередине).

Фотография, восстановленная после сжатия по вейвлет-алгоритму (размер файла 3519 байт) (справа).

При сопоставлении четко заметно лучшее качество при вейвлет-преобразовании

улучшило кодер EZW, оказалась крайне успешной и для сжатия с потерями, и для сжатия без потерь.

В ответ на успех алгоритмов EZW и SPIHT Международная организация по стандартизации (ISO) в лице объединенной группы экспертов в области фотографии (JPEG) переняла вейвлет-преобразование как основополагающий компонент для современного стандарта сжатия изображений JPEG 2000 [4]. Основной кодер JPEG 2000 использует алгоритм вложенного кодирования блока с оптимизированным усечением (EBCOT) [5] для кодирования битовых плоскостей вейвлет-коэффициентов. Кодер JPEG 2000 работает вполне конкурентоспособно по сравнению с другими кодерами, описанными в литературе, и в то же время обладает желаемым функционалом, таким как сжатие с потерями и сжатие

без потерь (при использовании целочисленного вейвлет-преобразования), расширяемость коэффициентов и разрешения изображения, выбор области кодирования и устойчивость к ошибкам.

Сравним JPEG 2000 и JPEG-LS в области сжатия изображения биочипа без потерь.

По сравнению с JPEG 2000, основанным на вейвлет-преобразованиях, JPEG-LS имеет меньшую вычислительную сложность, так как основан на предварительных расчетах. Он обычно предоставляет чуть более высокую степень сжатия, чем JPEG 2000 (в режиме сжатия без потерь) на обычных изображениях. Для трех наборов данных [10] в табл. 1 приведена средняя производительность JPEG-LS и JPEG 2000 при сжатии без потерь (с использованием биортогонального фильтра «3/5», принятого по умолчанию).

Таблица 1

Результаты сжатия без потерь (в бит/пиксель) для трех наборов изображений микрочипов (до компрессии 32 бит/пиксель)

Набор данных	JPEG-LS	JPEG 2000
1	11,48	12,48
2	16,95	18,21
3	17,14	18,48

Видно, что производительность JPEG-LS немного выше (1~1,34 бит/пиксель), чем JPEG 2000, для изображений биочипов. Тем не менее из-за того, что JPEG 2000 может производить отдельные вложенные битовые последовательности, что делает возможным восстановление исходных изображений после сжатия с потерями и без потерь при целочисленных вейвлет-преобразованиях, оно более широко используется, чем JPEG-LS.

Рассмотрим особые алгоритмы сжатия изображений биочипов.

Так как изображения биочипов имеют темный фон и яркий передний план с высоким непостоянством только в определенных местах, вместо использования общего стандарта JPEG 2000 каждый может разработать для своих целей алгоритмы сжатия, чтобы использовать особую геометрическую структуру изображений биочипов. Один из

таких алгоритмов, основанный на алгоритме LOCO-I [6] и называющийся сегментным LOCO (SLOCO), был описан в [7]. Это делает возможным сжатие с потерями и без потерь, используя двухуровневую стратегию кодирования, которая сначала кодирует изображение биочипа с потерями по заранее заданным пользователем параметрам, а затем применяет кодирование с помощью двумерной битовой матрицы к ошибкам квантования для улучшения полученных результатов, пока не будет достигнуто сжатие без потерь. SLOCO может производить частично прогрессирующий поток данных при минимальной скорости, определенной сжатием на первом уровне, а кодирование переднего и заднего плана проходит отдельно.

Другой алгоритм сжатия с потерями и без потерь, специально разработанный для изображений биочипов, называется BASICA

[8]. Он использует алгоритм, основанный на быстром тесте Манна–Уитни [9] для сегментирования изображений биочипов комплементарной ДНК, и осуществляет заключительную обработку для устранения неравномерностей сегментирования. Результаты сегментирования вместе с интенсивностями излучения переднего и заднего плана, полученные с помощью корректировки последнего, используются для независимого сжатия. Сжатие осуществляется модифицированием алгоритма EBCOT [5], используемого в JPEG 2000, для получения производительности с оптимальным коэффициентом искажения при осуществлении сжатия с потерями, и в то же время поддерживает поразительно высокую эффективность при сжатии без потерь.

В табл. 2 сравниваются результаты сжатия без потерь при использовании JPEG-LS, JPEG 2000, BASICA и BASICA без интенсивности и сдвига битов (обозначающийся как BASICA без сдвигов), полученные с помощью

первого изображения биочипа (с 16 бит/пиксель для каждого из красного и зеленого диапазонов) из второго набора данных. Заметно, что производительность BASICA немного выше, чем JPEG 2000, в то время как BASICA без сдвигов дает наилучшие результаты при сжатии без потерь, превосходя даже JPEG-LS. Это наблюдение согласуется с результатами, описанными в [8] для изображений биочипов комплементарной ДНК. Однако BASICA и BASICA без сдвигов могут быть применены только к изображениям с наложенной сеткой, что требует вмешательства человека для точного выравнивания сетки и нахождения ячеек. В дополнение, высокая сложность алгоритма BASICA (из-за итеративной природы сегментации, основанной на тесте Манна–Уитни [9], и трудоемкого морфологического отсека) делает его неудобным при использовании в приложениях реального времени. Это главная причина, по которой мы описываем результаты сжатия только одного изображения биочипа в табл. 2.

Таблица 2

Результаты сжатия без потерь (в бит/пиксель) при использовании различных кодеров для первого изображения биочипа (изначально 32 бит/пиксель) из второго набора данных

JPEG-LS	JPEG 2000	BASICA	BASICA б/сдвигов
16,02	16,73	16,38	15,97

Итак, несмотря на то что использование JPEG-LS позволяет достигнуть чуть более высокого коэффициента сжатия, чем JPEG 2000, ему недостает привлекательной функциональности сжатия с потерями и без потерь. С другой стороны, BASICA позволяет получить наилучшие результаты при сжатии без потерь и в то же время включает вложенное сжатие, но

его сложность гораздо выше, чем у JPEG 2000. Соответственно JPEG 2000 предлагает наилучший компромисс в области функциональности, производительности сжатия, вычислительной сложности и доступности. Это склоняет нас к выбору JPEG 2000 как полностью автоматизированного стандарта алгоритма для сжатия изображений биочипов в этом исследовании.

Список литературы

1. Блаттер К. Вейвлет-анализ. Основы теории. — М., 2006.
2. Shapiro J. Embedded image coding using zero trees of wavelet coefficients // IEEE Trans. Signal Process. — 1993. — № 41.
3. Said A., Pearlman W. A new, fast and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees // IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol. — 1996. — № 6. — P. 243–250.

4. Taubman D., Marcellin M. JPEG2000: Image Compression Fundamentals, Standards and Practice. — Kluwer, Dordrecht, 2001.
5. Taubman D. High performance scalable image compression with EBCOT IEEE Trans. Image Process. — 2000. — № 9. — P. 1158–1170.
6. Weinberger M., Seroussi G., Sapiro G. The LOCO-I lossless image compression algorithm: principles and standardization into JPEG-LS // IEEE Trans. Image Process. — 2000. — № 9. — P. 1309–1324.
7. Microarray image compression: Sloco and the effect of information loss / R. Jornsten [et al.] // Signal Process. — 2003. — № 83. — P. 859–869.
8. Microarray basica: Background adjustment, segmentation, image compression and analysis of microarray images / J. Hua [et al.] // EURASIP J. Appl. Signal Process. — 2004. — P. 92–107.
9. Chen Y., Dougherty E., Bittner M. Ratio-based decisions and the quantitative analysis of cDNA microarray images // J. Biomed. — 1997. — Opt. 2 — P. 364–374.
10. The effect of microarray image compression on expression-based classification / Q. Xu [et al.] // SIViP. — 2009. — № 3. — P. 53–61.

УДК 004.056.5

А. В. Башмаков,
аспирант,
СПГУВК

НЕКРИПТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ НА ОБЪЕКТАХ ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ

NONCRYPTOGRAPHIC METHODS OF THE INFORMATION PROTECTION FOR THE WIRELESS NETS EXPLOITABLE ON THE INLAND WATERWAYS PROJECTS

Статья посвящена вопросам обеспечения информационной безопасности беспроводных сетей передачи данных, эксплуатируемых на объектах внутренних водных путей, с использованием некриптографических методов. Рассматриваются способы ограничения области покрытия сети с учетом влияния зоны Френеля на распространение радиосигнала.

Article is devoted questions of maintenance of information security of wireless networks, maintained on objects of internal waterways, with use of not cryptographic methods. Consider ways to limit the field of network coverage with the influence of Fresnel zone for propagation of radio signals.

Ключевые слова: беспроводные сети, физический уровень, зона покрытия сети, зона Френеля, безопасность.

Key words: wireless networks, physical layer, network coverage, the Fresnel zone, security.

В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ практически все государственные и коммерческие системы управления объектов внутренних водных путей интенсивно используют компьютерные технологии и вычислительные сети для обработки служебной информации.

Необходимость сохранения конфиденциальности информации сделала проблему обеспечения защищенности данных одной из важнейших в деятельности транспортной отрасли.

С каждым годом растет популярность беспроводных сетей передачи данных. На та-

кой рост в значительной мере оказывают влияние следующие факторы:

- беспроводную сеть можно развернуть и запустить в значительно более сжатые сроки, чем проводную;

- рабочие места сотрудников, работающих в беспроводной сети, не привязаны к сетевым розеткам;

- в случае необходимости всю сеть можно легко перенести в другое здание;

- беспроводную сеть гораздо проще наращивать по мере увеличения количества рабочих мест и появления нового периферийного оборудования;

- стоимость развертывания беспроводной сети соизмерима со стоимостью проводной сети.

Наиболее распространены сети, построенные по технологии IEEE 802.11. Данная технология отличается малым радиусом действия (200 м), высокой скоростью подключения и передачи данных (до 450 Мбит/с) [3].

Несмотря на активное развитие беспроводных сетей, их защищенность оставляет желать лучшего. Не секрет, что одна маленькая уязвимость ведет к ухудшению безопасности всей сетевой среды. Беспроводные сети могут предоставлять достаточный уровень защищенности только в том случае, когда они правильно сконфигурированы и их защите уделяется пристальное внимание.

В основном все рекомендации сводятся к применению современных алгоритмов аутентификации и шифрования, использованию проверенных высокоуровневых (имеются в виду уровни эталонной модели OSI) криптографических механизмов, таких как виртуальные частные сети [2].

Совсем мало внимания уделяется вопросам, напрямую связанным с принципами построения беспроводных сетей, которые также могут повысить уровень безопасности уже на первом, физическом уровне.

Какие же механизмы можно и нужно использовать?

1. Ограничение зоны покрытия беспроводной сети

Ограничение зоны покрытия беспроводной сети позволяет избежать утечки сиг-

нала за границы сети. Это редкий пример достижения безопасности за счет сокрытия информации, который работает (до некоторой степени) [1].

Первое, что необходимо сделать, — ограничить уровень сигнала. Уровень EIRP (эффективная изотропно-излучаемая мощность) должен быть достаточен для обеспечения хорошего качества канала в планируемой зоне покрытия и ни на децибел больше. Доводить EIRP до максимального разрешенного значения часто бывает излишне, поскольку беспроводная сеть будет маяком для потенциальных злоумышленников.

Есть несколько способов регулировки мощности излучения:

- в точках доступа;

- в усилителе переменной мощности;

- за счет выбора правильного коэффициента усиления антенны.

Для расчета необходимой мощности передатчика можно воспользоваться формулой расчета дальности беспроводной связи. Она берется из инженерной формулы расчета потерь в свободном пространстве:

$$FSL = 33 + 20(\lg F + \lg D),$$

где FSL (Free Space Loss) — потери в свободном пространстве (дБ); F — центральная частота канала, на котором работает система связи (МГц); D — расстояние между двумя точками (км).

FSL определяется суммарным усилением системы. Оно высчитывается следующим образом:

$$Y_{об} = P_{t, дБмВт} + G_{t, дБи} + G_{r, дБи} - P_{min, дБмВт} - L_{t, дБ} - L_{r, дБ},$$

где $P_{t, дБмВт}$ — мощность передатчика; $G_{t, дБи}$ — коэффициент усиления передающей антенны; $G_{r, дБи}$ — коэффициент усиления приемной антенны; $P_{min, дБмВт}$ — чувствительность приемника на данной скорости; $L_{t, дБ}$ — потери сигнала в коаксиальном кабеле и разъемах передающего тракта; $L_{r, дБ}$ — потери сигнала в коаксиальном кабеле и разъемах приемного тракта.

Для каждой скорости приемник имеет определенную чувствительность. Для небольших скоростей (например, 1–2 Мбита) чувствительность наименьшая: от –90 до –94

дБмВт. Для высоких скоростей чувствительность намного выше. Как правило, данные о чувствительности приведены в документации на приемник.

В зависимости от марки радиомодулей максимальная чувствительность может немного варьироваться. Ясно, что для разных скоростей максимальная дальность будет разной.

FSL вычисляется по формуле

$$FSL = Y_{\text{дБ}} - \text{SOM},$$

где SOM (System Operating Margin) — запас в энергетике радиосвязи (дБ). Данный параметр учитывает возможные факторы, отрицательно влияющие на дальность связи, такие как:

— температурный дрейф чувствительности приемника и выходной мощности передатчика;

— всевозможные атмосферные явления: туман, снег, дождь;

— рассогласование антенны, приемника, передатчика с антенно-фидерным трактом.

Параметр SOM обычно берется равным 10 дБ. Считается, что 10-децибелный запас по усилению достаточен для инженерного расчета.

В итоге получим формулу расчета мощности передатчика, необходимой для покрытия заданной зоны:

$$P_t, \text{ дБмВт} = 43 + 20(\lg F + \lg D) - G_t, \text{ дБи} - G_r, \text{ дБи} + P_{\text{min}}, \text{ дБмВт} + L_t, \text{ дБ} + L_r, \text{ дБ},$$

где F — центральная частота, МГц, D — дальность связи, км,

и формулу дальности связи:

$$D = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)}.$$

Затем необходимо сформировать нужную зону покрытия за счет правильного выбора антенн и мест их размещения.

Широкий перечень рекомендаций по выбору и размещению антенн с учетом поляризации приведен в [1].

2. Учет зоны Френеля при построении беспроводной сети

Известно, что для нормального функционирования беспроводного соединения недостаточно наличия только прямой видимости между передатчиком и приемником. Это свя-

зано с тем, что основная электромагнитная энергия сосредоточена в некотором эллипсоиде вращения около линии визирования, называемом зоной Френеля.

Понятие зон Френеля основано на принципе Гюйгенса, согласно которому каждая точка среды, до которой доходит возмущение, сама становится источником вторичных волн, и поле излучения может рассматриваться как суперпозиция всех вторичных волн. На основе этого принципа можно показать, что объекты, лежащие внутри концентрических окружностей, проведенных вокруг линии прямой видимости двух трансиверов, могут влиять на качество как положительно, так и отрицательно. Все препятствия, попадающие внутрь первой окружности первой зоны Френеля, оказывают наиболее негативное влияние.

Рассмотрим точку (см. рис. 1), находящуюся на прямом тракте между передатчиком и приемником, причем расстояние от точки до передатчика равно S , а расстояние от точки до приемника равно D , то есть расстояние между передатчиком и приемником равно $S + D$.

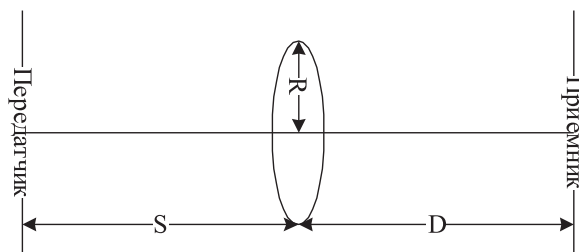


Рис. 1. Расчет зоны Френеля

Радиус первой зоны Френеля в этой точке вычисляется по формуле

$$R = \sqrt{\frac{\lambda S D}{S + D}},$$

где λ — длина волны. Для удобства формулу можно переписать следующим образом:

$$R_m = 17,3 \sqrt{\frac{1}{f_{\text{ГГц}} \left(\frac{S_{\text{км}} D_{\text{км}}}{S_{\text{км}} + D_{\text{км}}} \right)}},$$

где R выражается в метрах, два остальных расстояния — в километрах, а частота сигнала — в гигагерцах.

Было установлено, что для нормальной работы СВЧ радиоканала первая зона Френеля должна быть свободной от препятствий не менее чем на $1/\sqrt{2} = 0,707$ от теоретически рассчитанной. В таком случае затуханием сигнала, обусловленным наличием преград, можно пренебречь. Одной из таких преград является земля. Следовательно, высота двух антенн должна быть такой, чтобы вдоль тракта не было ни одной точки, расстояние от которой до земли было бы меньше, чем $0,707$ первой зоны Френеля. При несоблюдении данного условия, несмотря на то что детектор качества сигнала будет показывать почти 100 %, скорость соединения будет минимальной, а потери и повтор пакетов, пропадание связи сделают работу в сети невозможной.

Учет зоны Френеля при построении беспроводной сети позволяет не только обеспечить необходимое качество связи для легальных пользователей сети, но и помешать злоумышленнику перехватывать пакеты и устанавливать соединение с сетью. Например, размещая антенну передатчика на уровне зем-

ли, мы исключим возможность подключения к беспроводной сети удаленных абонентов, в том числе и легальных.

Не стоит думать, что уменьшением мощности передатчиков, правильным размещением антенн можно добиться идеальной формы зоны покрытия. В диаграмме направленности большинства полунанправленных и даже направленных антенн существует небольшой задний лепесток.

Кроме того, если не принимать во внимание экранированные помещения, то ограничить распространение радиоволн — весьма сложная задача. Из-за отражения сигнала, рефракции и рассеяния беспроводную сеть можно случайно обнаружить в совершенно неожиданной точке. Отсюда следует, что очень важно изъять всю сколько-нибудь интересную информацию из фреймов-маяков. Если злоумышленнику удастся перехватить единственный маяк, показывающий наличие WPA2 или закрытого ESSID, то скорее всего он проигнорирует такую сеть. В противном случае реакция будет совсем иной.

Список литературы

1. Владимиров А. А., Гавриленко К. В., Михайловский А. А. Wi-фу: боевые приемы взлома и защиты беспроводных сетей / пер. с англ. А. А. Слинкина. — М.: НТ Пресс, 2005. — С. 464.
2. Педжман Р., Джонатан Л. Основы построения беспроводных сетей стандарта 802.11 / пер. с англ. В. Гусева. — М.: Вильямс, 2004. — С. 302.
3. <http://www.wi-fi.org> — официальный сайт Wi-Fi альянса.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБРАБОТКИ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ФИНАНСОВЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

METHODOLOGICAL GROUNDS FOR PERSONAL DATA PROCESSING AT THE FINANCIAL INSTITUTIONS

В статье рассматривается подход к разработке Положения об обработке персональных данных в соответствии со статьями Федерального закона «О персональных данных». Положение регулирует следующие аспекты защиты персональных данных: сбор, обработка, хранение, уничтожение, передача персональных данных в бумажном и электронном виде, а также порядок контроля за выполнением требований Положения.

It is considered approach to development of Regulations about processing of personal data based on Federal law "About personal data". Regulations controls next aspects to protect of personal data : capturing, processing, storage, destruction, transferring. The article is regarding of personal data in paper and electronic forms, as well as compliance of Regulations.

Ключевые слова: персональные данные, конфиденциальность, система защиты, безопасность, оператор персональных данных.

Key words: personal data, confidentiality, protection system, security, operator of personal data.



ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН «О персональных данных» (№ 152) был принят 27 июля 2006 г. и вступил в силу 26 января 2007 г. [1]. Целью закона является защита прав и свобод человека при обработке его персональных данных (ПД). Все юридические или физические лица, организующие или осуществляющие обработку ПД, являются операторами ПД и должны привести свои системы обработки ПД в соответствие с законом до 1 января 2011 г. Все операторы должны уведомить уполномоченный орган по защите прав субъектов персональных данных (Федеральная служба по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций — Роскомнадзор) о своем намерении осуществлять обработку ПД; разработать документы, регламентирующие обработку ПД в организации (положение по обработке персональных данных, регламенты, положения по защите персональных данных); создать систему защиты ПД, провести аттестацию информационной системы на соответствие требованиям безопасности.

Любой банк является оператором ПД. Банковская деятельность имеет ряд особен-

ностей, и часто ПД клиентов используются не только для выполнения заключаемых банком договоров, но и для осуществления контроля банка за исполнением клиентом его обязательств. Это значит, что на любые манипуляции с ПД требуется согласие их субъекта [2].

Следовательно, любая банковская организация должна построить систему защиты ПД в соответствии с требованиями законодательства. Одним из документов для организации системы защиты является Положение об обработке ПД.

ОАО «Балтинвестбанк» является одним из крупных петербургских универсальных банков, предоставляющих полный комплекс услуг юридическим и физическим лицам.

После проведения классификации ОАО «Балтинвестбанк» как информационной системы, обрабатывающей ПД (ИСПДн), в соответствии с Порядком проведения классификации ИСПДн, данной информационной системе присваивается класс К1. К этому классу относятся информационные системы, для которых нарушение заданной характеристики безопасности ПД, обрабатываемых в них,

может привести к значительным негативным последствиям для субъектов ПД.

ОАО «Балтинвестбанк» также относится к специальным информационным системам, то есть системам, в которых вне зависимости от необходимости обеспечения конфиденциальности ПД требуется обеспечить хотя бы одну из характеристик безопасности ПД, отличную от конфиденциальности (защищенность от уничтожения, изменения).

Положение об обработке ПД составляется в соответствии с требованиями руководящих документов организации и со статьями ФЗ «О персональных данных» [1]. Положение состоит из следующих пунктов: общие положения, основные понятия, роль и задачи оператора ПД, сбор, обработка, хранение и уничтожение ПД, доступ к ПД, передача ПД на бумажном носителе и в электронном виде, порядок контроля и порядок пересмотра Положения; также приведены формы согласия на обработку ПД, отзыва согласия на обработку ПД, акта приема-передачи документов, содержащих ПД, ответа на запрос субъекта ПД.

В общих положениях отмечается цель разработки Положения, основания для такой разработки, правила ознакомления с Положением для сотрудников Банка.

Во второй части даются определения основным понятиям, которые используются в Положении, таким как «ПД», «обработка», «конфиденциальность», «распространение», «использование», «блокирование», «уничтожение», «обезличивание ПД» и др.

В третьей части Положения указываются роли и задачи оператора ПД.

В четвертой части «Сбор ПД» рассматриваются правила получения ПД от самого субъекта ПД и третьей стороны. В соответствии со ст. 6 ч. 1 ФЗ «О персональных данных» для этого необходимо получить письменное согласие субъекта ПД по установленной форме. В данной части указываются обязанности оператора ПД в предоставлении информации субъекту ПД о его ПД, которые обрабатываются Банком в соответствии со ст. 20 ФЗ «О персональных данных», перечисляются данные, которые Банк не имеет права обрабатывать.

В пятой части рассмотрены правила обработки ПД, а также действия Банка при вы-

явлении недостоверных данных или неправомерных действий с ПД (ст. 21). В правилах обработки описаны случаи согласно ст. 6 ч. 2 ФЗ «О персональных данных», при которых не требуется согласия субъекта ПД на обработку его ПД, а также меры, которые Банк должен принимать для защиты ПД, рассмотрен случай обработки ПД другими лицами.

В шестой части «Хранение ПД» указываются срок хранения ПД и ответственные за хранение. Рассмотрены случаи хранения ПД на бумажном носителе и в электронном виде. Для сотрудников Банка, имеющих доступ к ПД на бумажном носителе, прописываются следующие правила:

— при отсутствии сотрудника на рабочем месте не должно быть документов, содержащих ПД субъектов (соблюдение «политики чистых столов»);

— в случае длительного отсутствия сотрудника на своем рабочем месте, при увольнении сотрудника документы и иные носители, содержащие ПД субъектов, передаются лицу, на которое локальным актом Банка (приказом, распоряжением) будет возложено исполнение его трудовых обязанностей.

В седьмой части описаны правила уничтожения ПД и обязанности оператора при уничтожении ПД, указаны сроки уничтожения и случаи, при которых оператор обязан уничтожить ПД (ст. 21 ч. 3–5): достижение целей обработки, невозможность устранить выявленные ранее нарушения, отзыв субъектом согласия на обработку его ПД.

В восьмой части рассматривается доступ к ПД. Описаны правила доступа сотрудников Банка и третьих лиц к ПД, процедура оформления доступа к ПД, права доступа субъекта ПД к своим ПД, предоставление ПД государственным и негосударственным функциональным структурам.

В девятой части «Передача ПД» описаны общие требования к передаче таких данных, а также передача ПД на бумажном носителе и в электронном виде. В общих положениях регламентируется передача ПД между сотрудниками Банка, а также передача ПД третьим лицам, которая осуществляется только с письменного согласия субъекта ПД, за исключением некоторых случаев, указанных в ст. 6 ч. 2. Передача

ПД на бумажном носителе происходит только при наличии у получателя определенных документов, в обязательном порядке составляется акт приема-передачи по установленной форме. При передаче ПД через организацию федеральной почтовой связи должна быть обеспечена их конфиденциальность. Передача ПД в электронном виде происходит только в зашифрованном виде, для чего используются сертифицированные криптографические средства.

Контроль за выполнением требований Положения описан в десятой части и включает контроль в трех случаях: на местах, постоянный контроль и ежегодный аудит.

В заключительной части рассматривается порядок пересмотра Положения, который может быть осуществлен при значительных изменениях во внутрибанковском процессе или законодательстве РФ.

В соответствии с ФЗ № 152 «О персо-

нальных данных» в ОАО «Балтинвестбанк» осуществляется защита ПД на основании разработанного Положения об обработке персональных данных.

Положение регулирует следующие аспекты защиты ПД: сбор, обработка, хранение, уничтожение, передача ПД в бумажном и электронном виде, а также порядок контроля за выполнением Положения.

Внедрение данного Положения в систему защиты ПД позволит обеспечить права человека при обработке его ПД.

Кроме того, в настоящее время ПД субъектов зачастую становятся товаром в конкурентной борьбе различных структур. Успешное решение вопросов их защиты, обеспечение безопасности информационных систем банковских учреждений становится залогом сохранения репутации, честного имени любой организации.

Список литературы

1. О персональных данных: Федеральный закон Рос. Федерации от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ.
2. Емельяников М. Персональные данные клиентов в банках и страховых компаниях // Финансовая газета. — 2009 (январь). — № 1.

УДК 004.021.51-74

С. С. Соколов,
аспирант,
СПГУВК

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ГРУЗА В ТРЮМАХ СУДНА

SIMULATOR FOR THE EFFICIENT CARGO STOWAGE IN THE VESSEL HOLDS

В представленной научной работе рассматривается построение математической модели рациональной комплектровки груза. Учитывая конкретное, эмпирическое применение, модель рассматривается на примере размещения груза в трюмах судна. Специфика модели состоит в постановке задачи с учетом четырех измерений: ширина, длина, высота и масса.

In this scientific work construction rational cargo placing mathematical model. Considering concrete, empirical application, the model is considered on an example of cargo placing in vessel holds. Specificity of this model consists directed by a problem taking into account four measurements: width, length, height and weight.

Ключевые слова: размещение груза, погрузочные процессы, расстановка контейнеров, карго-планирование, рациональное размещение, складские процессы.

Key words: cargo placing, cargo loading processes, arrangement of containers, cargo-planning, rational placing, warehouse processes.

В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ по-прежнему остро стоит задача рационального размещения груза в заданном пространстве. В статье рассмотрена математическая четырехмерная модель размещения груза в трюмах судна, построенная на основе модели, разработанной А. П. Ныrkовым и представленной в [2]. Для решения задачи размещения множества грузов в трюмах судна S введем следующие обозначения и допущения. Будем считать, что ось Ox расположена горизонтально, и положительное направление определено на ней слева направо. Ось Oy расположена вертикально, и положительное направление на ней — сверху вниз; ось Oz ортогональна осям Ox и Oy и положительное направление на ней в сторону наблюдателя, то есть начало координат находится в левом верхнем дальнем от наблюдателя углу (северо-западный дальний угол). (Это допущение сделано для удобства непосредственного программирования алгоритма решения задач оптимального размещения грузов, так как во всех компьютерных графических системах принята именно такая система координат.)

$G = \{ \langle a_i; b_i; c_i \rangle \}$ — множество объектов формы параллелепипеда (грузов) с линейными размерами a_i, b_i, c_i (в частности, стопки контейнеров). Количество размещаемых грузов равно I .

A_i, B_i, H_i — длина, ширина, высота (соответственно) i -го трюма по осям Ox, Oy и Oz соответственно.

$Z = \{ \langle u_j; v_j; q_j; t_j; w_j; m_j \rangle \}$ — совокупность зон трюмов, запретных для размещения грузов. Сюда включаются строительные конструкции, служебные помещения, стационарное оборудование, дороги и др.

$u_j; v_j; q_j$ — линейные размеры, а $t_j; w_j; m_j$ — координаты северо-западного дальнего угла j -й запретной зоны по осям Ox, Oy и Oz соответственно. Количество запретных для размещения грузов мест равно J .

Δ — зазор между соседними грузовыми объектами, обусловленный применяемыми

типами внутри складских машин малой механизации, правилами противопожарной безопасности и др.

$\langle x_i; y_i; z_i \rangle$ — координаты центра i -го грузового объекта, имеющего форму параллелепипеда.

Переменная τ_i принимает значение 1, если соответствующий груз имеет заданную ориентацию, то есть линейный размер a_i параллелен оси Ox , иначе τ_i равно 0. Переменная γ_i принимает значение 1, если соответствующий груз имеет заданную ориентацию, то есть линейный размер b_i параллелен оси Oy , иначе γ_i равно 0. Для оси Oz свойство параллельности обеспечивается из свойств ортогональности ребер прямоугольного параллелепипеда.

Для рационального размещения грузов G на складской площадке S необходимо найти такие значения переменных $\langle x_i; y_i; z_i; \tau_i; \gamma_i \rangle$, которые обеспечивают наиболее плотное заполнение по осям Ox и Oy . Для этого размещение грузов по оси Oz производится без ограничений до ближней границы B , а правая граница заполненного грузами участка склада A и нижняя граница Y считаются искомыми переменными, значения которых надо минимизировать:

$$A, Y \rightarrow \min. \quad (1)$$

Для размещения грузов внутри трюма для каждого i -го груза его центр должен находиться не ближе половины его линейного размера от соответствующей границы, рассматриваемой под погрузку области. Для левой границы должно выполняться: $x_i - 0,5 f_i \geq 0$. Здесь $f_i = \tau_i a_i + (1 - \tau_i) b_i + (1 - \tau_i) c_i$ — линейный размер i -го груза вдоль оси Ox . Для верхней границы должно выполняться: $y_i - 0,5 g_i \geq 0$. Здесь $g_i = \gamma_i b_i + (1 - \gamma_i) a_i + (1 - \gamma_i) c_i$ — линейный размер i -го груза вдоль оси Oy . Следовательно, должны выполняться ограничения:

$$\begin{aligned} &\text{Для правой границы } A: \\ &x_i + 0,5 \gamma_i \tau_i a_i + 0,5 (1 - \tau_i) b_i + \\ &+ 0,5 (1 - \gamma_i) c_i \leq A. \end{aligned} \quad (2)$$

После проведения подобных членов получим

$$x_i + 0,5(\gamma_i \tau_i a_i - \tau_i b_i - \gamma_i c_i) \leq A - 0,5(b_i + c_i). \quad (3)$$

Для ближней границы B :

$$z_i + 0,5\gamma_i \tau_i c_i + 0,5(1 - \tau_i)a_i + 0,5(1 - \gamma_i)b_i \leq B. \quad (4)$$

После проведения подобных членов получим

$$z_i + 0,5(\gamma_i \tau_i c_i - \tau_i a_i - \gamma_i b_i) \leq B - 0,5(b_i + c_i). \quad (5)$$

Для нижней границы Y :

$$y_i + 0,5\gamma_i \tau_i b_i + 0,5(1 - \tau_i)a_i + 0,5(1 - \gamma_i)c_i \leq Y. \quad (6)$$

После проведения подобных членов получим

$$y_i + 0,5(\gamma_i \tau_i b_i - \tau_i a_i - \gamma_i c_i) \leq Y - 0,5(a_i + c_i). \quad (7)$$

Рассмотрим множество контейнеров в виде стопок, ранжированных по видам (то есть в стопку могут быть составлены контейнеры только одного вида). Каждая стопка величиной не более допустимой границы. Далее под термином «груз» будем подразумевать стопку контейнеров.

Для того чтобы каждый груз находился в отдельной области трюма, то есть не «пересекался» ни с каким другим грузом, должны выполняться ограничения, обеспечивающие расположение центров двух любых грузов хотя бы по одной из координатных осей на расстоянии, не ближе допустимого. Данное неравенство распадается на совокупность из двух неравенств:

$$\begin{cases} x_k - x_i \geq 0,5e_i + 0,5r_i + \Delta; \\ x_i - x_k \geq 0,5e_i + 0,5r_i + \Delta. \end{cases} \quad (8)$$

Для краткости обозначим допустимое расстояние между центрами, то есть правые части неравенств, через $\Delta_{ik} = 0,5e_i + 0,5r_k + \Delta$.

Для того чтобы обеспечить выполнение не более одного из двух неравенств, необходимо ввести переменные π_{ik} , принимающие значение 0, если i -й объект находится левее k -го. В этом случае должно выполняться первое

неравенство, а второе — не удовлетворяется. В ином случае π_{ik} принимает значение 1 и первое не удовлетворяется, а второе неравенство может иметь место (при $\pi_{ik} = 0$). Причем одновременно переменные π_{ik} и π_{ki} нулю равняться не могут.

Теперь можно совокупность из двух альтернативных неравенств свести к системе из трех ограничений для любых индексов $i < k$:

$$\begin{aligned} x_k - x_i + \pi_{ik}(A + \Delta) &\geq \Delta_{ik}; \\ x_i - x_k + \pi_{ki}(A + \Delta) &\geq \Delta_{ik}; \\ \pi_{ik} + \pi_{ki} &\geq 1. \end{aligned} \quad (9)$$

Действительно, при $\pi_{ik} = 0$ первое неравенство превращается в $x_k - x_i \geq \Delta_{ik}$, то есть k -й груз должен отстоять на Δ_{ik} правее i -го груза. Из третьего следует, что $\pi_{ki} = 1$. Тогда второе неравенство примет вид $x_k - x_i \leq A + \Delta - \Delta_{ik}$, что обеспечивает нахождение обоих грузов внутри трюма.

После упрощений и приведения подобных система неравенств превращается в следующие ограничения:

$$\begin{aligned} -x_i + x_k + (A + \Delta)\pi_{ik} + 0,5\tau_i(c_i + b_i - a_i) + \\ + 0,5\tau_k(c_k + b_k - a_k) &\geq 0,5(b_i + c_i) + 0,5(b_k + c_k) + \Delta_{ik}, \\ x_i - x_k + (A + \Delta)\pi_{ki} + 0,5\tau_i(c_i + b_i - a_i) + \\ + 0,5\tau_k(c_k + b_k - a_k) &\geq 0,5(b_i + c_i) + 0,5(b_k + c_k) + \Delta_{ik}, \\ \pi_{ik} + \pi_{ki} &\geq 1. \end{aligned} \quad (10)$$

В том случае, когда первое и второе неравенства не обеспечивают «непересечение» грузов по оси Ox (это возможно лишь при условии $\pi_{ik} = \pi_{ki} = 1$), должно выполняться одно из двух соответствующих неравенств по оси Oy . Для получения таких ограничений вводим переменные θ_{ik} , принимающие значение 0, если i -й объект находится выше k -го. После аналогичных преобразований получим неравенства:

$$\begin{aligned} -y_i + y_k + (B + \Delta)\theta_{ik} + 0,5\tau_i(c_i + a_i - b_i) + \\ + 0,5\tau_k(c_k + a_k - b_k) &\geq 0,5(a_i + c_i) + 0,5(a_k + c_k) + \Delta_{ik}, \\ y_i - y_k + (B + \Delta)\theta_{ki} + 0,5\tau_i(c_i + a_i - b_i) + \\ + 0,5\tau_k(c_k + a_k - b_k) &\geq 0,5(a_i + c_i) + 0,5(a_k + c_k) + \Delta_{ik}. \end{aligned} \quad (11)$$

Для обеспечения выполнения хотя бы одного из ограничений (9) или (10) для переменных x_i , y_i , приведенных выше, одна из вспомогательных переменных должна равняться нулю. Это достигается ограничением

$$\pi_{ik} + \pi_{ki} + \theta_{ik} + \theta_{ki} \leq 3. \quad (12)$$

Чтобы грузы не перемещались в запретных областях, для центра каждого i -го груза и запрещенной j -й области (вместо k -го груза) должны выполняться аналогичные ограничения. Груз должен находиться либо правее запретной области (при выполнении неравенства $x_i \geq t_j + u_j + 0,5e_j$), либо левее (при выполнении ограничения $x_i \leq t_j - 0,5e_j$), либо ниже (при $y_i \geq w_j + v_j + 0,5r_j$), либо выше (при $y_i \leq w_j - 0,5d_j$). Для непопадания в запретную зону должно выполняться хотя бы одно из перечисленных неравенств. Для обеспечения такого альтернативного условия введем переменные: $\mu_{ij}, l_{ij}, h_{ij}, n_{ij}$. Переменная μ_{ij} принимает значение 1, если i -й груз находится правее j -й запрещенной области, и значение 0 в ином случае. Переменная h_{ij} принимает значение 1, если i -й груз находится выше j -й запрещенной области, и значение 0 в ином случае. Переменная n_{ij} принимает значение 1, если груз находится ниже j -й запрещенной области, и значение 0 в ином случае. Ограничения на «незалежание в запретную зону» принимают вид

$$\begin{aligned} x_i &\geq \mu_{ij}(t_j + u_j) + 0,5e_j; \\ x_i &\leq l_{ij}(t_j - A) + A - 0,5e_j; \\ \mu_{ij} + l_{ij} &\leq 1; \\ y_i &\geq n_{ij}(w_j + v_j) + 0,5r_j; \\ y_i &\leq h_{ij}(w_j - B) + B - 0,5r_j; \\ n_{ij} + h_{ij} &\leq 1; \\ \mu_{ij} + l_{ij} + n_{ij} + h_{ij} &\geq 1. \end{aligned} \quad (13)$$

Модель оптимального размещения груза на складской площадке (1)–(13) относится к частично целочисленному линейному программированию. Количество искоемых переменных $\langle \pi_{ik}; \theta_{ik}; \mu_{ij}; l_{ij}; h_{ij}; n_{ij} \rangle = -2I(I-1) + 4IJ$. Количество ограничений (2)–(6) равно $4I$, ограничений (2.2.10)–(2.2.12) — $\frac{7I(I-1)}{2}$, ограничений (12) — $7IJ$.

С помощью модели (1)–(12) можно решать задачи размещения грузов не только в прямоугольных областях, но также в областях, имеющих границу из отрезков прямых, параллельных границам склада. Для этого необходимо вписать основу трюма (плоскость Z) в прямоугольник, стороны которого проходят по границам складской площадки.

Список литературы

1. Беспалов Р. С. Транспортная логистика. Новейшие технологии построения эффективной системы доставки. — М.: Вершина, 2007. — 383 с.
2. Вихров Н. М., Нырко А. П. Модели технологических процессов на транспорте / под ред. Д. В. Гаскарова. — СПб.: Судостроение, 2002. — 422 с.: ил.
3. Мухачева Э. А., Мухачева А. С. Метод перестройки для решения задач прямоугольной упаковки // Информационные технологии. — 2000. — № 4. — С. 30–36
4. Панюков А. В. Модели и методы решения задач построения и идентификации геометрического размещения. Исследование, алгоритмы, применение. — М., 1999. — 39 с.
5. Подлазова А. В. Разработка метода эффективного решения задач плоского раскроя с использованием генетических алгоритмов: дис. ... канд. техн. наук. — М., 2004.
6. Пьяных С. М. Основные тенденции развития речного транспорта // Проблемы развития речного транспорта: сб. науч. тр. / ЦНИИЭВТ. — М., 1991. — С. 3–24.

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СУДАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЯХ

SYSTEM DEVELOPMENT FOR SHIPS CONTROL BY USING AUTOMATED AUTHENTICATION SYSTEMS ON INLAND WATERWAYS

Рассматриваются современные инфокоммуникационные технологии, используемые на внутреннем водном транспорте для оптимизации транспортного процесса и обеспечения безопасности плавания.

We consider the modern communicational technologies used in inland waterway transport in order to optimize the transport process and to ensure navigational safety.

Ключевые слова: внутренний водный транспорт, автоматизированная идентификационная система.
Key words: inland water transport, automated authentication system.

В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ на внутренних водных путях (ВВП) Российской Федерации достаточно остро стоит вопрос повышения безопасности судоходства и эффективности транспортного процесса. Для успешного решения этой задачи необходимо постоянно внедрять и совершенствовать технические средства и системы, принимающие участие в данном процессе.

Здесь в первую очередь следует отметить автоматизированные идентификационные системы (АИС) (рис. 1). Указанные системы, несомненно, являются одним из обязательных условий для создания на ВВП России триадно-иерархических инфокоммуникационных систем управления, получивших название «Корпоративные речные инфокоммуникационные системы (КРИС)» (рис. 2). Отраслевой формой реализации этого класса информационных систем являются организационно-технические образования, получившие название «Речные информаци-

онные службы (РИС)» (рис. 3). Структурным ядром последних являются «Автоматизированная система управления движением судов (АСУ ДС)» [2].

Вхождение АИС в состав АСУ ДС предполагает не только наличие на судах и у лоцманского корпуса соответствующих транспондеров, но и прежде всего оборудования берегового сегмента, состоящего в первую очередь из цепи базовых станций (БС), симплексных и дуплексных репитеров, а также сети передачи данных АИС в структурах АСУ ДС и РИС.

В конце 2008 г. была исследована технология, позволяющая передавать корректирующие данные в информационном канале АИС. Результаты этого исследования показали, что такая информация достаточно успешно может передаваться в информационном канале АИС и, несмотря на тот факт, что возраст дифференциальной поправки в таком случае несколько выше, чем при традиционном варианте ее дистрибуции в СВ-диапазоне, судовые

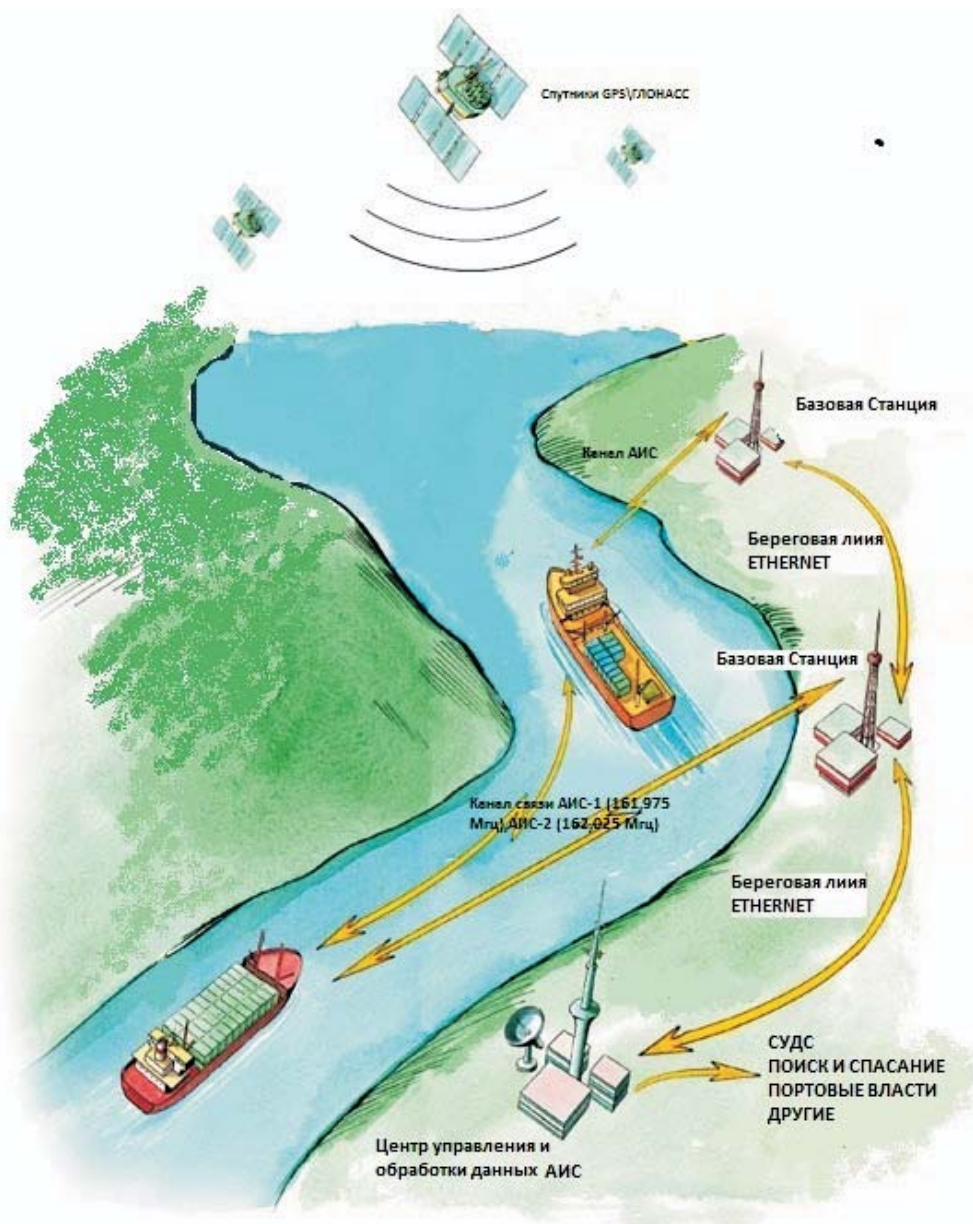


Рис. 1. Структура автоматической идентификационной системы

транспондеры AIS, по всей видимости, могут быть использованы для решения некоторых навигационных задач совместно с СОЭНКИ в качестве резервного источника данных позиционирования.

Данная технология может достаточно успешно использоваться в качестве дополнительного источника корректирующей информации, особенно на тяжелых с точки зрения судовождения участках ВВП, причем интеграция подобных высокоточных полей со сплошными дифференциальными полями,

создаваемыми ККС в СВ-диапазоне, не вызывает особых затруднений [1].

Проведение фундаментальных и прикладных исследований, а также научно-техническое сопровождение внедряемых систем типа AIS как в наземной, так и спутниковой формах реализации являются, как представляется, единственно конструктивным и перспективным направлением внедрения новых инфокоммуникационных технологий для успешного развития внутреннего водного транспорта России.

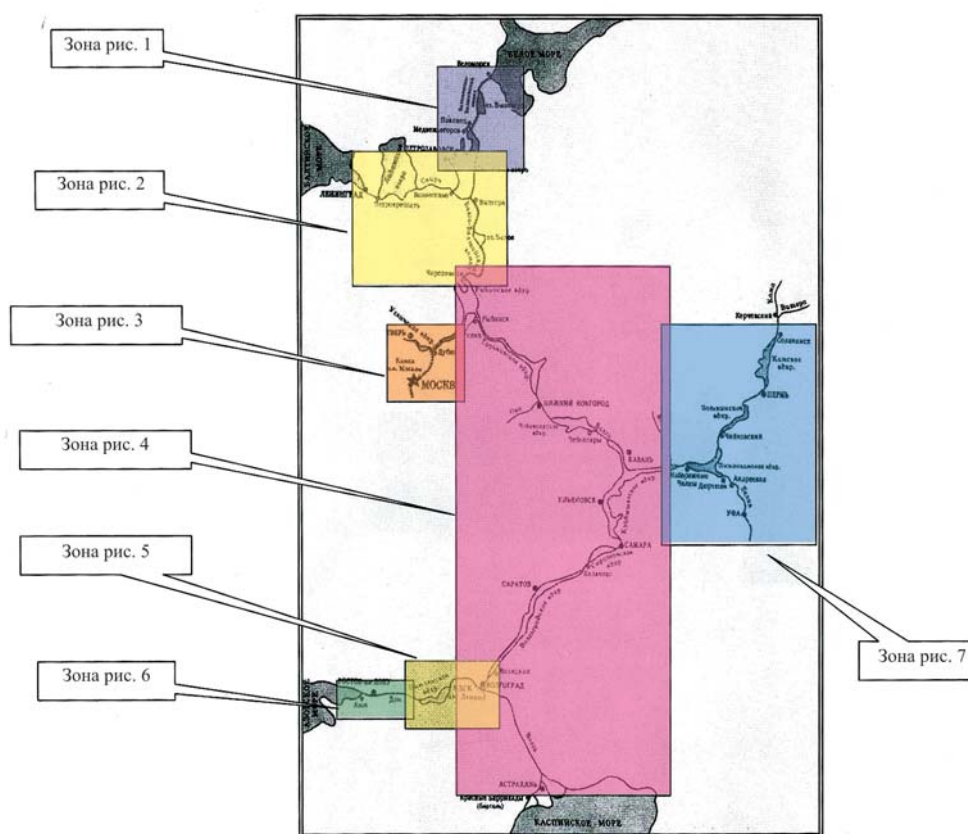


Рис. 2. Корпоративная речная информационная система европейской части единой глубоководной системы внутренних водных путей

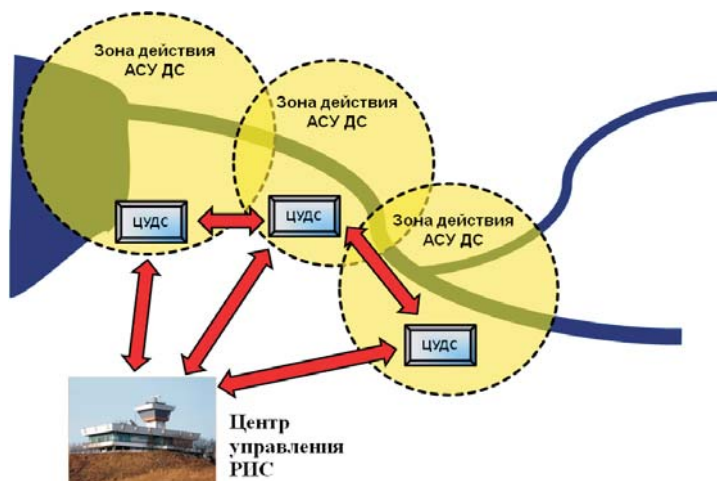


Рис. 3. Речная информационная служба

Список литературы

1. Каретников В. В., Сикарев А. А. Топология дифференциальных полей и дальность действия контрольно-корректирующих станций высокоточного местоопределения на внутренних водных путях. — СПб.: СПГУВК, 2008. — 352 с.

2. Каретников В. В., Сикарев А. А., Волков А. Б. Новые инфокоммуникационные системы для внутреннего водного транспорта // Морская биржа.— СПб.: Принт-Экспо, 2009. — Вып. 1 (27). — С. 43–48.

УДК 629.12.011.5: 628.517.2

О. В. Щербакова,

Новосибирская государственная академия
водного транспорта;

М. К. Романченко,

канд. техн. наук,
Новосибирская государственная академия
водного транспорта

ПОИСК ЭЛЕМЕНТОВ ЭФФЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ СТРУКТУРНОГО И УДАРНОГО ШУМА

SEARCH THE ELEMENTS OF EFFECTIVE PROTECTION FROM STRUCTURAL AND SHOCK NOISE

Статья посвящена важной проблеме снижения структурного и ударного шума на судах. Рассматриваются эффективные методы защиты от шума: виброизоляция и вибропоглощение. В статье также анализируются современные виброизоляторы и звукопоглощающие панели зашивки судовых помещений.

The article is devoted the important problem of reducing the structural and shock noise on the ships. Consider effective methods of protection against noise: vibration isolation and vibration absorption. The article also examines modern vibration isolators and sound-absorbing panels for the decoration of ship facilities.

Ключевые слова: структурный шум, методы защиты от шума, виброизоляция, вибропоглощение, виброизоляторы, звукопоглощающие панели.

Key words: structural noise, methods of protection against noise, vibration isolation, vibration absorption, vibration isolators, sound-absorbing panels.



ПОВЫШЕНИЕМ энерговооруженности современных судов увеличивается шум в машинных отделениях, жилых, служебных и общественных помещениях, большое значение приобретает проблема воздействия шума на человека. Повышенный шум негативно воздействует на человека, снижает его работоспособность, влияет на качество и безопасность его труда. Несмотря на многолетние исследования в этой области, проблема снижения шума на судах до сих пор остается важной и актуальной, не решенной до конца задачей.

Основным источником шума на судне является работающее оборудование: главные двигатели, дизель-генераторы, гребные винты,

насосы, системы кондиционирования воздуха, радионавигационное оборудование. Также к источникам шума можно отнести вибрирующие (колеблющиеся) поверхности механизмов, металлические пластины судна. Жесткое соединение механизмов и оборудования с корпусом судна, высокая звукопроводимость металлических корпусных конструкций, проникновение шума от источников внешней среды тоже способствуют наличию структурного шума в обитаемых помещениях.

Главными направлениями в борьбе по снижению структурного шума являются виброизоляция и вибропоглощение [5].

Основное назначение виброизоляции заключается в установке специальных уст-

роиств, препятствующих распространению (или уменьшающих) звуковую вибрацию от источника распространения к защищаемому объекту. Виброизолирующие устройства включают упругие крепления механизмов (виброизоляторы), упругие муфты в валопроводах, гибкие патрубки в трубопроводах и т. д. Они должны ограничивать перемещения механизмов во избежание их соударений с близко расположенными конструкциями и обеспечивать надежную работу механизмов и систем.

Для виброизоляции главных двигателей и дизель-генераторов используют в основном три типа резинометаллических виброэлементов: виброизоляторы с наклонным расположением резинового элемента, рассчитанные на нагрузку 2 и 6,5 кН; виброизоляторы типа АКСС, АКСС-И грузоподъемной силой 2,2 и 4 кН и виброизоляторы на базе элементов ЭСА-100 [1; 5]. Эти виброизоляторы наиболее эффективны в рабочем диапазоне частот от 25 до 50 Гц. Достоинство всех резинометаллических виброизоляторов заключается в простоте их конструкции, широком диапазоне изменения их упругих характеристик, возможности произвольной ориентировки виброизоляторов относительно основания. Основные недостатки определяют особые свойства резины: при длительной эксплуатации наблюдается изменение динамических свойств, связанное со «старением» резины; ухудшение виброзащитных свойств в условиях, отличающихся от нормальных (повышенная, пониженная температура, влажность); наличие резонансных режимов; возможность защиты от вибрации только при определенной нагрузке; большая поступательная и поворотная жесткость.

Виброизоляцию дизель-генераторов осуществляют, главным образом, с помощью пружинных виброизоляторов типа АПрС. Они имеют страховку от перегрузок, рабочие частоты выше 10 Гц. Недостаток — большие габариты [1].

Резинометаллические виброизоляторы способны обеспечить минимальные частоты свободных колебаний вдоль вертикальной оси в диапазоне 10–20, пружинные — 0,5–5 Гц [5].

Одним из перспективных направлений является использование в виброизоляторах упругого элемента, выполненного из метал-

лического троса, предназначенного для эффективной защиты различных объектов от пространственных вибраций.

Основными преимуществами тросовых виброизоляторов являются: высокая прочность, способность работать в экстремальных условиях, высокий коэффициент рассеивания энергии, низкая себестоимость и простота конструкции, стабильность работы и эффективность при защите от ударных нагрузок.

Действие тросовых виброизоляторов предполагает постоянную силу веса и любую другую постоянную силу, поскольку силовая характеристика имеет участок весьма низкой жесткости. Эти уникальные по своим характеристикам виброзащитные средства предназначены для низкочастотной защиты различных объектов в экстремальных по температуре и химическому составу средах. Это и определяет их область применения.

Тросовые подвески относятся к устройствам для обеспечения качественной защиты объектов от однонаправленных и всенаправленных вибрационных воздействий. Их преимущества по сравнению с некоторыми другими средствами виброизоляции заключаются в технологичности изготовления и применении весьма прочного материала с допустимым напряжением 2200 МПа.

Существующие на данный момент цельнометаллические тросовые виброизоляторы можно разделить по назначению на группы: для изоляции одного объекта от другого (чаще всего аппаратуры от основания); для выборочной передачи нагрузок в соединениях (крутящего момента в соединениях валов); для поглощения энергии кратковременных ударов [3].

По конструкциям тросовые виброизоляторы также можно разделить на группы: предполагается наличие двух или более разъемных пластин, между которыми укладывается «змейкой» и зажимается цельный отрезок троса; трос навивается в виде спирали — СТВР (спирально-тросовый виброизолятор рядный), СТВС — (спирально-тросовый виброизолятор сборный) (рис. 1); виброизоляторы колокольчикового типа [6].

В результате проведенных испытаний выявлены преимущества виброизолято-

ров СТБР по сравнению с амортизаторами типа АКСС: повышенная эффективность по снижению структурного и ударного шума 6–12 дБА, снижение низкочастотной вибрации на 5–6 дБ [3].

Основные недостатки спирально-тросовых виброизоляторов — это перетирание волокон тросов и остаточные деформации.

Амортизаторы из композиционных материалов, свойства которых могут быть обеспечены подбором материала и связующих полимеров, не имеют пока зарубежных аналогов.

Упругие элементы композитных амортизаторов изготавливаются из стекловолокна с эпоксидной смолой. Композитные амортизаторы в 1993 г. прошли межведомственные испытания. Было доказано, что они удовлетворяют требованиям, предъявляемым к корабельным амортизаторам. Кроме того, эксплуатация устройств АСК-500 под дизель-генератором ДГ-200 подтвердила их высокую надежность в эксплуатации. Анализ статических характеристик АСК-100 показывает, что они имеют линейный характер.

Анализ виброакустических характеристик резинометаллических, спирально-тросовых и композитных амортизаторов позволяет сделать следующие выводы: амортизаторы типа АСК и СТВ являются более эффективными средствами виброзащиты по сравнению с резинометаллическими амортизаторами типа АКСС [6].

Для уменьшения передачи шума через неопорные связи и увеличения надежности работы виброизолированных дизелей в валопроводах главных двигателей используют эластичные муфты, а в трубопроводах — гибкие патрубки и вставки.

Ослабление структурного шума в судовых помещениях оценивают по виброизолирующей способности соединения. Виброизолирующая способность равна разности уровней параметров вибрации на пояске фундамента при жестком и виброизолирующем креплении двигателя [5]. Однако на практике удается определить только перепад уровней вибрации, то есть разность между уровнями параметров вибрации конструкции над виброизоляторами и на пояске фундамента под ними.

Одним из важных направлений борьбы с шумом на судах является использование звукопоглощающих панелей зашивки судовых помещений.

Как в отечественном, так и в зарубежном судостроении используются для отделки помещений модульные системы обстройки [2; 4]. К числу наиболее известных из них относятся: INEXA PANELAS (Дания/Швеция), Isolamin (Швеция), отечественные М-100 и «Росун» (табл. 1). В настоящее время, помимо каркасных систем обстройки (М-100), широко используются бескаркасные модульные системы, обладающие более простой технологией монтажа панелей в судовом помещении.



а

б

Рис. 1. Виброизоляторы спирально-тросовые:

а — рядной; б — сборной

Таблица 1

Звукоизоляция элементов модульных систем

Наименование	Звукоизоляция, дБ		
	Панель стенная	Подволоок	Палубные панели
М-100 (Россия)	30; 45	—	—
«Росун» (Россия)	30; 46	30	—
INEXA PANELAS (Дания/Швеция)	32–44	44; 60	45
Isolamin (Швеция)	28–47	39–52	55; 56
NORAC (Норвегия)	30–48	48–62	—
PARMA MARINE (Финляндия)	30–50	—	—

Суммарное снижение шума при комплексном использовании звукоизолирующих перегородок плавающего пола и потолочных панелей достигает 40–50 дБ.

Отечественные модульные системы «Росун» имеют элементы обстройки, обеспечивающие звукоизоляцию 30–45 дБА, предусмотренную отечественными санитарными нормами. Однако элементы подволока существенно уступают по звукоизоляции образцам ведущих фирм, такие изделия, как палубные панели отсутствуют полностью [2].

Одной из лучших модульных систем обстройки судовых помещений является система INEXA [2]. В ней используются шумопоглощающие панели типа TNF 2SM для перегородок. При толщине 50 мм она имеет индекс звукоизоляции разделительной конструкции 32–44 дБ. Кроме того, разработаны элементы плавающего пола TNF FS, имеющие стальную поверхность, к которой прикреплен специальный звукоизоляционный материал, что обеспечивает индекс звукоизоляции 44 дБ. Суммарная звукоизоляция при использовании перегородок, системы потолков и плавающего пола достигает 60 дБ.

Слабым элементом всех модульных систем является конструкция дверей. Наличие в перегородках дверей снижает индекс звукоизоляции на 20–23 дБА [2].

Установлено, что жесткие соединения образуют между вибрирующим корпусом и

стенками помещений «звуковые мостики», по которым часть энергии колебаний передается стенками без ослабления. Такое соединение следует применять, когда требуемое снижение уровней шума не превышает 12 дБА. Виброизолирующие соединения препятствуют передаче энергии колебаний от корпуса к стенкам изолируемых помещений, их используют, чтобы снизить уровень шума более чем на 12 дБА.

Если уровни шума изолируемого помещения ограждающими корпусными конструкциями отличаются между собой не менее чем 8 дБ и их необходимо снизить более чем на 12 дБ, то рекомендуется виброизолировать обшивку и перегородки всего помещения. Такое помещение называется «плавающим».

Одними из эффективных средств защиты от структурного шума являются вибродемпфирующие материалы, наносимые на корпусные конструкции, каналы вентиляции, опорные детали приборной техники. Эти материалы при жестком соединении с металлической конструкцией ослабляют ее вибрацию, улучшая диссипативные характеристики. Эффективность вибродемпфирующего материала определяется коэффициентом потерь. Чем больше его значение, тем выше эффект. Наибольшее распространение получили в отечественном судостроении: покрытие «Випоком»; материал «Випонит», который снижает уровень вибрации на 10–20 дБ, шума — на 6–

12 дБ; мастики «Мавип», «АДЕМ-Т», «АДЕМ-НШ-2», снижающие в среднем уровни вибрации и шума на 5–8 дБ. Все они соответствуют государственным санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам.

Защита объектов от структурного шума, решается комплексно: это проекти-

рование судна с максимальным удалением источников шума от обитаемых помещений, использование виброизоляции, демпфирующих и звукопоглощающих материалов и конструкций, а также повышение требований к акустическим параметрам самих механизмов и оборудования.

Список литературы

1. Барановский А. М. Виброизоляция дизелей речных судов. — Новосибирск: НГАВТ, 2000.
2. Современные модульные методы обстройки судовых обитаемых помещений / Е. А. Баханов [и др.] // Вестник технологии судостроения. — 1999. — № 5.
3. Применение спирально-тросовых виброизоляторов для оборудования морских объектов / Э. Г. Берестовицкий [и др.] // Судостроение. — 2008. — № 5
4. Губанова Е. В., Яник Е. В. Обеспечение звукоизоляции обитаемых помещений судов и кораблей с помощью модульных элементов обстройки // Вестник технологии судостроения. — 2003. — № 11.
5. Изак Г. Д., Гомзиков Э. А. Шум на судах и методы его уменьшения. — М.: Транспорт, 1987.
6. Пономарев Ю. К., Калакутский В. И. Многослойные цельнометаллические виброизоляторы с упругими элементами регулярной структуры. — Самара: СГАУ, 2003.

УДК 656.61.052527.622.2(045)

В. А. Григорян,
доцент,
СПГУВК

НЕЗАКОНОМЕРНЫЙ ДРЕЙФ МАГНИТНЫХ ПОЛЮСОВ ЗЕМЛИ И ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАГНИТНЫХ КОМПАСОВ НА МОРСКИХ СУДАХ

EARTH'S MAGNETIC POLES IRREGULAR DRIFT AND PROBLEMS OF USING MAGNETIC COMPASSES ON SEA VESSELS

Рассматриваются проблемы использования магнитных компасов на морских торговых судах в связи с наблюдаемым незакономерным перемещением магнитных полюсов планеты.

In article problems of using magnetic compasses on sea trading vessels in connection with irregular moving of magnetic poles of a planet considered.

Ключевые слова: магнитный компас, магнитный полюс, дрейф полюсов, магнитная инверсия.
Key words: magnetic compass, magnetic pole, drift of poles, magnetic inversion.



А ПРОТЯЖЕНИИ более тысячи лет магнитный компас указывает направление движения для большинства путешественников.

Первое письменное упоминание о применении китайцами магнетита в качестве стрелки магнитного компаса появилось примерно в 1000 г. до н. э. Считается, что араб-

Разность направлений на СМП и СГП из места судна называется магнитным склонением (рис. 1). По сути, магнитное склонение — это поправка к показаниям магнитного компаса для перехода от магнитных направлений (измеряемых от магнитного меридиана

Северный магнитный полюс «пробежал» за последние 20 лет более 200 км, и сейчас движется со все возрастающей скоростью, достигающей уже 46 км в год, практически по

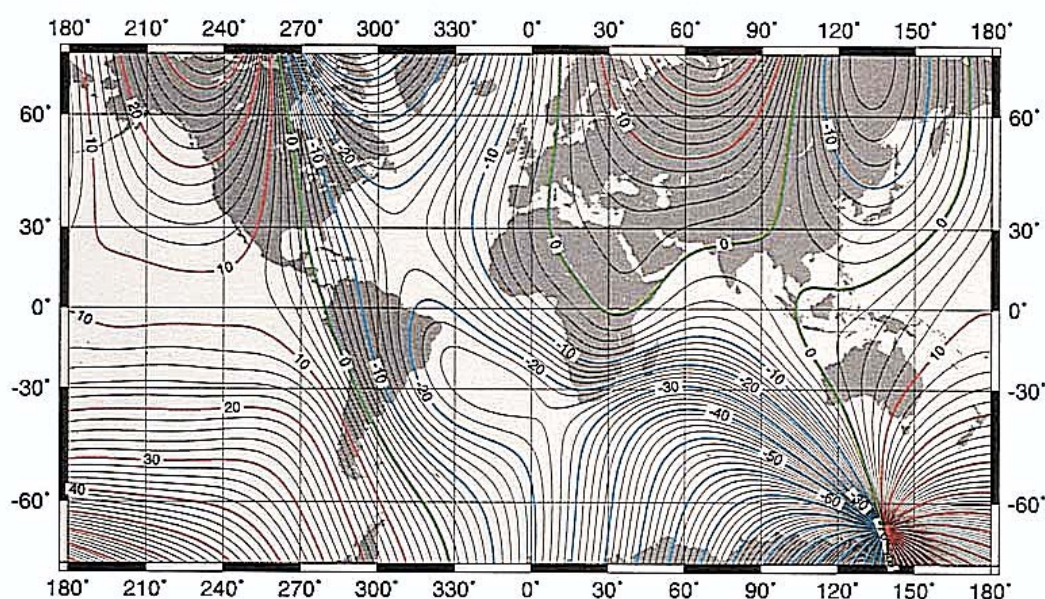


Рис. 1. Карта изогон магнитного склонения для эпохи 2000 г.

ортодромии с вертексом в $\varphi = 87^\circ \text{N}$, $\lambda = 180^\circ$. Иначе говоря, СМП по прямой устремился в российскую Арктику и, как видно из рис. 3, к 2015 г. он перейдет в Восточное полушарие. По прогнозам Канадской геомагнитной службы [2], уже к 2050 г. СМП будет находиться в районе архипелага Северная Земля.



Рис. 2. Дрейф СМП по территории Канады

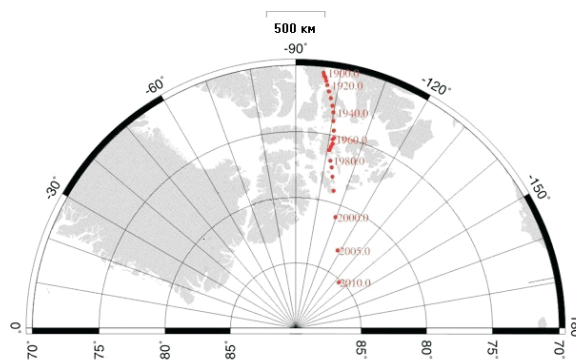


Рис. 3. Дрейф СМП за период 1900–2010 гг.

Этот прогноз справедлив лишь при сохранении наблюдаемой тенденции.

Хотя систематические инструментальные определения координат СМП ведутся только с момента открытия его Джеймсом Россом (James Clark Ross) в 1831 г., факт наличия дрейфа СМП в более ранние эпохи косвенно подтверждается наблюдениями за магнитным склонением в Париже (табл. 1), которые ведутся с 1541 г. [3].

Таблица 1

Величина магнитного склонения в Париже

Год	Склонение	Год	Склонение	Год	Склонение
1541	7°00' E	1680	2°45' W	1848	20°41' W
1578	9°03' E	1710	10°50' W	1880	16°52' W
1622	6°00' E	1740	15°30' W	1900	14°44' W
1634	4°16' E	1770	19°50' W	1911	13°30' W
1664	0°00'	1814	22°34' W	1926	11°40' W

Преобразуем данные табл. 1 и представим их в виде графика (рис. 4).

Полученный график (рис. 4) свидетельствует о колебательном характере перемещений СМП за достаточно длительный период наблюдений, как по направлению, так и по модулю с периодом не менее 500 лет. Этот вывод позволяет с достаточной степенью осторожности отнестись к прогнозу канадских геологов.

Однако незакономерность наблюдаемого дрейфа магнитных полюсов уже привела к проблемам в практике использования маг-

нитных компасов. По крайней мере, существующие методики расчета магнитного склонения следует признать несостоятельными. Возможные альтернативные методики могут иметь в основе ежегодное инструментальное определение координат СМП с последующим расчетом значений магнитного склонения для традиционных точек земной поверхности с опорой на принятую модель магнитного поля Земли. Эта информация может быть доведена до потребителей в рамках действующей системы навигационного информирования мореплавателей по каналам доставки корректуры морских карт.

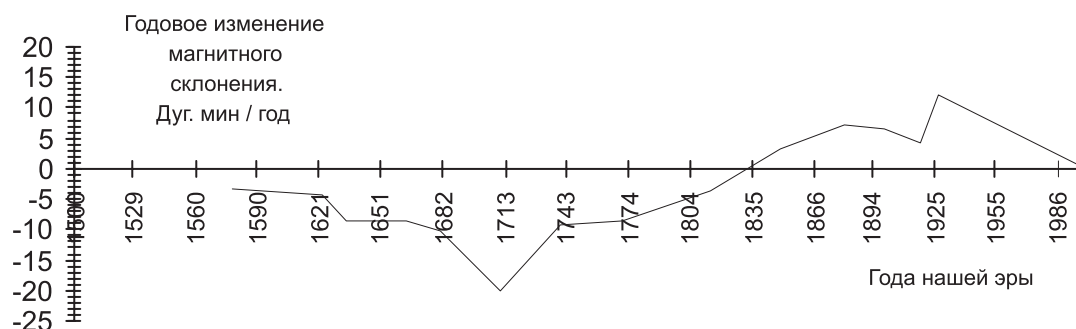


Рис. 4. Ретроспектива вектора изменения магнитного склонения в Париже

Вместе с тем нельзя полностью отрицать самый неблагоприятный вариант развития событий — перемену мест Северного и Южного полюсов Земли. Исследования геологической истории Земли подтверждают, что магнитные полюса нашей планеты неоднократно менялись местами: северный магнитный полюс становился южным и наоборот. Такой процесс называют инверсией магнитных полюсов Земли (геомагнитной инверсией). Согласно палеомагнитным данным последняя инверсия магнитного поля произошла приблизительно 780 тыс. лет назад [4]. Компьютерное моделирование магнитного поля Земли показывает, что современное ускоренное движение СМП и ЮМП полюсов происходит по привычным для них коридорам палеоинверсий и именно это обстоятельство дает основания усматривать в наблюдаемом перемещении не экскурс магнитных полюсов, а переполусовку магнитного поля Земли [5]. В таком случае, использование магнитных компасов в качестве курсоуказателей придется отложить до поры очередной относительной стабилизации магнитного поля планеты.

Кроме указанных проблем, при магнитной инверсии следует предполагать временное и значительное ослабление магнитного поля Земли. Сейчас магнитосфера окутывает Землю на высоте 60 тыс. км и своеобразным щитом защищает все живое от солнечной радиации и других космических излучений.

Без этого щита солнечный ветер и потоки плазмы солнечных вспышек смогут достигать верхних слоев атмосферы, нагревая ее и вызывая изменения климата. В момент смены полюсов может произойти резкое ослабление

магнитного поля, что приведет к скачкообразному повышению уровня солнечной радиации. При этом прогнозируется, что выйдут из строя все электрические и радиотехнические системы и устройства, навигационные и коммуникационные приборы, в том числе и искусственные спутники, находящиеся на земной орбите. Мигрирующие животные, птицы и насекомые потеряют способность к ориентированию в пространстве, а следовательно, и к выживанию. Космическое излучение вызовет непредсказуемые мутации живых организмов, а при высокой его интенсивности органическая жизнь на Земле может стать невозможной.

Наша звезда — Солнце тоже меняет местами свои магнитные полюса, но значительно чаще — с периодом всего в 22 года. На Земле такие стрессы происходят значительно реже, но все же происходят. Возможно, что катаклизмы в биосфере планеты, когда исчезало от 50 до 90 % ее фауны, связаны именно с геомагнитными инверсиями.

Правда, когда в марте 2001 г. менялись местами магнитные полюса на Солнце, исчезновения его магнитного поля космический зонд «Улисс» не зафиксировал. Следовательно, у землян есть основания надеяться, что полного исчезновения защитного слоя планеты при возможной геомагнитной инверсии, скорее всего, не произойдет, и опасности глобальной катастрофы нет. Тем более что, судя по отложениям, массового вымирания видов при инверсии магнитных полюсов ранее не происходило. Не произойдет, видимо, и в будущем. Само наличие жизни на Земле, уже многократно испытывавшей геомагнитную инверсию, это подтверждает.

Список литературы

1. Консолидированный текст МК СОЛАС–74 с учетом изменений и дополнений, принятых на 84-й сессии КБМ в мае 2008 г. — СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2008. — 986 с.
2. Geological Survey of Canada [Электрон. дан.]. Электрон. ресурс. Режим доступа: http://gsc.nrcan.gc.ca/geomag/nmp/northpole_e.php.
3. Сакеллари Н. А. Навигация: учебник для военно-морского училища. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Госвоениздат, 1933. — 320 с.: ил.
4. Короновский Н. В. Магнитное поле геологического прошлого Земли // Соросовский образовательный журнал. — 1996. — № 6. — С. 65–73.
5. Glatzmaier G. A., Roberts P. H. A three-dimensional self-consistent computer simulation of a geomagnetic field reversal // NATURE. — 1995. — 21 Sept. — Vol. 377.

УДК 629.12.001.2

Т. Э. Тедонзонг,
аспирант,
СПГУВКИЗМЕНЧИВОСТЬ МАНЕВРЕННОЙ ПОЛОСЫ ДВИЖЕНИЯ СУДНА
С УЧЕТОМ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙVARIABILITY MANEUVERABLE LANE OF A VESSEL TAKING
INTO ACCOUNT HYDROMETEOROLOGICAL CONDITIONS

В настоящей статье рассматривается ожидаемая изменчивость маневренной полосы движения судов в районе порта Дуала (Республика Камерун) с целью повышения безопасности судоходства.

This article presents the analysis and variability maneuver of navigation lane in the port of Douala Cameroon with goal to increase safety of navigation.

Ключевые слова: маневренная полоса движения судов, гидрометеорологическое условие, навигационная безопасность.

Key words: maneuverable lane traffic of ship, hydrometeorological conditions, navigational safety.

НАВИГАЦИОННАЯ безопасность определяет круг вопросов, которые охватывают необходимые действия для обеспечения перехода судна из пункта отхода в пункт прихода с сохранением его целостности как транспортного средства. В системе установленных путей судоходства Республики Камерун сложилась достаточно сложная обстановка с точки зрения обеспечения навигационной безопасности плавания на фарватере. Несомненно, сложные гидрометеорологические факторы могут существенно повлиять на изменение маневренной полосы движения судов. Одним из направлений по-

вышения уровня навигационной безопасности судоходства и снижения риска навигационных происшествий является воздействие стохастических факторов, которые формируются изменяющимися навигационно-гидрографическими и гидрометеорологическими условиями в районе порта Дуала.

Если эти изменения будут соизмеримы с допустимой шириной фарватера, то при этом могут возникнуть дополнительные навигационные риски.

Известно, что район плавания порта Дуала является сложным в навигационном отношении, причем сложность района плавания

может быть связана с изменчивостью характеристик фарватера, наличием узкостей, близостью осей фарватера относительно опасных изобат и т. д.

Анализ ГМУ судоходства в районе рекомендованных путей порта Дуала показал, что они в основном благоприятные [4]. Однако в дождливые сезоны возможны появления ветров свыше 4–5 баллов, что может повлиять на увеличение дрейфа судна, а значит, и на увеличение маневренной полосы движения.

Предоставляет интерес получить общую математическую модель возможной изменчивости маневренной полосы под влиянием ветра. Математическая модель маневренной полосы движения описывается выражением

$$B_m = L_{\text{ц}} \sin(\alpha + \beta + \gamma) + B \cos(\alpha + \beta + \gamma) + Vt \sin \varphi, \quad (1)$$

где $L_{\text{ц}}$ — длина цилиндрической вставки судна, м;

α — угол ветрового дрейфа, град;

β — угол сноса от течения, град;

γ — угол дрейфа от волнения, град;

v — скорость судна, м/с;

φ — угол рыскания, град;

t — период рыскания судна, с.

Полоса движения зависит от размеров судна ($L_{\text{ц}}$, B), поэтому в расчетах будут использованы основные характеристики судов, заходящих в порт Дуала (судно типа ро-ро, танкеры и вспомогательное судно).

Известно, что угол дрейфа под воздействием ветра составляет [1]:

$$\operatorname{tg} \alpha^{\circ} = \frac{\sqrt{(0,11V_{\text{л}})^2 + k_{\alpha}^2 W^2 \sin^2 q_w} - 0,11V_{\text{л}}}{V_{\text{л}}}, \quad (2)$$

где W — скорость кажущегося ветра, м/с;

$V_{\text{л}}$ — скорость судна в узлах;

q_w — курсовой угол кажущегося ветра;

k_{α} — коэффициент дрейфа, град, который, в свою очередь, рассчитывается по приближенной формуле

$$k_{\alpha} = \left(0,16\delta - 0,5 \frac{d}{L} \right) \sqrt{\frac{Q_y}{Ld}}, \quad (3)$$

где δ — коэффициент общей полноты;

d — средняя осадка;

L — длина судна;

Q_y — площадь парусности.

Результаты вычислений углов ветрового дрейфа на фарватер порта Дуала приведены в табл. 1.

Таблица 1

q_w , град	W , м/с	6	8	10	12	6	8	10	12	6	8	10	12
	$V_{\text{л}}$, уз	6				8				10			
40		4,9	7,3	10,1	13,1	3,1	4,9	6,8	8,9	2,1	3,4	4,9	7,6
70		6,4	9,7	13	16,4	4,2	6,4	8,9	11,4	2,9	4,6	6,4	8,4
130		5,4	8,8	11,3	14,2	3,4	5,4	7,6	9,8	2,3	4	5,5	7,2

Тогда средние значения углов дрейфа для траверзных курсовых углов составят величины, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

	W , м/с	6	8	10	12	6	8	10	12	6	8	10	12
	$V_{\text{л}}$, уз	6				8				10			
М		5,5	8,3	1,5	4,6	3,4	5,5	7,8	10	2,4	4,1	5,4	7,3

По формуле (1) и по данным табл. 2 был выполнен расчет среднего значения маневренной полосы движения (B_M) на фарватере порта Дуала при одностороннем движении по

фарватеру. Результаты расчета представлены в табл. 3, для удобства пользования скорость судна дана в узлах.

Таблица 3

Скорость судна, узлы	Скорость ветра, м/с	Среднее значение ширины маневренной полосы движения судна типа танкер, м	Среднее значение ширины маневренной полосы движения судна типа ро-ро, м	Среднее значение ширины маневренной полосы движения судна типа вспомогательное судно, м
6	6	35,7	59,7	27,3
	8	32,1	70,7	30,2
	10	48,4	83,1	33,3
	12	54,8	94,8	36,3
8	6	33,8	54	27,8
	8	38,3	62,4	29,9
	10	42,3	71,4	32,3
	12	47,9	79,9	34,5
10	6	34,3	52,7	29,4
	8	37,9	59,4	31,1
	10	40,8	64,6	32,4
	12	44,8	72,1	34,4

Из лоции западного побережья Африки для района порта Дуала известно, что в среднем годовом распределении наибольшую повторяемость (28–45 %) имеет скорость ветра 2–2,6 м/с, а среднее месячное число дней со скоростью ветра 15 м/с и более, как правило, менее 1 %, лишь в порту Дуала в апреле увеличивается до 2 %. Из этого можно заключить, что среднее квадратическое отклонение

изменчивости скорости ветра можно принять за 2,5 м/с.

Для оценки влияния изменчивости ветра на изменчивость маневренной полосы движения необходимо найти выражение, которое связывает стандартное изменение дрейфа со стандартным изменением скорости ветра [3].

$$\sigma_{\alpha} = |\alpha'| \sigma_W, \quad (4)$$

$$\alpha' = \frac{d\alpha}{dW} = \frac{V_{\text{л}}^2 k^2 W \sin q_w}{\sqrt{(0,11V_{\text{л}})^2 + k^2 W^2 \sin q_w} \left(V_{\text{л}}^2 + \left(\frac{\sqrt{(0,11V_{\text{л}})^2 + k^2 W^2 \sin q_w} - 0,11V_{\text{л}}}{1} \right)^2 \right)}. \quad (5)$$

В табл. 4 представлены расчетные значения стандартных отклонений углов дрейфа.

Таблица 4

$W, \text{ м/с}$	6	8	10	12	6	8	10	12	6	8	10	12
$V_{\text{Д}}, \text{ уз}$	6				8				10			
$2\sigma_w$	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
α'	0,13	0,15	0,16	0,17	0,13	0,15	0,15	0,15	0,12	0,13	0,14	0,15
$2\sigma_\alpha$	0,65	0,75	0,8	0,85	0,65	0,75	0,75	0,75	0,60	0,65	0,7	0,75

На основании полученных результатов математической модели стандартного отклонения маневренной полосы движение под влиянием ветра составляет

$$|\sigma_B| = |B'_M| |\sigma_\alpha|, \quad (6)$$

$$\text{где } B'_M = L_{\text{ц}} \cos C - B \sin C. \quad (7)$$

В табл. 5 приведены результаты предельных значений с вероятностью $P = 0,95$ отклонения маневренной полосы движения под влиянием ветра (σ_B) для разных типов судов.

Таблица 5

Скорость судна, узлы	Скорость ветра, м/с	Судно типа танкер, м	Судно типа ро-ро, м	Вспомогательное судно, м
6	6	4,2	7,7	2,0
	8	4,7	8,7	2,2
	10	5,0	9,2	2,3
	12	4,9	9,6	2,3
8	6	4,8	7,6	2,0
	8	4,8	8,9	2,3
	10	4,8	8,8	2,3
	12	4,7	8,7	2,2
10	6	3,9	7,2	1,8
	8	4,2	7,3	2,0
	10	4,5	8,3	2,1
	12	4,8	8,8	2,2

Таким образом, из табл. 3 и 5 общая математическая модель возможной изменчивости маневренной полосы движения под влиянием ветра имеет вид

$$B_{\text{ср}} = B_M \pm 2\sigma_B. \quad (8)$$

На основании табл. 3 и 5 получены общие значения изменчивости средней маневренной полосы движения судов при сложных ГМУ при скорости судна 8 узлов (табл. 6, рис. 1–3).

Таблица 6

Скорость судна, узлы	Скорость ветра, м/с	Судно типа танкер, м	Судно типа ро-ро, м	Вспомогательное судно, м
6	6	45,6	75,1	31,3
	8	41,5	88,1	34,6
	10	58,4	101,5	37,9
	12	64,6	114	40,9
8	6	43,4	69,2	31,0
	8	47,8	80,2	34,5
	10	51,9	89	36,9
	12	47,3	97,3	38,9
10	6	40,2	67,1	33,0
	8	46,3	74	35,1
	10	49,8	8,3	36,5
	12	53,4	8,8	38,8

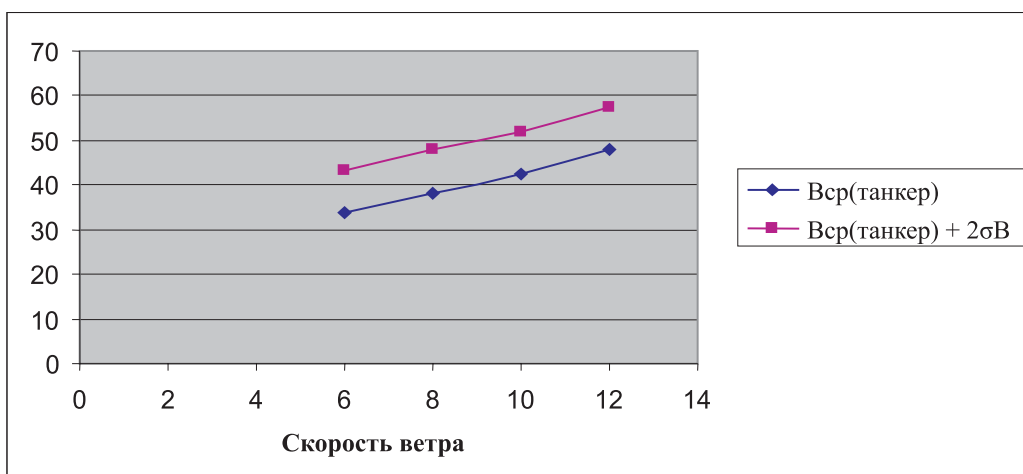


Рис. 1. Изменчивость маневра полосы движения для судов типа танкер

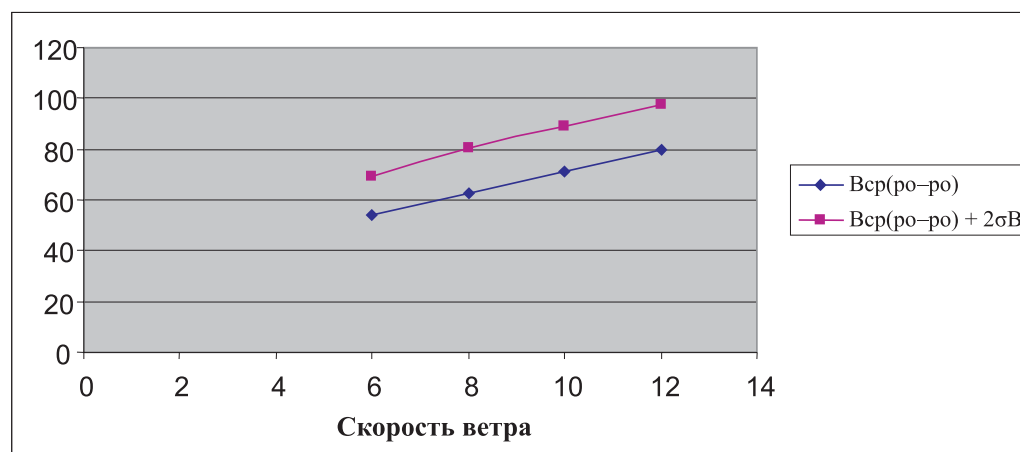


Рис. 2. Изменчивость маневра полосы движения для судов типа ро-ро

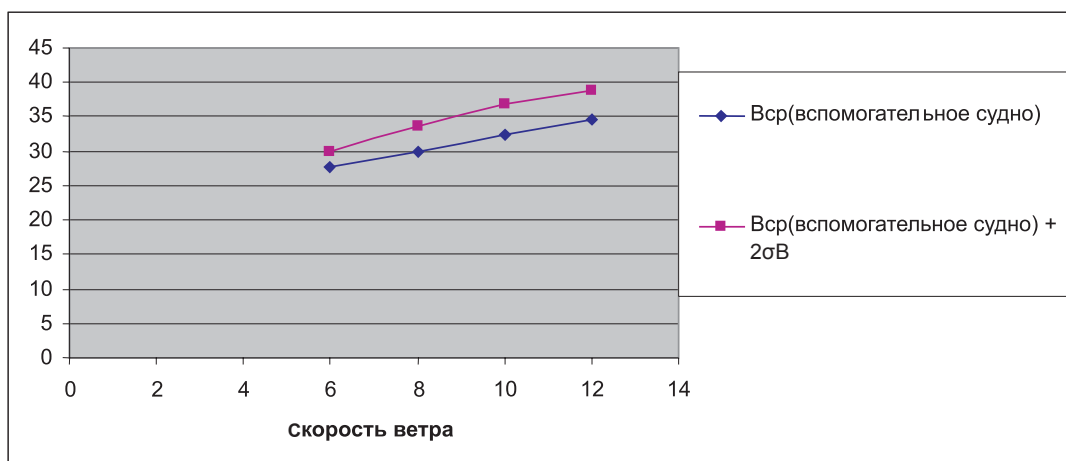


Рис. 3. Изменчивость маневра полосы движения для вспомогательных судов

Таким образом, анализ изменчивого маневра полосы движения фарватера при неблагоприятных гидрометеорологических условиях позволил учитывать навигационные ситуации и принимать правильные решения для маневра. С учетом гарантированной ширины рекомендованного фарватера 60–70 м [5] для

судов типа ро–ро возможно появление опасной ситуации с опасными навигационными изобатами. Поэтому следует рекомендовать внести в систему управления движением порта Дуала ограничения на вход судов типа ро–ро (сила ветра 8–12 м/с).

Список литературы

1. Снопков В. И. Управление судном. — СПб.: Профессионал, 2004.
2. Дмитриев В. И., Григорян В. Л., Катенин В. А. Навигация и лоция. — М.: ИКЦ (Академкнига), 2004.
3. Выгодский М. Я. Справочник по высшей математике. — М., 1972. — С. 309.
4. Africa pilot. — United Kingdom hydrographic office, 2004. — Vol. 2.
5. Тедонзонг Т. Э. Регрессионная модель опасной изобаты // Современные тенденции и перспективы развития водного транспорта России: Межвуз. науч.-практ. конф. студ. и асп. — СПб.: СПУВК, 2010.

СУДОСТРОЕНИЕ И СУДОРЕМОНТ

УДК 625.12:539.4

С. О. Барышников,
канд. техн. наук, профессор,
СПГУВКРАСЧЕТ РЕДУКЦИОННЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЭЛЕМЕНТОВ КОРПУСА
СУДНА ПО ПРАВИЛАМ РОССИЙСКОГО РЕЧНОГО РЕГИСТРАCALCULATION OF REDUCTION COEFFICIENTS FOR SHIP'S HULL ELEMENTS
ACCORDING TO THE RUSSIAN RIVER REGISTER REGULATIONS

Предложена методика расчета редуционных коэффициентов для определения основных параметров элементов набора корпуса судна, упрощающая определение коэффициентов и более удобная в практическом применении.

The author offers the methods of calculation of the coefficients of reduction to define basic parameters of the ship framing, this method simplifies the coefficients defining and is more convenient for application in practice.

*Ключевые слова: редуционные коэффициенты, набор корпуса судна.
Key words: coefficients of reduction, ship framing.*

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ основа расчетов редуционных коэффициентов пластин обшивки и настилов, недеформированных и деформированных продольных ребер жесткости с присоединенным пояском для Правил Российского Речного Регистра (РРР) создана профессором И. О. Тряниным. Далее предлагается, не изменяя этих теоретических основ, выразить их через удобные, физические, обобщенные параметры, что в большинстве случаев позволяет их существенно упростить и во всех случаях получить простые графики и номограммы для расчета редуционных коэффициентов, удобные для использования на практике. Такими обобщенными параметрами могут быть:

— относительная толщина пластины $\frac{t}{t^*}$ — отношение фактической толщины пластины к минимальной толщине пластины, при которой последняя не теряет устойчивость даже при действии сжимающих напряжений, равных пределу текучести материала;

— гибкость недеформированного продольного ребра жесткости с присоединенным пояском $\frac{b}{\rho}$ — отношение пролета продольного ребра жесткости к радиусу инерции этого ребра с присоединенным пояском;

— относительная стрелка прогиба деформированного ребра $\frac{n_0}{b}$ — отношение максимальной стрелки деформированного ребра к его пролету.

Редуционные коэффициенты сжатых пластин при продольной системе набора

Правилами Российского Речного Регистра [1] предлагается определять редуционный коэффициент пластин при продольной системе набора по формуле

$$\varphi = \frac{\sigma_{кр}}{|\sigma_{жс}|}, \quad (1)$$

где $|\sigma_{жс}|$ — абсолютное значение сжимающих напряжений в жестких связях,

$\sigma_{кр}$ — критические напряжения сжатой пластины.

Критические напряжения пластины, сжатой вдоль длинной кромки, МПа, должны вычисляться по формулам

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{кр} &= \sigma_y \text{ при } \sigma_y \leq 0,6R_{eH} \\ \sigma_{кр} &= \left(1,63 - 0,8 \sqrt{\frac{R_{eH}}{\sigma_y}} \right) R_{eH} \text{ при } 0,6R_{eH} < \sigma_y < 1,6R_{eH} \\ \sigma_{кр} &= R_{eH} \text{ при } \sigma_y \geq 1,6R_{eH} \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

где σ_y — эйлеровы напряжения в МПа.

$$\sigma_y = 78,5 \left(\frac{100t}{a} \right)^2, \quad (3)$$

где t — толщина пластины, см;
 a — длина короткой кромки, см;
 R_{eH} — предел текучести материала, МПа.

Введем новую характеристику устойчивости пластины — минимальную толщину, при которой пластина не теряет устойчивость даже при сжимающих напряжениях, равных пределу текучести материала (t^*).

Эта толщина определяется по формуле

$$t^* = \frac{a}{100} \sqrt{\frac{1,6 R_{eH}}{78,5}}. \quad (4)$$

Кроме того, уровень сжимающих напряжений, действующих на пластину, будем оценивать характеристикой n :

$$n = \frac{|\sigma_{ж}|}{R_{eH}}. \quad (5)$$

После подстановки (4) и (5) в (3) и (2) и преобразований получим два уравнения для определения редуционных коэффициентов гибкой части пластины

$$\left. \begin{aligned} \varphi &= \frac{1,6}{n} \left(\frac{t}{t^*} \right)^2 \text{ при } \frac{t}{t^*} \leq 0,612, \\ \varphi &= \frac{1,63}{n} - \frac{0,63}{n} \frac{t}{t^*} \text{ при } \frac{t}{t^*} > 0,612 \end{aligned} \right\}. \quad (6)$$

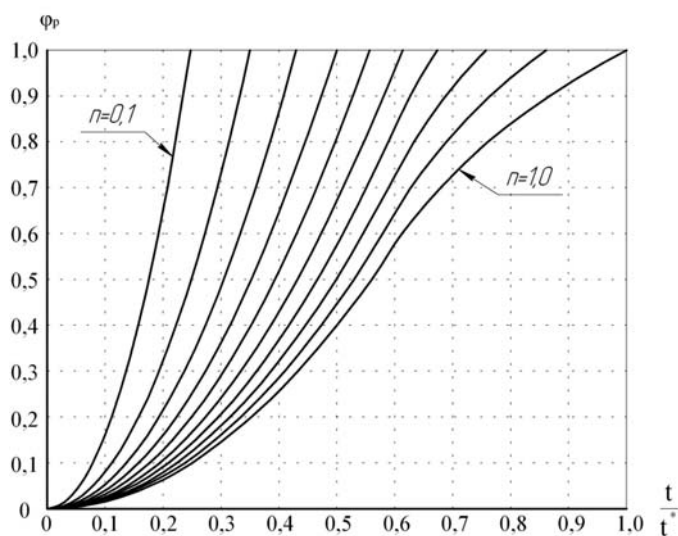


Рис. 1. Редуционные коэффициенты сжатых пластин при продольной системе набора

С использованием уравнений (6) и (4) построены графики, представленные на рис. 1, позволяющие определить редуционные коэффициенты пластины в зависимости от относительной толщины $\left(\frac{t}{t^*} \right)$, характеризующей гибкость пластины, и уровня сжимающих напряжений, действующих на эту пластину.

Редуционные коэффициенты сжатых продольных ребер жесткости

Правилами РРР при проектировании корпуса не допускается потеря устойчивости продольных ребер жесткости, однако в процессе эксплуатации в результате износа геометрические характеристики поперечного сечения могут оказаться такими, что при действии расчетной нагрузки ребра будут терять устойчивость. Редуционные коэффициенты для них в этом случае можно определять по формуле (1). Критические напряжения Правилами РРР рекомендуется определять по формулам

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{кр} &= \sigma_y \text{ при } \sigma_y \leq 0,6 R_{eH}; \\ \sigma_{кр} &= \left(1,12 - 0,312 \frac{R_{eH}}{\sigma_y} \right) R_{eH}; \\ \text{при } 0,6 R_{eH} < \sigma_y < 2,6 R_{eH}; \\ \sigma_{кр} &= R_{eH} \text{ при } \sigma_y \geq 2,6 R_{eH} \end{aligned} \right\}, \quad (7)$$

где σ_y — критические напряжения при сжатии продольного ребра с присоединенным пояском, МПа:

$$\sigma_y = \frac{\pi^2 E J}{b^2 (f + at)}, \quad (8)$$

где E — модуль нормальной упругости, МПа;

J — момент инерции площади сечения ребра с присоединенным пояском $0,5a$, но не более $25t$, см⁴;

f — площадь поперечного сечения ребра без присоединенного пояска, см²;

a — расстояние между продольными ребрами, см;

t — толщина пластины, см;

b — пролет ребра, см.

Эйлеровы напряжения можно представить в виде

$$\sigma_{\vartheta} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}, \quad (9)$$

где

$$\lambda = \sqrt{\frac{b^2}{J/(f + at)}} \quad (10)$$

— гибкость продольного ребра жесткости.

В сопротивлении материалов гибкость стержня оценивается величиной $\lambda = \frac{\mu b}{\rho}$,

где μ — коэффициент приведения длины, в рассматриваемом случае $\mu = 1$, так как в Правилах РРР принято, что продольное ребро свободно опирается на балки поперечного направления;

$\rho = \sqrt{\frac{J}{F}}$ — радиус инерции поперечного сечения стержня;

J — момент инерции площади поперечного сечения стержня;

F — площадь поперечного сечения стержня.

Несмотря на то что формально радиус инерции площади поперечного сечения свободного от окружающей конструкции стержня несколько отличается от знаменателя в формуле для гибкости (10), но по физическому смыслу и размерности они вполне могут быть идентифицированы.

Тогда минимальную гибкость ребра, при которой оно не будет терять устойчивость даже при сжимающих напряжениях, равных R_{eH} , можно определить по формуле

$$\lambda_{\min} = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{2,6 R_{eH}}}. \quad (11)$$

Введем характеристику относительной гибкости, используя (10) и (11):

$$\frac{\lambda_{\min}}{\lambda} = \sqrt{\frac{\pi^2 E \sigma_{\vartheta}}{2,6 R_{eH} \pi^2 E}} = \sqrt{\frac{\sigma_{\vartheta}}{2,6 R_{eH}}}. \quad (12)$$

Выразив редуционный коэффициент

ребра через уровень сжимающих напряжений

$$n = \frac{|\sigma_{\vartheta}|}{R_{eH}}, \text{ получим}$$

$$\varphi_p = \frac{|\sigma_{kp}|}{n R_{eH}}. \quad (13)$$

Используя (13), (12) и (7), получим выражение для вычисления редуционных коэффициентов сжатых ребер в зависимости от их относительной гибкости

$$\varphi_p = \frac{2,6}{n} \left(\frac{\lambda_{\min}}{\lambda} \right)^2, \text{ при } \frac{\lambda_{\min}}{\lambda} \geq 0,48; \quad (14)$$

$$\varphi_p = \frac{1}{n} \left(1,12 - \frac{0,12}{\left(\frac{\lambda_{\min}}{\lambda} \right)^2} \right), \text{ при } 0,48 < \frac{\lambda_{\min}}{\lambda} < 1.$$

По полученным зависимостям построен график для определения редуционных коэффициентов продольных ребер жесткости в зависимости от их относительной гибкости, представленный на рис. 2.

Редуционные коэффициенты изогнутых продольных ребер жесткости

Несущая способность изогнутых продольных ребер жесткости уменьшается при действии не только сжимающей, но и растягивающей нагрузки. Правилами РРР предлагается вычислять редуционные коэффициенты изогнутых продольных ребер жесткости по формулам

$$\left. \begin{aligned} \varphi_p &= \varphi_0 X Y k_{II}, \text{ при } n \leq n_1 \\ \varphi_p &= \varphi_0 k_{II}, \text{ при } n_1 < n \leq 0 \\ \varphi_p &= \varphi_0, \text{ при } 0 < n \leq n_2 \\ \varphi_p &= \varphi_0 X_1, \text{ при } n_2 \leq n \end{aligned} \right\}, \quad (15)$$

где φ_0 — коэффициент, определяемый по табл. 1;

Таблица 1

$\frac{\sigma_{\vartheta}}{\sigma_{\vartheta}}$	φ_0 при h_0 / ρ равном										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1	0,916	0,719	0,516	0,363	0,260	0,193	0,147	0,115	0,093	0,076
1	1	0,889	0,667	0,471	0,333	0,242	0,182	0,140	0,111	0,090	0,074
-1	1	0,848	0,609	0,428	0,307	0,227	0,172	0,139	0,107	0,087	0,072

h_0 — стрелка прогиба деформированного ребра;

ρ — радиус инерции площади поперечного сечения деформированного ребра, см, равный $\rho = \sqrt{J_p / F_p}$;

J_p, F_p — площадь поперечного сечения, см^2 , и момент инерции этой площади относительно нейтральной оси, см^4 , продольного деформированного и изношенного ребра с присоединенным пояском шириной, равной a ;

σ_m — напряжение в жестких связях на уровне центра тяжести площади поперечного сечения ребра с присоединенным пояском;

σ_{ϑ} — эйлеровое напряжение ребра, МПа:

$$\sigma_{\vartheta} = \pi^2 EJ_p / (F_p b^2); \quad (16)$$

k_H принимается равным единице для ребер палуб судов, площадок и ребер второго дна и 0,85 в остальных случаях;

n_1, n_2 — числа, вычисляемые по формуле

$$n_1, n_2 = \pm \left(1,056 + 0,021 \frac{h_0}{\rho^2} - 0,145 \frac{h_0}{\rho^2} - 0,131 \frac{z_{\max}}{\rho} \right), \quad (17)$$

число n_1 — отрицательное, n_2 — положительное;

X, X_1, Y — величины, вычисляемые по формулам

$$X = 1 + n \left[\begin{aligned} &-0,402 + 1,60 \frac{h_0}{b} - 0,015 \frac{\sigma_{\vartheta}}{R_{eH}} - 0,982 n - 45,2 \frac{h_0^2}{b^2} + \\ &+ 0,614 \frac{h_0}{b} \cdot \frac{\sigma_{\vartheta}}{R_{eH}} - 0,00142 \frac{\sigma_{\vartheta}^2}{R_{eH}^2} - 0,362 n^2 \end{aligned} \right], \quad (18)$$

$$X_1 = 1 + n \left[\begin{aligned} &0,400 - 2,90 \frac{h_0}{b} + 0,0137 \frac{\sigma_{\vartheta}}{R_{eH}} - 0,896 n + 50,1 \frac{h_0^2}{b^2} - \\ &- 0,522 \frac{h_0}{b} \cdot \frac{\sigma_{\vartheta}}{R_{eH}} + 0,00123 \frac{\sigma_{\vartheta}^2}{R_{eH}^2} + 0,329 n^2 \end{aligned} \right], \quad (19)$$

$$Y = 1 - \frac{1 \cdot 10^{-3} p a b^2 H_p}{J_p R_{eH}} \left(0,0271 + 0,169 \frac{h_0}{b} - 0,00292 \frac{\sigma_{\vartheta}}{R_{eH}} \right), \quad (20)$$

если какой-либо коэффициент, определенный по формулам (18), (19) и (20), получается отрицательным, то его следует принимать равным нулю, если больше единицы — равным единице;

n — относительное напряжение, равное $n = \frac{\sigma_{\text{жс}}}{R_{eH}}$;

p — давление груза на настил, который поддерживается ребром, кПа;

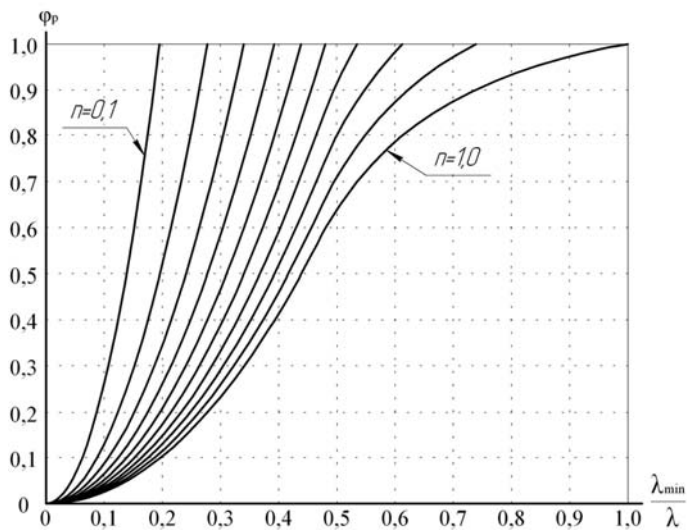


Рис. 2. Редуционные коэффициенты продольных ребер жесткости

H_p — высота ребра, см;

$z_{\max}$ — отстояние крайнего волокна полки от нейтральной оси поперечного сечения ребра с присоединенным пояском.

Величину $\frac{h_0}{\rho}$ можно представить как произведение двух величин, каждая из которых имеет определенный физический смысл: $\frac{h_0}{b}$ — относительный прогиб ребра и $\lambda = \frac{b}{\rho}$ — гибкость ребра без прогиба. Вводя новые величины в табл. 1, можно построить графики изменения ϕ_0 в зависимости от относительного прогиба при различной их гибкости. В далее приводимых номограммах (рис. 3–6) это графики в правой части.

Величину X целесообразно преобразовать и представить в виде

$$\begin{aligned} X = & 1 - 0,362 n^3 - 0,982 n^2 + \\ & + n \left(-0,402 + \left(1,60 - 45,2 \frac{h_0}{b} \right) \frac{h_0}{b} \right) + \\ & + n \frac{\pi^2 E}{\lambda^2 R_{eH}} \left(-0,015 + 0,614 \frac{h_0}{b} - 0,00142 \frac{\pi^2 E}{\lambda^2 R_{eH}} \right). \end{aligned} \quad (22)$$

Величина X используется только для расчета редуционных коэффициентов сжатых деформированных ребер, поэтому напряжения в соседних прямых ребрах имеют знак минус, а множитель n в выражении (22) отрицателен. Расчеты для построения номог-

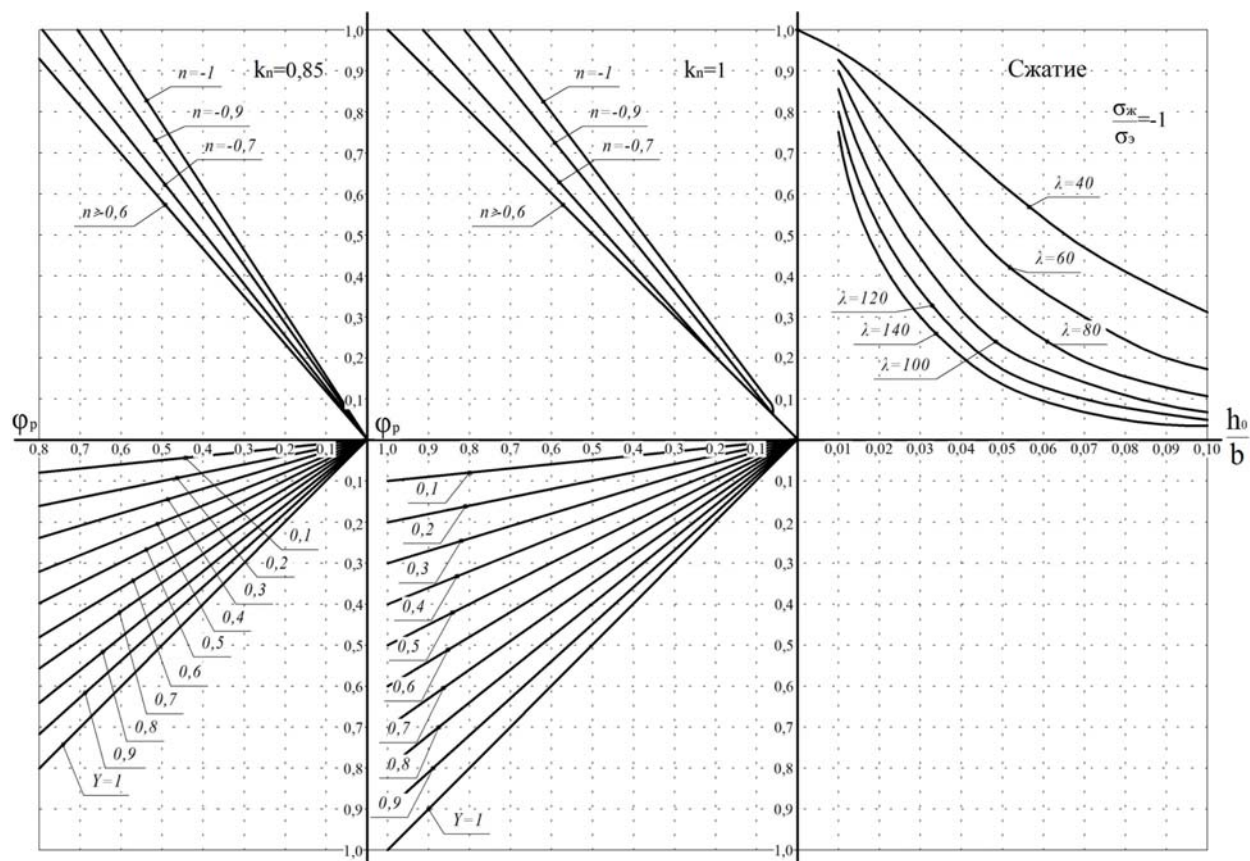


Рис. 3. Вариант 1 (см. центр верх. граф.)

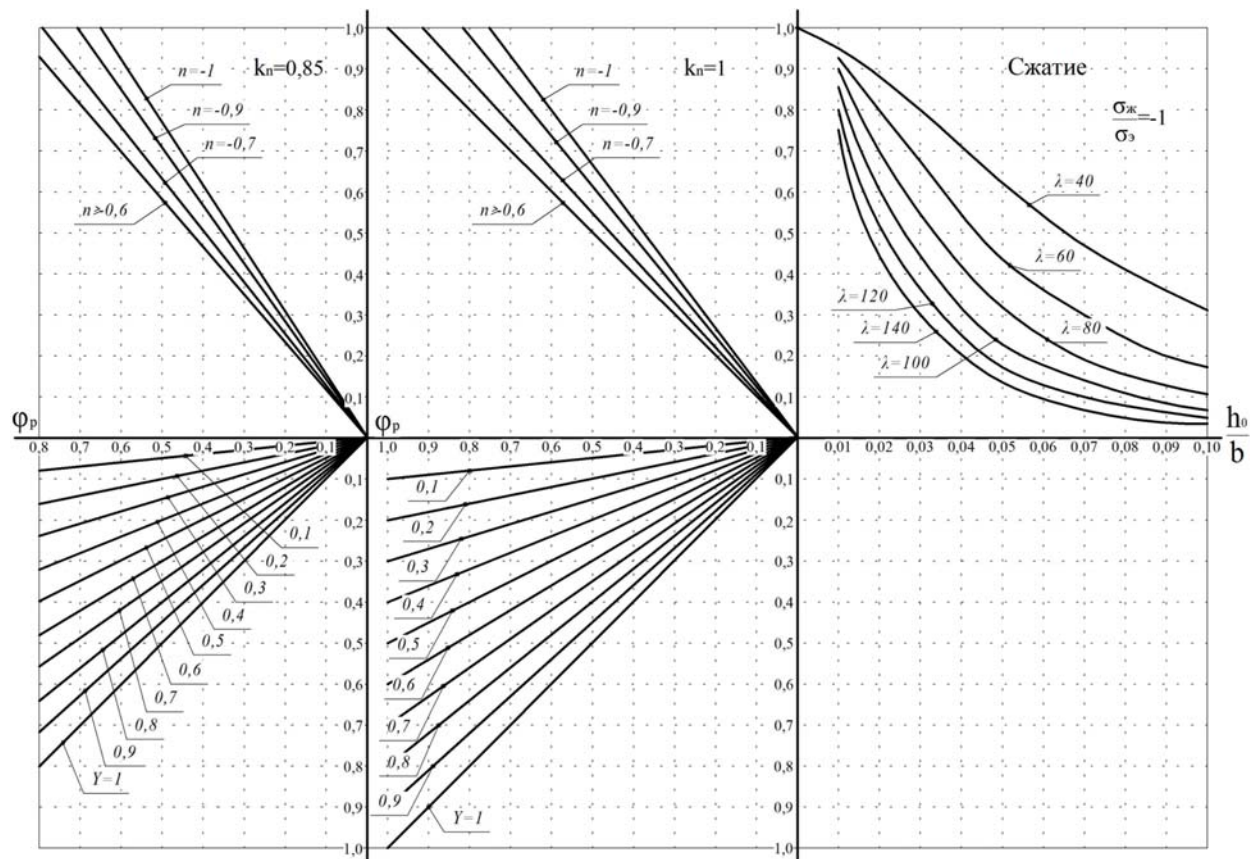


Рис. 3. Варант 2 (см. центр верх. граф.)

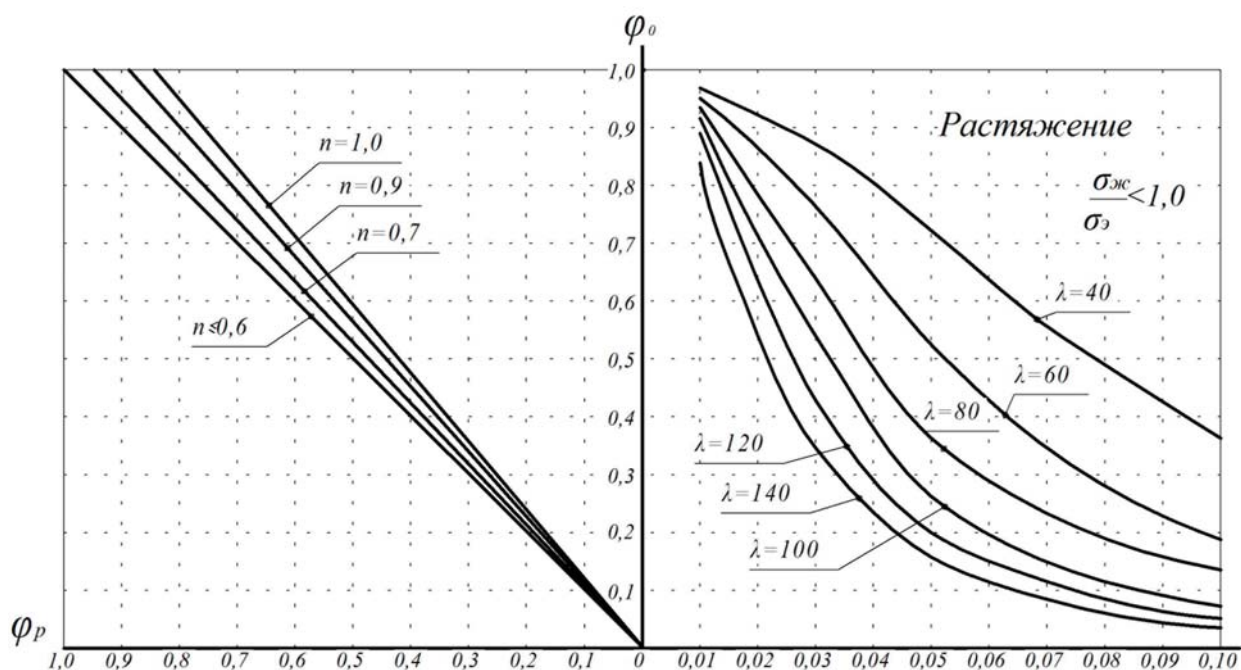


Рис. 4

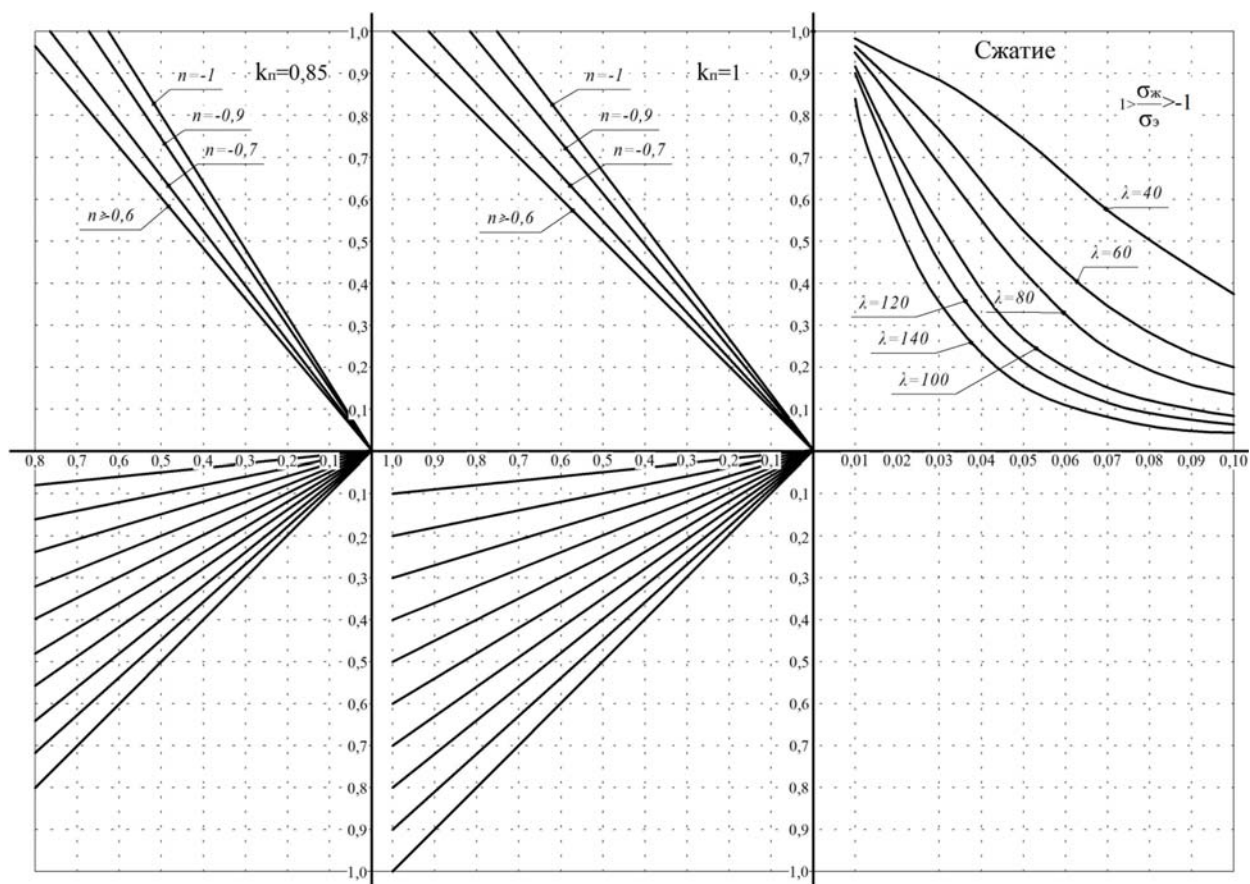


Рис. 5

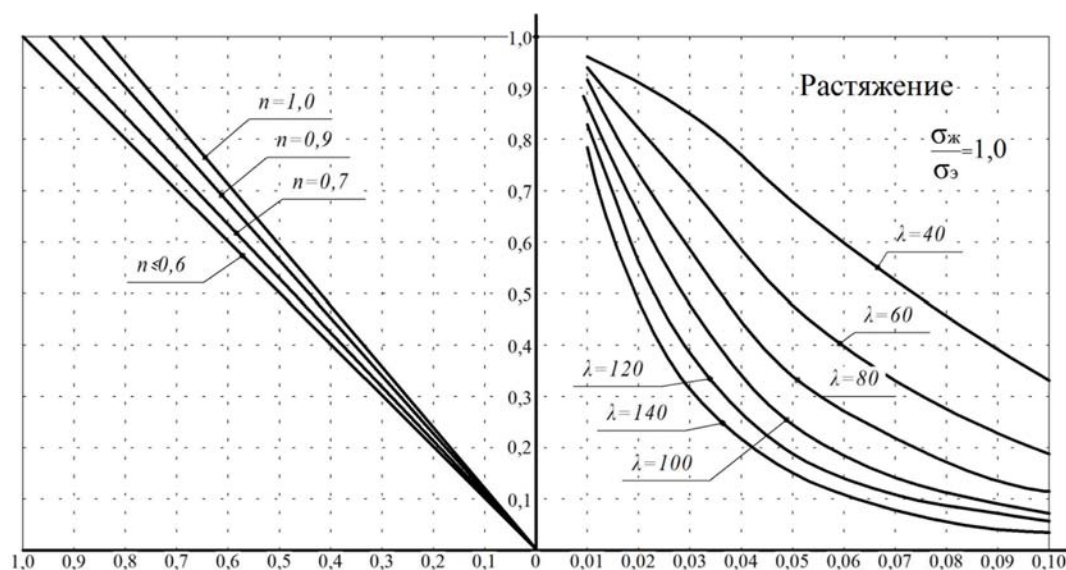


Рис. 6

раммы показали, что отклонения от линии на номограмме соответствующей гибкости $\lambda = 100$ не заметно. Кроме того, при построении номограммы нет необходимости вычислять величину n_1 , так как при граничных n_1 величина X становится равной единице. На номограммах (рис. 3, 4) видно, что $n \leq -0,6$. Правая часть номограммы на этих рисунках представлена в двух вариантах: для $k_n = 1$ и $k_n = 0,85$.

Величина Y также используется только для расчета редуционных коэффициентов сжатых изогнутых стержней, ее удобнее представить в виде, указанном ниже, но использовать в номограмме, как обобщенный параметр.

$$Y = 1 - k_1 k_2 \left(0,0271 + 0,169 \frac{h_0}{b} \right) + k_1 k_2 k_3 \cdot 0,00292, \quad (23)$$

где k_1 — относительная нагрузка:

$$k_1 = \frac{10^{-3} p}{R_{eH}}; \quad (24)$$

p — давление груза на настил, который поддерживается ребром, кПа;

k_2 — коэффициент:

$$k_2 = \frac{aH_p}{F_p} \cdot \lambda^2; \quad (25)$$

H_p — высота ребер, см;

k_3 — коэффициент:

$$k_3 = \frac{\sigma_3}{R_{eH}} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2 R_{eH}}. \quad (26)$$

На рис. 3 и 4 представлены номограммы для расчета редуционных коэффициентов деформированных продольных ребер жесткости в сжатой зоне.

Для расчета редуционных коэффициентов деформированных ребер в растянутой зоне используется величина X_1 , которая после преобразования представляется в виде

$$X_1 = 1 + 0,329n^3 - 0,869n^2 + n \left(0,400 - \left(2,90 - 50,1 \frac{n_0}{b} \right) \frac{n_0}{b} \right) + n \frac{\pi^2 E}{\lambda^2 R_{eH}} \quad (27)$$

$$+ \left(0,0137 - 0,522 \frac{h_0}{b} + 0,00123 \frac{\pi^2 E}{\lambda^2 R_{eH}} \right) +$$

Множитель n в выражении (27) всегда положителен.

Расчеты для построения номограммы показали, что отклонение от линии на номограмме от линии соответствующей гибкости $\lambda = 100$ незначительно. Кроме того, при построении номограммы нет необходимости вычислять величину n_2 , так как при граничных n_2 величина X_1 становится равной единице.

На рис. 5 и 6 представлены номограммы для расчета редуционных коэффициентов деформированных продольных ребер жесткости в растянутой зоне.

Список литературы

1. Российский Речной Регистр. Правила: в 4 т. — 2008. — Т. 2.

УДК 629.12.03.001.63

А. Г. Даниловский,
канд. техн. наук, доцент,
СПГУВК;

И. А. Боровикова,
канд. техн. наук,
СПбГМТУ

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ КОМПЛЕКТАЦИИ СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF VARIANTS OF A COMPLETE SET OF SHIP ELECTROPOWER INSTALLATION

Выбор оптимального варианта судовой электроэнергетической установки затруднен большим количеством альтернативных вариантов, необходимостью анализировать влияние их системных параметров на эффективность судна, а также прогнозированием выводов на период, равный сроку жизни судна, когда состояние конъюнктуры рынка и условия использования судна с очевидностью могут изменяться. Предложена методика и выполнены примеры решения указанной сложной задачи.

The choice of optimum variant of ship electropower installation is complicated by a plenty of alternative variants, necessity to analyze influence of their system parameters on efficiency of a vessel, and also forecasting of conclusions for the period equal to term of life of a vessel, when a condition of market condition and the conditions of use of a vessel with evidence can change. The technique is offered and the examples of the decision of the specified complex task are executed.

Ключевые слова: судовая электроэнергетическая установка, варианты комплектации, сравнение, анализ.

Key words: ship electropower installation, variants of a complete set, comparison, analysis.

СУДОВАЯ электростанция — второй по значимости после пропульсивной установки комплекс в составе СЭУ, оказывающий существенное влияние на эффективность и безопасность эксплуатации транспортного судна. По длительности работы электростанция превосходит пропульсивную установку, так как она эксплуатируется не только на ходу, но и на всех стояночных и аварийных режимах, включается в работу до запуска главных двигателей и выключается после остановки последних, так как обеспечивает не только подготовку к запуску, но и режим расхолаживания.

Большим количеством фирм-производителей выпускаются типоразмерные ряды дизель-генераторов (ДГ) с приводом от высокооборотных и среднеоборотных дизелей. ДГ на базе среднеоборотных дизелей (СОД) обладают повышенным ресурсом, определяемым

ресурсом приводного двигателя, составляющим от 35 до 45 тыс. ч. Одновременно масса и габариты дизель-генераторов с приводом от СОД относительно велики. Например, длина (важный системный параметр) дизель-генераторных агрегатов может превышать длину главных малооборотных дизелей. Удельный расход топлива обычно не превышает 200 г/кВтч и у лучших типоразмеров приближается к удельному расходу МОД.

ДГ на базе дизелей повышенной оборотности обладают умеренными массо-габаритными характеристиками, их удельный расход топлива в основном около 200 г/кВтч, но ресурс снижен до 15–18 тыс. ч. В источниках публикуется удельный расход на выработку мощности приводным двигателем. Для учета потерь энергии в системе генерации электроэнергии нужно ввести коэффициент, увеличивающий удельный расход — КПД

электрогенератора, учитывающий в том числе потери в обмотках и затраты мощности на возбуждение.

При выборе оптимального состава генераторных агрегатов судовой электростанции представляет интерес обоснование схемы комплектации СЭС, выбора ДГ из типоразмерных рядов различных фирм-производителей, сравнение ДГ на основе СОД и ВОД, анализ эффективности применения валогенераторов, а также возможность привода генераторов от утилизационных турбин — газовых (УГТ) и паровых (УТГ).

Сравнение вариантов производится при значениях нагрузки СЭС на спектре режимов эксплуатации судна, определяемых в соответствии с руководящими документами отрасли [1; 2]. В связи с тем, что комплектование СЭС осуществляется на начальных этапах проектирования судов — обычно в процессе эскизного проектирования, когда состав пот-

ребителей электроэнергии еще не определен, вычисление расчетных значений нагрузок на основных и дополнительных режимах производится методом корреляционных зависимостей [1] в функции главных параметров судна и СЭУ, а также основных особенностей реализации производственных процессов на судне.

Типовыми вариантами комплектации СЭС являются: 1) применение трех одинаковых ДГ; 2) применение двух одинаковых ДГ и одного «стояночного» ДГ меньшей мощности; 3) применение четырех одинаковых ДГ; 4) применение двух одинаковых ДГ и ВГ; 5) применение трех одинаковых ДГ и ВГ.

На основных режимах — ходовом и стояночном без грузовых операций, занимающих основную часть эксплуатационного периода, — целесообразно применение одного ДГ с нагрузкой не менее 70 % от номинальной. Рекомендованное использование генераторов на производных режимах приведено в табл. 1.

Таблица 1

Использование ГА на производных режимах СЭС

Типовые варианты комплектации СЭС	Режим маневров	Режим стоянки с грузовыми операциями
1	≤ 2 ДГ	≤ 2 ДГ
2	≤ 2 ДГ	1 ДГ
3	≤ 3 ДГ	≤ 3 ДГ
4	ВГ и ≤ 2 ДГ	1 ДГ
5	ВГ и ≤ 2 ДГ	≤ 2 ДГ

Сравнение вариантов комплектации СЭС производится на основе анализа значений согласованного критерия эффективности $Kr_{\text{согл}}$ [2] — полного изменения прибыли по судну от применения альтернативного варианта технического решения по сравнению с базовым:

$$Kr_{\text{согл}} = \Delta P_{\text{полн}} + \Delta D_G + \Delta D_L;$$

$$\Delta P_{\text{полн}} = Kr_{\text{лок}} = P_{\text{полн}} - P_{\text{полн}}^{\text{баз}};$$

$$P_{\text{полн}} = P_{\text{т}} + k_{\text{кос}} \cdot (H_{\text{а}} + H_{\text{р}} + H_{\text{сн}}) + E_{\text{н}} \cdot K;$$

$$\Delta D_G = \Delta G_{\text{полн}} \cdot K_G \cdot L_{\text{пл}} \cdot Z_{\text{р}} \cdot Fr;$$

$$\Delta D_L = \Delta L_{\text{м}} \cdot K_L \cdot B \cdot H_{\text{б}} \cdot K_L \cdot L_{\text{пл}} \cdot Z_{\text{р}} \cdot Fr,$$

где $\Delta P_{\text{полн}}$ — локальный критерий — приращение полных расходов по альтернативному варианту СЭС по сравнению с базовым вариантом (приращение приведенных затрат); ΔD_G — поправка на изменение полной массы варианта СЭС и возможность перевозки дополнительного груза на судне; ΔD_L — поправка на изменение длины варианта СЭС и возможность размещения дополнительного груза на судне; K — стоимость варианта СЭС; $P_{\text{т}}$ — расходы на топливо за анализируемый период.

Таблица 2

Нагрузка на режимах и базовый вариант комплектования электростанции

Режимы работы судна	Расчетная нагрузка, кВт	Число и мощность работающих генераторов, кВт	Число и мощность резервных генераторов, кВт
Ходовой	413,14	1 ДГ × 500	2 ДГ × 500
Маневры	893,03	2 ДГ × 500	1 ДГ × 500
Ход с обогревом груза	444,38	1 ДГ × 500	2 ДГ × 500
Стоянка без грузовых операций	241,89	1 ДГ × 500	2 ДГ × 500
Стоянка с грузовыми операциями	726,69	2 ДГ × 500	1 ДГ × 500
Аварийный с работой основной СЭС	418,78	1 ДГ × 500	2 ДГ × 500

На танкере пр. 17120 применена электростанция в составе трех отечественных ДГ марки ДГР 2А 500/500 и одного аварийного ДГ марки АДГФ 100/1500. В табл. 2 приведены нагрузки СЭС танкера на спектре режимов эксплуатации

в соответствии с техническим проектом судна.

В табл. 3 приведены альтернативные варианты комплектации СЭС для танкера 17120, а в табл. 4 характеристики альтернативных дизель-генераторов.

Таблица 3

Альтернативные варианты СЭС танкера пр. 17120

№ варианта	Схема комплектации СЭС
1 (базовый)	Три ДГР 2А 500/500 (отечественные)
2	Три ДГ с СОД 6L16/24 (MAN)
3	Два ДГР 2А 500/500 + ДГ 250 с ВОД (MAN)
4	Четыре ДГР 2А 300/750 (отечественные)

Таблица 4

Характеристики альтернативных дизель-генераторов

J	Марка ДГ	$N_{эл}$	$b_{т}$	G	L	B	H
1	ДГР 2А 500/500	500	212	21,3	6350	1900	2925
2	ДГ с СОД 6L16/24	515	207	10,5	4616	1000	2226
3	ДГР 2А 300/750	300	219	11,3	5120	1460	2250
4	ДГ 250 с ВОД (MAN)	250	205	2,84	2800	1300	1300

На рис. 1 приведены результаты расчета составляющих согласованного критерия в функции величины линии эксплуатации судна.

Отрицательные значения на рис. 1 свидетельствуют о превосходстве альтернативных вариантов над базовым. Для варианта 4 полные расходы больше, чем в базовом варианте, но за счет меньшей массы получен общий выигрыш. При сравнении вариантов

выигрыш от уменьшения длины ДГ не учитывался, так как в базовом варианте танкера МКО на уровне ДГ (нижняя платформа) развито в сторону румпельного отделения.

Выбор комплектующего оборудования и других технических решений, оптимизирующих показатели эффективности судна, производится при определенном сочетании влияющих факторов. Судно установлено на оп-

ределенную линию эксплуатации, на данной линии учитываются определенные условия погоды, температуры окружающего воздуха и воды, судно имеет определенную степень шероховатости и обрастания корпуса, оно эксплуатируется с определенным грузом и в определенных условиях конъюнктуры рынка, выражающейся в уровне фрахтовых ставок, себестоимости эксплуатации, капитальных затрат и других факторов.

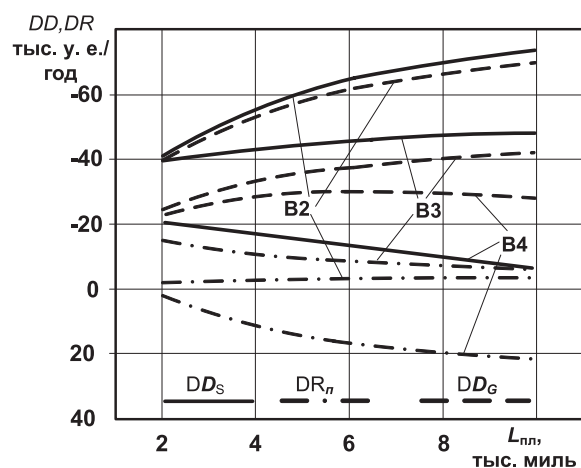


Рис. 1. Влияние величины линии эксплуатации судна на разницу полных расходов ΔP_n , потерь прибыли от перевозки полной массы СЭС ΔD_G и полной потери прибыли судном ΔD_s для вариантов комплектования СЭС 2, 3 и 4 по сравнению с базовым вариантом 1 (см. табл. 3)

Перечисленные параметры могут изменяться в связи с изменением погодных условий, времени года, уровня солнечной радиации, коррозии, обрастания и проведением очистки корпуса, конъюнктуры рынка от случайных колебаний и дрейфа параметров. В связи с тем, что оптимизация ведется на одни параметры, а фактическая работа будет происходить при других, справедлива постановка вопроса: сохранятся ли выводы об оптимальности принятых решений в новых условиях?

Поставленная задача проверки устойчивости решения задачи оптимизации не может быть решена в общем виде без конкретизации типа изменяющихся параметров и величины возможных отклонений. В случае если влияющие параметры являются стохастическими, возможно применение в анали-

зе эффективности вероятностных оценок их математического ожидания. Это относится, например, к параметрам рейсов. Достаточные условия применения математических ожиданий в качестве оценки достоверного значения стохастической величины — наличие повторяемости и линейная зависимость критерия эффективности от вероятностных факторов, что и имеет место при расчете составляющих согласованного критерия эффективности.

Ряд характеристик могут иметь отклонения от среднего и не обладать повторяемостью. Это многие характеристики, определяемые при проектировании однократно, и потом при постройке объекта также однократно реализующиеся. К таким параметрам относятся, например, характеристики первоначальной стоимости, процентная ставка за пользование капиталом, цены на топливо, связанные определенным образом со стоимостью природных энергоносителей. Выполним исследование влияния перечисленных факторов на устойчивость выбора оптимального варианта СЭС.

На рис. 2 приведены результаты варьирования процентной ставки за пользование капиталом на составляющие согласованного критерия для вариантов комплектования СЭС для танкера пр. 17120, указанных в табл. 3. Процентная ставка за пользование капиталом изменяется в пределах от 0,025 до 0,15.

Как видно из рис. 2, для вариантов 2 и 3 полные расходы при увеличении процентной ставки изменяются противоположно, что является следствием различных значений номинальной мощности генераторов. При увеличении величины линии эксплуатации судна полные расходы вариантов 2 и 3 сближаются и при величинах линии более 8 тыс. миль сравниваются, что видно на рис. 2, а. Однако процентная ставка за пользование капиталом не оказывает влияния на прочие составляющие согласованного критерия, и поэтому вариант 2 остается оптимальным по общей прибыли по судну, что видно на рис. 2, б, полученного суммированием величин, представленных на рис. 2, а, и величины выигрыша от изменения полной массы, представленной на рис. 1 штриховыми линиями. Приведенные на рис. 1 зависимости полных расходов получены при значении процентной ставки за поль-

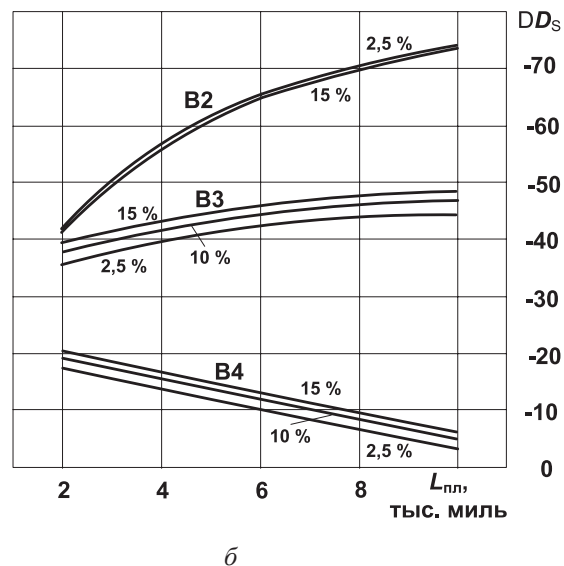
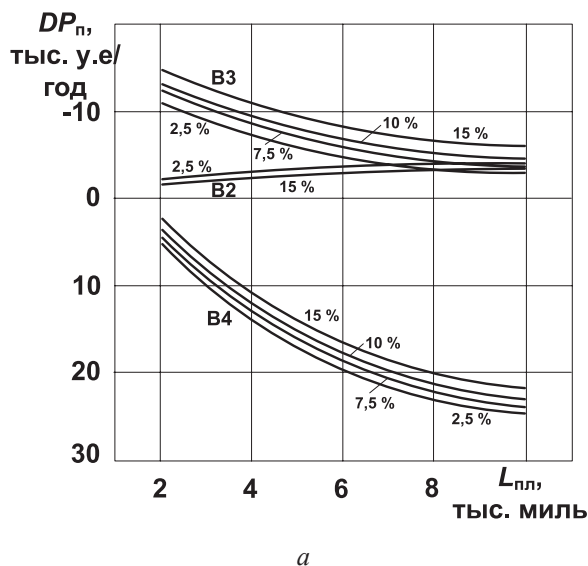


Рис. 2. Влияние процентной ставки за пользование капиталом и величины линии эксплуатации судна на разницу полных расходов $\Delta P_{\text{п}}$ и потери прибыли судном $\Delta D_{\text{с}}$ для вариантов комплектования СЭС

зование капиталом, равной 0,15. Эти кривые представлены также и на рис. 2, а.

На рис. 3 приведены результаты расчета влияния стоимости топлива на полные расходы на генераторные агрегаты СЭС. Стоимость топлива увеличивается в 2,6 раза по сравнению со значениями, принятыми при расчете составляющих согласованного критерия, представленными на рис. 1.

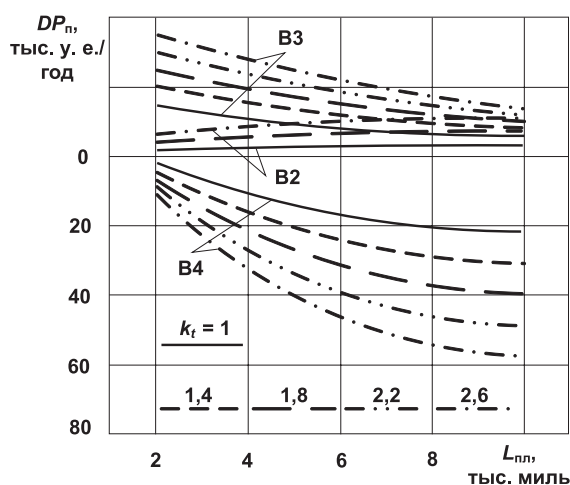


Рис. 3. Влияние стоимости топлива и величины линии эксплуатации судна на разницу полных расходов $\Delta P_{\text{п}}$ для вариантов комплектования СЭС. Коэффициенты увеличения стоимости топлива нанесены на рисунок

Результаты расчета на рис. 3 подобны представленным на рис. 2, а, но влияние коэффициентов увеличения стоимости топлива качественно одинаково для всех вариантов: при увеличении стоимости топлива различия с базовым вариантом увеличиваются. Преимущество варианта 2 по сравнению с прочими при увеличении линии эксплуатации количественно уменьшается, так что различия становятся близкими к погрешности расчетов, что свидетельствует о неразличимости вариантов по полным расходам.

Стоимость топлива, так же как и процентная ставка за пользование капиталом, оказывает влияние только на полные расходы по варианту комплектации СЭС. Выигрыш же от изменения полной массы остается неизменным и равен зависимостям, представленным на рис. 1 штриховыми линиями.

На рис. 4 представлены зависимости приращения доходов от эксплуатации судна — сумма зависимостей, представленных на рис. 3, и зависимостей, представленных на рис. 1 штриховыми линиями. Как видно из рис. 4, при величинах линии эксплуатации судна до 5 тыс. миль варианты 2 и 3 одинаково эффективны в связи с различиями в пределах погрешности расчетов.

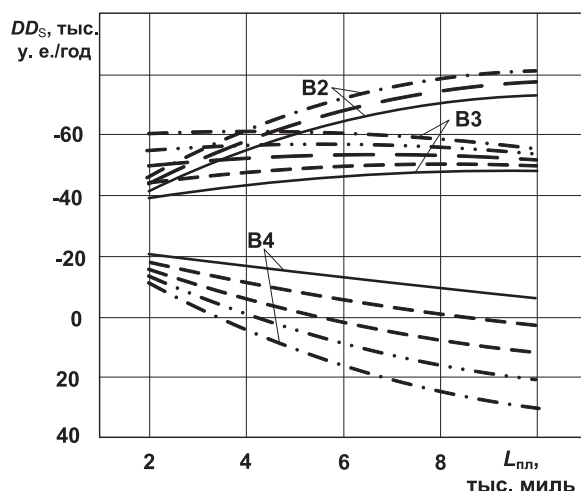


Рис. 4. Влияние стоимости топлива и величины линии эксплуатации судна на разницу доходов по судну для анализируемых вариантов комплектования СЭС

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Варианты СЭС, анализируемые при проектировании, при одинаковых значениях главного параметра — мощности, необходимой для обеспечения судовых нужд на спектре режимов эксплуатации, отличаются схемой комплектации и выбором генераторных агрегатов из различных типоразмерных рядов. Вследствие этого они отличаются совокупностью системно-важных параметров, в том числе массой и габаритами генераторных агрегатов, удельным расходом топлива, долговечностью, первоначальной стоимостью и др.

2. Сравнение вариантов комплектации СЭС производится на основе анализа значе-

ний согласованного критерия эффективности — полного изменения прибыли по судну от применения альтернативного варианта технического решения по сравнению с базовым (обобщенным выражением эффективности на случай изменения системных параметров).

3. Выбор комплектующего оборудования и других технических решений, оптимизирующих показатели эффективности судна, производится при определенном сочетании влияющих факторов. В связи с тем, что судно эксплуатируется длительный период времени, отсутствует гарантия того, что принятое сочетание влияющих факторов останется неизменным. Необходимо анализировать устойчивость выводов об оптимальности выбранных технических решений относительно возможного изменения влияющих факторов.

4. В качестве представителей параметров, обладающих повторяемостью, выступает их математическое ожидание, то есть возможна детерминированная постановка задачи оптимизации. Одновременно целый ряд влияющих факторов не обладает повторяемостью. Необходимо проведение исследования устойчивости оптимальности вариантов комплектации СЭС при направленном варьировании таких параметров.

5. Приведены примеры исследований для СЭС танкера. Установлена значимость составляющих согласованного критерия эффективности и возможность изменения выводов об оптимальности вариантов комплектации СЭС при направленном варьировании факторов, не обладающих повторяемостью. Показаны задачи, ожидающие своего решения.

Список литературы

1. Техничко-эксплуатационные требования по оптимальной комплектации электростанций морских транспортных судов: [текст] / ЯКУТ 28-004-96: утв. 20.12.1996 г. — СПб.: ЦНИИМФ, 1996.
2. Даниловский А. Г., Боровикова И. А. Автоматизированное проектирование и оптимизация судовых вспомогательных энергетических комплексов: [текст]. — СПб.: ИЦ СПГУВК, 2008.

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ХРОМА, ЭЛЕКТРООСАЖДЕННОГО
АНОДНО-СТРУЙНЫМ СПОСОБОМ

DURABILITY OF CHROME ELECTROPLATED BY JET-PUMPING

В работе приведены результаты экспериментальных исследований износостойкости хромовых покрытий, электроосажденных анодно-струйным способом, при изнашивании с материалами, применяемыми для деталей судовых ДВС.

The work present the results of experimental durability research for jet-pumped electroplated chromium in ship diese component material wear.

Ключевые слова: электроосаждение, хромирование, трение, износ.

Key words: electric plating, chroming, frietion, wear.

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ электролитических осадков хрома обеспечила их широкое использование в различных отраслях машиностроения и ремонтной практике.

Исследования износостойкости хромовых покрытий проводили многие исследователи [1–7]. В результате ряда исследований были установлены рациональные режимы электроосаждения хромовых покрытий в различных по составу электролитах и использовании прогрессивных технологических приемов осаждения хрома, удовлетворяющих разнообразным техническим требованиям.

Установлено [1], что при изменении скоростей изнашивания и значений нагрузок имеют место следующие виды изнашивания: схватывание первого рода, окислительное изнашивание и схватывание второго рода.

В результате анализа процесса изнашивания хромированных деталей сделан вывод о том, что электролитическое хромирование нельзя рассматривать как универсальное средство борьбы с износом, в зависимости от вида износа в конкретных условиях трения хромовое покрытие может давать большой эффект, либо не оказывать существенного влияния на величину износа или даже увеличивать его интенсивность.

В условиях окислительного изнашивания электролитическое хромирование увели-

чивает износостойкость трущихся поверхностей в несколько раз. При схватывании первого рода электролитический хром может быть успешно применен для защиты поверхностей трения от схватывания до удельных давлений в зоне контакта, не превышающих 16 МПа. При схватывании второго рода (тепловой износ) электролитический хром может быть успешно применен как средство, устраняющее тепловой износ до температуры в зоне трения, равной 573 К.

В условиях абразивного изнашивания покрытия хромом можно рекомендовать в тех случаях, когда допускаемый абразивный износ не превышает величин, сопоставимых с толщиной слоя хрома.

В условиях возникновения осповидного (усталостного) изнашивания при схватывании второго рода электролитический хром применять вообще нецелесообразно. Так, одной из причин разрушения поверхностей трения является напряженное состояние поверхностных слоев металла, а хромовое покрытие еще больше увеличивает неблагоприятные напряжения в поверхностном слое.

Проблема выбора рационального способа восстановления и упрочнения деталей машин не может быть рассмотрена вне связи с износостойкостью покрытия и областью его рационального использования в узлах и сопряжениях ремонтируемых машин.

Многочисленными лабораторными и эксплуатационными исследованиями доказана целесообразность и эффективность использования электролитического хрома как способа упрочнения и восстановления для многих деталей и узлов двигателей внутреннего сгорания различного назначения и мощности [1–7].

В вопросе использования электролитического хрома для упрочнения и восстановления втулок цилиндров, поршневых колец, канавок поршней под поршневые кольца, распределительных и коленчатых валов, штоков клапанов, деталей гидравлических машин и топливной аппаратуры приводятся в научно-технической литературе однозначные данные. Последние указывают на повышение износостойкости хромированных деталей в 1,5–10 раз по сравнению с чугуном различного состава и обработки, а также сталями, обычно применяемыми при изготовлении деталей двигателей внутреннего сгорания. Однако в отношении использования хрома для восстановления поршневых пальцев и подобных деталей имеются разноречивые сведения.

Изложенное выше вызвало необходимость комплексного исследования износостойкости покрытий электролитического хрома в сравнении с конструкционными материалами, широко используемыми при изготовлении деталей судовых дизелей. Также были выполнены исследования сравнительной износостойкости чугуна поршневых колец при трении в паре с пористым хромом точечного типа, полученными при различных режимах осаждения, в условиях ограниченной смазки и высоких удельных нагрузках при относительном возвратно-поступательном движении образцов. В аналогичных условиях были выполнены сравнительные исследования износостойкости хромовых покрытий в сопряжении с алюминиевым сплавом поршней судовых дизелей и чугуном поршневых колец. По схеме «ролик–букса» при трении при вращении были выполнены исследования износостойкости электролитического хрома в сопряжении с антифрикционными подшипниковыми сплавами.

Для сравнительных исследований износостойкости поршневых колец в паре с точеч-

ным хромом металлографическими исследованиями были отобраны режимы осаждения хрома, обеспечивающие пористость хрома, соответствующую рекомендациям технической литературы (по числу плато на один квадратный миллиметр). Точечный (осповидный) тип пористого хрома был получен снятием шлифованием наружного слоя хрома до удаления сетки каналов и получения поверхности, рекомендуемой практикой [2].

Основной задачей экспериментального исследования является установление сравнительной оценки износостойкости хромовых покрытий при испытаниях в лабораторных условиях и хромовых покрытий, полученных анодноструйным способом, являющейся одним из основных показателей их работоспособности.

В настоящих исследованиях не ставится целью изучение механизма износа хромовых покрытий в зависимости от вида и рода трения, нагрузки, скорости относительного перемещения пар трения, качества смазки, характеристик поверхности и т. д. Очевидно, что подобные исследования являются большой самостоятельной работой. Однако без выяснения характера изнашивания хромовых покрытий при работе с различными конструкционными материалами судовых дизелей нельзя правильно рекомендовать использование хромового покрытия для восстановления и упрочнения деталей и узлов дизелей.

Для установления материалов, в сопряжении с которыми целесообразно или, наоборот, не следует использовать хромовые покрытия с целью восстановления и упрочнения деталей судовых дизелей, была принята методика сравнительных испытаний, рекомендуемая рядом исследователей [1; 2; 6; 7]. Эта методика предусматривает для оценки износостойкости различных материалов проведение их сравнительных испытаний в одинаковых условиях с материалами известной износостойкости, принимаемыми за эталон, или которые подлежат замене.

В качестве материала для изготовления эталонных серий образцов использовалась сталь 45 ГОСТ 1050-74 в нормализованном (НВ 187) и закаленном ТВЧ (HRC 52) состоянии одной плавки, которая широко использу-

ется для изготовления ответственных деталей дизелей.

При исследовании по выбору оптимального типа пористости хрома нами принималась за эталон пара трения чугун втулки цилиндра дизеля 6ЧСП18/22 — поршневое кольцо. Аналогично нами было принято при исследовании износостойкости хрома в сопряжении с алюминиевым поршневым сплавом ПС-12.

При выборе типа испытательной машины трения и режима ее работы мы руководствовались следующими соображениями. По данным профессора Б. И. Костецкого, работа коренных и шатунных шеек коленчатых валов, шариковых и роликовых подшипников и других деталей протекает в условиях окислительного износа, который наблюдается при сравнительно невысоких скоростях скольжения относительного перемещения пар трения (0,05–2,5 м/с). Критической скоростью для окислительного износа считается скорость около 0,49 м/с в диапазоне нагрузок от 2,5 до 20 МПа. Эти условия вполне могут быть созданы на машине трения типа МИ-1, которая и была использована при испытании на износ покрытий хрома.

При определении износостойкости различных материалов большое значение имеют условия смазки. Известно, что большинство деталей машин работают в условиях жидкостного трения. Однако, как показали исследования, максимальный износ деталей наблюдается в случае нарушения жидкостного трения, например при запуске двигателя.

Для создания условий изнашивания, близких к реальным, испытания на износ проводились в условиях граничного трения с подачей масла — одна капля за семь минут. По данным ряда исследователей, такое количество смазки обеспечивает работу трущихся пар в условиях граничного трения. Опытная проверка показала, что для масла М12В такая количественная подача его при наличии фетрового фитиля для снятия излишков масла с поверхности образца обеспечивает получение стабильного момента трения при условии хорошей приработки пар трения до нагрузки 10 МПа.

Трущиеся пары при испытании в условиях трения–вращения с постоянной скоростью изготавливались в виде роликов и колодок.

Заготовки для образцов роликов подвергались нормализации с нагревом до 1153Л в течение двух часов. Из них изготавливались образцы — ролики. Другая серия образцов была подвергнута закалке ТВЧ с последующим отпуском при 473Л. Хромирование образцов осуществлялось в специальном электролизере по принятой методике [3].

Хромирование образцов осуществлялось при температуре электролита 328 К и плотности тока 6 кА/м², с использованием конструктивно-гидродинамических параметров анодно-струйного устройства, принятыми нами как оптимальные на основании выполненных исследований [3]. Выбор режима хромирования образцов обусловлен следующими обстоятельствами. Согласно данным профессора И. С. Вороницына [1] и В. Ф. Молчанова [8], наиболее износостойкие осадки хрома из универсальной ванны находятся в диапазоне температур электролита 318–333 К и плотности тока 4–8 кА/м². С другой стороны, при анодно-струйном хромировании в стандартном универсальном электролите наименьшее влияние хромирование оказывает на предел выносливости стали 45 при температурах 323–333 К и плотности тока 4–10 кА/м². В связи с тем, что поршневой палец-втулка верхней головки шатуна и шейка коленчатого вала — подшипник коренной и шатунный являются наиболее напряженными узлами как в отношении изнашивания, так и динамических нагрузок, то выбранный режим осаждения отвечает этим требованиям.

Изнашивание хромовых покрытий, электроосажденных анодно-струйным способом, с различными материалами при сухом трении проводилось при скорости скольжения 0,47 м/с и удельном давлении 7,5 МПа на пути 500 м. В условиях же граничного трения при той же скорости и удельном давлении с подачей масла одна капля за семь минут на пути трения $1,4 \cdot 10^4$ м. Нагрузка и продолжительность испытания при обоих видах трения были установлены опытным путем, исходя из необходимости получения надежных и воспроизводимых результатов при малой продолжительности испытания.

Подготовка образцов роликов перед испытанием состояла из шлифования, доводки

рабочей поверхности абразивными брусками КЗ зернистостью 60 и 36 и полировки микронной полировальной бумагой. Колодки изготавливались из подшипниковых антифрикционных материалов: алюминиевых сплавов — АСМ и АО9-2; бронз — С-30, О5Ц5С5; О10Ф1. Колодки тщательно пришабривались к ролику и прирабатывались ступенчато с выведением на нагрузку испытаний.

Подготовка образцов к испытаниям и после них состояла из обтирки ветошью, промывки в керосине и бензине, высушивания в термостате. Износ определялся весовым методом на аналитических весах. В ходе испытаний фиксировались показания температуры колодки и момент трения. Коэффициент трения определялся по формуле $f = M \cdot P^{-1} \cdot R^{-1}$, где M — момент трения, Нм; P — нагрузка, Н; R — радиус ролика, м.

Изучение параметров пористости точечного хрома на износостойкость поршневых колец производилось в условиях ограниченной смазки при возвратно-поступательном движении. Аналогичным образом были выполнены исследования износостойкости хромовых покрытий при истирании с алюминиевым сплавом ПС-12 в сравнении с износостойкостью чугуна поршневых колец при истирании со сплавом ПС-12 и чугуном втулки цилиндра. Испытания выполнялись на машине трения МИ-1. При испытании главный вал и вал каретки отключались от привода, при этом возвратно-поступательное движение каретки сохранялось. Для установки образцов было сконструировано приспособление, которое монтировалось на главный вал машины и фиксировалось гайкой. Нижний неподвижный образец представляет собой пластину с размерами 25×20×7 мм, которая изготавливалась из чугуна втулки цилиндра без покрытия или с покрытием хромом с последующей механической обработкой. Пластина также изготавливалась из алюминиевого сплава ПС-12. Верхний образец — букса — представляет собой брусок с размерами 6×5×20 мм, который закреплялся в пазу держателя, закрепленного на валу каретки. Образцы буксы изготавливались из поршневого кольца. Машина трения обеспечивает буксе возвратно-поступательное движение с ходом 4 мм и числом двойных

ходов 220 в минуту. Образцы перед испытанием прирабатывались.

Испытания хромовых покрытий с различной точечной пористостью производились в течение восьми часов при удельной нагрузке 10 МПа и режиме смазки маслом М12В одна капля за время испытания. Изнашивание поршневого сплава ПС-12 в паре с чугунными образцами без и с покрытием хромом производились в аналогичных условиях трения и смазки при удельной нагрузке 5 МПа в течение трех часов.

Все серии пар трения, которые испытывались по схеме «ролик–букса» при трении при вращении, были также исследованы в условиях сухого трения при удельной нагрузке 7,5 МПа в течение 17 мин. Во время испытаний каждую минуту фиксировался момент и коэффициент трения, замерялась температура буксы.

Первый этап исследований направлен на исследование влияния состояния рабочей поверхности буксы из бронзы С-30 при изнашивании с роликом, имеющим хромовое покрытие, на износ обоих материалов.

Электроосаждение хромового покрытия на ролики было выполнено анодноструйным способом из стандартного универсального электролита при плотности тока 6 кА/м² и температуре 328 К с конструктивно-гидродинамическими параметрами электролизера: $L/d_0 = 7/5$; $d_0 = 0,002$ м; $S/d_0 = 3$; $Q = 7,2 \cdot 10^{-4}$ м³/с. Износ бронзовых образцов исследовался при исходном состоянии их поверхности после механической обработки и подгонки шабрением на прилегание к ролику: без приработки и приработочного оловянного покрытия; без приработки с приработочным оловянным покрытием; с приработанной поверхностью без покрытия. Для сравнения были выполнены испытания стали 45, закаленной ТВЧ, в сопряжении с бронзой С-30 после предварительной приработки ее поверхности.

Средние износы бронзы (числитель) и хромированных образцов (знаменатель), коэффициенты трения, моменты трения и температура буксы даны в табл. 1.

Оценка различия средних износов исследуемых материалов выполнена с использованием метода факторного анализа по схеме обследования.

Анализ вероятностной достоверности выводов о различии средних износов свинцовистой бронзы С-30 при различных состояниях ее поверхности перед испытанием дает основание считать, что износ бронзы без приработки выше, чем с приработочным покрытием, а также износа бронзы в сопряжении со сталью 45 после приработки до испытания. Различия средних износов бронзы при изнашивании с хромовым покрытием с и без приработки, но с оловянным покрытием статистически не доказаны (по данным настоящих исследований). Различие средних значений износов бронзы с приработанной поверхностью при изнашивании с хромом и сталью 45 статистически также не доказано.

Как следует из табл. 1, коэффициент трения и температура буксы минимальны при изнашивании свинцовистой бронзы с приработочным оловянным покрытием.

Износ хромового покрытия при изнашивании с бронзой С-30 без предварительной приработки сопряжения существенно отличается от износа хрома при истирании с бронзой после приработки пары трения и при наличии приработочного покрытия.

В то же время износы хромового покрытия при его работе с бронзой после приработки и при наличии приработочного покрытия статистически равноценны. Различие средних износов стали 45 и хромового покрытия в сопряжении с бронзой после приработки статистически не доказано. Второй этап исследования ставил своей целью изучить влияние параметров режима электролиза анодно-струйного хромирования и состава бронзы на износ хрома и бронзы. Исследования пары трения по схеме «ролик–букса» при трении при вращении были выполнены согласно принятой методике.

Электроосаждение хрома было выполнено анодноструйным способом при плотности тока 5 кА/м^2 и температурах 323, 328, 333, 338 К. Бронзовые буксы подгонялись к роликам пришабриванием и прирабатывались ступенчатым методом нагружения до достижения заданной удельной нагрузки 7,5 МПа. Исследования были выполнены с использованием метода комплексного эксперимента. Исследованию были подвергнуты бронзы: Бр. О5Ц5С5; Бр. О10Ф1; Бр. С-30. Результаты исследования представлены в табл. 2.

Таблица 1

Средние износы, коэффициенты и моменты трения, температуры буксы при изнашивании свинцовистой бронзы С-30 с различным исходным состоянием ее поверхности в сопряжении с хромовым покрытием и сталью 45

Пара трения	Нагрузка кН	Средний износ, мг	Момент трения, Нм	Коэффициент трения	Температура буксы, К
Хром–бронза без приработки и покрытия	1,5	$\frac{26,6}{130,0}$	0,85	0,024	320
Хром–бронза без приработки с покрытием	1,5	$\frac{13,2}{43,6}$	0,38	0,011	309
Хром–бронза с приработкой без покрытия	1,5	$\frac{15,0}{29,8}$	0,55	0,015	315
Сталь 45 (ТВЧ)–бронза с приработкой без покрытия	1,5	$\frac{11,8}{30,0}$	0,40	0,008	309

Дисперсионный анализ результатов наблюдений показал, что статистически значимое влияние на износ хромового покрытия оказывает только состав бронзы. Действие температурного режима осаждения хрома на

его износ в сопряжении с бронзой статистически не доказано.

Исследования показали, что износ хромового покрытия в сопряжении с бронзой С-30 превышает износы его при истирании с

бронзами О10Ф1 и О5Ц5С5, а различие средних износов хромового покрытия в паре с этими материалами статистически не доказано.

Установлено также, что бронзы О10Ф1 и О5Ц5С5 с хромом имеют более низкие значения износа, чем свинцовистая бронза. Различия же в износах бронз О10Ф1 и О5Ц5С5 не превышает действия случайных факторов и статистически не доказано.

С целью получения данных об износе хромового покрытия при изнашивании с подшипниковым алюминиевым сплавом АСМ в сопоставлении с закаленной ТВЧ (HRC52) сталью 45 выполнен однофакторный эксперимент на два уровня. Результаты испытания представлены в табл. 3, где даны средние износы, моменты и коэффициенты трения, температуры букс. Статистическая оценка различия средних износов сравниваемых пар трения позволяет сделать вывод, что различия средних износов как стали 45 и хромового покрытия, так и износов сплава АСМ с этими материалами не превышают действия случайных факторов. Анализ полученных данных показывает, что при изнашивании

без смазки бронзы С-30 в сопряжении с хромовым покрытием и сталью 45 в закаленном состоянии наблюдаются наиболее низкие коэффициенты трения и температуры букс по сравнению с другими исследованными материалами. В начальный период времени испытания коэффициент трения пары сталь 45–Бр. С-30 значительно ниже, чем у сопряжения хром–Бр. С-30, но в дальнейшем они практически сравниваются. Приработочное покрытие (олово), нанесенное на рабочую поверхность буксы, при изнашивании с хромовым покрытием способствует снижению коэффициента трения для этой пары только в начальный период испытания. Однако коэффициент по величине все же более высокий, чем для стали 45. Очевидно, что покрытие истирается в первый период работы пары трения и в дальнейшем происходит трение хрома по бронзе. Отмечено, что колебания коэффициента трения бронзы как по хрому, так и по стали незначительные. Износ бронзы при изнашивании без смазки со сталью превышает износ ее с хромом, что следует из табл. 4.

Таблица 2

Средние значения износов, моменты и коэффициенты трения, температуры букс при изнашивании различных бронз с хромовым покрытием, электроосажденным при плотности тока 5 кА/м² и различных температурах электролита

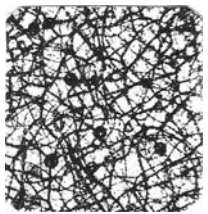
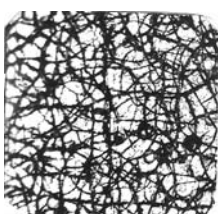
Температура электролита, К	Микроструктура хрома после травления ×100	Марка бронзы	Средний износ, мг	Момент трения, Нм	Коэффиц. трения, мг	Температура буксы, К
323		О5Ц5С5	21,3	0,40	0,011	309
		О10Ф1	3,30			308
		С-30	21,0	0,40	0,011	309
			14,0	0,40	0,020	
328		О5Ц5С5	15,0	0,40	0,011	309
			12,3			
		О10Ф1	13,0	0,40	0,011	309
			9,0			
		С-30	12,3	0,40	0,014	315

Таблица 2
(Окончание)

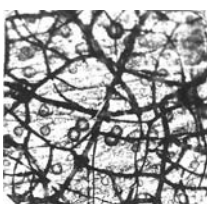
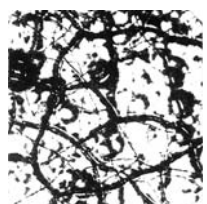
333		O5Ц5C5	$\frac{43,3}{11,7}$	0,40	0,011	309
		O10Ф1	$\frac{13,3}{7,7}$			
		C-30	$\frac{62,7}{15,0}$	0,45	0,013	313
338		O5Ц5C5	$\frac{14,0}{12,3}$	0,40	0,011	309
		O10Ф1	$\frac{22,3}{8,0}$			
		C-30	$\frac{98,7}{12,0}$	0,45	0,013	310
				0,61	0,017	321

Таблица 3

**Средние износы, моменты и коэффициенты трения, температуры буксы
при изнашивании хромового покрытия и стали 45 со сплавом АСМ**

Материал пары трения	Удельная нагрузка, кН	Средний износ, мг	Момент трения, Нм	Коэффициент трения	Температура буксы, К
$\frac{\text{хром}}{\text{АСМ}}$	1,5	$\frac{38,5}{133,0}$	0,48	0,013	314
$\frac{\text{сталь 45}}{\text{АСМ}}$	1,5	$\frac{26,6}{145,5}$	0,48	0,013	318

Характер изменения коэффициента и температуры трения для сопряжений «хром–Бр. О10Ф1» и «хром–Бр. О5Ц5С5» практически одинаковый как в начальной стадии испытания, так и в последующий период времени. Изнашивание этих пар сопровождается более интенсивным по сравнению с бронзой С-30 ростом температуры и коэффициента трения. Отмечено колебание коэффициента трения, что связано с эффектом действия мягкой составляющей сплава. Для стали 45 в сопряжении с Бр. О10Ф1 и Бр. О5Ц5С5 по сравнению с хромом отмечены значительно более высо-

кие значения как коэффициентов трения, так и температуры буксы на всем протяжении испытания. Со сталью 45 бронза О10Ф1 показывает более низкие значения коэффициента трения, чем с Бр. О5Ц5С5, а интенсивность буксы при изнашивании без смазки со сталью 45, закаленной ТВЧ, по сравнению с износом с хромом значительно выше. Бронза О10Ф1 имеет более низкие значения износа как при изнашивании с хромом, так и со сталью, по сравнению с Бр. О5Ц5С5. Свинцовистая бронза С-30 имеет износ с хромом и сталью более высокий, чем бронзы О10Ф1 и О5Ц5С5.

Таблица 4

**Износы подшипниковых материалов при изнашивании без смазки со сталью 45
и хромовым покрытием**

Бронза	О5Ц5С5		С-30		О10Ф1		АСМ		
Сопряженные материалы	хром	сталь 45 (ТВЧ)	хром	сталь 45 (ТВЧ)	хром	сталь 45 (ТВЧ)	хром	сталь 45 (нормализованная)	сталь 45 (ТВЧ)
Износ, мг	26	1319	1126	2101	17	1297	374	1572	2388

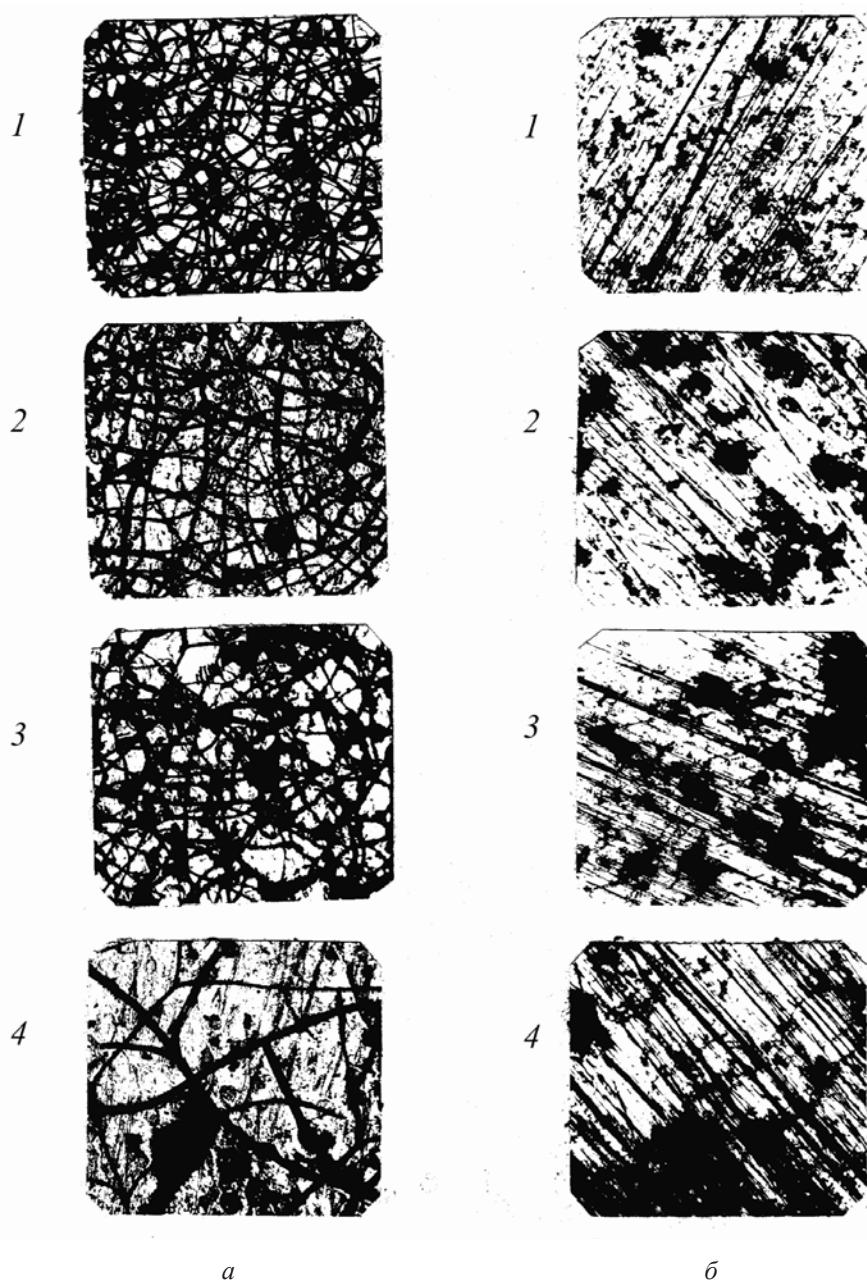


Рис. 1. Микроструктура пористого хрома после травления (а) и последующей механической обработки (б) при увеличении $\times 100$
 $D_k = \text{кА/м}^2$; 1 — $T = 323 \text{ K}$; 2 — 328 K ; 3 — 333 K ; 4 — 338 K

Электролитический хром показал высокую работоспособность при изнашивании без смазки с алюминиевым сплавом АСМ по сравнению с нормализованной и закаленной сталью 45. При изнашивании со сплавом АСМ и сталью 45 имеет место интенсивный рост коэффициента трения и температуры буксы. Разрушение слоя сплава АСМ при изнашивании со сталью 45 наступает уже через

1,5–2,0 мин при нагрузке 0,5 кН. С хромовым покрытием продолжительность испытания до разрушения сплава АСМ увеличилась в четыре раза, а температура буксы соответственно увеличилась в два раза. При этом коэффициент трения, как и при изнашивании стали 45 со сплавом АСМ, резко увеличился и при температуре около 400 К снизился при последующем колебании в определенных пределах с

тенденцией к снижению. Износ буксы при изнашивании с хромом был значительно ниже, чем со сталью 45, несмотря на более продолжительный период времени изнашивания.

Результаты исследования износостойкости хромового покрытия и чугуна поршневых колец в сопряжении с алюминиевым сплавом ПС-12 показали, что хромовое покрытие при изнашивании со сплавом ПС-12 по сравнению с чугуном поршневых колец в условиях ограниченной смазки имеет значительно меньший износ. Эти результаты подтверждают мнение ряда специалистов о целесообразности использования хромового покрытия на торцевых поверхностях поршневых колец двигателей для повышения ресурса сопряжения «канавка–компрессионное кольцо» поршней двигателей, изготовленных из алюминиевых сплавов (ПС-12, АЛ-4).

Статистические исследования износостойкости пористого хрома точечного типа в сопряжении с чугуном поршневых колец при относительном возвратно-поступательном движении образца кольца относительно неподвижного образца втулки в условиях ограниченной смазки и сухого трения показали, что наименьший износ сопряженных материалов имеет место при режиме электроосаждения: температуре электролита 333–338 К и плотности тока 5–8 кА/м². Микроструктура пористого хрома после травления и последующей механической обработки для указанных режимов электроосаждения представлена на рис. 5.

Результаты исследования хорошо согласуются с данными практики. Исследования позволили установить некоторые закономерности изменения износостойкости в зависимости от условий изнашивания хромовых покрытий, полученных анодноструйным способом в универсальном стандартном электролите, в сопряжении с конструкционными материалами, распространенными в сборочных единицах судовых дизелей и технических средствах. Установлено, что хромовое покрытие при соблюдении технических требований эксплуатации по нагрузкам и скоростям относительного перемещения, условию смазки и другим требованиям позволяет упрочнять и восстанавливать детали судовых технических

средств, работающих в достаточно нагруженных условиях.

Электролитическое хромирование — один из немногих технологических методов, позволяющий восстанавливать и упрочнять коренные и шатунные шейки коленчатых валов быстроходных судовых дизелей, подвергнутых химико-термической обработке — азотированию на глубину слоя до 0,6 мм.

Материалом для изготовления валов служит высокопрочная сталь 18Х2Н4МА ГОСТ 4543-61 с механическими свойствами до азотирования вдоль волокон: $\sigma_b \geq 1050$ МПа; $\sigma_c \geq 800$ МПа; $\Psi \geq 45\%$; $a_H \geq 0,8$ МПа; $HV = 302 - 364$. Твердость после азотирования $HV \geq 600$, шероховатость поверхности шеек вала — $Ra = 0,16$ мкм после полирования абразивным полотном. Шейки вала работают в паре с подшипниками биметаллического типа с антифрикционным слоем из бронзы О1С22 и приработочным гальваническим покрытием из сплава свинец–олово (90 % Pb + 10 % Sn). Сборочная единица работает в условиях трения скольжения при нагрузке 40 МПа, температуре 80 °С и окружной скорости 10 м/с.

Основными причинами выбраковки коленчатых валов по состоянию коренных и шатунных шеек является нарушение формы и диаметрального размера в результате износа, задиры, риски и вмятины, дефекты усталостного характера.

Статистический анализ фактических износов шеек коленчатых валов дизеля 12ЧНСП 18/20, поступающих на капитальный ремонт в дизелеремонтные цеха, показал, что максимальные износы коренных и шатунных шеек составляют 0,06 и 0,04 мм соответственно. Овальность шеек составляет не более 0,01 мм у шатунных и 0,02 мм у коренных шеек после 4,0–4,5 тыс. ч работы. Главной причиной выбраковки валов, кроме дефектов усталостного характера, является нарушение формы (овальность и конусность) шеек валов и наличие рисков, глубина которых достигает 0,1–0,2 мм. Необходимость восстановления параметров формы шеек и вывода рисков с поверхности шеек согласно техническим требованиям ремонтного чертежа увеличивает толщину слоя, который необходимо снять механической обработкой с поверхности шеек вала. Суммар-

ная толщина металла, подлежащего съему, не должна превышать 0,1 мм. Это обусловлено недопустимостью уменьшения толщины азотированного слоя стали более указанного в ремонтном чертеже. Нарушение этого требования снижает износостойкость шеек вала. Электролитически осажденный хром по антифрикционным свойствам не уступает процессу азотирования стали.

Износостойкость электролитического хрома зависит от условий его получения. При правильном выборе условий электролиза и режимов его обработки износостойкость деталей в результате хромирования возрастает. Однако этот эффективный метод защиты поверхностей трения следует применять с учетом видов изнашивания и сочетания материалов трущихся пар. При трении хромового покрытия по бронзе в условиях неблагоприятного сочетания удельных давлений на поверхности трения (5,0–10,0 МПа), скорости относительного перемещения (2,0–6,0 м/с), несовершенной смазки и температуры (выше 300 °С) интенсивность износа гладкого электролитического хрома может превышать интенсивность износа цементированных и азотированных сталей.

В результате анализа процесса изнашивания хромированных деталей машин можно сделать вывод о том, что электролитическое хромовое покрытие в зависимости от вида износа в конкретных условиях трения может давать значительный эффект, либо не оказывать существенного влияния на износ, либо даже увеличивать его интенсивность.

В связи с противоречивыми данными по износостойкости хромовых покрытий для сравнительной оценки хромовых покрытий и азотированной стали 18Х2Н4МА в паре со свинцовисто-оловянистой бронзой О1С22 были выполнены исследования на машине трения МИ-1 по схеме «ролик–кошодка» при трении при скольжении. Смазка осуществлялась маслом М16В (две капли в минуту) при удельной нагрузке 7,5 МПа. Образцы перед взвешиванием промывались в бензине Б-70 и просушивались. Перед испытаниями пары трения прирабатывались до стабильного момента трения и температуры. Испытания проводились на пути трения 12 400 м при скорости вращения ролика 0,48 м/с. Результаты испытаний представлены в табл. 5.

Таблица 5

Износ хромового покрытия и азотированной стали 18Х2Н4МА в паре с бронзой О1С22

Пара трения	Число испытаний	Износ, мг	Средний износ, мг	Момент трения, Нм	Коэффициент трения	Температура, °С
хром бронза	11	$\frac{39}{51}, \frac{69}{34}, \frac{71}{40}$ $\frac{93}{77}, \frac{51}{25}, \frac{29}{38}$ $\frac{27}{11}, \frac{65}{13}, \frac{23}{25}$ $\frac{77}{22}, \frac{86}{40}$	$\frac{57,3}{37,6}$	0,7	0,020	42
Азотир. сталь Бронза		$\frac{47}{54}, \frac{20}{42}, \frac{75}{17}$ $\frac{29}{55}, \frac{89}{43}, \frac{88}{60}$ $\frac{88}{42}, \frac{33}{74}, \frac{89}{22}$ $\frac{33}{17}, \frac{31}{53}$	$\frac{56,5}{47,9}$	3,6	0,104	140

Проверка гипотезы о равенстве значений износа азотированных и хромированных образцов показала, что различие между средними значениями незначительно. Однако нулевая гипотеза о равенстве средних значений износов свинцовисто-оловянистой бронзы в паре с хромом и азотированной сталью отвергается. Таким образом, хромовое покрытие не показало более высокой износостойкости, чем

азотированная сталь. В то же время бронза в паре с азотированной сталью изнашивается на 26 % больше, чем в паре с хромом. Очевидно, что в условиях абразивного износа хромовое покрытие проявляет себя более эффективно, чем азотированная сталь. Это обусловлено высокой твердостью покрытия (8500–1100 МПа) по сравнению с азотированной сталью (650–750 МПа).

Таблица 6

**Изменение момента и коэффициента трения температуры образцов
в зависимости от удельной нагрузки**

Пара трения	Параметр	Удельная нагрузка, МПа					
		1,25	2,50	3,75	5,00	6,25	7,50
хром–бронза Азот. сталь–бронза	Момент трения, Нм	$\frac{0,20}{0,40}$	$\frac{0,30}{1,00}$	$\frac{0,35}{1,50}$	$\frac{0,40}{2,50}$	$\frac{0,50}{3,20}$	$\frac{0,7}{3,6}$
	Коэфф. трения	$\frac{0,035}{0,079}$	$\frac{0,026}{0,087}$	$\frac{0,02}{0,087}$	$\frac{0,022}{0,109}$	$\frac{0,017}{0,111}$	$\frac{0,02}{0,104}$
	Темпер., °С	$\frac{25}{35}$	$\frac{30}{70}$	$\frac{35}{85}$	$\frac{35}{85}$	$\frac{36}{112}$	$\frac{42}{140}$

Исследования показали, что пара трения «азотированная сталь–свинцовисто-оловянистая бронза» работает в условиях высокого тепловыделения, что обусловлено более высоким коэффициентом трения по сравнению с парой трения «хром–бронза». В этом отношении хромовое покрытие обеспечивает более высокую надежность узла трения. Измерения температуры колодки, коэффициентов и мо-

ментов трения в зависимости от удельной нагрузки представлены в табл. 6.

Таким образом, процесс хромирования по износостойкости в сопряжении с бронзой О1С22 является альтернативным методом процессу азотирования для упрочнения стали 18Х2Н4ВА и может быть использован при восстановлении шеек азотированных коленчатых валов в случаях их изнашивания.

Список литературы

1. Вороницын И. С. Исследование механических свойств хромовых покрытий, применяемых для упрочнения и восстановления деталей машин: моногр. — Л.: ЛДНТ, 1963. — 210 с.
2. Горбатый В. К. Исследование электролитического проточного хромирования как способа упрочнения цилиндров автотракторных двигателей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Л.: ЛДНТП, 1958. — 20 с.
3. Голицын В. А. Восстановление и упрочнение деталей анодно-струйным хромированием при ремонте дизелей судов внутреннего плавания: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Л.: ЛИВТ, 1985. — 240 с.
4. Голицын В. А. Износостойкость хромового покрытия и азотированной стали при трении со свинцовистой бронзой // Судостроение и судоремонт: сб. науч. тр. / под ред. А. А. Кузьмина; СПГУВК. — СПб., 1998. — С. 85–88.

5. Яхнина В. Д. Исследование износостойкости азотированной стали различного состава. — Киев: Киевский дом научно-технической пропаганды, 1970. — Вып. V: Технологические методы повышения износостойкости. — С. 50–53.

6. Иванов В. И., Дехтярь Л. И. Износостойкость хромовых покрытий, полученных в проточном электролите // Электронная обработка материалов. — 1975. — Вып. 2.

7. Лисник Н. К. Исследование и разработка технологии восстановления шеек коленчатых валов автотракторных двигателей проточным хромированием: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Кишинев: КСХИ, 1977. — 21 с.

8. Молчанов Н. Ф. Восстановление и упрочнение деталей автомобилей хромированием. — М.: Транспорт. 1981. — 175 с.

УДК 629.12.04

А. В. Саушев,

канд. техн. наук, доцент,
СПГУВК

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

THEORETICAL BASES OF MANAGEMENT OF THE CONDITION ELECTROTECHNICAL SYSTEMS

Рассматриваются методологические основы управления состоянием электротехнических систем (ЭТС). Приводится определение и дается классификация различных видов категории «состояние». С позиции управления состоянием рассматриваются задачи, которые имеют место на различных этапах жизненного цикла ЭТС. Предлагается единый подход к решению этих задач, основанный на информации о границе области работоспособности системы.

Methodological bases of management by a condition of electrotechnical systems (ETS) are considered. Definition is resulted and classification of various kinds of a category a condition is given. From a position of management the condition considers problems which take place at various stages of life cycle ETS. The uniform approach to the decision of these problems, based on the information on border of area of working capacity of system is offered.

Ключевые слова: управление состоянием, область работоспособности, запас работоспособности, структурный синтез, параметрический синтез, электротехнические системы.

Key words: management of a condition, working capacity area, working capacity stock, structural synthesis, parametrical synthesis, electrotechnical systems.



ПРОЦЕСС управления состоянием электротехнических систем (ЭТС) включает целый комплекс задач анализа и синтеза, имеющих место на различных этапах и стадиях их жизненного цикла. До последнего времени эти задачи рассматривались изолированно и независимо одна от другой, хотя при более общем взгляде все они оказываются тесно связанными. Объединяющим началом является то, что их решение сводится

к изучению целенаправленных и случайных процессов изменения структуры и параметров элементов ЭТС, определяющих качество их работы, способов и принципов управления этим процессом. При этом под ЭТС будем понимать упорядоченную совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих электротехнических устройств (ЭТУ), образующих единое функциональное целое, предназначенное для решения определенной задачи.

Анализ поведения ЭТС во времени приводит к необходимости определения категории «состояние». В настоящее время отсутствует строгое определение этого понятия. Наиболее широко применительно к техническим объектам распространены две точки зрения. Согласно первой из них состояние рассматривается как совокупность свойств объекта в некоторый момент времени. Так, например, определяется стандартом категория «техническое состояние». Согласно второй точке зрения состояние определяется как совокупность количественных значений параметров, описывающих объект, и качественных признаков объекта. Из первого определения следует, что возможны такие моменты времени, при которых состояние объекта не изменяется. Второе определение выделяет и абсолютизирует лишь гносеологический аспект этой категории, что, например, приводит к трудности при его использовании для систем, поведение которых не описывается однозначным образом. Категория «состояние» тесно связана с категорией «свойство», которая характеризует особенность ЭТС с какой-либо одной стороны.

В соответствии с функционально-структурным подходом будем различать внутренние (материально-структурные) и внешние (функциональные) свойства ЭТС, которые количественно характеризуются соответственно ее внутренними и выходными параметрами. В общем случае каждый системный элемент на любом уровне иерархии характеризуется набором собственных свойств различной физической природы. Свойства существуют объективно, в силу существования ЭТС, независимо от субъективных условий и требований их обнаружения и оценки. К основным свойствам при этом относятся: электромагнитные, механические, тепловые, геометрические, физико-химические свойства образующих материалов и функциональные. Первые пять групп вышеперечисленных свойств проявляются при материализации функциональных свойств.

В общем случае категория «состояние» должна отражать совокупность внутренних свойств системы, интенсивность их проявления в различные моменты времени, а также фиксировать процесс развития. Дадим следующее определение этому понятию.

Состояние — внутренняя определенность ЭТС, характеризующаяся в рассматриваемый момент времени признаками, установленными технической документацией на ЭТС, которые являются начальными условиями процессов их дальнейшего изменения.

Под признаком будем понимать количественные характеристики (параметры) и качественные характеристики определяющих ЭТС свойств.

Совокупность внутренних свойств ЭТС и их характеристик в некоторый фиксированный момент времени определяет ее *внутреннее* или, что то же самое, *материально-структурное состояние*. Это состояние характеризуется сочетанием *состояния комплектующих элементов ЭТС* и ее *коммутиционного состояния*, которое определяется видом структуры системы и, в частности, положением различных переключающих устройств, связанных с пуском, реверсом, включением нагрузки, блокировки и т. п. Совокупность функциональных свойств и выходных параметров ЭТС в некоторый фиксированный момент времени определяет ее *функциональное состояние*.

Кроме рассмотренных видов состояний, можно также выделить *состояние среды*, которое определяет режим работы ЭТС, то есть является режимным состоянием (в широком смысле). В связи с тем, что часть внешних воздействий целенаправленно изменяют (задают), обслуживающий персонал или автоматы, состояние среды целесообразно представить двумя группами: *режимом работы* (в узком смысле) и *состоянием условий использования ЭТС*, которые определяются атмосферными условиями, степенью «нагруженности» элементов, качеством технического обслуживания и ремонта и т. п.

Рассмотренные множества состояний ЭТС взаимосвязаны и соответствуют многообразию различаемых в эксплуатации видов технического состояния. Все эти виды состояний являются дискретными. Дискретность видов технического состояния следует из его определения, а дискретность материально-структурного и функционального состояний обусловлена невозможностью абсолютно точного измерения переменных системы.

В самом общем случае модель эволюции состояния ЭТС должна отражать количественные и качественные изменения, которые происходят в ее элементах во всех возможных режимах работы с момента начала эксплуатации до наступления предельного состояния. Представим эту модель в виде графа (рис. 1) с конечным набором состояний, общее число которых определяется технической возможностью или заданной точностью распознавания двух смежных состояний.

Для раскрытия сущности эволюции состояния ЭТС следует выделять структурные и параметрические возмущения [1].

Параметрические возмущения обусловлены непрерывным изменением интенсивности свойств комплектующих элементов ЭТС вследствие их старения, износа и действия внешних возмущающих воздействий. Эти возмущения приводят к непрерывному накоплению параметрических отклонений и, как следствие, к изменению запаса работоспособности системы, каждому уровню которого в соответствии с заданной дискретностью ставится в соответствие определенное состояние. Структурные возмущения, в отличие от параметрических, приводят к накоплению струк-

турных отклонений и, как следствие, к потере одного или нескольких свойств комплектующих элементов ЭТС, что отражается на изменении структуры системы и в конечном счете приводит к ее внезапному отказу.

Представленный на рис. 1 граф дополняет установленные стандартом виды технических состояний. Рассмотрим эти состояния:

$\{a1\}$ — множество исправных состояний, различающихся объемом накопленных параметрических отклонений, которым соответствуют различные уровни $\rho_0, \rho_1, \dots, \rho_{d-1}$ запаса работоспособности системы;

$\{b1\}$ — множество работоспособных состояний, которые в общем случае различаются объемом накопленных параметрических и структурных отклонений. Различный объем структурных накоплений может иметь место, например, в ЭТС с резервированием;

$\{c1\}$ — множество состояний правильного функционирования, различающихся объемом накопленных параметрических и структурных возмущений;

$\{a2\}$ — множество состояний, при которых ни в одном режиме работы не выполняются внешние условия работоспособности, то есть система выполняет возложенные на

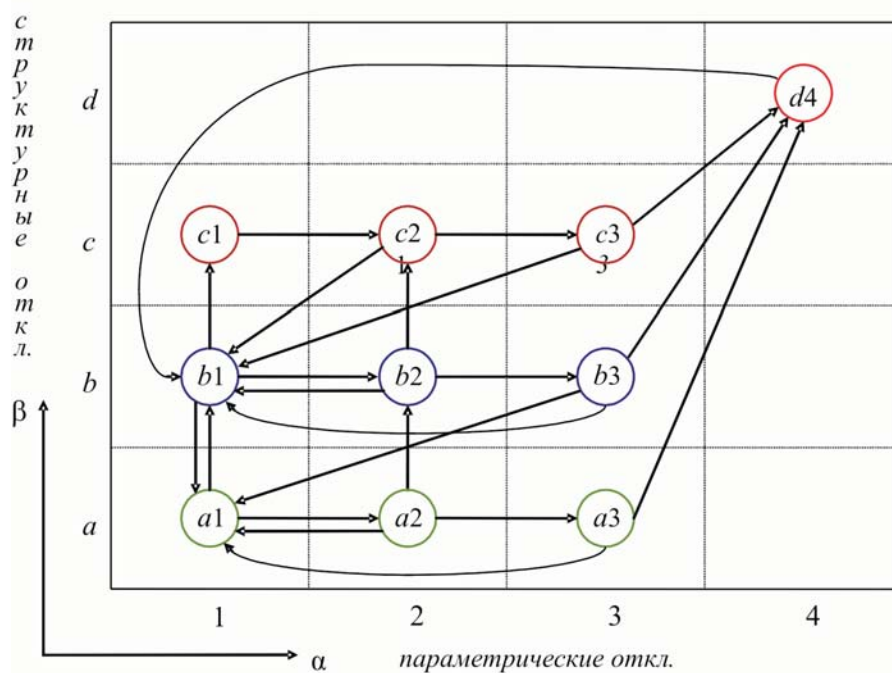


Рис. 1. Граф эволюции состояния электротехнической системы

нее функции, но один или несколько показателей качества находятся за допустимыми пределами. Вместе с тем в системе отсутствуют структурные отклонения и, как следствие, внезапный отказ;

$\{b2\}$ — множество состояний, отличающихся от множества $\{a2\}$ тем, что в системе имеют место структурные отклонения, которые, однако, не привели к внезапному отказу;

$\{c2\}$ — множество состояний, отличающихся от множества $\{b2\}$ тем, что в системе имеет место внезапный отказ и она выполняет возложенные на нее функции с недопустимо низким уровнем качества лишь в одном или нескольких (но не всех) режимах работы;

$\{a3\}$ — множество состояний, различающихся уровнем параметрических отклонений, при которых система неспособна выполнять возложенные на нее функции из-за исключительно низкого уровня ее качества. Вместе с тем в системе отсутствуют структурные отклонения;

$\{b3\}$ — множество состояний, отличающихся от множества $\{a3\}$ тем, что в системе имеют место структурные отклонения, которые, однако, не привели к внезапному отказу;

$\{c3\}$ — множество состояний, отличающихся от множества $\{c2\}$ тем, что ЭТС неспособна выполнять возложенные на нее функции из-за исключительно низкого уровня ее качества;

$\{d4\}$ — множество состояний, различающихся уровнем параметрических и струк-

турных отклонений, при которых ЭТС находится в предельном состоянии и физически не может выполнять возложенные на нее функции (показатели назначения находятся на нулевом уровне).

Представим в виде графа (рис. 2) множество $\{b1\}$ работоспособных состояний ЭТС. Для наглядности будем предполагать, что в системе имеет место однократное резервирование элементов и три уровня качества, каждый из которых характеризуется запасом работоспособности ρ_1 , ρ_2 и ρ_3 соответственно. Зная интенсивности переходов λ_{12} , ..., λ_{65} из одного состояния в другое, можно, используя уравнения Колмогорова, получить динамическую модель графа и вычислить стационарные вероятности пребывания ЭТС в каждом состоянии.

В общем случае, следуя введенному определению, для класса работоспособных состояний можно выделить сколь угодно большое число состояний, различающихся значением запаса работоспособности системы.

Качество и эффективность работы ЭТС определяются способами управления процессами формирования и сохранения ее необходимых свойств и значений параметров на всех этапах и стадиях жизненного цикла: при исследовании, проектировании, изготовлении, обращении, эксплуатации. Рассмотрим эти стадии и выделим основные задачи, способы и принципы управления состоянием ЭТС.

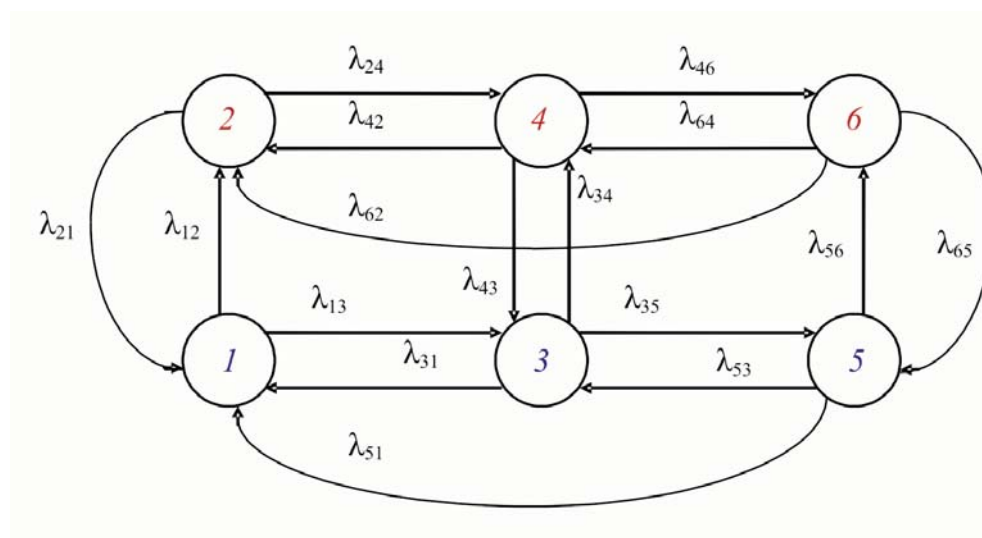


Рис. 2. Граф эволюции работоспособных состояний ЭТС

Под *управлением состоянием* ЭТС будем понимать целенаправленный процесс изменения управляющих воздействий, внутренних параметров и структуры системы с целью предупреждения и устранения отказов ее элементов и достижения оптимального по заданному критерию качества функционирования.

Стадия исследования обычно состоит из двух основных этапов: *научно-технический поиск*, включающий *формирование замысла* и *отработку замысла*. Для стадии проектирования характерны следующие этапы: *техническое задание, техническое предложение, эскизный проект, технический проект* и *разработка рабочей документации*. На стадии изготовления можно выделить три этапа: *изготовление опытного образца и серийных объектов, испытание опытного образца и серийных объектов* и *монтаж объекта*. Стадия обращения состоит из двух основных этапов: *транспортирование* при обращении и *хранение* при обращении.

Общим для рассмотренных стадий и этапов является то, что ЭТС как совокупность ЭТУ выступает здесь в качестве предмета труда исследователей, проектантов, конструкторов, работников сфер производства и обращения. При этом на стадиях исследования и проектирования ЭТС как предмет труда имеет форму идеальной модели будущей системы, зафиксированной на языке соответственно научной и технической документации. На стадии изготовления ЭТС приобретает форму материальной модели — опытного объекта и серийного изделия, а на стадии обращения — форму груза.

Стадия эксплуатации включает следующие этапы: *использование по назначению, техническое обслуживание, ремонт*, а также *транспортирование и хранение* при эксплуатации. Совокупность перечисленных этапов, кроме первого, представляет собой укрупненный этап, называемый *технической эксплуатацией*. Завершающей стадией жизненного цикла ЭТС является ее *утилизация* по причине физического и морального износа.

Для раскрытия сущности основных этапов жизненного цикла ЭТС воспользуемся методологией системного анализа. На рис. 3 приведена схема системотехнического цикла

создания ЭТС, включающая стадии проектирования и изготовления системы [2].

Анализ проблемной ситуации выполняется на этапе технического задания, называемом также внешним проектированием. Этот этап включает процедуры определения потребности проектирования, целей проектирования, основных показателей качества ЭТС и завершается формированием технического задания (ТЗ) на разработку.

Важнейшим содержанием ТЗ является формулирование технических требований, предъявляемых к системе. Техническое задание на разработку является исходной информацией для внутреннего проектирования ЭТС, которое сводится к решению группы задач, относящихся либо к задачам синтеза, либо к задачам анализа. Синтез ЭТС направлен на разработку новых вариантов решений, а анализ используется для оценки этих вариантов. Таким образом, синтез и анализ выступают в процессе проектирования в диалектическом единстве.

На этапе технического предложения решается задача синтеза структуры ЭТС. Если при синтезе определяется не любой приемлемый вариант, а наилучший в некотором смысле, то такую задачу синтеза называют *структурной оптимизацией*. Для анализа различных вариантов технических решений осуществляется моделирование системы.

На этапе эскизного проекта решается задача параметрического синтеза, результатом которой является определение номинальных значений управляемых параметров (номиналов) ЭТС и допустимых пределов их изменения (допусков). Управляемыми параметрами обычно являются первичные параметры системы, однако для ЭТС к ним иногда относят и некоторые внешние параметры, например напряжение источника питания. Расчет внутренних параметров, оптимальных с позиции некоторого критерия при заданной структуре системы, называют *параметрической оптимизацией*. Помимо оптимизации номиналов и допусков, параметрическая оптимизация в общем случае подразумевает и решение задачи оптимизации технических требований, предъявляемых к внутренним параметрам системы.

Оптимизация технических требований и допусков отличается от оптимизации номиналов тем, что здесь в итоге определяется не одна точка, характеризующая номинальные значения первичных параметров, а некоторая область в пространстве этих параметров. Эта область оп-

ределяет классы точности комплектующих элементов системы и характеризует диапазоны допускаемых значений параметров, при которых обеспечивается правильное функционирование системы, а также достигается экстремальное значение выбранной целевой функции.

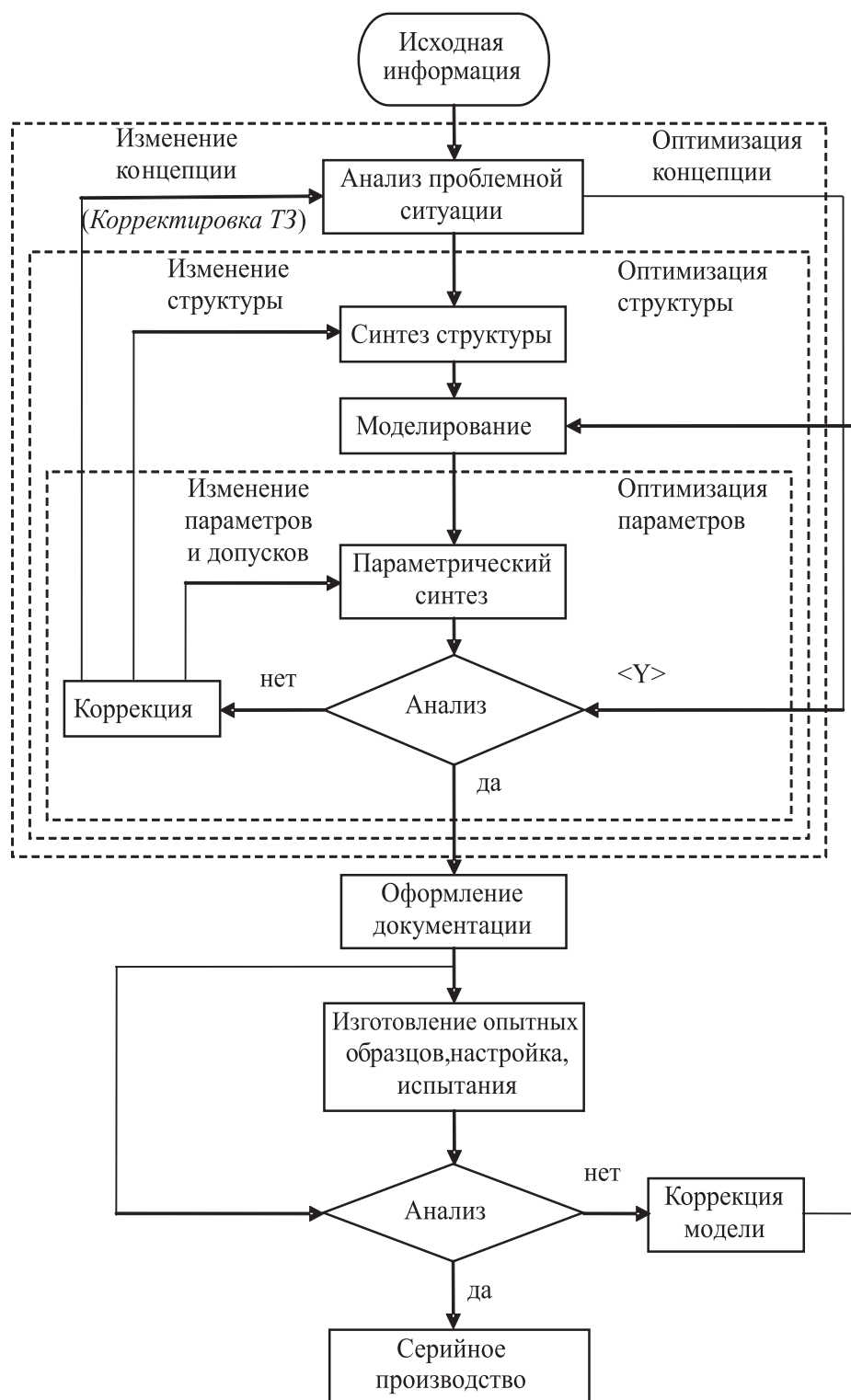


Рис. 3. Схема системотехнического цикла создания системы

Процесс решения рассмотренных выше оптимизационных задач является итерационным и предполагает неоднократное выполнение задач анализа, позволяющих оценить состояние системы при различных вариантах ее структуры и некоторых фиксированных значениях внутренних параметров. Такая оценка возможна в результате выделения опорных значений параметров ЭТС.

Для первичных параметров $\mathbf{X}$ опорными значениями параметров являются: $X_{\text{ном}}$ — номинальное значение, которое служит началом отсчета отклонений; $X_{\text{доп}}$ — допустимое наибольшее или наименьшее значение параметра, при достижении которого недопустимо снижается качество функционирования ЭТС; $X_{\text{пред}}$ — предельное значение параметра, которое обычно обусловлено невозможностью его физической реализации. Для опорных значений параметров $\mathbf{X}$ справедливо соотношение

$$|X_{\text{ном}}| < |X_{\text{доп}}| \leq |X_{\text{пред}}|.$$

Для выходных параметров $\mathbf{Y}$ и внутренних параметров $\mathbf{Z}^v$, являющихся переменными состояниями на выходах элементов ЭТС, к опорным параметрам следует отнести: $Y_{\text{доп}}(Z_{\text{доп}}^v)$ — допустимое значение параметра, которое определяется техническими требованиями, устанавливаемыми при составлении технического задания на стадии проектирования ЭТС или ее элемента. Их нарушение ведет к снижению эффективности применения ЭТС по назначению; $Y_{\text{пред}}(Z_{\text{пред}}^v)$ — предельное значение параметра, то есть такое расчетное наибольшее или наименьшее его значение, при достижении которого функционирование ЭТС с точки зрения выполнения возложенных на него функций становится невозможным; $Y_{\text{кр}}(Z_{\text{кр}}^v)$ — критическое значение параметра, при котором работа ЭТС принципиально невозможна. Для опорных значений выходных параметров $\mathbf{Y}$ и внутренних параметров $\mathbf{Z}^v$ выполняется следующее соотношение:

$$|Y_{\text{доп}}(Z_{\text{доп}}^v)| < |Y_{\text{пред}}(Z_{\text{пред}}^v)| \leq |Y_{\text{кр}}(Z_{\text{кр}}^v)|.$$

Важным результатом анализа является ответ на вопрос, выполняются или нет условия работоспособности, под которыми понимаются необходимые условия безотказной работы системы, выраженные в виде:

$$Y_{j\min} \leq Y_j = F_j(\mathbf{X}) \leq Y_{j\max}, j = \overline{1, m}$$

$$Z_{j\min}^v \leq Z_j^v = F_j^v(\mathbf{X}) \leq Z_{j\max}^v, v = \overline{1, h}$$

$$X_{i\min} \leq X_i \leq X_{i\max}, i = \overline{1, n},$$

где $Y_{j\max}(Z_{j\max}^v)$, $Y_{j\min}(Z_{j\min}^v)$, $Y_j(Z_j^v)$ — соответственно максимально допустимое, минимально допустимое и текущее значение j -го выходного (внутреннего) параметра.

Первое из неравенств является внешним условием работоспособности, второе и третье неравенства — внутренними условиями работоспособности. Они определяют область работоспособности, которая составляет множество допустимых значений первичных параметров, при которых выполняются все требования, предъявляемые к выходным и внутренним $\mathbf{Z}^v$ параметрам системы. Форма области работоспособности может иметь весьма сложную конфигурацию.

Различают задачи определения и назначения допусков. Под определением допусков понимается решение задачи построения области работоспособности, которая обычно задается в виде совокупности граничных точек. Под назначением допусков, как правило, понимают решение задачи аппроксимации области работоспособности гиперпараллелепипедом (брусом) наибольшего объема, который может быть вписан в эту область или описан вокруг нее.

Если после выполнения рассмотренных этапов проектирования не удастся реализовать поставленные цели, то ставится вопрос о пересмотре ТЗ на разработку. Если же оптимизация модели системы оказывается успешно решенной, то переходят к оформлению необходимой технической документации, изготовлению, настройке и испытаниям опытных образцов системы. Выделенные на рис. 3 пунктиром процедуры проектирования можно рассматривать как соответствующие контуры управления качеством проектного решения. Для раскрытия основных задач управления качеством технической эксплуатации ЭТС и их взаимосвязи рассмотрим структуру ее системотехнического комплекса (рис. 4).

В течение всего срока службы ЭТС сопровождают управляющая (УС), обслужива-

ющая (ОС) и обеспечивающие системы: система материально-технического обеспечения (СМТО), система информационного обеспечения (СИО) и др [4].

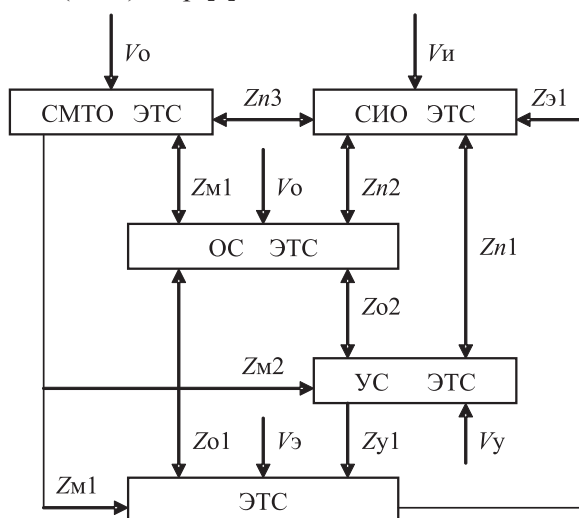


Рис. 4. Структура системотехнического комплекса ЭТС

Под управляющей понимается система, осуществляющая пуск, реверсирование, остановку, защиту электрических машин или элементов ЭТС, а также поддержание заданных режимов самой системы и их изменение в соответствии с потребностями целевого использования. Управляющую систему образуют: персонал, занимающийся техническим использованием системы, необходимые технические средства управления, расходные материалы, продукты, изделия, техническая документация.

Обслуживающая система занимается поддержанием и восстановлением работоспособного состояния ЭТС посредством технического обслуживания и ремонта. В его состав входят соответствующие персонал, технические средства, расходные материалы, продукты, изделия и техническая документация.

Система материально-технического обеспечения создает материальные условия для нормального функционирования ЭТС и ее управляющей, обслуживающей и информационной систем, снабжая их необходимыми расходными материалами, продуктами и изделиями.

Система информационного обеспечения предназначена для получения, переработки, передачи и хранения информации о состоянии ЭТС и составляющих ее ЭТУ.

Связь ЭТС с управляющей, обслуживающей и обеспечивающей системами в соответствующих им условиях $\mathbf{v}$ изображена на схеме (рис. 4) векторами направленных воздействий $\mathbf{Z}$. Индексы при $\mathbf{Z}$ и $\mathbf{v}$ отражают их принадлежность к одной из указанных систем, а также порядковый номер воздействия. В процессе эксплуатации ЭТС образуются несколько замкнутых контуров управления качеством, отличающихся один от другого принципом действия, характером решаемых задач и техническими средствами СИО. Рассмотрим основные из этих контуров.

Контур, образованный связями Z_{31} , Z_{n1} , Z_{y1} , является контуром управления функциональным состоянием ЭТС. Технические средства информационной системы здесь представлены измерительными элементами автоматики. Качество функционирования ЭТС обеспечивается правильным выбором режима работы системы, исходя из задач ее целевого использования, а также качеством процесса функционирования в заданном режиме. Развитие системы технического обслуживания и ремонта привело к созданию контура управления внутренним (для стадии эксплуатации) состоянием ЭТС, показанным на рис. 4 связями Z_{31} , Z_{n2} , Z_{o1} , и вызвало необходимость разработки средств технического диагностирования в составе СИО.

В зависимости от вида информации v_o и v_n , получаемой соответственно обслуживающей и информационной системами, можно выделить контур оперативного управления состоянием ЭТС, который базируется на информации о фактическом состоянии системы, получаемой в результате периодической проверки, и контур статистического управления состоянием ЭТС, который основывается на статистической информации о поведении однотипных ЭТУ, составляющих систему. Контур управления качеством материально-технического обеспечения ЭТС образован связями Z_{31} , Z_{n3} , Z_{n1} . Основной задачей контура является обеспечение ЭТС комплектами запасных изделий и приборов (ЗИП).

В наиболее общем виде процесс управления состоянием ЭТС, охватывающий все стадии и этапы ее жизненного цикла, можно представить в виде структурной схемы, приведенной на рис. 5. В качестве объекта управления выступают свойства и параметры ЭТС и составляющих ее ЭТУ. Можно выделить три контура управления состоянием — параметрическое, координатное и структурное. *Параметрическое управление* предполагает целенаправленное воздействие на первичные параметры X АЭП. При *координатном управлении* эти воздействия представляют собой изменение параметров входных сигналов u и параметров внешних воздействий v , определяющих условия эксплуатации ЭТС. При *структурном управлении* управляющими воздействиями являются изменения состава элементов ЭТС и (или) связей между ними. Необходимым условием для реализации любого контура управления является возможность определения состояния ЭТС и ее элементов в любой момент времени.

При оперативном управлении по состоянию принятие оперативного решения (ПОР) осуществляется с учетом требований заданного критерия работоспособности K_p ЭТС. Принятие статистического решения (ПСПп и ПСПс) производится на основе оценки параметрической надежности (ОПН) и оценки

структурной надежности (ОСН), которые получают в результате анализа надежности (АН) по донесениям $D_1^n, D_2^n, \dots, D_n^n \rightarrow$ об изменениях технического состояния, постепенных и внезапных отказах элементов ЭТС. При этом учитываются требования критерия параметрической надежности $K_{пн}$ и критерия структурной надежности $K_{сн}$. Оперативное решение (ОР) определяет на стадии эксплуатации ЭТС необходимый объем технического обслуживания (ТО) по состоянию или ремонта (Р) по состоянию, а также виды структурного синтеза (СС).

Параметрическое управление при испытании опытных образцов (ИсОп), осуществляется в результате выполнения операции настройки (Н). Структурный синтез реализуется в виде функций реконфигурации структуры системы и аварийной защиты. На стадии проектирования решение предполагает выполнение структурного синтеза (поиск варианта технического решения выбора оптимального по заданному критерию варианта) и параметрического синтеза (ПС). Статистическое решение (СП1) на стадии эксплуатации предусматривает регламентированное техническое обслуживание и ремонт, а на стадии проектирования — реализацию задачи параметрического синтеза по критерию, учитывающему показатели параметрической

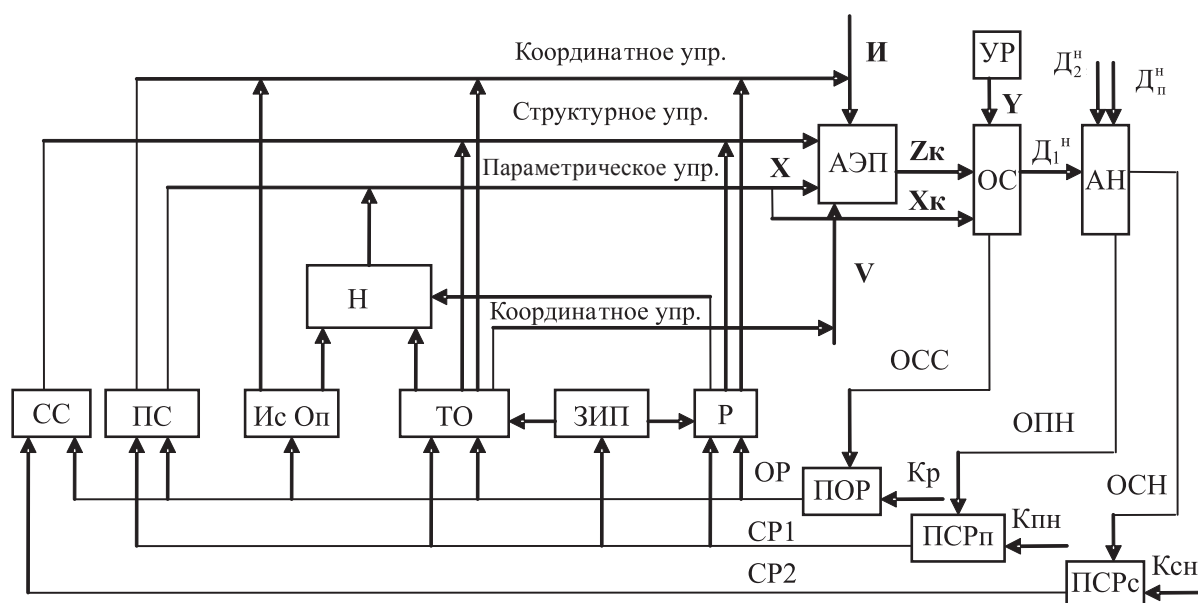


Рис. 5. Структура процесса управления состоянием ЭТС

надежности ЭТС. Статистическое решение (СР2) предполагает на стадии проектирования реализацию функции резервирования с целью обеспечения требуемой структурной надежности [1; 4].

Как следует из рис. 4, можно выделить три основных принципа управления — по ресурсу, уровню надежности и состоянию.

При управлении по ресурсу ЭТС эксплуатируется до выработки определенного ресурса. При управлении по уровню надежности ЭТС эксплуатируется до тех пор, пока интенсивность отказов не превысит установленный уровень. При управлении по состоянию ЭТС эксплуатируется до тех пор, пока ее параметры находятся в пределах установленных допусков. Важнейшим элементом эксплуатации по состоянию является контроль, с помощью которого осуществляется наблюдение за состоянием ЭТС, ее оценка и прогнозирование.

Рассмотренный процесс управления состоянием ЭТС является замкнутым. Важнейшей задачей, как это видно из рис. 4, является реализация процесса параметрического управления состоянием ЭТС. Для оптимального управления этим процессом необходима разработка теории, методов и средств по комплексному решению задач параметрического синтеза, настройки и оценки состояния ЭТС, имеющих место на различных этапах ее жизненного цикла.

Для контура параметрического управления состоянием ЭТС основными показателями качества, определяющими выбор целевой функции при оптимизации системы, являются показатели назначения, надежности и экономичности.

Показатели назначения характеризуют свойства ЭТС, определяющие основные функции, для выполнения которых она предназначена. При рассмотрении ЭТС как САУ можно выделить четыре группы этих показателей, которые также называют критериями качества. Эти показатели характеризуют динамические свойства ЭТС.

К первой группе относятся показатели, в той или иной степени использующие для оценки качества сигнал рассогласования в различных типовых режимах. Это группа

критериев точности. Точность, характеризующая установившийся режим работы системы, однозначно оценивается величиной ошибки, равной разности между требуемым и действительными значениями управляемого сигнала.

Ко второй группе относятся показатели, характеризующие устойчивость работы ЭТС. Для оценки устойчивости применяются такие показатели, как перерегулирование, число колебаний, наблюдаемое за время регулирования, запас устойчивости по амплитуде и фазе и т. д.

К третьей группе относятся показатели, характеризующие быстродействие ЭТС: длительность переходного процесса, время нарастания, резонансная частота колебаний и т. д.

К четвертой группе показателей качества относятся комплексные критерии, оценивающие обобщенные свойства, учитывающие точность, запас устойчивости и быстродействие.

К показателям, характеризующим статические свойства ЭТС, относятся показатели технической эффективности, например показатели энергетической эффективности системы. Для интегральной характеристики как динамических, так и статических свойств ЭТС используют показатель качества функционирования системы.

Под качеством функционирования понимают степень приспособленности системы к выполнению поставленной задачи. Показатель качества функционирования выражает меру полезности системы. Для определения значений таких показателей рассматривают результаты применения системы по назначению.

Рассмотренные показатели назначения ЭТС определяют большое разнообразие показателей назначения ЭТУ, составляющих эти системы.

Показатели надежности характеризуют свойства ЭТС, определяющие ее способность сохранять работоспособное состояние при использовании системы по назначению.

Основным показателем, характеризующим параметрическую надежность ЭТС, является вероятность безотказной работы. Этот показатель может быть записан как вероятность удовлетворения условий работоспособности

$$P_n(T) = P_T(\mathbf{X}_n, \mathbf{I}) = P\{Y_j(\mathbf{X}(t)) \in [Y_{j\min}, Y_{j\max}], \\ j = \overline{1, m}, \forall t \in [0, T]\}$$

или как вероятность принадлежности вектора параметров $\mathbf{X}$ области работоспособности

$$P_n(T) = P_T(\mathbf{X}_n, \mathbf{I}) = P\{(\mathbf{X}(t)) \in G, \forall t \in [0, T]\},$$

где

$\mathbf{X}_n = [X_{1n}, \dots, X_{in}, \dots, X_{nn}]^T$, $\mathbf{I} = [I_1, \dots, I_i, \dots, I_n]^T$ — векторы соответственно номинальных значений параметров и относительных допусков на них (полей рассеивания), задаваемых классами точности элементов; $\mathbf{X}(t) = [X_1(t), \dots, X_i(t), \dots, X_n(t)]^T$ — векторный случайный процесс изменения параметров элементов в интервале времени $[0, T]$. При $T = 0$ выражения примут вид

$$P_n(0) = P_0(\mathbf{X}_n, \mathbf{I}) = P\{Y_j(\mathbf{X}_n) \in [Y_{j\min}, Y_{j\max}], j = \overline{1, m}\}, \\ P_n(0) = P_0(\mathbf{X}_n, \mathbf{I}) = P\{\mathbf{X} \in G\}.$$

Вероятность $P_n(0)$ характеризует *серийнопригодность*, под которой понимают свойство ЭТУ сохранять выходные параметры в установленных пределах на момент изготовления.

Наряду с вероятностью безотказной работы для характеристики надежности по отношению к постепенным отказам, а также для оценки серийнопригодности широкое применение находит показатель, определяющий запас работоспособности системы. В большинстве работ запас работоспособности определяют как степень выполнения условий работоспособности и оценивают независимо друг от друга по каждому выходному параметру Y_j , $j = \overline{1, m}$. При этом запас работоспособности $\lambda_j^c(\mathbf{X})$ обычно вычисляют по формуле

$$\lambda_j^c(\mathbf{X}) = (Y_{j\text{пр}} - Y_{jn}(\mathbf{X})) / \delta_j - 1, \quad j = \overline{1, m},$$

где $Y_{j\text{пр}}$ — предельное (максимальное $Y_{j\text{max}}$ или минимальное $Y_{j\text{min}}$) допустимое значение j -го выходного параметра Y_j ; $Y_{jn}(\mathbf{X})$ — номинальное значение параметра Y_j ; $\delta_j = Y_{jn}(\mathbf{X}) - Y_{pj}(\mathbf{X})$ — параметр нормировки, характеризующий рассеяние параметра Y_j через квантиль $Y_{pj}(\mathbf{X})$ его распределения уровня $P \approx 0$.

Приведенное определение запаса работоспособности не отражает сущности этого понятия и не позволяет эффективно использовать его в процессе параметрического управления состоянием ЭТС. Запас работоспособности

следует оценивать на материально-структурном уровне, так как изменение параметра Y_j является лишь следствием изменения первичных параметров системы, а зависимость $Y_j(\mathbf{X})$ является, как правило, нелинейной.

Под запасом работоспособности будем понимать степень приближения вектора $\mathbf{X}_i$ фактического состояния системы к его предельно допустимому значению $\mathbf{X}_n$. Множество предельно допустимых значений вектора $\{\mathbf{X}_n\}$ определяется границей области работоспособности системы. Степень приближения вектора $\mathbf{X}_i$ определяется расстоянием от его конца до ближайшей граничной точки области работоспособности.

Обозначим через $\mathbf{X}_r = [X_{r1}, X_{r2}, \dots, X_{rn}]$ точку на границе области работоспособности. Минимальное расстояние вектора первичных параметров $\mathbf{X}_i = [X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in}]$ от вектора $\mathbf{X}_r$ по всем значениям граничных точек будет определять запас работоспособности системы ρ . Если определены номинальные значения первичных параметров $\mathbf{X}_n = [X_{n1}, X_{n2}, \dots, X_{nn}]$, то может быть определен и номинальный запас работоспособности ρ_n , который в этом случае удобно выражать в относительных единицах $\lambda(\mathbf{X})$:

$$\rho = \min_{[\mathbf{X}_r]} \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{ri})^2},$$

$$\rho_n = \min_{[\mathbf{X}_r]} \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_{in} - X_{ri})^2}, \quad \lambda(\mathbf{X}) = \rho / \rho_n.$$

Запас работоспособности $\lambda(\mathbf{X})$, в отличие от $\lambda_j^c(\mathbf{X})$, учитывает не только внешние, но и внутренние условия работоспособности ЭТС.

В том случае, если область работоспособности является выпуклой, а также известны статистические данные, характеризующие технологический разброс параметров комплектующих элементов ЭТС при их производстве, и данные об изменении этих параметров в процессе эксплуатации системы, запас работоспособности для одного первичного параметра X_i может быть рассчитан по формуле

$$\lambda_i(\mathbf{X}) = (X_{in} - X_{i\text{пр}}) / \delta_i(\mathbf{X}) - 1, \quad i = \overline{1, n},$$

где $X_{i\text{пр}}$ — предельное (максимальное $X_{i\text{max}}$ или минимальное $X_{i\text{min}}$) допустимое значение i -го

первичного параметра; $\delta_i(\mathbf{X})$ — параметр нормировки, характеризующий меру рассеяния параметра X_i . Параметр нормировки $\delta_i(\mathbf{X})$ можно задать через характеристики рассеяния первичных параметров, задающие их возможные уходы [1].

Экономические показатели характеризуют затраты на разработку, изготовление и эксплуатацию ЭТС. С точки зрения проблемы параметрического управления состоянием ЭТС эти показатели определяют: затраты на информационное обеспечение, связанные с определением состояния ЭТС; затраты на восстановление работоспособного состояния системы в случае параметрических отказов; классы точности элементов ЭТУ, влияющих на стоимость ЭТС.

Важнейшей задачей параметрического управления состоянием ЭТС является задача параметрического синтеза. Для ее оптимального по какому-либо критерию решения должна быть сформирована целевая функция. Вместе с тем любая ЭТС характеризуется не одним, а целым набором показателей качества, каждый из которых характеризует тот или иной аспект функционирования системы. Как известно, проблеме решения задач оптимизации с учетом множества показателей качества (критериев) называют проблемой решения многокритериальных задач, или задач векторной оптимизации. Эти задачи исследовались в основном в следующих трех областях: экономико-математических методов и исследования операций; теории игр; теории оптимальных систем. Это привело к разнообразию терминологии и породило множество сходных методов оптимизации. Первоначально поиски методов решения задач с векторным критерием оптимальности нередко были направлены на отыскание единственного строгого математического решения, обращающего в экстремум все скалярные критерии. Однако такого решения, как оказалось, объективно не существует. После обнаружения этого факта поиски решения проблемы учета множества показателей были направлены на отыскание метода, который наилучшим образом удовлетворяет всем

отдельным показателям. Предполагалось, что этот метод окажется универсальным (если не для всех, то хотя бы для большого числа практических задач). Найти такой метод, однако, до последнего времени не удалось. Единственным объективным фактором, характеризующим проблему векторной оптимизации в рамках того субъективизма, который связан с выбором самих локальных критериев, является наличие области Парето-оптимальных решений. Формальное математическое определение множества точек Парето может иметь следующую формулировку: точка $\mathbf{X} \in R^n$ называется точкой Парето для отображения $Y(\mathbf{X})$, если не существует такого приращения $\Delta\mathbf{X}$, что $Y_j(\mathbf{X} + \Delta\mathbf{X}) \geq Y_j(\mathbf{X})$, $j = \overline{1, m}$, причем, по крайней мере, для одной функции имеет место строгое неравенство [2].

Анализ многочисленных литературных источников показал, что трудности, имеющие место при решении векторных задач оптимизации, носят не столько вычислительный, сколько методологический характер. В работах автора [1; 2; 5] показано, что в качестве целевой функции для решения рассмотренных задач управления состоянием большинства ЭТС следует использовать запас работоспособности системы. Это особенно актуально для ЭТС водного транспорта, которые характеризуются изменчивыми и в ряде случаев тяжелыми условиями эксплуатации. Необходимым условием определения запаса работоспособности является информация о границе области работоспособности ЭТС. При этом недопустима аппроксимация области работоспособности G вписанным в нее брусом S , поскольку это приводит к чрезмерно высокой методической погрешности аппроксимации [1; 6].

Разработанные автором методы, алгоритмы, программные средства и технические устройства построения областей работоспособности, параметрического синтеза по критерию запаса работоспособности, контроля состояния для широкого класса ЭТС являются частью автоматизированной системы управления состоянием судового, берегового и другого электротехнического оборудования [1].

Список литературы

1. Саушев А. В. Методы управления состоянием электротехнических систем. — СПб., 2004.
2. Саушев А. В., Шошмин В. А. Основы инженерного проектирования электротехнических устройств и систем. — СПб.: ЛИВТ, 1993. — 125 с.
3. Саушев А. В. Аналитическое описание областей работоспособности электротехнических систем // Журнал университета водных коммуникаций. — СПб.: СПГУВК, 2009. — Вып. 4. — С. 34–41.
4. Климов Е. Н. Управление техническим состоянием судовой техники. — М., 1985.
5. Саушев А. В., Шошмин В. А. Целевая функция в задачах синтеза судовых и береговых электромеханических систем // Речной транспорт. — 2010. — № 5. — С. 79–81.
6. Саушев А. В. Метод построения границы области работоспособности электротехнических объектов // Электричество. — 1990. — № 4. — С. 14–19.

УДК 629.12-8.004.2

В. В. Павловский,
аспирант,
СПГУВК**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИИ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ****SYSTEM ANALYSIS OF CONVERTER EQUIPMENT TECHNOLOGY
AND DESIGN MANAGEMENT**

Произведен системный анализ технологии и организации проектирования преобразовательной техники с учетом электромашинного и статического преобразователей. Изложены основные требования ГОСТов к преобразовательной технике, классификация преобразователей, возможные функциональные схемы преобразования, достоинства и недостатки вышеуказанных преобразователей.

System analysis of converter equipment technology and design management is fulfilled with regard to the rotary and static converters. Here stated the main GOST demands to the converters, converter classification, possible converting functional circuits diagrams, advantages and disadvantages of the converters mentioned above.

Ключевые слова: преобразователь электроэнергии, электромашинный преобразователь, статический преобразователь, электроэнергетическая система корабля, выпрямитель, инвертор, силовой модуль.

Key words: electric energy transducer, dynamoelectric converter, static converter, electric-power system of ship, rectifier, inverter, power unit.

Введение

Электроэнергетическая система (ЭС) судов и кораблей является объектом высокого уровня сложности. Достигая мощности десятков тысяч киловатт, ЭС судов и кораблей включает сотни электрических машин, тысячи электрических аппаратов, сотни километров кабельных трасс, а также множество других приборов и аппаратов.

Основным родом тока в ЭС современных судов и кораблей является трехфазный переменный ток стандартной частоты 50 Гц.

В то же время для работы отдельных потребителей электроэнергии, а также некоторых корабельных систем требуется электроэнергия, параметры которой существенно отличаются от параметров основных электрических сетей. Поэтому для обеспечения электропитанием требуемого рода тока и необходи-

мых параметров таких систем и потребителей в электроэнергетических системах кораблей, электрифицированных на переменном и постоянном токе, используются различные преобразователи электроэнергии.

Требования к качеству электроэнергии устанавливаются ГОСТ 13109-97 «Качество электрической энергии». Показателями качества электроэнергии являются:

- отклонение напряжения от своего номинального значения — установившееся отклонение (более чем за 1 мин) действующего напряжения от номинала;

- колебания напряжения от номинала — определение допустимости размахов кратковременных колебаний действующих значений в зависимости от частоты этих колебаний;

- несинусоидальность напряжения — искажения синусоидальности кривой напряжения;

- несимметрия напряжений — неравенство фазных и междуфазных напряжений во всех элементах тяговых сетей, вызванное несимметрией токов;

- отклонение частоты от своего номинального значения — разность, усредненная за 10 мин между фактическим значением основной частоты и ее номинальным значением;

- длительность провала напряжения — внезапное понижение напряжения в точке электрической сети ниже $0,9 U_{\text{ном}}$, за которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему уровня через промежуток времени от 10 мс до нескольких десятков секунд;

- импульс напряжения — резкое изменение напряжения в точке электрической сети, за которым следует восстановление напряжения до первоначального или близкого к нему уровня;

- временное перенапряжение — повышение напряжения в точке электрической сети выше $1,1 U_{\text{ном}}$ продолжительностью более 10 мс, возникающие в системах электропитания при коммутациях или коротких замыканиях.

По принципу действия преобразователи электроэнергии делятся на две основные группы: электромашинные (вращающиеся) и

статические. В общем случае задача преобразования электроэнергии состоит в изменении рода тока, напряжения, частоты, числа фаз. Эта задача может быть решена либо с применением электромашинных, либо статических преобразователей.

Преобразователи любой группы подразделяются следующим образом в зависимости от назначения:

- преобразователи напряжения, в которых напряжение одного значения преобразуется в напряжение другого значения;

- выпрямители, в которых переменное напряжение преобразуется в постоянное (выпрямляется);

- инверторы, в которых постоянное напряжение преобразуется в переменное;

- преобразователи частоты, в которых переменное напряжение одной частоты преобразуется в переменное напряжение другой частоты.

Применение преобразователей электроэнергии обусловлено следующими причинами:

- разработкой промышленностью страны новой современной техники, имеющей в своем составе сложные электронные схемы, для нормальной работы которых требуется электроэнергия переменного тока частотой 400 Гц;

- современными требованиями по снижению шумности судов и кораблей путем внедрения на них последних научно-технических разработок статических преобразователей.

Преобразователи электроэнергии, используемые на современных кораблях, классифицируются по принципу действия и назначению (рис. 1).

Более подробно рассмотрим преобразователи электромашинные и статические, их принцип действия, определим их плюсы и минусы.

Электромашинные преобразователи

При построении систем и комплексов электропитания для аппаратуры судов и кораблей, требующих разнообразия типов и параметров выходных сетей, а также вследствие

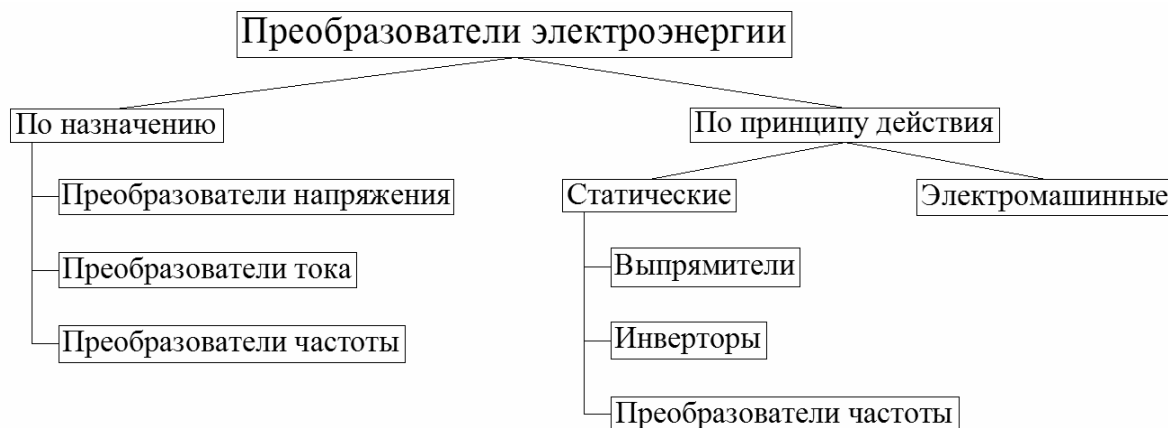


Рис. 1. Классификация преобразователей электроэнергии

отсутствия гальванической связи между входными и выходными цепями, типовым решением было использование электромашинных (вращающихся) преобразователей (ЭМП).

Пример такой системы показан на рис. 2, где ЭМП различаются не только по мощности, но и по частоте, числу фаз и величине выходных напряжений. Это вызывает необходимость структурировать систему питания с использованием принципа независимых каналов, в состав которых могут входить отдельные щиты групповых распределительных устройств (ЩРУ) со встроенными средствами контроля, управления и защитной автоматики.

От этих щитов отдельные группы и одиночные потребители получают питание напрямую или через вторичные источники питания (ВИП), или статические преобразователи (СП) значительно меньшей мощности, чем ЭМП. Они обладают простотой конструктивного исполнения и высокой надежностью. В настоящее время в эксплуатации находится значительное количество разнообразных электромеханических преобразователей электроэнергии. Данный вид преобразователей рассчитан для работы при температуре окружающего воздуха от 1 до 40 °С, относительной влажности 98 % при температуре 35 °С, в условиях длительных вибраций, ударных потрясений, длительных кренов до 45 °С и дифферентов.

Разработанные в 1960-е гг. и не претерпевшие существенных изменений в процессе

серийного изготовления, преобразователи морально устарели. Этот вид преобразовательной техники имеет существенные недостатки:

- высокий уровень излучаемого шума и вибрации;
- значительное время, затрачиваемое на регламентные и ремонтные работы, а так-

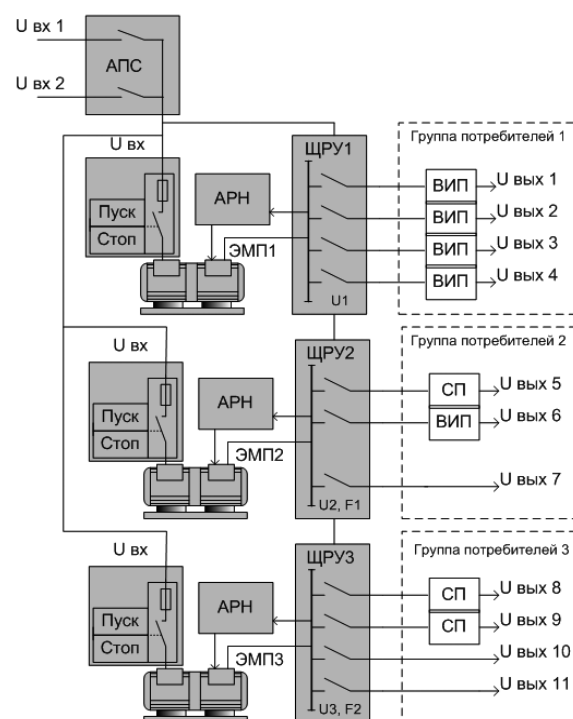


Рис. 2. Типовая структура системы питания на основе электромашинных преобразователей с разнообразными параметрами выходного напряжения

же необходимость частого выполнения регламентных работ;

— в ряде случаев отсутствие поставки запасных частей в связи со снятием их с производства;

— низкий коэффициент полезного действия (КПД) и низкий коэффициент мощности;

— высокие массогабаритные характеристики.

Также стоит отметить, что из-за сложной финансово-экономической обстановки в нашей стране выпуск электромеханических преобразователей возможен только при больших капиталовложениях, но это не является критичным, так как общемировое развитие силовой электронной элементной базы позволяет сегодня полностью отказаться от электромеханических преобразователей.

В связи с этим становится актуальной задача модернизации преобразовательной техники с применением новых схемотехнических решений, которые позволяли бы значительно улучшить удельные энергетические показатели с обеспечением необходимого уровня качества и надежности, а также повысить эксплуатационные свойства.

Перспективным решением является использование статических преобразователей, которые лишены описанных выше недостатков электромеханических преобразователей.

Статические преобразователи

Развитие силовой и микроэлектронной полупроводниковой элементной базы, появление новых материалов и схемотехнических решений привело к созданию статических преобразователей.

Конструктивно статический преобразователь выполнен в виде шкафа. С передней стороны установлена дверь, на которой размещены сигнальные индикаторы, измерительные приборы и выключатели. Внутри же размещаются соединительные магистрали, платы управления и выполненные в виде блоков выпрямители, инверторы, фильтры и др. В статический преобразователь входят следующие компоненты:

— плата управления источником питания;

— блок силовых преобразований;

— модуль управления световой сигнализацией;

— прибор питания собственных нужд;

— платы датчиков токов и напряжений;

— системы охлаждения.

подавляющая часть устройств информационно-вычислительных систем потребляет электроэнергию в виде постоянного тока. Если первичным источником служит сеть переменного тока U , то источник вторичного электропитания чаще всего имеет структуру, приведенную на рис. 3.

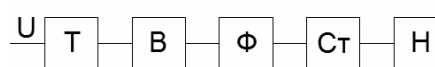


Рис. 3. Структурная схема преобразователя электроэнергии

Мощный трансформатор T , как правило, понижает напряжение, затем оно преобразуется выпрямителем B в постоянное напряжение, пульсации которого сглаживаются фильтром F , и при необходимости уровень этого напряжения с помощью стабилизатора $Ст$ поддерживается неизменным.

Стремление уменьшить массу и габаритные размеры источников электропитания привело к структурной схеме, называемой «ИВЭП с бестрансформаторным входом» (рис. 4).



Рис. 4. Структурная схема преобразователя электроэнергии с бестрансформаторным входом

В этой структуре переменное напряжение первичной сети сначала выпрямляется ($B1$) и фильтруется ($F1$), а затем инвертируется в инверторе I в переменное, но с частотой 20–50 кГц. На этой частоте напряжение T трансформируется до нужного уровня, вновь выпрямляется ($B2$), фильтруется ($F2$), при необходимости стабилизируется ($Ст$) и далее следует на нагрузку H . Масса и габариты магнитопровода трансформатора (дросселя) об-

ратно пропорциональны частоте переменного тока. Поэтому на высокой частоте происходит резкое уменьшение размеров трансформатора и фильтра (Ф2).

По сравнению с электромашинными преобразователями по проектным и эксплуатационным показателям статические преобразователи позволяют:

- на несколько порядков снизить уровень излучаемого шума и вибрации;
- реализовать принципы модульного построения;
- выполнять быстрое восстановление путем замены отказавших блоков (модулей) на исправные из состава ЗИП;
- понизить частоту выполнения регламентных работ;
- повысить показатели энергосбережения и оказывать меньшее влияние на питающую сеть по токовым нагрузкам;
- расширить параметры диагностики аварийных режимов, в максимальной степени исключить выход из строя питаемого оборудования из-за возникновения неисправности;

— уменьшить массогабаритные характеристики;

— повысить коэффициент полезного действия;

— реализовать преимущества применения микроконтроллеров в схемах управления;

— дать возможность местного и дистанционного управления выходным напряжением.

Данный вид преобразователей рассчитан для работы при температуре окружающего воздуха от -10 до 55 °С.

Существенным минусом статических преобразователей является присутствие на выходе помех с частотой питающего напряжения, а также гармонических составляющих в результате работы высокочастотных инверторов.

Как пример существенного превосходства статических преобразователей над электромашинными аналогами в табл. 1 приведена сравнительная характеристика электромашинного преобразователя АТО-1-400Р и статического преобразователя СПН 380/50/3-1-230/400/3, выпускаемого ОАО «Тайфун» (Калуга).

Таблица 1

**Сравнительная характеристика
электромашинного и статического преобразователей**

Техническая характеристика	Тип преобразователя	
	АТО-1-400Р	СПН 380/50/3-1-230/400/3
Напряжение питающей сети, В	220/380	220/380
Частота питающей сети, Гц	50	47–420
Количество фаз питающей сети	3	1, 3
Допустимое изменение напряжения питающей сети, %	$\pm 5,0$	+10; –15
Допустимое изменение частоты питающей сети, %	$\pm 2,5$	47–420 Гц
Выходная мощность, кВт	1,0	1,0
Коэффициент полезного действия, %	45,0	80,0
Потребляемая мощность на холостом ходу, кВт	0,8	0,008
Режим работы	Продолжительный	Продолжительный
Уровень интенсивности воздушного шума	Общий уровень 75 дБА	Не более 60 дБА на расстоянии 0,5 м

Таблица 1
(Окончание)

Вероятность безотказной работы за период 4 тыс. ч при доверительной вероятности 0,8	0,9	0,98
Назначенный ресурс до списания, ч	35 000	120 000
Назначенный срок службы до списания, лет	10	25
Габаритные размеры, мм	398 · 646 · 450	100 · 220 · 310
Масса, кг	196	15

Одной из характеристик преобразователя является пространственное размещение аппаратуры. При рассмотрении данного вопроса статические преобразователи имеют ряд преимуществ. Компактность системы питания на основе статических преобразователей объясняется тем, что вся необходимая аппаратура размещается непосредственно в корпусе преобразователя и нет необходимости в массивных фундаментах и амортизаторах. В то время как системы питания на основе вращающихся преобразователей должны иметь в своем составе аппаратуру управления и регулирования, а также кабельные трассы, соединяющие между собой электрические машины и пускорегулирующую аппаратуру.

Вывод

Комплексное применение вращающихся и статических преобразователей обеспечивает возможность более рационально исполь-

зовать возможности электроэнергетической системы, обеспечивая тем самым требуемые технические свойства судна или корабля.

Применение современных силовых высокочастотных статических преобразователей позволяет:

— осуществить замену электромашинных преобразователей, что приведет к исключению или упрощению щитов распределительных устройств, уменьшению массогабаритных показателей, резкому снижению уровня шума и вибрации;

— создавать сети бесперебойного питания с горячим резервированием без применения электромеханических или электронных переключателей;

— строить оптимальные системы питания, использующие статические преобразователи меньшей единичной мощности, для построения независимых каналов питания отдельных функционально связанных групп и отдельных потребителей.

Список литературы

1. Колосовский В. В. Корабельные преобразователи электроэнергии. — Пушкин, 2000. — 231 с.
2. Мкртчян Ж. А. Основы построения устройств электропитания. — М.: Радио и связь, 1990.
3. Ланцов В., Эраносян С. Эволюция импульсных источников вторичного электропитания // Силовая электроника. — 2009. — № 1.
4. Миловзоров О. В., Панков И. Г. Электроника. — М.: Высш. шк., 2005 — 289 с.
5. Леута А. А., Раввин Б. Ц. Статические преобразователи как альтернатива электромашиным преобразователям в системах электропитания // Электрическое питание. — 2005. — № 3.

6. ГОСТ 13109-97 Качество электрической энергии.
7. Мелешин В. И. Транзисторная преобразовательная техника. — М.: Техносфера, 2005. — 632 с.
8. Электроника: справ. кн. / Ю. А. Быстров, Я. М. Великсон, В. Д. Вогман [и др.]; под ред. Ю. А. Быстрова. — СПб.: Энергоатомиздат, 1996. — 544 с.
9. <http://www.power-e.ru/> — официальный сайт журнала «Силовая электроника».
10. <http://www.gaw.ru/html/cgi/txt/publ/igbt/index.htm> — статьи по силовой электронике.

УДК 004.8: 621.43: 629.12

В. М. Пилявский,
аспирант,
СПГУВК

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ BOSCH FSA ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

PROSPECTS OF APPLICATION OF NEW GENERATION OF DIAGNOSTIC COMPLEXES BOSCH FSA FOR DIAGNOSTICS OF SHIP ENGINES

В современных двигателях постоянно растет доля электрических и электронных компонентов. Эта тенденция предъявляет к системам диагностики новые требования. В данной статье приведен обзор нового поколения диагностических комплексов "Bosch", описаны их функциональные возможности.

The share of electric and electronic components constantly grows in modern engines. This tendency makes new demands to diagnostics systems. In given article the review of new generation of diagnostic complexes "Bosch" is resulted, their functionality is described.

Ключевые слова: диагностика, судовые двигатели, диагностические комплексы.
Key words: diagnostics, ship engines, diagnostic complexes.

УНИВЕРСАЛЬНЫМ диагностическим комплексом, осуществляющим как моторное, так и системное диагностирование, является новое поколение диагностических приборов для анализа систем двигателей производства фирмы "Bosch": FSA720/740/750.

В сочетании с персональным компьютером модуль FSA 720 (Farzeug System Analyse), образует полноценный мотор-тестер, имеющий:

- генератор сигналов;
- осциллограф с частотой развертки 50 МГц;
- зонды и датчики для измерения различных величин (напряжение, ток, давление, температура и пр.).

Работоспособность мотор-тестера обеспечивается пакетом программного обеспечения SystemSoft [plus], который содержит программное обеспечение для генератора сигналов, мультиметра и осциллографа, а также общие указания по подключению и алгоритмам проверки.

Программное обеспечение CompacSoft [plus] содержит обновляемые подробные указания по подключению и алгоритмам проверки, с 2005 г. — базу эталонных значений измеряемых величин.

FSA 740 построен на базе модуля FSA720. Современная измерительная техника приборов нового поколения FSA фирмы "Bosch" формирует диагностическую платформу будущего. Благодаря модульной конструкции FSA720

имеющееся оборудование будет использоваться и дальше.

Комплексы, содержащие, например, KTS 520/550 и компьютер, могут быть дооснащены модулем FSA 720 до полной диагностической системы.

Такой комплекс, как испытанные предыдущие модели, так и новое поколение тестеров выполняет функции классической диагностики двигателя: проверка первичной и вторичной цепей, измерение угла опережения воспламенения, температуры масла и т. д.

Прогресс тестеров нового поколения заключается в возможностях проверки электрических и электронных компонентов. Для этого FSA720 и 740 предлагают множество новых и продуктивных решений, включающих мощную поддержку программного обеспечения.

Генератор сигналов. Впервые и только у FSA фирмы “Bosch” генератор позволяет провести проверку датчиков, кабелей и штекерных разъемов в подсоединенном состоянии.

Комплексная проверка компонентов. Для точной локализации неисправности применяется новая, разработанная фирмой “Bosch” система всесторонней диагностики компонентов, позволяющая избежать дорогостоящей и отнимающей много времени напрасной замены исправных деталей.

Диагностика двигателя. Измерительный модуль FSA с большим количеством датчиков выполняет все функции классического мотор-тестера: проверка работы первичной и вторичной электрических цепей, измерение частоты вращения коленвала, температуры, давления и т. д.

Диагностика блоков управления. Модуль системной диагностики KTS 520 позволяет провести считывание памяти ошибок, а содержащиеся в программном обеспечении инструкции помогают локализовать причину неисправности.

Благодаря модульному принципу построения FSA может быть адаптирован к имеющемуся оборудованию и постепенно дооснащаться до полной диагностической системы.

FSA — это компьютерная система, состоящая из оптимально подобранных отдельных компонентов. Наряду с измерительным модулем FSA, датчиками и KTS стенд FSA 740

содержит современный компьютер с удобным TFT-монитором, пультом дистанционного управления и принтером.

Примеры инноваций и удобства их применения:

1) Тест по шине CAN. Теперь диагност может провести физическую проверку прохождения сигналов по шине CAN. До сих пор из-за недостаточного быстродействия оборудования это было практически невозможно.

2) Универсальный генератор сигналов. Позволяет проверять датчики, кабели и штекерные разъемы, в том числе не отключая их от двигателя.

Это способствует более точной локализации неисправности и зачастую избавляет от необходимости диагностирования методом пробной замены деталей.

3) Мощный двухканальный осциллограф. Частота развертки нового прибора достигает 50 МГц. Это дает достаточный запас при диагностировании.

К современным средствам диагностирования электронных систем управления двигателем относятся диагностические системные сканеры, которые можно разделить на две основные группы: сканеры фирм-производителей и универсальные приборы. Такие приборы могут обладать набором дополнительных функций, таких как функция мультиметра или функция осциллографа соответственно. Разработчикам потребовалось запрограммировать несколько дополнительных функций электронному блоку управления (ЭБУ). Его наделили возможностью измерять электрические параметры элементов топливной системы и, сравнивая их с эталонами, делать вывод об их работоспособности. Обнаруженные отклонения или неисправности сохранялись в электронной памяти ЭБУ в виде цифровых кодов. Помимо этого, управляющая электроника обладает способностью представлять для просмотра и анализа текущие параметры топливной системы. Таким образом, ЭБУ обладает способностью к самодиагностике.

Функциональные возможности.

Система управления топливopодачей двигателя — одна из первых цифровых систем на современных ДВС. Полноценный сканер имеет возможность получать информацию

диагностического характера от большого числа электронных систем двигателя.

Помимо считывания кодов неисправностей, сканер дает возможность выводить на дисплей текущие параметры системы, которые измеряет блок управления. Это режим работы сканера — data stream, то есть поток данных. Еще одна важная функция современных сканеров — управление исполнительными элементами электронной системы. Это позволяет, во-первых, проверить работоспособность многих элементов, во-вторых, в ряде случаев выступать в роли дублера блока управления,

вмешиваясь в его работу.

Таким образом, с помощью системного сканера и информационной системы диагност располагает всеми возможностями для быстрого и эффективного поиска ошибок. Через серийный интерфейс диагностический тестер с помощью кабель-адаптера напрямую подсоединяется к диагностируемому блоку управления. Система автоматически распознает имеющиеся блоки управления. Также с помощью мультимплекс-разъема возможна диагностика блоков управления двигателями, которые уже оснащены серийным интерфейсом.

Список литературы

1. Ютт В. Е. Электронные системы управления ДВС и методы их диагностирования. — М., 2007.
2. Долгов В. А. Встроенные автоматизированные системы контроля. — М.: Машиностроение.
3. Дием Л. В. Модели и алгоритмы технического диагностирования судовых ДВС в процессе эксплуатации. — СПб., 2006.

УДК 621.436

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

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ВОДЫ И МАСЛА НА ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ДИЗЕЛЕЙ

THE INFLUENCE OF TEMPERATURE CONDITIONS OF WATER AND OIL ON ECONOMICAL FACTOR OF DIESEL WORKING

Приведены зависимости удельного расхода топлива g_e от температуры охлаждающей воды для судового дизеля 6Ч275Л («Шкода»). Показано изменение g_e судового дизеля 3Д6 (6Ч18/22) в зависимости от температуры масла на входе в двигатель.

The dependences of specific fuel consumption on the temperature of refrigerant water are given for ship diesel 6Ч275Л ("Skoda"). The variation of g_e in dependence of oil temperature at the engine entrance is shown for ship diesel 3Д6 (6Ч18/22).

Ключевые слова: расход топлива, судовой дизель, температурный режим.

Key words: fuel consumption, ship diesel, temperature conditions.

ПРИ ВОЗРАСТАНИИ температуры охлаждающей воды эффективная мощность двигателей увеличивается, поэтому уменьшается удельный расход топлива $g_e = G_t/N_e$.

Значительное уменьшение удельного расхода происходит при росте температуры охлаждающей воды до 75–90 °С. В абсолютных значениях уменьшение расхода топлива на каждые 10 °С повышения температуры охлаждающей воды выражается величиной от 2 до 7 г/кВтч (в интервале температур от 40 до 80 °С). Следует отметить, что при этом не влияют не только конструктивные особенности дизеля, но и качество топлива.

На рис. 1 приведены зависимости удельного расхода топлива от температуры охлаждающей воды t_v для судового дизеля 6Ч275Л («Шкода»), кривая 1 соответствует 100 %-ной нагрузке, кривая 2 — 75 %-ной нагрузке.

Известно, что оптимальный режим охлаждения дизеля с точки зрения экономичности ограничивается температурой воды на выходе 80–90 °С для режимов номинальных и частичных нагрузок.

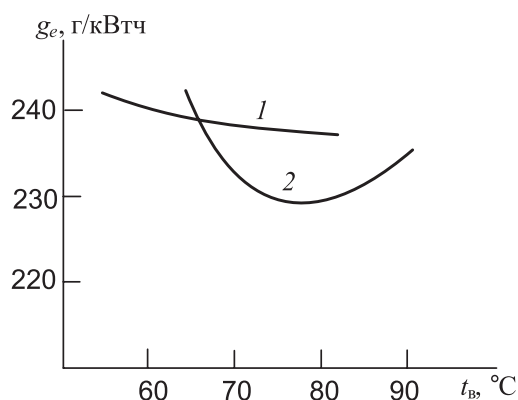


Рис. 1

Поддержание в этих условиях температуры охлаждающей воды способствует уменьшению температурных напряжений в деталях дизеля, соприкасающихся с горячими газами. Кроме этого, при данной температуре полностью отсутствует кавитационная эрозия цилиндрических втулок и блоков цилиндров.

Наряду с температурой охлаждающей воды большое влияние на рабочий процесс дизеля оказывает и температура циркуляционного смазочного масла. С падением вязкости масла уменьшаются механические потери, а потому должен возрасти механический КПД η_m . По этой же причине снижается и удельный расход топлива g_e .

На рис. 2 показано изменение g_e судового дизеля 3Д6 (6Ч18/22) в зависимости от температуры масла на входе в двигатель $t_{мв}$, °С. Оказывается, что при возрастании $t_{мв}$ на входе в двигатель на каждые 10 °С до 60 °С удельный расход топлива уменьшается примерно на 6 %, далее темп замедляется и после 70 °С начинает возрастать.

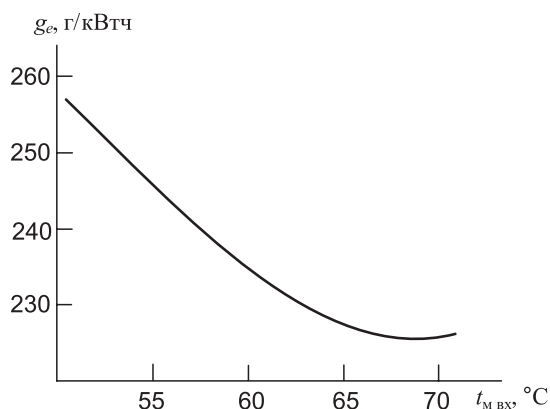


Рис. 2

Так как вязкость различных масел остается примерно одинаковой при температурах 60–80 °С, то очевидно, что эта закономерность роста N_e и уменьшения g_e будет справедлива и для других типов дизелей. В этом случае обеспечивается наименьший g_e , увеличивается доля тепла, идущего на совершение полезной работы (возрастает N_e), уменьшается износ дизелей. Согласно рекомендациям [1] такой температурный режим можно поддерживать в замкнутых системах охлаждения. В случае же проточной системы охлаждения температура смазочного масла не должна быть выше 60 °С на выходе.

Перепад температуры на входе и выходе не должен превышать 20–30 °С.

Список литературы

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

ПАРАДОКС СУДОСТРОЕНИЯ — РЕЧНЫЕ АВИАНОСЦЫ

PARADOX OF SHIPBUILDING — AIRCRAFT DESIGNER ON RIVER

В статье рассказывается об истории создания и боевом применении речных авианесущих кораблей в России и США.

The article tells about the history activities and development of the aircraft designer on river in Russian and USA.

Ключевые слова: судостроение, авианосец, самолет, река.

Keys words: shipbuilding, aircraft designer, aeroplane, river.

3 А ВЕСЬ ПЕРИОД Первой мировой войны боевая гидроавиация для совместных действий с речными кораблями в России не применялась. Эта идея возникла в начале Гражданской войны в связи с появлением на Волге, Каме, Северной Двине, Днепре и других реках военных флотилий из вооруженных буксиров, пассажирских пароходов и барж. Уже вскоре после начала операций этих формирований стала ощущаться большая потребность в информации о противной стороне, получить которую старыми средствами, как-то: катерами-разведчиками, наблюдательными постами и прочим — оказалось очень трудно.

По требованию командования флотилий, с Балтийского флота для речных сил,

действовавших на Волге, Каме и Северной Двине, перебросили несколько специально сформированных гидроавиаотрядов. Однако выяснилось, что для их активной работы нет приспособленных плавучих средств, и никто не знал, что они должны из себя представлять, так как условия службы гидроавиации на реках резко отличались от таковой на море.

Первый такой отряд 29 августа 1918 г. выступил на фронт в район г. Свияжска, где находилась Волжская флотилия, ведущая бои с белочехами, захватившими Казань. С этого дня и началась боевая деятельность волжских авианосцев. Согласно штатному расписанию гидроавиаотряд должен был состоять из следующих плавучих средств: баржи, достаточных размеров для размещения шести гидро-

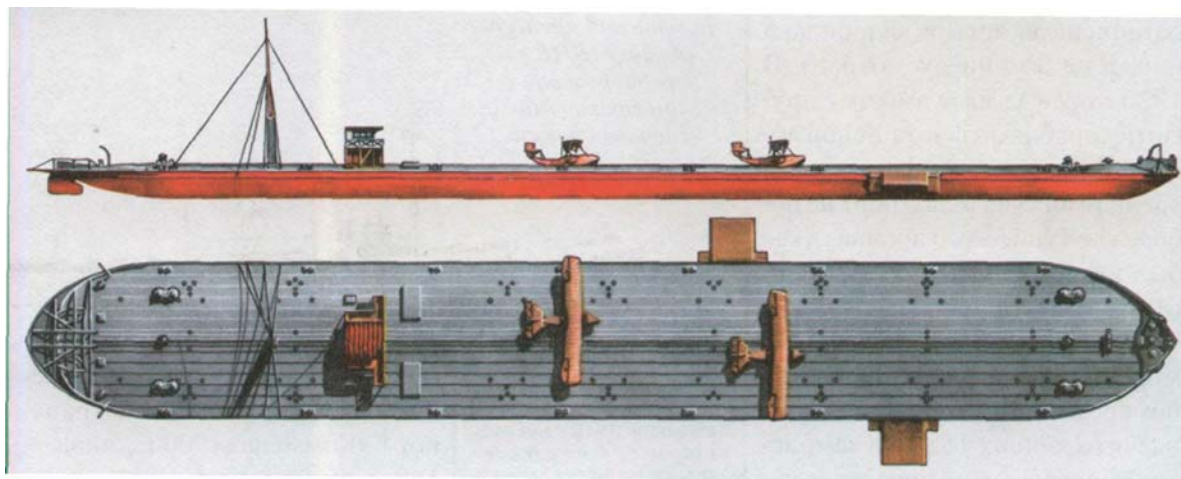


Рис. 1. Баржа-авианосец «Коммуна»

самолетов, и буксира для нее, от мощности которого зависела скорость передвижения всего отряда; пассажирского парохода, в каютах и помещениях 3-го класса которого намечалось разместить личный состав, в салонах — канцелярию и общую кают-компанию, на нижней палубе — автомобили, кухню, повозки и лошадей, в трюмах — технические и хозяйственные средства отряда, а в отдельной барже (гусыне) бомбы и горючее. Кроме того, отряду придавались паровой мелкоосидающий катер для связи, два моторных катера для оказания помощи гидросамолетам и несколько шлюпок [1].

Для базирования самолетов переоборудовали нефтеналивную баржу, снабдив ее наклонными деревянными платформами для спуска и подъема гидросамолетов. Все операции с крылатыми машинами выполнялись вручную. Барже придали буксир, и получился небывалый в истории авиатранспорт «Коммуна» (водоизмещение — 900 т, длина — 140 м, ширина — 19 м, осадка средняя — 1,1 м; скорость буксировки по течению — 7,5–11 км/ч, вооружение — 6 самолетов). С осени 1918 г. красные летчики делали иногда по 5–6 вылетов в сутки, бомбили корабли и укрепления белых [2].

Недостатком авиабаржи «Коммуна» являлась ее тихоходность, а отсутствие крыши способствовало быстрому выходу гидросамолетов из строя. Поэтому летчики и комсостав вышли с предложением о сооружении баржи-ангара, и в марте 1919 г. бывший завод «Теплоход» в Нижнем Новгороде получил заказ на изготовление такого плавсредства [2].

Им стала баржа № 507, получившая наименование «Смерть» (честно говоря, вызывает весьма неприятная ассоциация для летчиков). В ходе переоборудования с верхней палубы сняли все надстройки, трубы, кнехты, мачты. Затем палубу выровняли, застелили досками и установили два деревянных ангара, рассчитанных на размещение до 10 гидросамолетов типа М-9. Однако принять участие в боях ей не пришлось, поскольку ко времени прихода в Астрахань, в 1920 г., фронт в этом районе был ликвидирован, посему освобожденную от авиаимущества баржу «демобилизали» и передали для нужд водного транспорта [3].

Для Каспийского воздушного дивизиона, действовавшего на нижнем плесе Волги и на Астраханском рейде, на бывшем заводе Нобеля в течение 1919 г. переоборудовали две баржи. На освобожденной от всего лишнего палубе первой (ранее железная нефтеналивная баржа «Протопоп Савва») соорудили помещения для экипажа и небольших мастерских, а трюмы приспособили под склады имущества отряда. Для спуска и подъема гидросамолетов с каждого борта установили по 2 поворотных крана [2]. Отряд, размещенный на этой барже, являлся, по сути, промежуточным между корабельным и речным.

Палубу второй баржи приспособили для размещения 5 гидросамолетов, а кормовую часть срезали и оборудовали наклонным слипом, позволявшим летчику легче выходить на него при возвращении на судно. Однако такая конструкция имела два недостатка — при ее устройстве пришлось ликвидировать рули, вследствие чего баржа рыскала при буксировке, а наличие лишь одного спуска стесняло действия всего отряда [2].

За период 1918–1920 гг. 19 морских авиационных отрядов сражались против белых не только на Волге, но и на Северной Двине, Каме, Днепре, Селенге, Онежском и Ладожском озерах, на Енисее, Иртыше, а также на Балтийском, Каспийском, Черном и Азовском морях. За смелые боевые действия на Волге и в море летчики Каспийского воздушного дивизиона А. Демченко, А. Волынский, П. Полозенко, С. Козлов и другие награждены орденом Красного Знамени — в то время высшей наградой Советской Республики [4].

По примеру красных иметь в составе своих речных соединений на Каме подобные авиатранспорты решили и в колчаковском флоте. В начале лета 1919 г. с этой целью под авиаматку в Перми переоборудовали деревянную баржу «Данилиха» (длиной 84 м). Она располагала четырьмя ангарами с пролетами на такое же число гидросамолетов М-9, но иногда в них можно было разместить (в собранном виде) и больше машин, поскольку запас площади позволял их устанавливать плотнее. Ангара закрывались с обеих сторон легкими деревянными воротами-створками, скользящими по рельсам. Серьезным недо-



Рис. 2. Плавучий авиангар «Амур»

статком этой авиабаржи была малая высота ангаров, ибо при самостоятельном заходе на аппарат (при работающем моторе) самолет задевал концами винта его верхнюю балку и ломал винт. В марте в распоряжение Речной боевой флотилии были переданы 2-й и 3-й воздухоплавательные отряды сухопутной армии. Во флотилии они получили наименование 1-й и 2-й плавучие воздухоотряды [6]. В июле 1919 г. «Данилиха», так и не принявшая участия в боях, была захвачена красными в Перми

и впоследствии сожжена при отступлении на р. Чусовой [7].

После окончания Гражданской войны опыты по созданию речных авианосцев продолжались. В 1929 г. на Амурской флотилии башенная канонерская лодка «Вихрь» была разоружена и переоборудована в несамоходный авиатранспорт на 4 гидросамолета МР-1 (поплавковый вариант Р-1) — «Амур». Она использовалась как база 68-го речного авиаотряда. Для этого с нее сняли все надстройки, на освобожденной верхней палубе соорудили большой ангар, а также необходимые ремонтные мастерские и склады. Плавбаза имела жилые помещения для команды и летного состава. Откидывающаяся задняя стенка ангара служила для спуска самолетов на воду. Однако столь ценный боевой корабль быстро вернули в первоначальный вид [3].

Использовали речные (вернее озерные) авианосцы и в США. В годы войны американцами было заложено и ускоренными темпами строилось 148 авианесущих кораб-



Рис. 3. Летчики 68-го речного авиаотряда

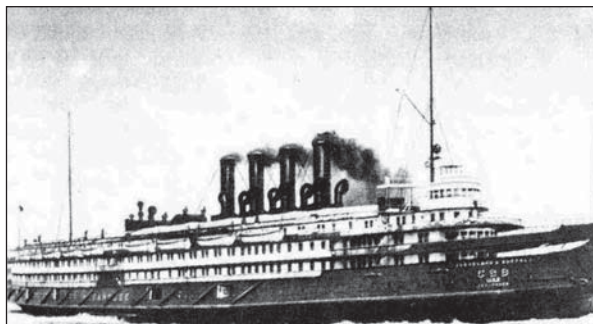


Рис. 4. Пароход «Сиэндби» из-за четырех труб называли «Титаником», хотя он был колесным

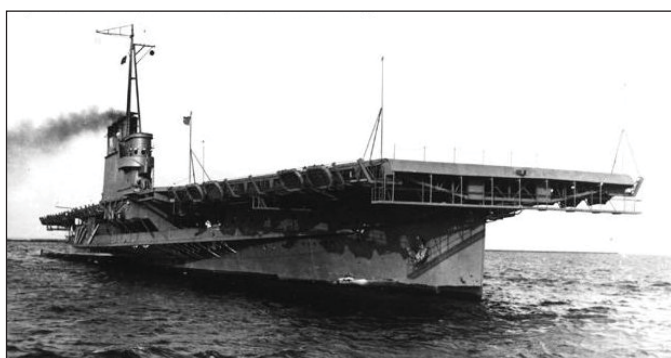


Рис. 5. Авианосец «Вулверин»

лей всех подклассов, включая 38 эскортных, переданных Англии (по годам: 1941-й — 16; 1942-й — 30; 1943-й — 63; 1944-й — 34; 1945-й — 5). Для такой армады определено были нужны самолеты и летчики. Хорошие летчики. Летных училищ было много и в добровольцах недостатка не было, но летчик, пусть даже и прекрасно обученный на наземном аэродроме, в море сразу становился зеленым новичком. А лишних кораблей, чтобы перевести их в класс учебных, попросту не было. И вот тогда американские военные недобрым глазом посмотрели на два гигантских колесных парохода, которые с туристами на борту курсировали по озеру Мичиган. Дальше события развивались стремительно: туристов высадили, с пароходов срезали надстройки и

вместо них установили летные палубы. Пароход «Сиэндби» стал учебным авианосцем «Вулверин», а пароход «Грейтер Буффало» — учебным авианосцем «Сэйбл». Стандартное водоизмещение первого из них составляло 7315 т, второго — 8114 т, главные размеры 152,4×29,9×4,7 м и 163,1×27,4×4,7 м соответственно, скорость хода составила 16 и 18 узлов. Каждый корабль оборудовали аэрофинишерами; ангаров, самолетоподъемников и катапульт не было [8].

Они все так же шлепали своими плечами по Мичигану, но их жизнь изменилась радикально. Для местных курсантов-летчиков установился маршрут: аэродром Гленвью—озерный авианосец—аэродром Гленвью. За день на каждом из кораблей выполнялось до 300 взлетов и посадок. Перед отправкой на фронт в 1943 г. нормой считались 8 посадок на палубу. В 1945-м — не меньше 14. На «Сэйбле» и «Вулверине» прошли подготовку примерно 15 тыс. летчиков, которые по ходу дела разбили около сотни самолетов. После войны оба корабля были незамедлительно отправлены на слом [8].

Поскольку такой экзотики история мирового судостроения ни до того, ни после не знала, эти корабли весьма озадачили японские спецслужбы. В марте 1943 г. Императорская морская разведка Японии получила от своих коллег из Имперского управления безопасности рейха важную информацию. На озере Мичиган появились два новых больших американских авианосца. На кораблях кипела боевая работа, и каждый день на них происходило до шестисот взлетов и посадок. Один из этих гигантов был четырехтрубным, а по бокам корпусов были какие-то странные движители. Но самым непонятным было то, что Мичиганское озеро не сообщалось с океаном и авианосцы ну никак не могли его покинуть.

Список литературы

1. Тайфун: военно-технический альманах — 1997. — № 3. — 46 с.
2. Кузнецов Н. А. Речная боевая флотилия в кампании 1919 г. на Каме // Вестник молодых ученых. (Исторические науки). — 2000. — № 5. — С. 43–56.

3. Бойков Б. В. Корабельная авиация. — М.: Военмориздат, 1946. — 420 с.
4. Морская авиация России. — М.: Машиностроение, 1996. — 268 с.
5. РГАВМФ. Ф. Р-1722. Морское министерство белогвардейского правительства Колчака, г. Омск.
6. РГАВМФ. Ф. Р-2180. Речные флотилии Всероссийского правительства (белых).
7. Кадесников Н. З. Краткий очерк белой борьбы под Андреевским флагом на суше, морях, озерах и реках России в 1917–1922 гг. — Л.: Изд. «Кучково поле», 1991. — 224 с.
8. US Naval Aviation 1910–1960. — Washington, 1960. — 540 p.

УДК 621.436:629.12

О. К. Безюков,
д-р техн. наук, проф., СПГУВК;

А. А. Кардаков,
соискатель, СПГУВК;

С. В. Шаршавин,
аспирант, СПГУВК

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ ПО ИНФРАКРАСНОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ ИХ НАРУЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

THE DIAGNOSTICS OF TECHNICAL CONDITIONS OF SHIP ENGINES TAKING INTO ACCOUNT INFRARED RADIATION OF THEIR OUTSIDE SURFACES

В статье рассматривается методика тепловизионного диагностирования судовых дизелей, которая может повысить эффективность как теплотехнического контроля, осуществляемого Российским Речным Регистром при ежегодных освидетельствованиях судов, так и текущего диагностирования двигателей, проводимого экипажами.

This article concerns the method of thermovision diagnostics of ship engines, which can improve the effectiveness of either thermotechnical control taken by The River Register of Russia during annual ship cheking, or current engine diagnostics taken by the crew.

Ключевые слова: судовой дизель, тепловое состояние, диагностирование, тепловизионный метод.
Key words: ship engine, thermal condition, diagnostics, thermovision method.

ОДНИМ из основных условий обеспечения правильной технической эксплуатации судовых энергетических установок (СЭУ) является теплотехнический контроль, осуществляемый сотрудниками Российского Речного Регистра при ежегодных освидетельствованиях судов [1], а также текущее диагностирование, осуществляемое их экипажами.

Эффективным способом повышения информативности теплотехнического контроля СЭУ и входящих в его состав дизелей может быть диагностирование их теплового состояния.

Интенсивность теплового излучения поверхностей, распределение температур, температурные градиенты и другие параметры тепловых полей при различных режимах работы СЭУ должны находиться в безопасных пределах при любых условиях плавания судна независимо от технического состояния судового оборудования.

Во время исследований, предпринятых авторами, акцент был сделан на тепловизионном методе диагностирования, который, в отличие от других средств измерения температуры, позволяет регистрировать с высокой точностью тепловые поля по всей поверхно-

сти исследуемого объекта [2].

Для отработки методики диагностирования был использован четырехтактный дизель 4Ч8,5/11 с вихрекамерным смесеобразованием, тепловое состояние которого исследовалось при его работе по нагрузочной и винтовой характеристикам.

Для измерения температуры бесконтактным методом был выбран инфракрасный термометр RAYNGER MX-4 производства фирмы "Raytek GmbH", (Германия). Диапазон измерений температуры — от -30 до 600 °C, погрешность измерения — ± 1 °C.

RAYNGER MX 4 был дополнительно оснащен микросхемой памяти, позволяющей сохранять 100 значений температуры, и программным обеспечением DataTempMX, с помощью которого термометр может использоваться для непрерывного измерения температур, их графического отображения и записи в режиме реального времени.

Для определения теплового состояния наружных поверхностей дизеля 4Ч8,5/11 и навешенных на него агрегатов был использован тепловизор TESTO 881 производства фирмы "Testo AG" (Германия), оснащенный встроенной видеокамерой с подсветкой. Тепловизор позволяет проводить измерения в диапазоне температур от -20 до 550 °C с погрешностью ± 2 °C.

TESTO 881 снабжен программным обеспечением, обеспечивающим:

- настройку и изменение основных параметров изображения, в том числе коррекцию цветовой палитры;
- хранение и анализ инфракрасных изображений;
- оформление отчетов о выполненных измерениях на электронных и бумажных носителях.

При проведении диагностирования с помощью инфракрасных приборов и получения достоверной картины теплового состояния исследуемого объекта необходимо определить значение коэффициента излучения его поверхности, которое, как правило, неизвестно [3; 4].

Для этой цели был использован контактный термометр отечественного производства типа ТК-5.01П, погрешность измерения которого не превышает ± 2 °C.

Коэффициент излучения поверхности определялся следующим образом: контактным термометром измерялась температура в контрольных точках, затем в этих же точках измерялась температура инфракрасным термометром, на дисплее которого высвечиваются показания температуры и условное значение коэффициента излучения.

С помощью регулировочных функций инфракрасного термометра на дисплее выставлялась температура, совпадающая со значением температуры при контактном измерении, при этом автоматически изменялся коэффициент излучения до реального значения. Коэффициент излучения остова дизеля составил 0,93.

В начале исследований была проведена общая тепловизионная съемка остова дизеля при работе с номинальной нагрузкой 100 %.

В результате измерений установлено, что максимальные температуры основных деталей остова и навешенных агрегатов имеют следующие значения:

- масляный поддон — 82 °C;
- картер — 86 °C;
- блок цилиндров — 96 °C;
- головка блока цилиндров — 132 °C;
- клапанные крышки — 83 °C;
- топливный насос высокого давления — 62 °C;
- форсунки — 86 °C;
- воздушный коллектор — 48 °C;
- выпускной коллектор — 319 °C;
- топливный фильтр — 61 °C;
- масляный фильтр — 58 °C;
- насос системы жидкостного охлаждения — 88 °C;
- масляный насос — 80 °C.

При этом температуры охлаждающей жидкости и моторного масла по показаниям штатных приборов составляли соответственно 88 и 76 °C.

При проведении исследований был обнаружен ряд отклонений температуры дизеля от общего температурного фона его поверхностей.

Так, на торце корпуса дизеля со стороны 1-го цилиндра в месте стыка головки и блока цилиндров зафиксировано локальное повышение температуры (рис. 1). На участ-



а



б

Рис. 1. Изображение торца судового дизеля 4Ч8,5/11 со стороны 1-го цилиндра:

а — тепловое изображение; б — фотоизображение

ке протяженностью 80 мм по горизонтали и 30 мм по вертикали температура поверхности возрастала от 105,5 до 126,8 °С. Температурный градиент при этом составил на каждые 10 мм 2,7 по горизонтали и 7,1 °С по вертикали, в то время как у остальных поверхностей он не превышал 0,5 °С во всех направлениях.

Термопрофилограмма, построенная по вертикальной профильной линии Р (рис. 1, а) и

приведенная на рис. 2, наглядно показывает увеличение температуры в районе газового стыка, что указывает на возможный дефект прокладки, установленной в месте стыка головки и блока цилиндров.

При обследовании теплового состояния системы топливоподачи (рис. 3, а и б) обнаружено, что корпус форсунки 4-го цилиндра имеет температуру ниже на 10 °С по сравнению с остальными (табл. 1).

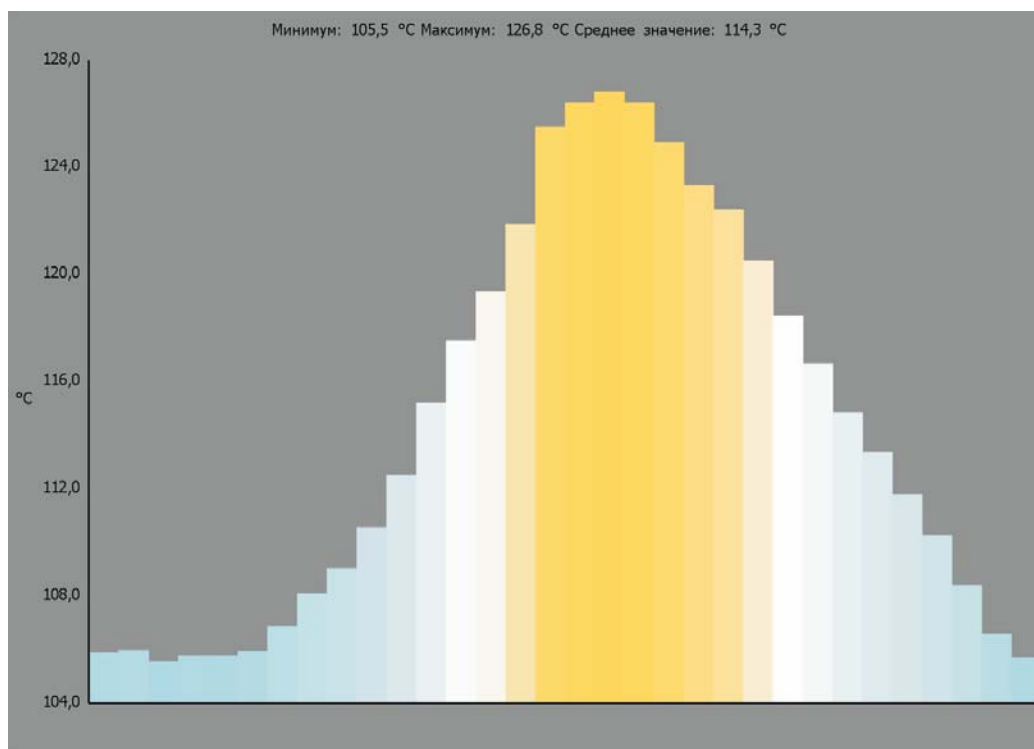
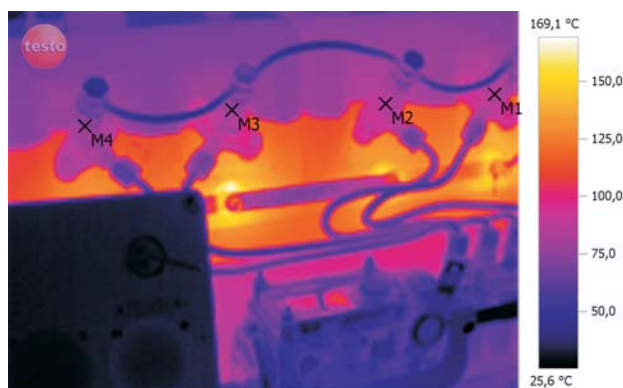


Рис. 2. Распределение температуры по профильной линии Р (рис. 1, а)



а



б

Рис.3. Изображение форсунок судового дизеля 4Ч8,5/11:

а — тепловое изображение; б — фотоизображение

Таблица 1

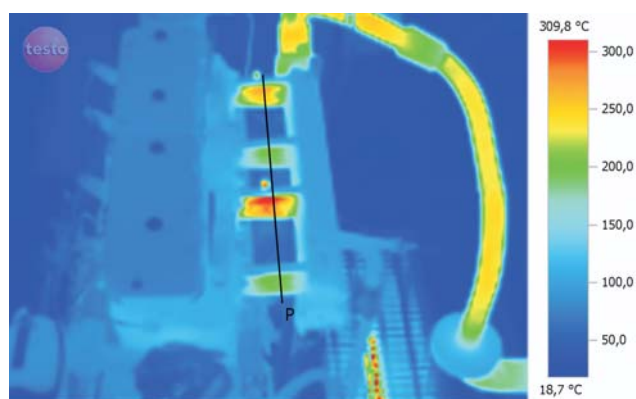
Значения температур наружных корпусов форсунок

Номер форсунки	Температура, °C	Коэффициент излучения
M1	83	0,93
M2	86	0,93
M3	81	0,93
M4	72	0,93

По-видимому, отклонение температуры форсунки связано с нарушением рабочего процесса в 4-м цилиндре двигателя, например худшим распыливанием, а следовательно, снижением максимальной температуры цикла и увеличением продолжительности догорания топлива.

При обследовании теплового состояния системы отвода отработавших газов дизеля выявлено аномальное распределение температур по поверхности выхлопного коллектора (рис. 4).

По термопрофилограмме, построенной по профильной линии Р (рис. 4, а) видно, что



а



б

Рис. 4. Изображение судового дизеля 4Ч8,5/11 со стороны коллектора отработавших газов:

а — тепловое изображение; б — фотоизображение

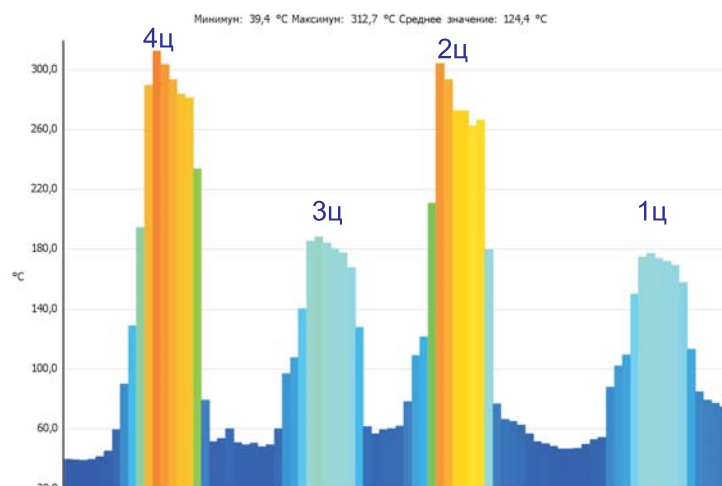


Рис. 5. Распределение температуры по профильной линии Р (рис. 4, а)

температура отработавших газов на выходе 1-го и 3-го цилиндров на $120\div 140\text{ }^{\circ}\text{C}$ ниже, чем на выходе 2-го и 4-го цилиндров (рис. 5).

Возможными причинами уменьшения температуры отработавших газов, а следовательно, и температуры выхлопных коллекторов, могут быть нарушения в работе механизма газораспределения, прежде всего неплотное прилегание посадочных поясков нижних тарелок клапанов к соответствующим поверхностям седел.

Таким образом, применение тепловизора TESTO 881 для диагностирования технического состояния судовых дизелей позволяет оперативно выявить нарушения теплового

режима их остова и навешенных агрегатов.

Высокая точность измерений подтверждена их дублированием с помощью инфракрасного термометра RAYNGER MX-4 и контактного термометра ТК-5.01П.

Для дальнейшего повышения эффективности диагностирования необходимо создать банки данных:

- с исходными термограммами и фотокартами главных и вспомогательных судовых дизелей в начальный период эксплуатации судна при их достоверно исправном техническом состоянии;

- инфракрасными изображениями судовых дизелей, имеющих дефекты и отказы, зафиксированные другими инструментальными методами или органолептически.

Сопоставление текущих инфракрасных изображений ДВС, получаемых периодически, например после каждых 500 часов наработки, с изображениями, полученными как в начальном, так и в дефектном тепловых состояниях, позволит быстро и объективно оценить техническое состояние двигателей, снизить расходы на обслуживание и ремонт, сократить непроизводительные простои судов, повысить пожаробезопасность машинных помещений и в итоге увеличить как объем грузоперевозок, так и общую безопасность плавания.

Список литературы

1. Инструкция по проведению теплотехнического контроля СДВС. — СПб.: Российский Речной Регистр, 2006. — 35 с.
2. Безюков О. К., Кардаков А. А. Средства для контроля теплового состояния деталей остова судовых дизелей // Журнал университета водных коммуникаций. — 2009. — Вып. 2. — С. 83–90.
3. Тепловой неразрушающий контроль изделий // О. Н. Будадин, А. И. Потапов, В. И. Колганов [и др.]. — М.: Наука, 2002. — 472 с.
4. Gaussorgues G. La Thermographie Infrarouge. Principes–Technologie–Applications. — P.: Technique et Documentation (Lavoisier), 1984. — 400 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОРЕГИСТРАТОРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕПЛОВОГО
СОСТОЯНИЯ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙAPPLICATION OF THERMOREGISTERS FOR CONTROL
THERMAL CONDITION OF SHIP ENGINES

В статье рассматривается возможность применения терморегистрирующих устройств семейства iButton Data Loggers (производитель Dallas Semiconductor, USA) для контроля теплового состояния судовых дизелей.

This article concerns the opportunity of application of thermoregistrating devices from iButton Data Loggers (producer Dallas Semiconductor, USA) for the control of the thermal condition of ship engines.

Ключевые слова: тепловое состояние, тепловая напряженность, терморегистратор iBDL.
Key words: thermal condition, thermal strain, thermoregistrator iBDL.



ЛИТЕЛЬНАЯ безаварийная эксплуатация судовых дизелей с высокой тепловой напряженностью может быть обеспечена путем применения новых методов и средств контроля теплового состояния деталей их остова.

Для исследования динамики изменения теплового состояния остова судового дизеля в процессе запуска, прогрева и при изменении режимов работы необходимо провести одно-временные замеры температуры в целом ряде характерных точек остова.

Как правило, в условиях эксплуатации тепловой контроль двигателей осуществляется косвенными методами по температуре рабочих сред (отработавших газов, надувочного воздуха, охлаждающей жидкости и масла), что дает только качественную и осредненную картину теплонапряженного состояния ДВС. Причем система автоматического регулирования поддерживает значения температур охлаждающей жидкости и масла примерно постоянными, что резко снижает информативность косвенного метода [1].

Одним из традиционных способов контроля теплового состояния остова дизелей является термометрирование с применением контактных термометров и термопар [2].

Контроль теплового состояния дизеля с применением контактных термометров требует постоянного присутствия оператора, не

дает возможности одновременно фиксировать значения температур в выбранных контрольных точках. По этой причине этот способ термометрирования в условиях эксплуатации непригоден для контроля динамики изменения теплового состояния дизелей.

Для исследования динамики изменения теплового состояния остова дизелей в судовых условиях предлагается применение термометров с контактными датчиками, оснащенными терморегистрирующими устройствами семейства iButton Data Loggers (далее — iBDL) (рис. 1).

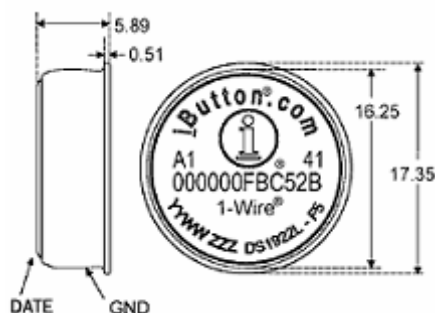


Рис. 1. Терморегистраторы iBDL

Терморегистраторы iBDL, серийно выпускаемые американской компанией “Dallas Semiconductor”, являются полностью автономными устройствами, имеющими в составе своей конструкции собственный источник

энергии, микропроцессорное устройство управления, большой объем энергонезависимой памяти для хранения накопленных данных, узел часов реального времени.

Применение iBDL исключает необходимость прокладки проводных каналов связи, дает возможность устанавливать датчики и считывать информацию в труднодоступных местах остова дизелей и другого судового оборудования.

Температурный мониторинг тепловой напряженности судовых дизелей с помощью терморегистраторов iBDL позволяет производить тщательный контроль работы дизеля и его конструктивных элементов от пуска до полной остановки, без присутствия человека.

Высокая точность измерения температуры и способность фиксировать ее значения через определенные, заранее заданные промежутки времени, особенно актуальна при исследовании тепловых полей при различных режимах работы дизеля, в том числе при сложных условиях плавания судна.

Регистраторы iBDL не имеют никаких собственных средств индикации и управления, поэтому все функции по их обслуживанию могут исполняться только специализированными средствами поддержки с помощью аппаратно-программного комплекса iButton Data Logger Revisor (iBDLR).

Перед началом работы регистратор iBDL запускается на отработку рабочей сессии с предварительно заданными значениями установочных параметров, которые определяют особенности алгоритма регистрации. После окончания процедуры накопления результатов измерений необходимо считать из памяти логгера накопленную им информацию с целью ее архивирования, визуализации или анализа.

Комплекс iBDLR организуется на базе персонального компьютера пользователя и реализует полномасштабную поддержку регистраторов iBDL на всех этапах их эксплуатации. Количество обслуживаемых регистраторов неограниченно.

Комплекс iBDLR позволяет:

— задавать желаемые значения установочных параметров для организации процесса регистрации;

— считывать из памяти регистратора iBDL собранную и сохраненную им информацию и выполнять коррекцию и компенсацию погрешностей;

— визуализировать полученные данные в форме таблиц и графиков;

— выполнять вывод графиков на принтер;

— восстанавливать индивидуальные значения наиболее важных параметров конфигурации регистратора iBDL после критического сбоя питания;

— задавать пароли для защиты ресурсов регистратора;

— считывать, редактировать и сохранять сопроводительную информацию регистратора;

— сохранять собранную информацию в виде текстового, двоичного или зашифрованного файла для дальнейшего хранения, транспортировки и анализа;

— производить ревизию состояния узлов регистраторов iBDL;

— переводить регистраторы в режим консервации.

В настоящее время семейство регистраторов iBDL состоит из пяти устройств различного назначения:

DS1922L-F5 — термограф для регистрации температур в диапазоне от -40 до $85\text{ }^{\circ}\text{C}$;

DS1922T-F5 — термограф для регистрации температур в диапазоне от 0 до $125\text{ }^{\circ}\text{C}$;

DS1922E-F5 — термограф для регистрации температур в диапазоне от 15 до $140\text{ }^{\circ}\text{C}$;

DS1923-F5 — термогигрограф для регистрации температур в диапазоне от -20 до $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности в диапазоне от 0 до 100% ;

DS2422S — микросхема, предназначенная для организации на ее базе завершенных высокоэффективных регистраторов для мониторинга любых физических величин [3].

Оценка эффективности применения регистраторов iBDL для исследования динамики изменения теплового состояния остова судового дизеля проведена при стендовых испытаниях четырехтактного дизеля с вих-

рекамерным смесеобразованием 4Ч8,5/11 по обследованию его теплового режима при работе по нагрузочной и винтовой характеристикам.

В данных исследованиях были выбраны терморегистраторы DS1922T-F5, основные технические характеристики которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные технические характеристики терморегистратора DS1922T-F5

Нормируемый параметр	Минимум	Максимум
Диапазон регистрируемых температур	0 °C	125 °C
Разрешение регистрируемой температуры при 1-байтном сохранении результатов	8 разрядов или 256 градаций (точек)	
Разрешение регистрируемой температуры при 2-байтном сохранении результатов	11 разрядов или 2048 градаций (точек)	
Минимальная градация регистрации температуры (чувствительность) при 1- или 2-байтном сохранении результатов	0,5 или 0,0625 °C	
Погрешность регистрации температуры при 8-разрядном преобразовании в диапазоне 20–75 °C		±1 °C
Погрешность регистрации температуры при 11-разрядном преобразовании: — в диапазоне 20–75 °C; — 0–20 °C; — 75–125 °C		±0,5 °C ±0,7 °C ±2,0 °C
Длительность единичного температурного отсчета при 1- или 2-байтном сохранении результатов	75 или 600 мс	
Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения текущего времени при температуре (25±5) °C		±2 мин/мес.
Емкость счетчика общего количества измерений, выполненных регистратором с момента его активирования		16 777 215 отсчетов
Минимальная градация при задании задержки старта цикла регистрации	1 мин	
Количество записей в сегменте буфера последовательных отсчетов, сохраняемых при 1- или 2-байтном сохранении результатов	8192 или 4096	
Минимальная градация при задании пределов по каналу регистрации температуры	0,5 °C	
Эксплуатационный ресурс при температуре ±20 °C	2 дня	8–9 лет
Масса	3,3 г	

Перед установкой в выбранных контрольных точках остова дизеля регистраторы iBDL были пронумерованы, номер контрольной точки соответствует номеру датчика (рис. 2). Нумерация контрольных точек и место ус-

тановки датчиков приведены в табл. 2.

Начало измерения температуры соответствовало времени запуска дизеля, регистрация значений температуры проводилась один раз в минуту каждым датчиком одновременно.

Таблица 2

Нумерация контрольных точек и место установки датчиков DS1922T-F5

№ контрольной точки	Месторасположения термографов
1	Корпус форсунки 1-го цилиндра
2	Корпус форсунки 2-го цилиндра
3	Корпус форсунки 3-го цилиндра
4	Корпус форсунки 4-го цилиндра
5	Клапанная крышка головки блока на торце со стороны 4-го цилиндра
7	Клапанная крышка головки блока между 3-м и 4-м цилиндрами
0	Клапанная крышка головки блока между 1-м и 2-м цилиндрами
10	Клапанная крышка головки блока на торце со стороны 1-го цилиндра
6	Головка блока со стороны 4-го цилиндра
8	Головка блока между 3-м и 4-м цилиндрами
11	Головка блока между 1-м и 2-м цилиндрами
12	Головка блока со стороны 1-го цилиндра

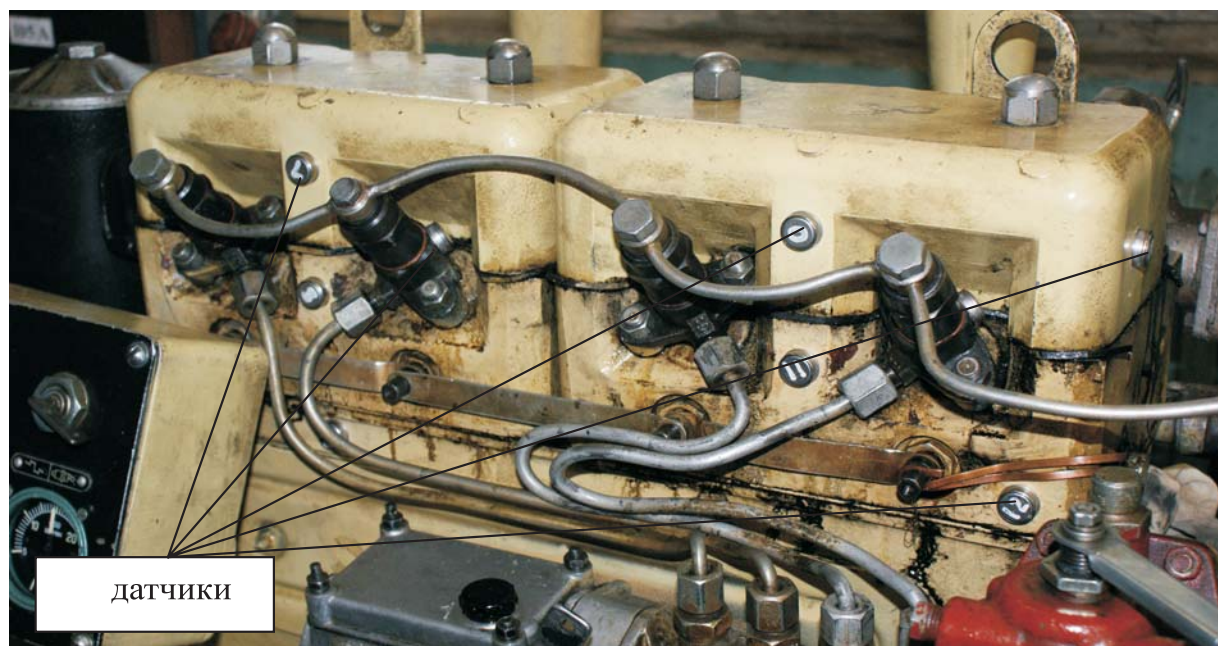


Рис. 2. Дизель 4Ч8,5/11. Установка датчиков DS1922T-F5

Результаты измерений приведены в графическом виде на рис. 3, 4.

При рассмотрении графиков можно сделать следующие выводы о работе дизеля:

— наблюдается различный тепловой

режим работы каждой форсунки: температура форсунки 4-го цилиндра существенно ниже остальных и достигает более 20 °С по сравнению с форсунками 1-го и 2-го цилиндров и до 18 °С по сравнению с форсункой 3-го цилиндра (рис. 3);

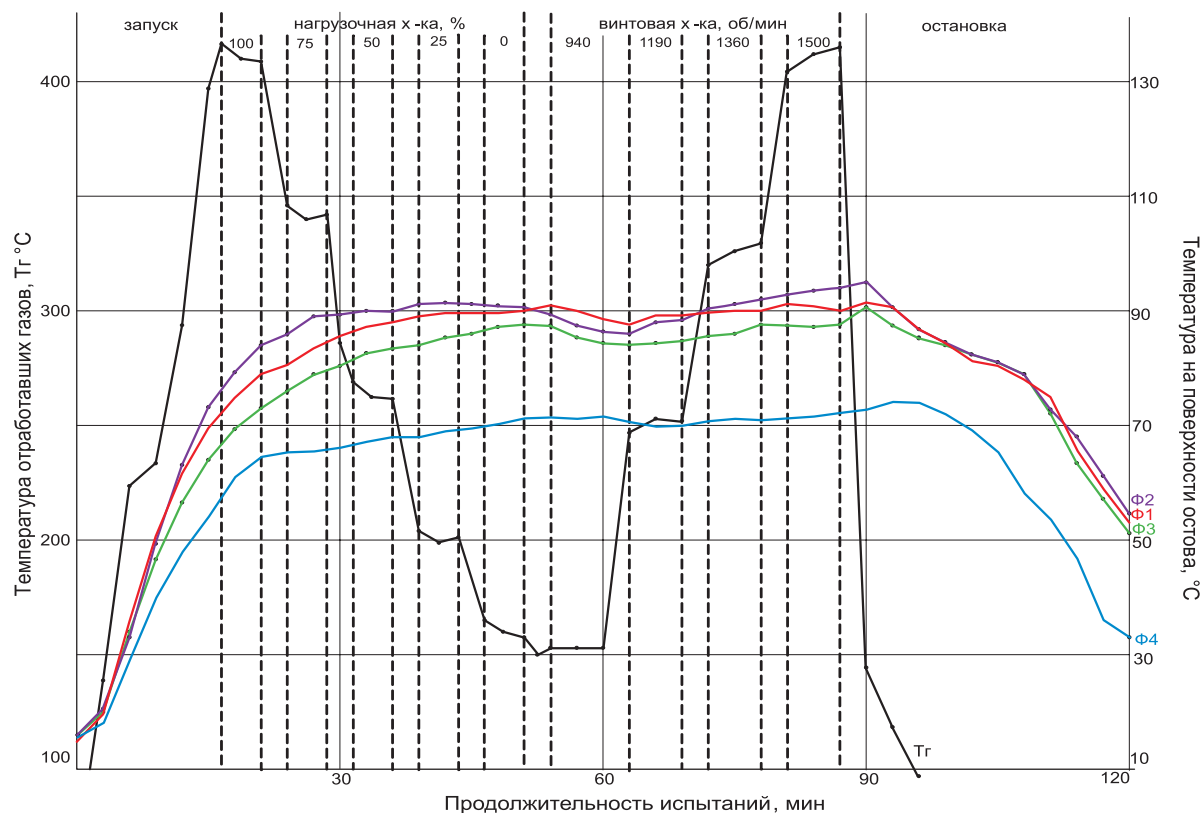


Рис. 3. Динамика теплового состояния форсунок дизеля 4Ч8,5/11

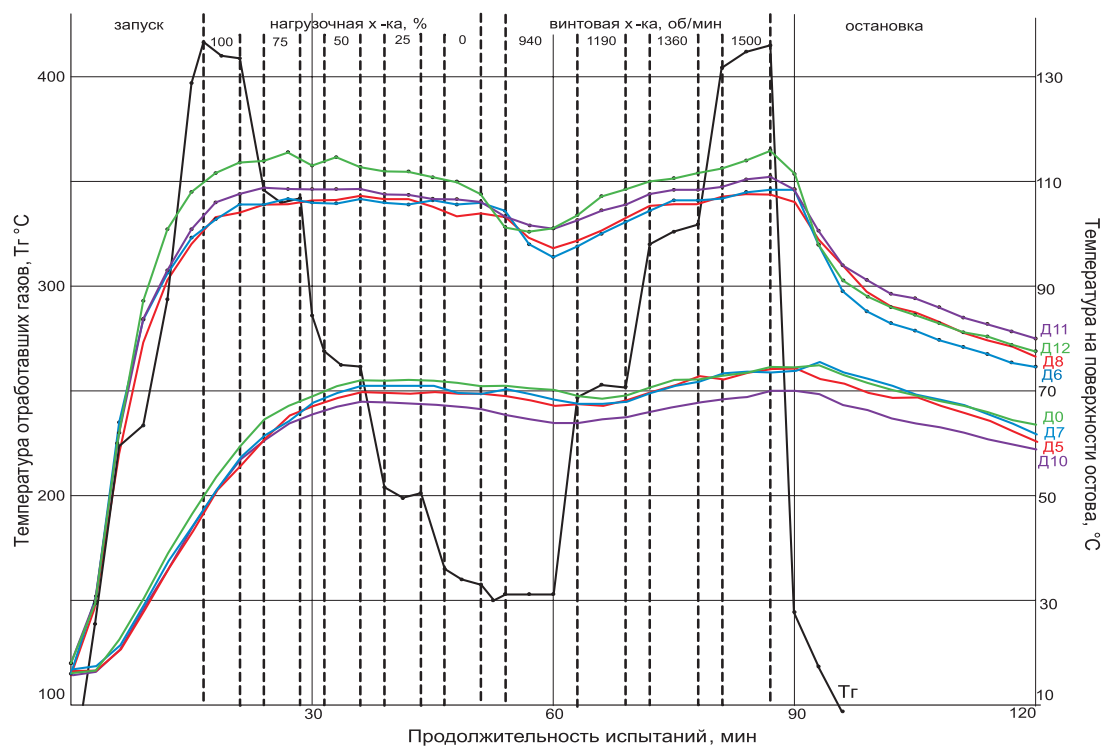


Рис. 4. Динамика теплового состояния клапанных крышек и головки блока дизеля 4Ч8,5/11

— динамика изменения температуры по поверхности клапанных крышек и головки блока цилиндров вдоль дизеля имеет одинаковый характер (рис. 4);

— градиент температуры по высоте остова дизеля достигает 6,2 °С на 1 см (рис. 4).

Таким образом, применение терморегистраторов iBDL для исследования теплового со-

стояния судового дизеля дает возможность проследить динамику изменения температуры по поверхности его остова, что позволит оценить его теплонпряженное состояние, прогнозировать вероятность образования трещин в крышках, втулках, блоке цилиндров, анкерных связях и шпильках, выявить нарушения в работе во всем диапазоне эксплуатационных режимов.

Список литературы

1. Пахомов Ю. А. Основы научных исследований и испытаний тепловых двигателей. — М.: Транслит, 2009.
2. Безюков О. К., Кардаков А. А. Средства для контроля теплового состояния деталей остова судовых дизелей // Журнал университета водных коммуникаций. — 2009. — Вып. 2. — С. 83–90.
3. Лаборатория альтернативных энергосистем и электронного обеспечения / Управление по нераспространению ядерных материалов и технологий РНЦ «Курчатовский институт» [Электрон. дан.]. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.elin.ru/>

ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 528

В. И. Решняк,д-р техн. наук, профессор,
СПГУВК;**А. С. Курников,**д-р техн. наук, профессор,
ФГО ВПО «Волжская академия водного транспорта»;**К. В. Решняк,**аспирант,
СПГУВК

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОЦЕССА ОКИСЛЕНИЯ В ДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЕ «ВОДА–ЭМУЛЬГИРОВАННЫЕ НЕФТЕПРОДУКТЫ»

THE INVESTIGATION OF THE OXIDATION PROCESS FEATURES IN THE DISPERSED SYSTEM “WATER–EMULSIFIED OIL PRODUCTS”

В статье рассмотрены особенности процесса очистки нефтесодержащей воды окислением, когда нефтепродукты находятся в эмульгированном состоянии, а озон — в виде озono-воздушной смеси, установлены лимитирующие факторы этого процесса, разработаны практические рекомендации по организации процесса очистки нефтесодержащей воды окислением.

The paper considers the features of the process of oily water purification by oxidation, when the oil products are in the emulsified state and ozone is in the ozone-air mixture. The limiting factors of this process are stated and some practical recommendations for oily water purification by oxidation are elaborated.

Ключевые слова: очистка нефтесодержащей воды, окисление, кинетика реакции.

Key words: oily water purification, oxidation, reaction kinetics.



ПРОЦЕССЫ очистки сточной воды окислением применяются в разных технических отраслях, в том числе и на водном транспорте [1–3]. При эксплуатации судов образуется нефтесодержащая подсланевая вода, которую необходимо очищать от нефтепродуктов.

Учитывая, что нефтепродукты являются органическими веществами, для глубокой очистки подсланевой воды можно использовать окисление. Процесс очистки воды с применением окисления представляет собой химическую реакцию окисления нефтепродуктов, загрязняющих воду веществом-окислителем, например озоном.

Учитывая, что участники реакции окисления в первоначальном состоянии находятся в разных средах: эмульгированные нефтепродукты — в воде, а озон — в виде озono-воздушной смеси, принципиально могут быть

рассмотрены два способа организации процесса окисления нефтепродуктов при очистке подсланевой воды. Первый способ предполагает проведение процесса окисления в водной среде, то есть в очищаемой воде, в которой находятся эмульгированные нефтепродукты, а озон растворяется в этой воде (рис. 1, а).

Второй способ организации процесса окисления нефтепродуктов озоном может быть осуществлен при испарении нефтепродуктов и соединении паров нефтепродуктов с озono-воздушной смесью в газообразной среде (рис. 1, б). В настоящей работе рассматривается процесс очистки в водной среде.

При организации процесса очистки окислением необходимо учитывать состояние, в котором находится окисляемое вещество. В целом окисляемое вещество может находиться в растворенном или дисперсном состоянии, а реакция окисления может представ-

лять собой сложную реакцию, состоящую как минимум из двух основных стадий. К таким стадиям относятся: перенос реагирующих веществ в зону контакта и реакция окисления. Последняя будет протекать по-разному для растворенных веществ и веществ, находящихся в дисперсном состоянии.

В целом окисление загрязняющих веществ может быть осуществлено до их полного превращения в углекислый газ и воду.

Однако замечено, что в процессе этой реакции промежуточные продукты реакции начинают интенсивно коагулировать и образовывать хлопьевидную массу. Это обстоятельство также необходимо учитывать при исследовании особенностей процесса очистки подсланевой воды окислением.

Процесс окисления эмульгированных нефтепродуктов озоном в водной среде, когда озон содержится в воздушных пузырьках в

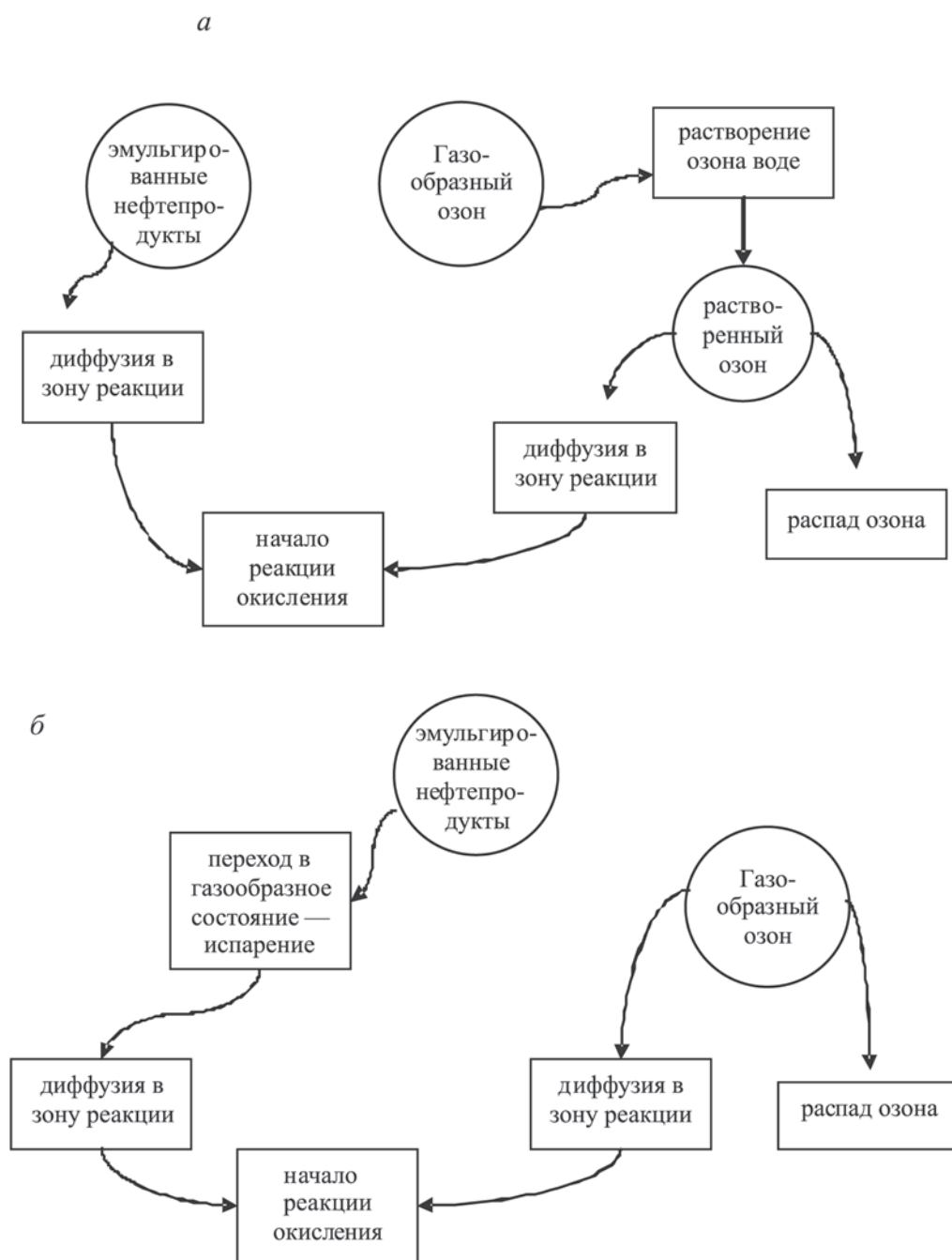


Рис. 1. Способы организации процесса очистки нефтесодержащей воды окислением:

a — в водной среде; *б* — в газообразной среде

виде озono-воздушной смеси, представляет собой сложный процесс. Сложность этого процесса определяется двумя основными факторами. Во-первых, некоторые стадии этого процесса протекают одновременно, например диффузия реагирующих компонентов и растворение озона в воде. Во-вторых, процесс окисления эмульгированных нефтепродуктов отличается от окисления растворенных органических веществ и является многостадийным.

Основные стадии процесса показаны на рис. 2.

Скорость процесса очистки окислением будет определяться так называемой лимитирующей стадией процесса. Лимитирующей будет та стадия, которая будет протекать медленнее другой или других стадий. К сказанному необходимо добавить, что лимитирующая стадия может меняться в процессе очистки такой сложной системы, как подсланевая вода, например в результате уменьшения центров реакции из-за расходования озона и снижения концентрации частиц нефтепродуктов.

В настоящей работе авторами рассмотрены такие стадии, как диффузия реагирующих веществ в зону контакта и реакция окисления.

Основным фактором, определяющим процесс окисления на стадии диффузии эмуль-

гированных частиц нефтепродуктов и озона в зону реакции, можно считать время, которое затрачивается на перемещение реагентов в зону контакта. Это время в свою очередь зависит от расстояния между контактирующими объектами и скорости их диффузии в среде реакции — воде.

Скорость диффузии у каждого из этих компонентов реакции относительно водной среды будет разной. Однако этот фактор можно не учитывать, так как на скорость процесса окисления будет оказывать влияние скорость перемещения указанных компонентов относительно друг друга. Относительная скорость диффузии характеризуется коэффициентом диффузии эмульгированных частиц и молекул озона. Значение коэффициента диффузии при определенных условиях организации процесса окисления будет принимать определенные значения и регулированию практически не поддается.

Расстояние, которое отделяет реагирующие компоненты, определяется их концентрацией в водной среде и равномерностью распределения в этой среде. Концентрация частиц эмульгированных нефтепродуктов при их постоянном количестве в единице объема среды зависит от дисперсности этих частиц.

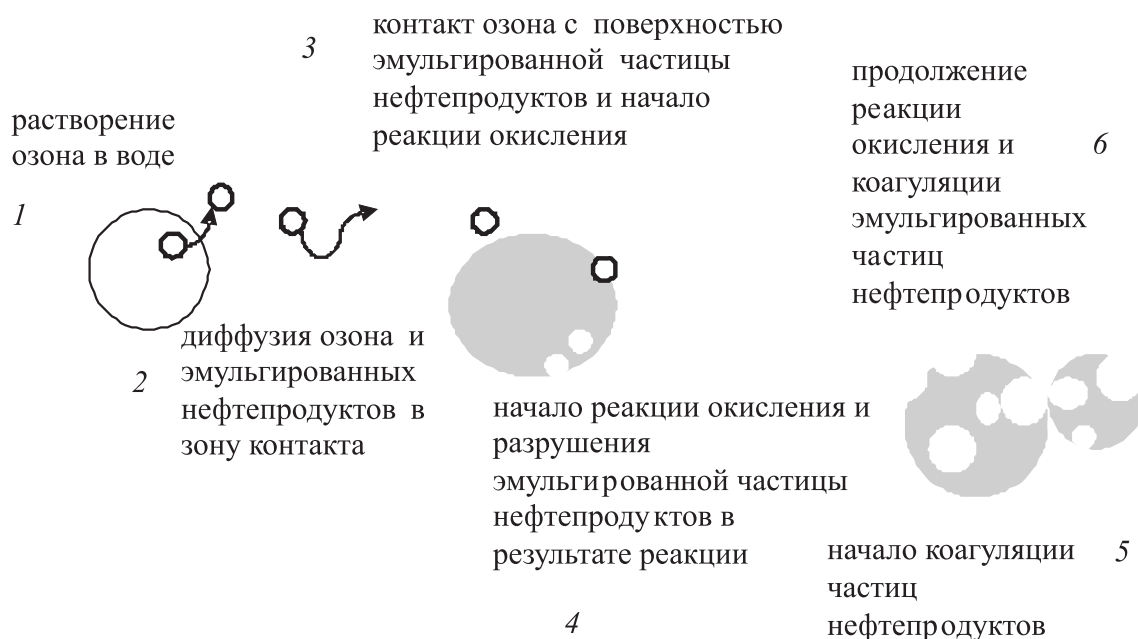


Рис. 2. Основные стадии процесса очистки подсланевой воды окислением

Как правило, процесс очистки нефтесодержащей воды окислением осуществляется, когда концентрация эмульгированных нефтепродуктов колеблется в диапазоне от нескольких десятков до нескольких сотен миллиграмм нефтепродуктов в каждом литре воды.

Результаты расчета расстояний между поверхностью частиц нефтепродуктов для разных значений концентрации и дисперсности представлен на рис. 3. Предполагалось, что эмульгированные частицы нефтепродуктов равномерно распределены в пространстве и располагаются в узлах кубической решетки.

Результаты расчета показывают, что расстояния между частицами нефтепродуктов могут составлять $H = 10^{-3} - 10^{-6}$ м.

Расчет времени возникновения первых реакционных контактов показывает, что начало реакции окисления нефтепродуктов озоном может составлять от долей секунды

до нескольких десятков минут [1; 4; 5] при условии, что количество молекул озона равно количеству частиц эмульгированных нефтепродуктов, а также при условии равномерного распределения молекул озона в объеме очищаемой воды.

Указанные допущения существенно упрощают видение данной стадии процесса очистки подсланевой воды окислением, однако позволяют сделать первые важные практические выводы — практически мгновенно реакция начинается при высоких концентрациях нефтепродуктов (100–500 мг/л) и малых значениях размеров их частиц (менее $10^{-5} - 10^{-6}$ м).

Поэтому очистку окислением целесообразно применять на начальных этапах глубокой очистки подсланевой воды, то есть очистки от эмульгированных нефтепродуктов, когда их концентрация в очищаемой воде является достаточно высокой — до нескольких сотен миллиграмм на литр воды. Кроме того, перед очисткой окислением целесообразно предусмотреть операцию по дополнительному диспергированию эмульгированных нефтепродуктов.

Дополнительное диспергирование обеспечивает достижение следующих целей. Во-первых, при той же концентрации нефтепродуктов увеличение количества частиц нефтепродуктов приводит к уменьшению расстояния между ними и ускорению начала реакции. Во-вторых, уменьшение размера частиц нефтепродуктов приводит к изменению характера процесса окисления частиц нефтепродуктов озоном и увеличению скорости реакции окисления.

Размер эмульгированных частиц нефтепродуктов может существенно влиять на скорость процесса их окисления. Окисление эмульгированных частиц нефтепродуктов большого размера ($10^{-4} - 10^{-5}$ м) будет представлять собой процесс послойного окисления, при котором сначала окислению будут подвержены верхние

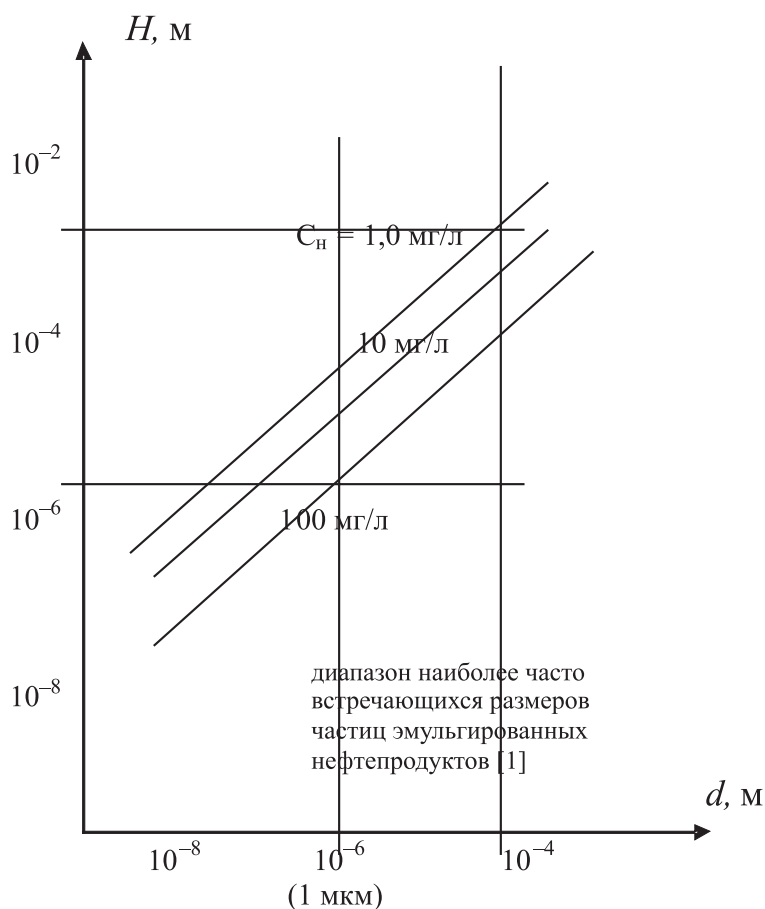


Рис. 3. Зависимость расстояний между поверхностью частиц эмульгированных нефтепродуктов от их концентрации и размера

слои частицы. Скорость такой реакции будет существенно ниже, чем реакции окисления эмульгированных частиц нефтепродуктов размером $10^{-5} - 10^{-6}$ м.

Опыт применения озона для очистки подсланевой воды от нефтепродуктов показывает, что на первоначальном этапе процесс очистки окислением описывается законами химической кинетики [6; 7]. Скорость реакции окислителя (озона) с органическими веществами описывается уравнением, решение которого позволяет определить степень превращения реагирующих веществ в зависимости от времени

$$\frac{dn}{dt} = kC_1C_2,$$

где n — концентрация нефтепродуктов или окислителя, прореагировавших к моменту времени t ; k — константа скорости реакции окисления; C_1 и C_2 — текущие концентрации загрязняющих веществ и озона, которые можно записать как

$$C_1 = a - n, \quad C_2 = b - n,$$

где a и b — начальные концентрации соответственно нефтепродуктов и озона.

Решением этого уравнения при начальных условиях

$$t = 0; n = 0; C_1 = a; C_2 = b$$

будет выражение

$$\frac{n}{a} = \frac{1 - \exp[k(a-b)t]}{1 - \frac{a}{b} \exp[k(a-b)t]}.$$

В том случае, когда $a = b$, последнее выражение преобразуется в

$$\frac{n}{a} = \frac{k a t}{1 + k a t}.$$

Процесс окисления протекает до какого-то момента времени $T_{\text{пр}}$, когда изменение концентрации загрязняющих веществ практически прекращается.

Эффективность очистки окислением в основном зависит от окислительной способности вещества-окислителя и от соотношения начальных концентраций загрязняющих веществ и вещества-окислителя (см. рис. 4).

Анализ зависимостей на рис. 4 позволяет сделать ряд следующих практически значимых выводов.

Полное окисление нефтепродуктов ($n/a = 1$) обеспечивается при $b \geq a$. Наибольшая скорость процесса окисления достигается при избытке окислителя ($b > a$). Скорость окисления при $n/a \rightarrow 1$ заметно снижается. Время, которое затрачивается на окисление последних 20–30 % эмульгированных нефтепродуктов, может составлять 30–50 % всего времени процесса окисления. Поэтому технологически целесообразно процесс очис-

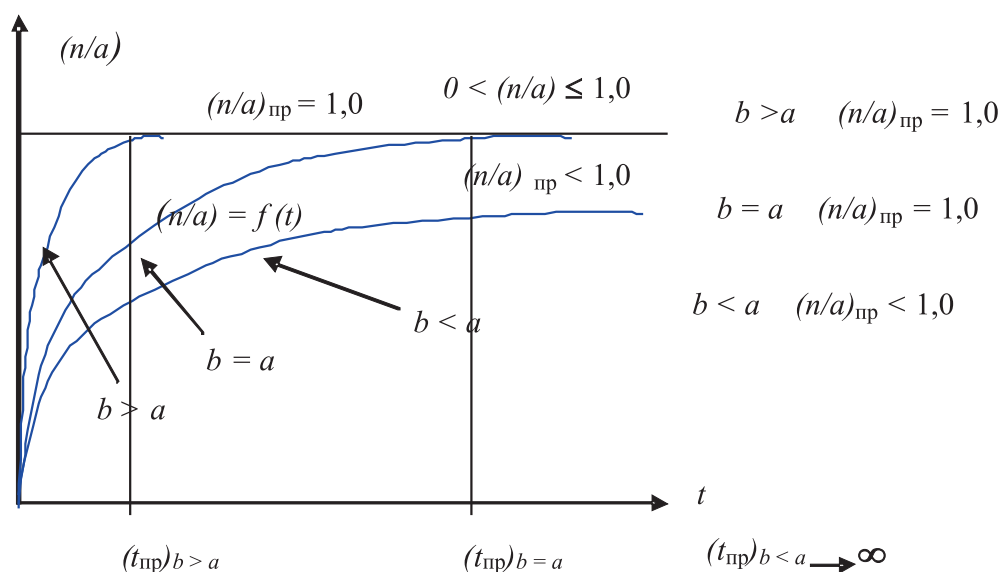


Рис. 4. Изменение концентрации загрязняющих веществ при очистке окислением

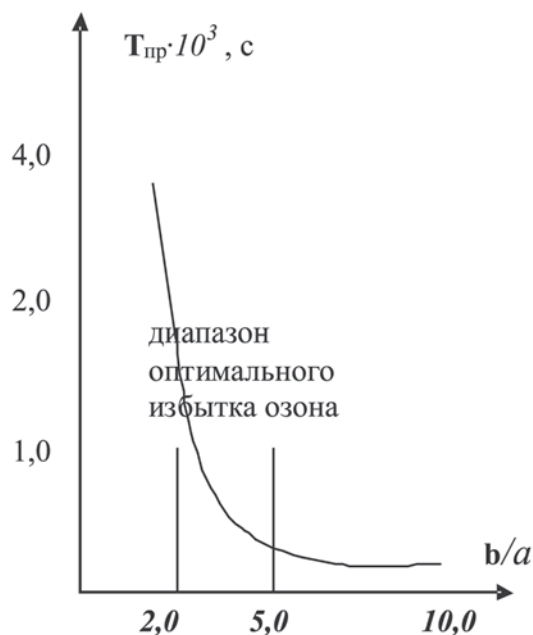
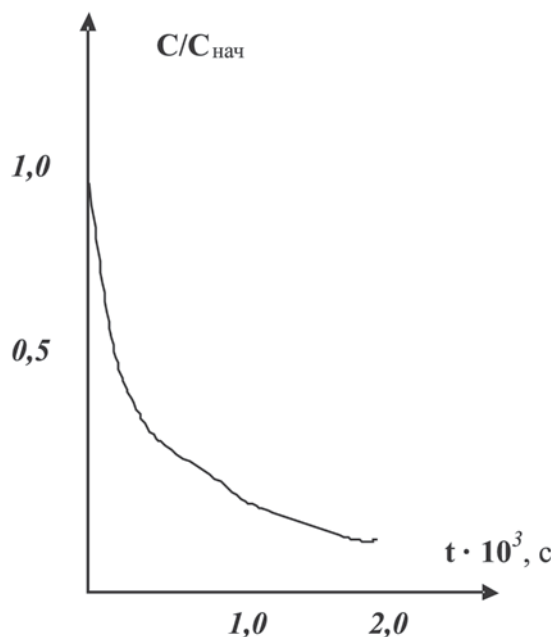
Рис. 5. Зависимость $T_{\text{пр}} = f(b/a)$ 

Рис. 6. Скорость распада озона

тки окислением осуществлять до момента, которому будет соответствовать $n/a \approx 0,8-0,9$.

На рис. 5 представлены результаты расчета времени $T_{\text{пр}}$, необходимого для окисления нефтепродуктов, в зависимости от степени переизбытка (b/a) озона в объеме очищаемой воды. Понятно, что проведение процесса очистки с избытком озона в конечном счете приводит к повышению стоимости очистки.

Однако, с другой стороны, проведение процесса очистки при незначительном избытке озона ($b/a \rightarrow 1$) приведет к увеличению времени $T_{\text{пр}}$ процесса, что, в свою очередь, приведет к потерям озона из-за его естественного распада. На рис. 6 показана скорость распада озона в воде.

Сопоставляя данные, которые приведены на рис. 5 и 6, можно заметить, что существует некоторый оптимальный диапазон избытка озона, который составляет 2,5–5. Такому значению избытка соответствует длительность процесса очистки, равная 5–10 минут, для которой снижение концентрации озона вследствие естественного распада будет не более чем в 1,2–1,3 раза.

Экспериментальные наблюдения [1] за процессом очистки подсланевой воды окислением показали, что уже через 3–5 мин с начала подачи озono-воздушной смеси в объеме очи-

щаемой воды начинает наблюдаться интенсивное хлопьеобразование. В этот момент нефтепродукты, которые содержались в эмульгированном состоянии, начинают интенсивно превращаться в хлопьевидную массу.

На рис. 7 показан характер изменения концентрации нефтепродуктов в ходе реакции окисления. Кривая 1 показывает, как меняется концентрация нефтепродуктов и продуктов реакции окисления. На кривой видна некоторая точка, которая делит весь процесс окисления на две характерные стадии — А и В.

Стадия А характеризуется относительно быстрым снижением концентрации нефтепродуктов из-за высокой концентрации центров реакции — частиц нефтепродуктов и молекул озона. На стадии В концентрация центров реакции снижается, а процесс окисления переходит в стадию гетерогенного окисления, которая характеризуется существенно меньшей скоростью. Полное окисление нефтепродуктов требует длительного времени и дополнительной подачи в зону реакции озона, который расходуется не только на окисление, но и на самопроизвольный распад.

В момент времени, который разделяет стадии А и В, начинает наблюдаться интенсивное хлопьеобразование продуктов реакции окисления и нефтепродуктов.

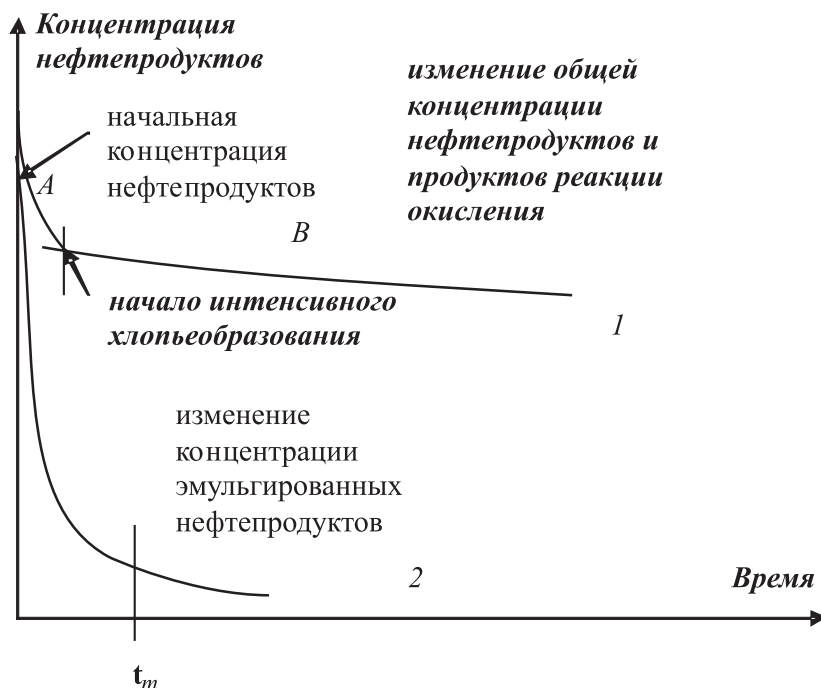


Рис. 7. Характер реакции окисления нефтепродуктов при очистке подсланевой воды озонированием

Кривая 2 показывает, как меняется концентрация той части нефтепродуктов, которая содержится в очищаемой воде в виде эмульгированных нефтепродуктов. Концентрация этих нефтепродуктов быстро снижается на самой первой стадии окисления вследствие их перехода в состояние хлопьевидной массы. Эта масса представляет собой органическое вещество, которое может быть и дальше подвержено процессу окисления (стадия В). Однако на этой стадии скорость процесса существенно снижается и его завершение может потребовать гораздо боль-

ше времени (до нескольких часов), чем время стадии А.

Образующаяся хлопьевидная масса уже не является эмульгированными нефтепродуктами и может быть сравнительно легко удалена фильтрованием, например, на песчаной загрузке или загрузке из другого фильтрующего материала. Поэтому процесс очистки подсланевой воды целесообразно проводить не до полного окисления нефтепродуктов как органических веществ, а до момента, когда начинается процесс интенсивной коагуляции продуктов реакции окисления.

Список литературы

1. Решняк В. И. Основы очистки и утилизации нефтесодержащей воды в судовых энергетических установках: дис. ... д-ра техн. наук. — СПб., 1997. — 385 с.
2. Курников А. С. Совершенствование систем обеспечения обитаемости и повышение экологической безопасности судов на основе активированных окислительных технологий: дис. ... д-ра техн. наук. — Н. Новгород, 2002. — 338 с.
3. Кульский Л. А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. — Киев: Наукова думка, 1980. — 563 с.
4. Воюцкий С. С. Курс коллоидной химии. — М.: Химия, 1975. — 512 с.
5. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. — М.: Недра, 1981. — 304 с.
6. Разумовский С. Д., Заиков Г. Е. Озон и его реакции с органическими соединениями. — М.: Наука, 1974. — 322 с.
7. Кожин В. Ф., Кожин И. В. Озонирование воды. — М.: Стройиздат, 1974. — 160 с.

ЭКОНОМИКА И ФИНАНСЫ

УДК 338.001.76

О. В. Малиновская,
д-р экон. наук, профессор,
СПГУВК;

И. П. Скобелева,
д-р экон. наук, профессор,
СПГУВК

**ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ
РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИЙ НА ТРАНСПОРТЕ В РОССИИ**

**INSTITUTIONAL FRAMEWORK OF STATE SUPPORT FOR INNOVATION ON
TRANSPORT IN RUSSIA**

В статье рассматриваются возможности решения проблемы развития инноваций на транспорте, которые зависят от механизма государственного стимулирования инновационной деятельности в Российской Федерации. В ней определены основные формы государственной поддержки инноваций, необходимые для отрасли, и процесс их развития в условиях современной экономики.

Possibility solution of the problems of development innovation on transport, that depends on mechanism of state incentive activity in Russia. It identifies the main forms of state support of innovation and their development process in the modern economy.

Ключевые слова: транспорт, инновации, государственная поддержка, институты развития, технопарки, технико-внедренческие зоны.

Key words: transport, innovation, government support, development institutions, industrial parks, economic zones promotional.

МИРОВАЯ история свидетельствует, что ведущую роль в экономическом прогрессе играли инновации в области транспорта и энергетики. На протяжении двух последних столетий железные дороги, водный, автомобильный транспорт, авиация, электроэнергетика преобразовали мировую экономику до современного состояния. Очередной экономический прорыв за счет инновационных технологий на транспорте возможен сегодня, особенно в условиях экономического кризиса, который одновременно является специфическим инструментом оздоровления экономики. Следует отметить, что инновации могут осуществляться в пределах наличествующих на практике отраслевых структур и технологий или могут быть альтернативными и дополняющими процесс отраслевого развития.

В первом случае они эффективны, если отрасль является успешной, а инновационная технология занимает в ней собственную

нишу, имеющую значительный отраслевой эффект.

Во втором случае инновационная технология — новый механизм, который по своему содержанию чужд сложившимся организационным и производственным структурам. Для функционирования этого механизма необходим спрос, его жизнеспособность и конкурентоспособность в общем экономическом пространстве. Для появления этого механизма нужны специальные условия.

В современных условиях для того, чтобы транспорт выполнил свойственную ему функцию — инициатора экономического прогресса, необходимо принципиальное значение уделять второму виду инноваций, а создание специальных условий — это развитие многообразия форм и инструментов государственной поддержки инноваций на транспорте.

В области инновационной политики как приоритетного направления экономической

политики государства в последние несколько лет инициирован целый комплекс мер, направленных на стимулирование инноваций на транспорте (стимулирование спроса на инновации) и на рост качества предложений инновационных идей (поддержка науки и образования).

Прежде всего следует отметить комплекс мер, направленных на стимулирование спроса, в их ряду особое место занимает создание так называемых институтов развития, достаточно широко распространенных в мировой экономике.

Под институтами развития в данной работе рассматриваются механизмы рыночной инфраструктуры, направленные на повышение инновационного потенциала в отраслях и сферах экономики, имеющих социально-экономические приоритеты и связанных с производством общественно значимых благ.

Поскольку транспорт относится к отраслям, имеющим значительный социально-экономический эффект, то формирование этих институтов и их ориентация на инновации приобретают первоочередное значение для отрасли. Функционирование этих институтов в России осуществляется при значительной поддержке государства, а практика их развития свидетельствует о принципиальной роли транспорта в реализации инновационных проектов, финансируемых и поддерживаемых этими институтами.

В мировой и российской практике существует своеобразное деление этих институтов на финансовые и нефинансовые. Следует отметить, что данная классификация имеет достаточно условный и незавершенный характер, но в данном контексте мы опираемся именно на эту классификацию.

К финансовым институтам развития в России относятся Инвестиционный фонд РФ (Инвестфонд), Внешэкономбанк, Российская венчурная компания (РВК), Агентство по ипотечному жилищному кредитованию (АИЖК), Россельхозбанк, Росагролизинг, Российская корпорация нанотехнологий (Роснано), Российский инвестиционный фонд информационно-коммуникационных технологий, Фонд содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства.

Значительное место применительно к транспортной отрасли занимают самые перспективные институты развития — Инвестфонд и Внешэкономбанк, именно эти институты в условиях экономического кризиса инициируют поддержку инновационных проектов на транспорте.

Особое место среди финансовых институтов развития занимает Роснано, РВК и аналогичный РВК фонд, специализирующийся в области информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Роснано (Российская корпорация нанотехнологий), созданная в июле 2007 г., имеет следующий целевой ориентир — содействие реализации государственной политики в сфере нанотехнологий, развитие инновационной инфраструктуры в сфере нанотехнологий, реализация проектов создания перспективных нанотехнологий и наноиндустрии.

Значение этого института развития для транспортной отрасли также велико, поскольку нанотехнологии — это перспектива обновления технологий транспорта.

В свою очередь РВК становится основой для создания в России собственной системы венчурного инвестирования и отбора лучших венчурных компаний на конкурсной основе. Она призвана приобретать паи венчурных фондов, создаваемых этими компаниями. Ее значение для транспортной отрасли столь же велико, поскольку эта структура способна поддерживать создание вновь вводимых технологий на транспорте. К примеру, технологий создания транспортных сетей, управляемых единой информационной компьютерной системой (принятое название Personal rapid transit — PRT), практически неразрабатываемых в России. Эти сети используют специальные транспортные сооружения, которые отличает высокая пропускная способность и надежность при низкой стоимости строительства и эксплуатации. Именно данные характеристики этих сетей обуславливают активную разработку PRT-систем в мировой практике. В Великобритании идет строительство системы ULTRA для доставки пассажиров в аэропорт Хитроу. Эта система принята в качестве основы для решения проблемы перевозки пассажиров в Атланте (США). Потенциал влияния таких систем на развитие

экономики сопоставим с железнодорожным строительством в середине XIX в.

В России также разрабатывается несколько вариантов систем такого типа. Среди них, например, «ЗЭСТ-ТРАНС», «Sky-Taxi», «Струнный транспорт Юнницкого». Однако разработка систем основана на энтузиазме и невозможности практического внедрения. Именно разработки данного типа и призваны финансово обеспечивать и поддерживать РВК, особенно в области внедрения.

Целью создания ИКТ становится разработка нового поколения систем информационных технологий, применяемых также и в транспортной отрасли.

К *нефинансовым институтам* можно отнести особые экономические зоны (промышленно-производственные, технико-внедренческие, туристско-рекреационные, портовые), технопарки, промышленные парки, бизнес-инкубаторы, центры трансфера технологий и др.

Среди этих зон особое место занимают особые портовые зоны, поддержка их государством может в значительной степени изменить облик российских портов.

Важнейшая задача институтов развития — создать условия для реализации долгосрочных инвестиционных и инновационных проектов. Создание институтов развития, по сути, — сценарий постиндустриального и одновременно антикризисного рывка, при котором Россия окажется способной найти свою нишу в системе разделения труда при современной глобализации. Этот сценарий предполагает осуществление структурного маневра, в результате которого доля инновационного сектора должна будет повыситься с нынешних 10 % ВВП примерно до 20 %, а доля нефтегазового сектора, напротив, снизиться с нынешних 20 до 10–12 %.

Данная статистическая информация является лишь стратегическим ориентиром для развития инноваций в национальной экономике. Вместе с тем практика функционирования данных институтов, которые в большинстве своем были образованы в 2007 г., свидетельствует и о негативных тенденциях их функционирования.

Так, *финансовые институты развития* в целом как организационная форма

поддержки инвестиций и инноваций сформировались в организационно-правовой форме — государственная корпорация, правовой основой их функционирования являлись федеральные законы, созданные под каждую государственную корпорацию. Эти законы провозглашали некоммерческий статус государственных корпораций, что принципиально меняло ориентиры их деятельности, в отличие от коммерческого сектора. В то же время достаточно непродолжительный период их функционирования (2–3 года) доказал неэффективность этой правовой формы, особенно в период экономического кризиса. Их деятельность в течение 2008–2009 гг. не была подчинена реализации цели, ради которой они создавались. В условиях значительного объема бюджетного финансирования этих структур на протяжении двух лет экономического кризиса они решали проблемы собственного развития на основе «подогрева» валютного и фондового рынка, реальный сектор экономики был практически не задействован в их финансовых играх. Вымывание бюджетных средств этими структурами создает основу не для выхода из кризиса, а для неэффективного и бесконтрольного использования бюджетных средств. При этом в условиях развития глобальной неликвидности банковского сектора и роста стоимости денег во времени деятельность этих организационно-правовых структур нанесла значительный ущерб национальной экономике, не говоря уже о том, что процесс инновационного развития, который они призваны стимулировать, отодвигается в их деятельности на второй план.

Нефинансовые институты развития — прежде всего технопарки и технико-внедренческие зоны — также пока остаются чрезвычайно неэффективной структурой в российской экономике.

Технопарки. Современный этап в развитии технопарков, создаваемых с целью поддержки инноваций, начал формироваться на основе Федеральной целевой программы «Создание в Российской Федерации технопарков в сфере высоких технологий», утвержденной распоряжением Правительства РФ от 10 марта 2006 г. № 328-Р. Согласно этой Программе создание технопарков должно было обеспе-

читать «территориальную концентрацию финансовых и интеллектуальных ресурсов для ускорения развития высокотехнологичных отраслей экономики», а также объединение предприятий высокотехнологичных отраслей экономики, в том числе отраслей нано-, био-, информационных и других технологий, научных организаций, учебных заведений, обеспечивающих научный и кадровый потенциал таких предприятий. При их создании взаимосвязь науки, образования и производства рассматривалась как основа деятельности технопарков и основа развития инновационного потенциала отдельных территорий и отраслей экономики, что в дальнейшем способствовало бы формированию территориальных кластеров.

Привлекательность этих организационных структур инновационной деятельности поддерживается государством. Так, юридическое лицо, функционирующее на территории технопарка, получает поддержку в виде льготных условий аренды помещения, что особенно важно для малых инновационных предприятий, находящихся на стадии start up, а также поддержку в доступе к коллективному использованию дорогостоящего оборудования, что упрощает процесс доработки проектов и доведения их до производственной стадии.

Чаще всего технопарки оказывают следующие виды услуг:

- предоставление производственных и офисных помещений в льготную аренду;
- информационные услуги малым предприятиям;
- консультационные услуги в области бизнес-планирования;
- содействие выполнению НИОКР и реализации их результатов;
- подготовка и переподготовка кадров для научно-технологического предпринимательства;
- организация семинаров, выставок, конференций и других мероприятий;
- оценка и правовая защита интеллектуальной собственности;
- разработка и реализация программ приоритетного развития регионов;
- помощь в поиске инвестиций и получении кредитов;

— содействие внешнеэкономической деятельности;

— предоставление стипендий студентам, работающим на малых фирмах;

— создание центров коллективного пользования оборудованием;

— создание новых предприятий по конкретным направлениям деятельности.

В целом идея использования технопарков представляется оптимальной, однако практика последних лет показала, что данный инструмент развития инноваций в России недостаточно эффективен. Это связано с тем, что в значительном числе случаев технопарки создавались регионами не столько с целью развития инновационной деятельности, сколько с целью получения федеральной поддержки (в настоящее время из средств Федеральной целевой программы предоставляются субсидии с целью создания технопарков на региональном уровне). При этом их резидентами никакой (или практически никакой) реальной инновационной деятельности не велось. По мнению многих экспертов, в настоящее время проекты по созданию технопарков в значительной степени продолжают использоваться для «освоения» бюджетных средств и земельных участков, так же как это делалось в 1990-е гг. вузами, создававшими технопарки, до принятия соответствующей Федеральной целевой программы. В связи с этим в 2009 г. ряд технопарков был закрыт, а финансирование новых технопарков по целому ряду направлений приостановлено. Данный негативный элемент деятельности технопарков вовсе не означает, что такого вида организационной поддержки инновационной деятельности не должно существовать, а свидетельствует только об отсутствии правового контроля организационно-экономической деятельности технопарков.

Технико-внедренческие зоны (ТВЗ), статус которых, а также минимально необходимые требования, предъявляемые к резидентам ТВЗ, урегулированы на уровне Федерального закона от 22.07.2005 г. № 116-ФЗ «Об особых экономических зонах в Российской Федерации». Статус резидента ТВЗ фиксируется специализированным соглашением организации или индивидуального предпринимателя

теля с органами управления ТВЗ. Основным преимуществом осуществления деятельности на территории ТВЗ является возможность использования режима свободной таможенной зоны (то есть освобождения от уплаты налогов и таможенных пошлин на товары, ввозимые на ее территорию). Также к числу льгот можно отнести преимущества, связанные с льготным использованием резидентами инфраструктуры ОЭЗ, включая льготные условия аренды помещений и земельных участков. Контроль над деятельностью ТВЗ в настоящее время осуществляют Минэкономразвития России, специально созданное и подведомственное ему Федеральное агентство по управлению особыми экономическими зонами (РосОЭЗ) и наблюдательные советы, представляющие собой органы управления ТВЗ.

В целом опыт использования зон технико-внедренческого типа в России пока можно оценивать как успешный, но некоторые изменения налогового законодательства могут негативно сказаться на их деятельности. Так, начиная с 2010 г. резиденты ТВЗ лишаются ряда предоставлявшихся им преференций, что может существенно понизить их интерес к осуществлению внедренческой деятельности. До 2010 г. резиденты ТВЗ, помимо таможенных льгот, пользовались также льготами по единому социальному налогу (ЕСН). Согласно ст. 241 НК РФ резиденты ТВЗ должны были уплачивать налог по ставке 14 % (вместо стандартной ставки 26 %). Значение данной льготы для инновационных компаний было особенно велико в связи с тем, что в научно-техническом секторе значительную долю текущих расходов составляют заработная плата специалистов, а также ряд «зарплатных» преференций, которые для других секторов экономики, не связанных с инновациями, играют существенно менее важную роль. В 2009 г. был принят закон, в соответствии с которым с начала 2010 г. ЕСН был заменен отдельными страховыми взносами во все внебюджетные фонды. Новый закон предусматривает отмену льгот, ранее предоставлявшихся резидентам ТВЗ по «зарплатным» налоговым изъятиям. Хотя эта отмена будет осуществляться поэтапно, вплоть до 2014 г., негативный эффект для инновационных компаний очевиден: пер-

спектива потерять льготы в среднесрочном периоде уже сейчас может снижать инвестиционную привлекательность внедренческой деятельности на территории ТВЗ для потенциальных инвесторов. Изменение экономического режима функционирования инновационной деятельности негативно сказывается на ее развитии.

Рассмотренные в данном контексте формы государственной поддержки инновационной деятельности относятся к вновь создаваемым легитимным структурам экономики, в то же время в области теории и практики продолжают развиваться формы государственной поддержки, основанные на функционирующих в экономике структурах. Перечень новаций в этой сфере также представителен:

— включение в новую четвертую часть ГК РФ, вступившую в силу в 2008 г., положения о том, что по общему правилу права на результаты интеллектуальной деятельности, созданные на основании государственных контрактов, принадлежат исполнителям. В качестве исполнителей НИОКР в большинстве случаев выступают НИИ и вузы, имеющие статус бюджетных учреждений;

— разрешение бюджетным учреждениям (НИИ и вузам) создавать юридические лица с целью внедрения инноваций, права на которые принадлежат бюджетным учреждениям;

— внесение поправок в Налоговый кодекс, облегчающих и поощряющих проведение научных исследований на предприятиях и стимулирующих обновление технологической базы;

— создание инвестиционных партнерств (инвестиционных товариществ), данное предложение инициировано Роснано, и правовая основа его развития находится на стадии разработки.

Рассмотрим эти формы более подробно.

Передача исполнителям государственных контрактов исключительных прав на создаваемые разработки. Положения ст. 1373 ГК РФ, введенной в 2008 г., оказались первым шагом на пути разрешения бюджетным учреждениям коммерциализировать созданные ими разработки самостоятельно. В 2009 г. законодатель сделал второй

шаг на этом пути, разрешив бюджетным организациям создавать малые инновационные предприятия.

Таким образом, с формально-правовой точки зрения в 2008–2009 гг. бюджетные учреждения получили целый ряд организационных стимулов для развития инноваций. Однако практическая реализация норм ст. 1373 ГК РФ оказалась весьма затруднена. Это объясняется тем, что условия государственного контракта фактически определяются одной стороной, а именно государственным заказчиком, в лице которого, как правило, выступает конкретное министерство или агентство. Исполнитель — бюджетная организация — практически не может повлиять на содержание государственного контракта. При этом заказчик, как правило, не заинтересован в том, чтобы передавать исключительные права на РИД, создаваемые в ходе выполнения государственного контракта, исполнителю. Следствием этого является то, что процесс передачи лицензий через бюджетные учреждения в частный сектор не имеет эффективного механизма.

Эта проблема может быть решена за счет более детальной регламентации в ГК РФ условий, при которых заказчик может претендовать на исключительные права в отношении разработок, создаваемых на основе государственного контракта, иначе утрачивается собственно основа ст. 1373 ГК РФ.

Процесс реорганизации бюджетного сектора, начавшийся в 2010 г. (изменение законодательства) и вступающий в силу с 2011 г., некоторым образом будет способствовать решению этой проблемы.

Разрешение бюджетным учреждениям (НИИ и вузам) создавать хозяйственные общества. Возможность создавать хозяйственные общества была предоставлена НИИ и вузам, имеющим статус бюджетных учреждений, в 2009 г. в связи с принятием Федерального закона от 2.08.2009 г. № 217-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам создания бюджетными научными и образовательными учреждениями хозяйственных обществ в целях практического применения (внедрения) результатов интел-

лектуальной деятельности». В Законе № 217-ФЗ прямо указано, что бюджетные учреждения «в качестве вклада в уставные капиталы таких хозяйственных обществ *вносят право использования результатов интеллектуальной деятельности*, исключительные права на которые сохраняются за данными научными учреждениями». Кроме того, закон констатирует, что бюджетные учреждения в уставный капитал могут вносить «денежные средства, оборудование и иное имущество, находящееся в (их) оперативном управлении *в порядке, установленном Гражданским кодексом Российской Федерации*». При этом доля бюджетного учреждения в уставном капитале вновь создаваемого общества (АО, ООО) должна составлять не менее 25 % в акционерном обществе и одной трети в обществе с ограниченной ответственностью. В настоящее время можно утверждать, что Закон, позволяющий бюджетным учреждениям создавать инновационные юридические лица, начал действовать. Его реализация стимулируется в том числе и тем, что профильные министерства и агентства рассматривают создание инновационных компаний подведомственными научными учреждениями и вузами в качестве одного из критериев качества их работы, позволяющим повысить рейтинг вузов и НИИ.

Представленные масштабные инициативы, призванные стимулировать спрос на инновации, свидетельствуют о тенденциях их неустойчивого и разнопланового развития, что может негативно сказаться на функционировании инновационной деятельности в целом, особенно на транспорте. Существующая транспортная отрасль имеет столько своих проблем, что не может тратить силы и средства для последовательного развития альтернативных технологий. В то же время венчурный капитал не рискует связываться с отраслью, в которой провозглашен принцип «единого государственного управления» («Транспортная стратегия РФ на период до 2030 г.») и отсутствует масштабная практика коммерческих отношений, которая только формируется. При этом Россия — страна с высокой долей транспортных затрат в валовом продукте, для нее развитие новых технологий в этой сфере — ес-

тественная и принципиальная задача, поскольку необходимо снижать долю транспортных издержек и в экономике, и социальной сфере. На основе инновационных технологий мо-

гут быть созданы сотни эффективных новых предприятий на транспорте, которые позволят снизить значительные издержки, которые несет в этой сфере и общество, и население.

Список литературы

1. Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество: Опыт социального прогнозирования: пер. с англ. / ред. и вступ. ст. В. Л. Иноземцева. — М.: Academia, 1999.
2. Нейсбит Дж. Мегатренды. — М.: АСТ, 2003.
3. Тоффлер Э. Третья волна. — М.: АСТ, 2004.
4. Тоффлер Э., Тоффлер Х. Революционное богатство. — М.: АСТ, 2007.
5. Фукуяма Ф. Великий разрыв. — М.: АСТ, 2004.
6. Фукуяма Ф. Доверие: социальные добродетели и путь к процветанию: пер. с англ. / Ф. Фукуяма. — М., 2004.
7. Фукуяма Ф. Наше постчеловеческое будущее: Последствия биотехнологической революции / пер. с англ. М. Б. Левина. — М., 2004.

УДК 338.2:658.1

Н. Н. Селезнева,
д-р экон. наук, профессор,
СПГУВК;

А. С. Забелло,
аспирант,
СПГУВК

ОСНОВЫ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТОИМОСТЬЮ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СТРУКТУР НА ТРАНСПОРТЕ

COST MANAGEMENT PRINCIPLES OF THE TRANSPORT INTEGRATED STRUCTURES

В статье рассматриваются структуры холдингового типа на транспорте на примере ОАО «Северо-Западное пароходство»; одним из направлений исследования являются вопросы оценки стоимости интегрированных структур с целью повышения эффективности работы транспорта.

This article discusses the structure sustains in transport by the example of North-Western shipping; one of directions of researches are issues of valuation of integrated structures to increase the efficiency of transport.

Ключевые слова: создание и классификация холдинговых структур; цели управления интегрированных структур; система управления, ориентированная на рост стоимости.

Key words: creating and classification holding structures; goals for integrated structures; managing-for-height value.

НА СОВРЕМЕННОМ этапе развития рыночных отношений в российской экономике интенсивно осуществляется концентрация капитала и диверсификация бизнеса в производственной, инвестиционной и финансовой сферах.

Действенным направлением развития бизнеса и его адаптации к постоянно меняющимся условиям функционирования представляется осуществление реорганизационных процедур в крупных компаниях, сопровождающееся централизацией капитала и его движением в сферы наиболее выгодного использования. Эффективной формой централизации капитала и функционирования крупного бизнеса является создание холдинговых структур.

Опыт стран Западной Европы и США показывает, что создание холдингов означает прежде всего становление мощных интегрированных структур, способных формировать современные элементы рыночного хозяйства. Холдинговая структура представляет собой совокупность юридических лиц, образуемую основным и дочерними организациями, связанными долевым участием в собственности или договорными отношениями, дающими основной организации безусловное право предопределять важнейшие управленческие решения дочерних компаний, а также пути и способы реализации этих решений.

В ходе разгосударствления экономики в России в качестве наиболее распространенной организационно-правовой формы хозяйствования утвердились акционерные общества и созданные в ряде отраслей холдинговые структуры. В настоящее время холдинговые структуры функционируют и продолжают формироваться во многих отраслях: химической промышленности, на воздушном транспорте и авиастроении. На водном транспорте также возникли интегрированные структуры, в частности производственное объединение холдингового типа ОАО «СЗП». Компания представляет производственно-транспортное объединение (ТПО) холдингового типа, включающее управляющую компанию ОАО «СЗП» и дочерние общества. Основными видами деятельности ТПО являются перевозка грузов судами река–море плавания, судостроение,

судоремонт, перевозка пассажиров. Приоритетным направлением развития для компании является пополнение флота. Менеджмент компании нацелен на применение эффективных методов управления.

Под управлением (менеджментом) холдинговой структуры понимается система, обеспечивающая эффективное целостное функционирование, сохранение и развитие интегрированной структуры, имеющая четкие цели, пути и ресурсы их достижения.

Многопараметрический характер функционирования компании холдингового типа обуславливает разнообразные подходы к определению финансовых и нефинансовых целей управления интегрированной структурой [4]. Стоимость компаний, входящих в интегрированную структуру, оценивает эффективность компании с позиции инвесторов. Нефинансовые составляющие структуры оцениваются на ее экономическом потенциале (будущих видов услуг, новых контрактов с клиентами, знаниями и профессионализмом сотрудников), стоимость которого превысит величину потребленных ресурсов, что создаст добавленную стоимость.

Так, альтернативными частными цели управления являются максимизация прибыли; поддержание финансовой устойчивости; максимизация темпов экономического роста компании. Каждая из названных частных целей имеет свои достоинства и недостатки.

Максимизация прибыли является конечной целью деятельности коммерческой организации. Однако критерий прибыли не учитывает риски, связанные с ее получением. Кроме того, на практике организация формирует различные показатели прибыли, что затрудняет однозначный выбор критерия оценки и экономическую интерпретацию эффективности управленческих решений. Максимизация прибыли, как правило, ориентирована на краткосрочные тактические цели [3].

Альтернативной целью управления признается максимизация темпов экономического роста компании, которая осуществляется на основе системы взаимосвязанных показателей: роста объема продаж, активов и собственного капитала. Взаимосвязь и сбалансированность системы оценок экономи-

ческого роста опосредуются процессом генерирования и капитализации прибыли. Таким образом, цель максимизации экономического роста компании сводится к максимизации прибыли со всеми рассмотренными выше преимуществами и недостатками.

В качестве еще одной цели управления финансовыми ресурсами называется финансовая устойчивость, которая рассматривается как экономическое и финансовое состояние организации в процессе распределения и использования ресурсов, обеспечивающее ее поступательное развитие в целях роста прибыли и капитала при сохранении платежеспособности. Главным признаком финансовой устойчивости выступает стабильность платежеспособности организации. Ориентация на поддержание финансовой устойчивости предполагает проведение консервативной политики развития, отказ либо от рискованных, но высокодоходных операций, либо от участия в реализации инвестиционных проектов, которые характеризуются высокой степенью риска. В условиях жесткой рыночной конкуренции, инновационного развития экономики подобная политика может обеспечить сохранение платежеспособности организации только в краткосрочной перспективе. Таким образом, максимизация прибыли, так же как и максимизация темпов экономического роста,

не способствует сохранению финансовой устойчивости организации.

В условиях рыночной экономики основная цель управления должна быть нацелена на решение стратегических задач; учитывать факторы времени и риска; быть непротиворечивой и измеримой.

Таким требованиям в наибольшей степени отвечает цель максимизации рыночной стоимости холдинговой структуры путем получения прибыли и реинвестирования ее (полностью или частично) в бизнес при допустимом уровне риска. Реализация этой цели означает, что любые управленческие решения должны оцениваться в первую очередь с позиций их влияния на стоимость группы взаимосвязанных организаций.

Ориентация на рост стоимости — основа принятия решений менеджментом и собственниками. Система управления стоимостью компаний, входящих в интегрированные структуры, дает возможность оценить работу дочерних и зависимых обществ с позиции, способствуют они росту стоимости бизнеса или нет.

Построение системы управления, ориентированной на рост стоимости, начинается с выбора приемлемого для компании метода оценки ее стоимости. В качестве методов расчета фактической и будущей стоимости компании можно рассматривать методы дис-

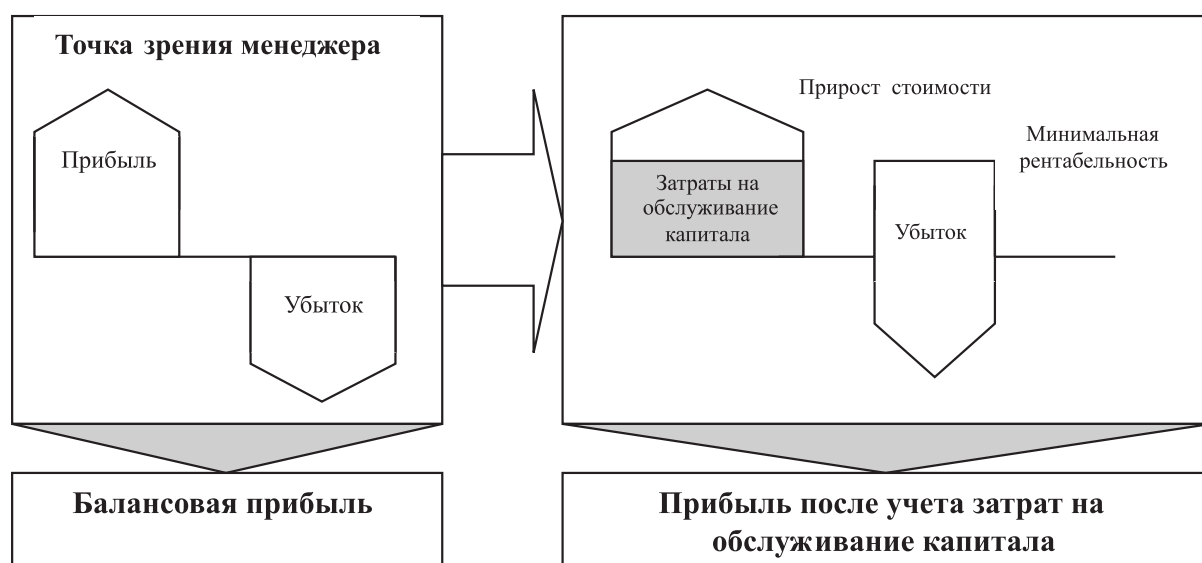


Рис. 1. Расчет затрат на обслуживание капитала в системе управления, ориентированного на стоимость компании

контрирования денежных потоков (Discounted Cash Flow, DCF), расчета экономической добавленной стоимости (Economic Value Added, EVA), денежной добавленной стоимости (Cash Value Added, CVA), использование системы мультипликаторов и др.

Существенное преимущество ориентации на стоимость компании по сравнению

с традиционными финансовыми управленческими показателями (индикаторами рентабельности) определяется расчетом и ролью для инвесторов понятия «затраты на обслуживание капитала» (рис. 1).

Как следует из рис. 1, позиция менеджеров, ориентирующихся на балансовую прибыль, значительно отличается от точки

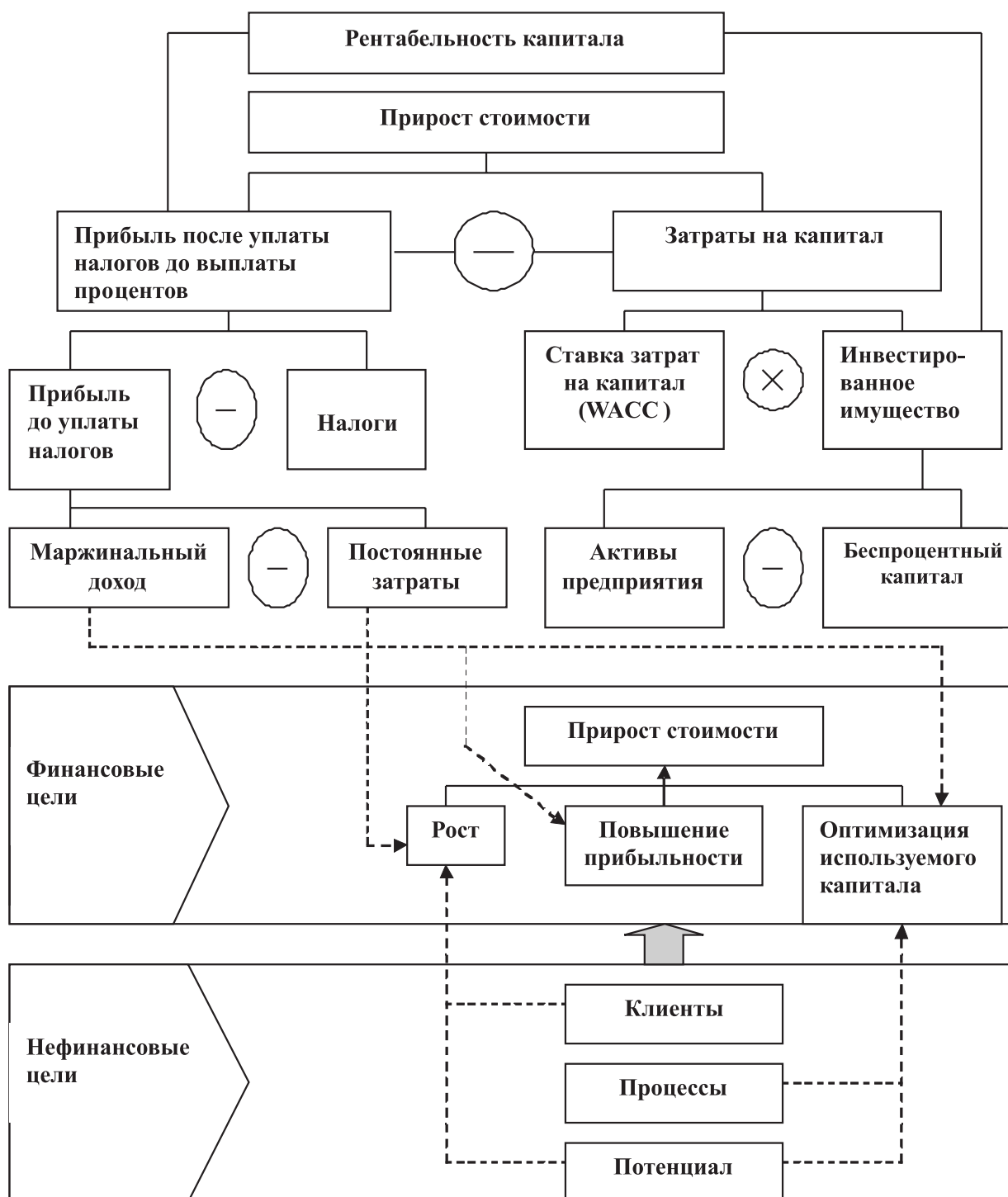


Рис. 2. Интеграция модели управления стоимостью компании и сбалансированной системы показателей

зрения собственников, которые заинтересованы в том, чтобы оценивать работу компании с учетом минимального значения рентабельности капитала, после превышения которого вложенные ими средства приносят чистую прибыль.

После выбора метода расчета стоимости холдинговой структуры и входящих в нее дочерних и зависимых обществ решается вопрос о способе стратегического и оперативного управления процессом создания стоимости. Для этого используются различные модели стоимости компании, интегрированные со сбалансированной системой показателей.

Управление ростом стоимости принципиально основывается на трех факторах:

— увеличение выручки и прибыльности (например, за счет снижения затрат или роста выручки);

— эффективное использование капитала и повышение оборачиваемости капитала (управление запасами, дебиторской задолженностью, основными средствами, выведение из бизнеса неиспользуемых активов);

— рентабельный рост за счет расширения инвестиций.

В качестве метода, позволяющего СЗП повысить эффективность управления стоимостью, предлагается один из системных методов — сбалансированная система показателей (ССП — Balanced ScoreCard, BSC), — позволяющий связать стратегические цели с оперативными действиями; учесть нефинансовые показатели наряду с финансовыми; своевременно реагировать на изменения в бизнес-процессах.

Сбалансированная система показателей была предложена профессором Гарвардской бизнес-школы Робертом Капланом, а также основателем и президентом компании “Balanced Scorecard Collaborative” Дэвидом Нортоном в 1992 г. [2]. Они доказали, что такие традиционные финансовые показатели, как окупаемость вложений и период окупаемости, должны быть дополнены финансовыми показателями, отражающими степень удовлетворения потребностей клиентов, внутренние бизнес-процессы и способность компании развиваться и расти.

На рис. 2 показана одна из возможных моделей интеграции стоимости компании со сбалансированной системой показателей [1].



Рис. 3. Основные индикаторы системы сбалансированных показателей по перспективам

Ориентация системы планирования и управления в компании на показатель стоимости — повышение рентабельности капитала над величиной затрат на капитал — соответствует базовой идее BSC, заключающейся в том, что нестоимостные цели реализуются для того, чтобы компания достигла финансовых целей. Построение BSC предполагает выявление ключевых факторов (рычагов) создания стоимости. Достижение целевого значения показателя прироста стоимости зависит от трех основных рычагов, рассматриваемых в перспективе «Финансы» сбалансированной системы показателей:

— стратегическая цель, связанная с увеличением прибыльности;

— стратегическая цель, связанная с увеличением рентабельности используемого капитала;

— стратегическая цель, связанная с увеличением потенциала роста компании.

Сбалансированная система показателей

рассматривает четыре перспективы развития холдинговых структур. Каждая перспектива должна отражать стратегические цели, показатели, характеризующие эти цели, их целевые значения и стратегические мероприятия, предлагаемые для реализации цели (рис. 3).

Модель расчета стоимости компании — основа для оценки стратегических вариантов развития ТПО холдингового типа «Северо-Западное пароходство». Результаты моделирования и величина добавленной стоимости компании могут быть использованы при выборе той или иной стратегии. Выбранный вариант далее описывается системой стратегических целей показателей, их целевых значений и мероприятий, реализация которых направлена на увеличение стоимости холдинговой структуры. Сбалансированная система показателей является, таким образом, инструментом реализации стратегии, направленной на увеличение стоимости интегрированных структур.

Список литературы

1. Внедрение сбалансированной системы показателей: пер. с нем. — 3-е изд. — М., 2008. — С. 372.
2. Каплан Р., Нортон Д. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию. — М.: Олимп-Бизнес, 2003.
3. Ковалев В. В. Введение в финансовый менеджмент. — М.: Финансы и статистика, 2001. — С. 434.
4. Коупленд Т., Долгофф А. Expectations-Based Management. Как достичь превосходства в управлении стоимостью компании. — М.: Эксмо, 2008. — С. 225.

В. А. Бабурин,
канд. техн. наук, профессор,
СПГУВК;

С. К. Минеев,
аспирант,
СПГУВК;

К. Р. Бабурина,
студентка,
СПГУВК

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРОВОЗНОЙ СПОСОБНОСТИ ФЛОТА ОТ ИНТЕНСИВНОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ СУДОВ

INVESTIGATION OF THE FLEET TRANSPORTATION CAPABILITY DEPENDENCE FROM THE RATE OF VESSELS SERVICE

На основе детерминированной модели работы судов при регулярном судоходстве с использованием методов корреляционного и регрессионного анализа исследована и установлена статистическая зависимость между провозной способностью флота и интенсивностью его обслуживания.

The statistic dependence between the fleet transportation capability and the rate of vessels service is investigated and stayed on the basis of determined model of the vessels operation by using correlative and regression analysis methods.

Ключевые слова: модели работы судов, показатели использования флота, провозная способность, корреляционно-регрессионный анализ, статистические методы и модели.

Key words: model of vessels operation, fleet operation indicators, fleet transportation capability, correlative and regression analysis, statistic methods and models.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ является одним из важнейших эксплуатационно-экономических показателей любого общественного производства независимо от того, что она отражает — интенсивность живого или овеществленного труда. В конечном итоге ее уровень определяет основные качественные экономические показатели производственной деятельности: рентабельность, себестоимость продукции, а стало быть, формирует стоимость и цену товара.

В системе показателей работы флота широко используются два показателя, отражающие производительность: валовая производительность и провозная способность. Не вдаваясь в анализ этих показателей, оценку особенностей и связанной с этим сферы их применения, отметим, что провозная способность в абсолютном смысле более полно и понятно отражает объем транспортной работы флота, выполняемой в единицу времени, мож-

но сказать, характеризует полную производительность судна (флота).

Производительность работы грузового флота зависит от большого количества технико-технологических и организационно-управленческих факторов, определяющих степень использования судов как основного производственного ресурса водного транспорта по грузоподъемности, скорости, времени. Если оценивать системное влияние качества работы портов, прежде всего интенсивность валового обслуживания судов, на результаты работы флота, то наиболее важным в этом перечне и указанной взаимосвязи является фактор времени.

Использование судов по времени характеризуется коэффициентами α_i , отражающими долю той или иной (i -й) операции транспортного процесса в эксплуатационном времени судов (временном ресурсе флота). Совокупность этих коэффициентов $\{\alpha_i\}$ опре-

деляет структуру эксплуатационного времени транспортного флота, которая тем лучше, чем больше доля ходового с грузом времени $\alpha_{х.г.}$ [1; 3]. Это обусловлено тем, что валовая производительность например, функционально прямо пропорционально зависит от коэффициента $\alpha_{х.г.}$:

$$P_{\circ} = \varepsilon_{\text{пр}} \cdot u_{х.г.} \cdot \alpha_{х.г.}, \text{ ткм/тс-сут}, \quad (1)$$

где $\varepsilon_{\text{пр}}$ — коэффициент использования грузоподъемности по пробегу;

$u_{х.г.}$ — техническая скорость хода с грузом;

$\alpha_{х.г.}$ — коэффициент ходового с грузом времени.

В приведенной и широко распространенной аналитической формуле (1) объективно имеющаяся зависимость валовой производительности от интенсивности обслуживания судов представлена в неявном виде — через коэффициент ходового с грузом времени. Очевидно, что повышение интенсивности обслуживания судов в пути и в портах приводит к сокращению стояночного времени и при прочих равных условиях к эквивалентному увеличению ходового, в том числе с грузом, времени и, как следствие, к увеличению валовой производительности.

Учитывая сложность установления функциональной зависимости между показателями интенсивности обслуживания судов и валовой производительностью, возможность рекуррентного определения провозной способности в зависимости от валовой производительности [2]:

$$P = P_{\circ} \cdot Q_p, \text{ ткм/судо-сут}, \quad (2)$$

где Q_p — грузоподъемность судна, воспользуемся методами статистического анализа для установления эмпирической зависимости между искомой величиной — провозной способностью как функцией и интенсивностью обслуживания судов в качестве аргумента. При этом для выполнения исследований используем универсальный пакет прикладных программ STATISTICA компании “State Soft Inc”. (USA) [4].

Формирование статистической совокупности осуществим с помощью детерминированной математической модели работы судов при регулярном судоходстве, в основу которой положим соответствующий технологический процесс работы флота — круговой рейс:

$$\left. \begin{aligned} t_{\text{кр}} &= \sum \sum t_{il}, \\ t_{il} &= f(x, y) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где t_{il} — продолжительность i -й транспортной операции, выполняемой в l -м пункте;

x и y — технико-эксплуатационные и организационно-управленческие факторы транспортного процесса.

Расчетные показатели, полученные на основе приведенной выше модели (3) в условиях реально существующих грузовых потоков и норм транспортного процесса (норм следования и норм портового обслуживания), представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели работы судов смешанного река–море плавания на внутрисудовских линиях Волго-Балтийского водного пути

Номер линии движения (условно)	Продолж. кругового рейса, сут	Время хода, сут		Время обслуживания в портах, сут	Коэфф. стоян. под обслуж.	Валовая производительность, ткм/тс-сут	Провозная способность, ткм/судо-сут
		с грузом	порожнем				
1	15,23	3,04	2,92	7,56	0,50	59,60	137 077
2	14,85	3,04	2,92	7,18	0,48	61,12	140 566
3	14,47	3,04	2,92	6,80	0,47	62,71	144 238
4	14,09	3,04	2,92	6,43	0,46	64,39	148 107
5	13,71	3,04	2,92	6,05	0,44	66,17	152 189
6	9,54	2,08	0,67	4,66	0,49	64,83	112 799
7	9,31	2,08	0,67	4,43	0,48	66,45	115 626

Таблица 1
(Продолжение)

8	9,07	2,08	0,67	4,20	0,46	68,16	118 598
9	8,84	2,08	0,67	3,96	0,45	69,96	121 727
10	8,61	2,08	0,67	3,73	0,43	71,85	125 025
11	10,94	2,63	0,42	5,11	0,47	73,60	169 285
12	10,68	2,63	0,42	4,85	0,45	75,36	173 330
13	10,43	2,63	0,42	4,59	0,44	77,21	177 573
14	10,17	2,63	0,42	4,34	0,43	79,14	182 029
15	9,92	2,63	0,42	4,08	0,41	81,18	186 714
16	13,75	3,83	1,29	6,37	0,46	107,25	144 794
17	13,43	3,83	1,29	6,05	0,45	109,80	148 229
18	13,11	3,83	1,29	5,73	0,44	112,47	151 831
19	12,79	3,83	1,29	5,42	0,42	115,27	155 612
20	12,47	3,83	1,29	5,10	0,41	118,21	159 587
21	10,03	2,00	0,92	4,74	0,47	61,84	107 597
22	9,79	2,00	0,92	4,50	0,46	63,33	110 200
23	9,56	2,00	0,92	4,27	0,45	64,90	112 933
24	9,32	2,00	0,92	4,03	0,43	66,55	115 804
25	9,08	2,00	0,92	3,79	0,42	68,29	118 826
26	13,64	4,04	1,00	6,22	0,46	95,69	191 371
27	13,33	4,04	1,00	5,91	0,44	97,92	195 837
28	13,01	4,04	1,00	5,60	0,43	100,26	200 516
29	12,70	4,04	1,00	5,29	0,42	102,71	205 425
30	12,39	4,04	1,00	4,98	0,40	105,29	210 579
31	15,26	4,46	1,21	7,18	0,47	108,70	146 750
32	14,90	4,46	1,21	6,82	0,46	111,32	150 284
33	14,54	4,46	1,21	6,46	0,44	114,07	153 993
34	14,19	4,46	1,21	6,10	0,43	116,96	157 890
35	13,83	4,46	1,21	5,74	0,42	119,99	161 989
36	15,62	4,21	1,58	7,20	0,46	103,73	143 671
37	15,26	4,21	1,58	6,84	0,45	106,18	147 061
38	14,90	4,21	1,58	6,48	0,44	108,75	150 615
39	14,54	4,21	1,58	6,12	0,42	111,44	154 346
40	14,18	4,21	1,58	5,76	0,41	114,27	158 265
41	14,71	4,21	1,25	6,71	0,46	83,51	145 314
42	14,38	4,21	1,25	6,38	0,44	85,46	148 706
43	14,04	4,21	1,25	6,04	0,43	87,51	152 261
44	13,71	4,21	1,25	5,71	0,42	89,65	155 990
45	13,37	4,21	1,25	5,37	0,40	91,90	159 906

Таблица 1
(Окончание)

46	14,72	3,92	0,88	7,18	0,49	90,77	122 541
47	14,36	3,92	0,88	6,82	0,47	93,04	125 604
48	14,00	3,92	0,88	6,46	0,46	95,42	128 823
49	13,64	3,92	0,88	6,10	0,45	97,94	132 212
50	13,28	3,92	0,88	5,74	0,43	100,58	135 785
51	9,89	2,00	0,92	4,60	0,47	72,69	100 676
52	9,66	2,00	0,92	4,37	0,45	74,42	103 073
53	9,43	2,00	0,92	4,14	0,44	76,24	105 587
54	9,20	2,00	0,92	3,91	0,42	78,14	108 226
55	8,97	2,00	0,92	3,68	0,41	80,14	111 001

Данные, приведенные в табл. 1, составляют статистическую совокупность рассматриваемого массового явления в эксплуатации водного транспорта и представляют вполне репрезентативную выборку, необходимую для выполнения статистического исследования и установления характера взаимосвязи между интенсивностью обслуживания судов и провозной способностью флота.

Поскольку статистическая связь, при которой различным значениям одной переменной массового явления соответствуют разные значения другой, количественно характеризующая эти соотношения, называется

ся корреляционной, воспользуемся методами корреляционного и регрессионного анализа для ее описания. Корреляционные связи могут быть разных видов. Важнейшая из них определяется наличием причинной зависимости вариации результативного признака от изменений факторного. Такой вид связи может наблюдаться также между двумя следствиями одной причины. Известно, что теснота такой связи оценивается при помощи коэффициента корреляции между факторами x и y :

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n\delta_x\delta_y} . \quad (4)$$

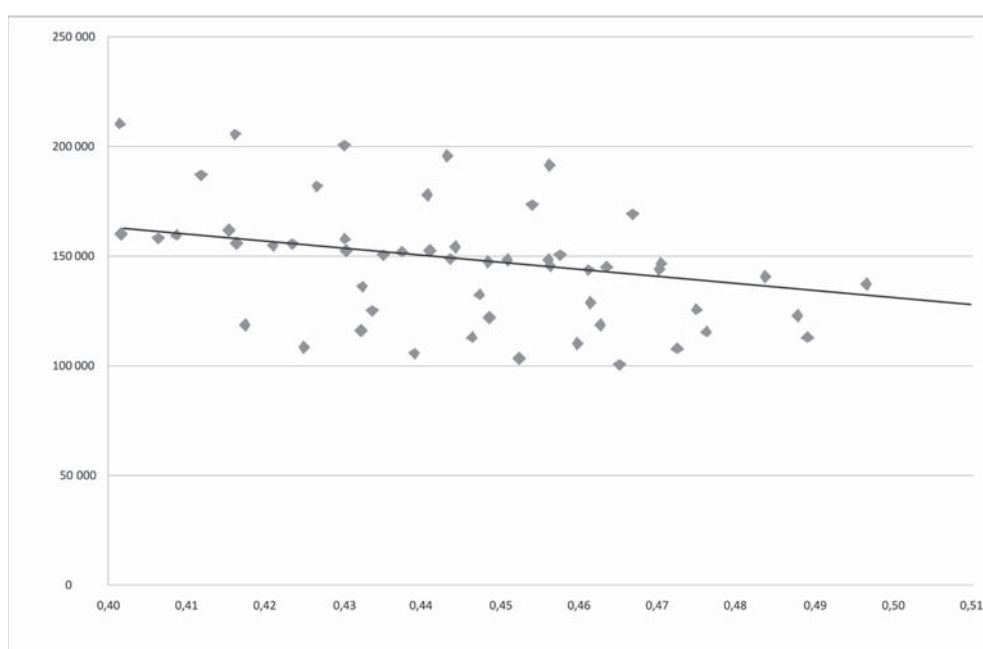


Рис. 1. Поле корреляции

Значения коэффициента корреляции изменяются в интервале $[-1; +1]$. Значение $r = -1$ свидетельствует о наличии жестко детерминированной обратно пропорциональной связи между факторами, $r = +1$ соответствует жестко детерминированной связи с прямо пропорциональной зависимостью факторов. Если связи между факторами не наблюдается, $r \approx 0$. Значения коэффициента корреляции в открытом интервале $(0,1)$ свидетельствуют о наличии стохастической связи, причем чем ближе $|r|$ к единице, тем связь теснее. Принято считать, что при $|r| \leq 0,25$ — корреляция (связь) слабая; $0,25 < |r| \leq 0,75$ — связь средней тесноты (умеренная); $|r| > 0,75$ — сильная [5]. Сильная корреляция означает, что связь между переменными может быть близкой к линейной.

Исследуем статистическую совокупность, представленную в табл. 1, на предмет установления зависимости провозной способности грузового флота от продолжительности стоянок под обслуживанием. Пусть x — коэффициент стоянок под обслуживанием в портах, являющийся относительной качественной характеристикой интенсивности обслуживания, а y — провозная способность судов.

На основании данных табл. 1 построим корреляционное облако (рис. 1) для визуального определения характера связи между изучаемыми признаками.

Регрессионный анализ как метод установления аналитического выражения стохастической зависимости между исследуемыми признаками позволяет решить две основные задачи:

- построить уравнение регрессии;
- оценить значимость полученного уравнения, то есть количественно измерить, как выбранные факторные признаки определяют вариацию результативного.

Коэффициент корреляции между x и y исследуемой совокупности $r_{xy} = -0,5$, что свидетельствует о наличии стохастической обратной связи средней тесноты между факторами.

С использованием указанного выше пакета STATISTICA установлено, что уравнение регрессии имеет вид

$$y = (380 - 528x) \cdot 10^3.$$

В табл. 2 приведена описательная статистика исследуемой выборки результатов работы судов смешанного река–море плавания на внутренних линиях.

Таблица 2

Описательная статистика исследуемой совокупности

Показатель	Обозначения	Среднее значение признака	Среднее квадратическое отклонение	Коэффициент вариации	Ассиметрия			Экссесс
					μ	σ	As	
Коэффициент стоянок судов под обслуживанием в портах	X	0,44	0,023	0,05	0	18,32	0	−0,65
Провозная способность, тыс. ткм/судо-сут	Y	145,356	27,31	0,19	8582,41	18,32	1,40	−0,28

Абсолютное значение коэффициента корреляции $|r_{xy}| = 0,5$ свидетельствует о наличии между исследуемыми признаками статистически значимой связи, а оценки описательной статистики, приведенные в табл. 2, — о том, что рассматриваемое эмпирическое распределение относится к типу распределений, близких к нормальному. Иначе говоря, полученные статистические показатели подтверждают до-

стоверность установленной зависимости.

Установленное уравнение регрессии показывает зависимость производительности флота от продолжительности стоянок в портах и может быть использовано для определения провозной способности судов на внутренних российских линиях.

Корреляционный и регрессионный анализ как научный метод широко применяется

при выявлении тенденций, прогнозировании, установлении норм. Результаты настоящего исследования могут быть использованы при определении социально-экономической эффективности и укрупненной оценки экономического эффекта от интенсификации обслуживания судов в портах и пути как за счет технических, так и организационных факторов. Однако, учитывая широту классификационной шкалы грузовых перевозок: экспортно-

импортные перевозки, перевозки между иностранными портами, перевозки в трамповом судоходстве и другие, следует в дальнейших исследованиях воспользоваться методами кластерного анализа, который применяется в самых различных областях, включая маркетинговые исследования. Кластерный анализ позволяет учитывать различия и свойства разнородных в определенном смысле групп (кластеров) генеральной совокупности.

Список литературы

1. Бабурин В. А. Оптимизация структуры оборота грузового судна // Тр. ЛИВТа. — Л.: Транспорт, 1979. — Вып. 165: Экономика водного транспорта.
2. Бабурин В. А., Бабурин Н. В. Управление грузовыми перевозками на водном транспорте: учеб. пособие. — СПб.: Издат. дом «Мирь», 2007. — 305 с.
3. Ирхин А. П. Анализ и расчет оборота тоннажа. — М.: Речиздат, 1948.
4. Плотников К. Э. Основы эконометрики в пакете STATISTICA: учеб. пособие. — М.: Вузовский учебник, 2010. — 298 с. + CD.
5. Халафян А. А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных: учебник. — 3-е изд. — М.: ООО «Бином Пресс», 2007. — 512 с.

УДК 614.8(075.8)

А. С. Корезин,

д-р экон. наук, профессор,
Санкт-Петербургский государственный
университет сервиса и экономики

КОНТРОЛЛИНГ КАК ВНУТРИКОРПОРАТИВНАЯ СЕРВИСНАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

CONTROLLING AS A CORPORATE SERVICE SYSTEM OF ENSURING ECONOMIC SECURITY

В статье предложена общая концепция развития менеджмента безопасности предприятия на основе создания корпоративной системы контроллинга экономической безопасности.

In the article a general concept of improving enterprise security management on the basis of creating a corporate economic security controlling system is proposed.

Ключевые слова: экономическая безопасность предприятия, контроллинг, риск, управление рисками, менеджмент безопасности.

Key words: enterprise economic security, controlling, risk, risk-management, security management.

СЛОЖНОСТЬ управления экономическими аспектами обеспечения безопасности предприятий на современном этапе обусловлена изменениями характера их деятельности, который становится все более комплексным. Усложняются организационные отношения и деловые коммуникации в масштабе деятельности крупных компаний. Развиваются конгломераты, реализующие комплексные продукты и услуги. Неспособность эффективно управлять сложными экономическими системами в таких условиях приводит к резким и частым колебаниям стоимости компаний, что представляет угрозу их экономической безопасности. Пример тому — недавний кризис на рынках капитала, обнаруживший несостоятельность устоявшихся концепций и моделей менеджмента безопасности, которым долгое время следовали руководители компаний.

Одна из главных проблем, с которой сталкиваются многие компании, прежде всего крупные, заключается в том, что трудно создать и реализовать на практике механизм информационно-аналитической и мониторинговой поддержки корпоративной системы менеджмента безопасности, а также координации планирования и действий по управлению рисками в масштабе всей компании. Представляется, что эту проблему в современных условиях можно решить, лишь опираясь на идеологию и инструменты такой концепции управления, как контроллинг.

Рассмотрим наиболее существенные особенности и преимущества контроллинга, позволяющие говорить о целесообразности выделения его в качестве своеобразной сервисной системы поддержки менеджмента корпоративной безопасности.

Анализ имеющихся публикаций на тему контроллинга позволяет констатировать, что как в зарубежной, так и в российской научной литературе нет ни единого понимания, ни общепринятого определения контроллинга. Можно утверждать лишь то, что современный контроллинг включает управление рисками (преимущественно управление программами корпоративного страхования), механизмы оповещения путем разработки системы ключевых индикаторов, управление системой реализа-

ции стратегического и оперативного планирования, а также систему менеджмента качества.

Основные постулаты современной идеологии контроллинга можно сформулировать следующим образом [5]:

- примат рентабельности деятельности предприятия над ростом объемных показателей, то есть размеры предприятия, объемы выпуска, количество филиалов и клиентов, ассортимент продукции, сумма баланса и тому подобное являются второстепенными по сравнению с эффективностью работы предприятия в целом и его подразделений;

- рост объемов бизнеса предприятия (организации) оправдан лишь при сохранении прежнего уровня или росте эффективности;

- мероприятия по обеспечению роста доходности не должны повышать допустимые для конкретных условий функционирования предприятия уровни рисков.

Резюмируя разнообразные точки зрения, можно выделить следующие трактовки рассматриваемой области управления:

- управленческий учет;
- планирование и контроль;
- информационно-аналитическое обеспечение управления;

- инструментарий разработки стратегий и интеграции планов и процессов предприятия;

- внутренний консалтинг;
- философия управления;
- метасистема управления.

При этом необходимо отметить, что до последнего времени контроллинг имел сильный финансовый уклон (финансовый контроллинг) и развивался он преимущественно в финансово-кредитных организациях (особенно в США). В Германии, однако, чаще наблюдается экономический и маркетинговый уклон этой области управления и более широкое применение ее в нефинансовых организациях.

В настоящее время наблюдается тенденция к формированию парадигмы контроллинга, которую можно назвать интеграционной, то есть контроллинг всех направлений деятельности предприятия на основе единого управленческого механизма.

Мы склонны придерживаться той точки зрения, что контроллинг — это метасистема

управления, то есть своего рода внутрикорпоративная сервисная (прежде всего информационно-консультационная) система, обеспечивающая эффективное функционирование как высшего менеджмента предприятия, так и менеджмента на уровне подразделений (или всей системы корпоративного управления).

Отличие менеджера высшего или среднего звена от контроллера заключается в том, что первый, как руководитель, отвечает за результаты деятельности предприятия в целом или его структурного подразделения (центра ответственности). Контроллер же отвечает за корректность представляемой им аналитичес-

кой информации, надежность применяемых и разрабатываемых им методов и инструментов управления — анализа, планирования и мониторинга, а также за общую информационную прозрачность компании.

Контроллеры в современном понимании — это внутренние консультанты по вопросам экономики, организации и управления для руководителей функциональных сфер деятельности, а также координаторы и интеграторы бизнес-процессов.

На основе изучения различных подходов к интерпретации системы контроллинга, дадим описание ее составляющих (табл. 1).

Таблица 1

Система контроллинга

<i>Составляющие</i>	<i>Описание</i>
Цель	Содействие высшему менеджменту в разработке правильных управленческих решений и обеспечении реализации важнейших стратегических целей предприятия
Функции	Общие: планирование и контроль. Специфические: информационно-аналитическая; когнитивная; координационная; мониторинговая; консультационная; интеграционная; методическая; исследовательская
Принципы	— движения и торможения; — своевременности; — стратегического сознания; — документирования; — релевантности и разумного ограничения информации; — гибкой регуляции; — встраивания в культуру и процессы бизнеса
Кадровые ресурсы	Должность контроллера, входящего или имеющего доступ (на совещательной основе) в правление компании. Штатные контроллеры
Организационная структура	Подразделение или отдел контроллинга, функционирующий как штабная координационная и консультационная структура
Информационное обеспечение	Учетные системы, каналы внешней информации, организуемой в хранилища данных, пригодные для анализа; базы знаний, системы управления знаниями
Методическое обеспечение	Методическая база по управленческому учету, планированию, контролю, мониторингу, информационному и когнитивному менеджменту, управлению качеством и др.
Инструментарий	Методы экономического и управленческого анализа. Системы показателей. Индикаторы мониторинга. Установление стандартов и внутренних регламентов. Круги качества. Технологии документирования и документооборота. Инструменты бизнес-моделирования. Сценарии

Остановимся подробнее на содержании целей, функций и принципов контроллинга (содержание остальных составляющих достаточно понятно).

Цели контроллинга могут быть самыми разными, но исходя из понимания контроллинга как метасистемы, можно сформулировать одну генеральную цель — *содействие высшему менеджменту в разработке правильных управленческих решений и обеспечении реализации важнейших стратегических целей предприятия*. Для этого прежде всего необходимо своевременное выявление узких мест и проблем на предприятии и предупреждение возникновения спадов и кризисных ситуаций. Ошибки и проблемы, возникающие при анализе ситуаций внутри организации, переплетаются, если их вовремя не исправить, с ошибками в оценке будущих условий окружающей среды. Необходимо предусмотреть, чтобы принимаемые решения не основывались на ошибочных предположениях, и это особенно важно, если решения сопряжены с риском.

Для достижения указанной цели в рамках механизма контроллинга должны быть реализованы соответствующие функции, и он должен строиться на определенных принципах.

На состав и содержание функций контроллинга к настоящему моменту не сложилось единой точки зрения, но есть ряд функций, упоминание о которых встречается практически во всех публикациях, посвященных контроллингу:

- общие: планирование и контроль;
- специфические: информационно-аналитическая; координационная; консультационная; мониторинговая.

Однако данный перечень представляется неполным, так как фактически специфических функций гораздо больше. Поэтому к перечисленным функциям добавим еще несколько, которые выявляются при современном взгляде на контроллинг. По нашему мнению, это следующие функции:

- когнитивная (просто информация сегодня уже не может удовлетворять менеджеров: необходимо реализовывать эффективные механизмы извлечения, создания и распределения знаний в рамках организации);

— интеграционная (потребность в интеграции процессов, систем и аспектов деятельности наблюдается сегодня на всех уровнях экономики, в том числе и на уровне предприятий, так как это, по-видимому, всегда позволяет получить ту или иную синергию управления; и специфика контроллинга такова, что на его базе можно интегрировать различные управленческие механизмы);

— методическая (система контроллинга может и должна не только накапливать, анализировать и поставлять информацию и знания менеджменту предприятия, но и оказывать методическую поддержку в форме разработки методик анализа и методических рекомендаций по вопросам планирования и мониторинга);

— исследовательская (информация в систему контроллинга должна поступать не только из учетных систем предприятия или из существующих внешних источников, ее можно добывать и изыскивать путем специальных исследований по различным актуальным направлениям).

Что касается общих функций менеджмента, то контроллер не берет на себя их осуществление, но оказывает менеджерам поддержку путем реализации своих специфических функций. Так, контроллер не занимается собственно разработкой и реализацией планов, то есть не подменяет собой менеджеров отделов производства, закупок, продаж и других сфер деятельности и не выполняет работу за подчиненные им подразделения. Собственно планированием и организацией управления занимаются линейные и функциональные менеджеры, а контроллеры должны заботиться, чтобы разработанные менеджерами планы были сбалансированы, взаимоувязаны и соответствовали поставленным целям.

Аналогично, внутренний контроль на предприятии осуществляется управлением, а также руководителями подразделений, но контроллер, выполняя свои специфические функции, обеспечивает эффективное осуществление этого контроля. При этом основной является функция мониторинга: фиксация отклонений от плана, анализ причин, вызвавших эти отклонения, и участие в выработке корректирующих мероприятий. Так, при

выявлении отклонений контроллер должен проинформировать ответственного менеджера и оказать ему необходимую помощь. Также контроллером должна быть предложена сигнальная система отклонений, на основании которых менеджер сможет сориентироваться и либо осуществить необходимые корректирующие мероприятия для достижения цели намеченным курсом, либо откорректировать намеченный курс достижения цели. Контроллер анализирует серьезность отклонений и их причины, после чего интерпретирует результаты этого анализа. Задача — разъяснить менеджеру экономический смысл результатов отклонений и предложить способ регуляции.

Современные тенденции развития контроллинга направлены на расширение его функций и задач. В настоящее время в контексте контроллинга рассматриваются и такие задачи, как:

- структурирование организационных систем и бизнес-процессов;
- координация и интеграция процессов управления в сфере производства, логистики, продаж, финансирования, инноваций и разработок;
- формирование интегрированной концепции управления предприятием и инфраструктурой, адекватной современным требованиям корпоративного управления.

Таким образом, контроллинг становится все более комплексной системой, поддерживающей практически все функции и аспекты управления предприятием.

Если говорить об общих концепциях контроллинга, которые сложились к настоящему времени, то среди них наиболее распространены следующие [1].

Концепция, ориентированная на систему учета, в качестве основной сферы деятельности контроллинга рассматривает управленческий учет. При этом под системой учета понимают специализированную информационную систему, которая позволяет руководству в любой момент времени получить необходимые для планирования и контроля количественные данные о деятельности предприятия. Также в этой концепции определяющую роль играют инструменты анализа показателей финансово-экономической деятельности пред-

приятия. Таким образом, здесь реализуется лишь один аспект контроллинга, что не позволяет полностью использовать его потенциал. Такой подход является ограниченным и к настоящему моменту его следует считать уже устаревшим.

Концепция, ориентированная на информационную систему. Поскольку информационный аспект контроллинга охватывает всю структуру целей предприятия, эта концепция особенно выделяет содержательные, процессуальные и структурные задачи контроллинга в пределах информационной системы, причем контроллинг рассматривается как ядро этой системы. Концентрация всей необходимой для принятия управленческих решений информации в системе контроллинга, а также рационализация деятельности по ее поиску и обработке позволяет существенно улучшить эффективность информационных процессов на предприятии. Задача контроллинга по сути сводится к концептуальной разработке, внедрению и обслуживанию информационной системы управления.

Концепция, ориентированная на систему управления, рассматривает контроллинг как инструмент иной системы управления — более высокой иерархии, или просто другой системы, которую контроллинг «обслуживает». В этом случае следует говорить о контроллинге как о метасистеме управления. Такая метасистема может быть реализована для любой системы, функционирующей на предприятии: производственной, финансовой, логистической, кадровой и т. д.

На наш взгляд, последняя концепция в современных условиях становится все более актуальной и перспективной, так как позволяет создавать системы информационно-консультационной и иной поддержки основных функций менеджмента и механизмы для принятия эффективных решений. Поэтому контроллинг должен охватывать все сферы деятельности компании и приобретать все более комплексный характер.

Возвращаясь к основному предмету нашего исследования, мы можем сделать вывод, что *концепция контроллинга должна охватывать и сферу менеджмента безопасности предприятия, ключевым экономико-управлен-*

ческим компонентом которой является система корпоративного риск-менеджмента. В этом контексте вполне корректно говорить о концепции контроллинга (обеспечения) экономической безопасности (КЭБ).

Сформулируем общие предпосылки, из которых вытекает целесообразность формирования концепции КЭБ, и определим содержание и структуру системы, строящейся на ее основе.

Рассмотренные выше особенности контроллинга как системы управления позволяют выделить предпосылки к его трансформации в контроллинг обеспечения экономической безопасности, а именно:

1. Контроллинг по определению нацелен на выявление проблемных зон, узких мест и рисков на предприятии и их предотвращение, а в стратегическом контроллинге выявление возможностей и рисков определяется как основная задача.

2. Специфические функции контроллинга как нельзя лучше содействуют решению задач менеджмента экономической безопасности, который в значительной степени основан на эффективном управлении информацией и знаниями, должен располагать мощными аналитическими инструментами и испытывает большую потребность в координации действий по управлению многообразным спектром рисков предприятия.

3. В процессах менеджмента экономической безопасности определяющую роль играют своевременность и качество информации о рисках (угрозах), анализ и мониторинг рисков, а также разработка методов их предотвращения. Но функции сбора и поставки информации для лиц, принимающих решения, а также анализа и мониторинга процессов, связанных с рисками, когда они осуществляются в масштабе всего предприятия (концепция тотального риск-контроля), трудновыполнимы при традиционных управленческих подходах, поэтому необходим переход на принципы и механизмы контроллинга.

4. Современная парадигма менеджмента экономической безопасности основывается на комплексном управлении рисками в масштабе всего предприятия, следовательно, нужен особый корпоративный механизм интеграции

соответствующих аспектов деятельности и управленческих подходов в контексте риска.

5. Если понимать контроллинг как специализированную информационно-когнитивную метасистему управления (а именно так мы ее интерпретируем), то это наилучшее средство, с помощью которого можно обеспечить потребность корпоративного менеджмента безопасности в эффективном менеджменте знаний, позволяющем принимать правильные решения по рискам.

6. Хотя стратегическими рисками предприятия занимается Совет директоров и высший менеджмент, он не может видеть всю картину корпоративных рисков в любой момент времени, следовательно, нужна система, создающая и представляющая такую картину по запросу высшего руководства компании. Кроме того, последнему нужна консультационная и методическая поддержка в вопросах управления экономической безопасностью.

7. Необходим орган, отслеживающий все неблагоприятные изменения в организации, прежде всего потенциальные, которые могут привести к ситуациям риска, и на основе компетентного анализа посылающий сигналы руководителям подразделений, а также импульсы стратегических изменений руководству компании. Эта задача не может быть возложена на высшее руководство, равно как на линейных или функциональных руководителей, поскольку они должны решать собственные производственные и профессиональные задачи и просто не в состоянии отслеживать все изменения, собирая, обрабатывая и фильтруя необходимую для этого информацию. Поэтому эту функцию наилучшим образом может выполнять отдел КЭБ.

Таким образом, мы можем сделать вывод, что специфические функции, принципы, организационные механизмы и инструменты, на которых строится система контроллинга, могут быть естественным образом ориентированы на комплексное управление корпоративными рисками, что выражается в концепции КЭБ. Соответственно содержание составляющих элементов такой системы контроллинга будет иметь свою специфику. Эта специфика определена в табл. 2.

Таблица 2

Система контроллинга экономической безопасности предприятия

<i>Составляющие</i>	<i>Описание</i>
Цель	Содействие высшему менеджменту в разработке правильных управленческих решений по рискам и обеспечение реализации риск-стратегии и тактики предприятия
Функции	Общие: планирование и контроль. Специфические: информационно-аналитическая; когнитивная; координационная; мониторинговая; консультационная; интеграционная; методическая; исследовательская
Принципы	1) генерирования импульсов изменений; 2) модифицирования носителей и факторов риска; 3) упреждения («искусство смотреть вдаль»); 4) содействия; 5) сигнализирования (оповещения); 6) документирования; 7) ориентации на управление отношениями; 8) резервирования возможностей изменений в будущем; 9) релевантности и разумного ограничения информации; 10) гибкой регуляции; 11) встраивания в культуру и процессы бизнеса
Кадровые ресурсы	Должность контроллера экономической безопасности (или риск-контроллера), входящего или имеющего доступ (на совещательной основе) в правление компании. Штатные контроллеры (риск-исследователь, риск-аналитик, риск-инженер и др.)
Организационная структура	Отдел КЭБ, функционирующий как штабная структура
Информационное обеспечение	Любые доступные каналы и носители внешней и внутренней информации (в том числе сотрудники как носители знаний), индивидуальные и корпоративные знания, организуемые в хранилища данных и базы знаний, пригодные для анализа и оценки рисков
Методическое обеспечение	Методическая база по анализу и оценке рисков, мониторингу безопасности (рисков), страхованию, а также по информационному и когнитивному менеджменту, управлению изменениями и качеством и др. Внутренние методические документы и регламенты по безопасности и контролю рисков. Нормативные и методические документы внешних регулирующих органов
Инструментарий	Методы риск-анализа и риск-исследований. Системы количественных и качественных оценок рисков. Индикаторы мониторинга экономической безопасности. Стандарты и внутренние регламенты по безопасности и контролю рисков. Сообщества практики (тематические группы по проблемам экономической безопасности). Формы документирования процессов менеджмента безопасности (управления рисками). Инструменты анализа воздействий на бизнес. Инструменты «бизнес-интеллекта». Информационные системы риск-менеджмента. Системы управления знаниями, настроенные на решение задач менеджмента безопасности

Как видно, мы нашли совершенно иное описание составляющих контроллинга, что полностью согласуется с его новой направленностью, в частности сформулировали новые принципы. Поясним эти принципы.

Генерирование импульсов изменений. Отдел КЭБ, который призван играть роль интеллектуального центра предприятия (целесообразна интеграция с отделом по управлению знаниями и (или) с отделом по развитию), должен выступать генератором идей преобразований.

Модифицирование носителей и факторов риска. Своевременное внесение малых структурных и процессных изменений в деятельность предприятия. При этом отдел контроллинга сам не занимается внедрением таких изменений, он лишь определяет ориентиры и характер изменений, а также объекты изменений.

Упреждение («искусство смотреть вдаль»). Контроллинг должен быть ориентирован на упреждающие стратегии, так как возникновение ситуации риска всегда лучше упредить, чем компенсировать последствия его реализации (даже если такую компенсацию выплачивает страховая компания).

Принцип содействия. КЭБ как в значительной мере «обслуживающая» система должна содействовать менеджменту на различных уровнях иерархии в наилучшем решении возникающих там проблем и рисков, а также в их выявлении и предупреждении. Формы такого содействия столь же многообразны, сколь многообразны функции контроллинга.

Принцип сигнализирования (оповещения). В системе контроллинга должны быть разработаны механизмы сигнализирования о возможных инцидентах путем разработки системы ключевых индикаторов, а также обратная связь с менеджерами подразделений, позволяющая оперативно реагировать на возникающие проблемы и риски.

Ориентация на управление отношениями. Предприятие как субъект рынка постоянно постоянно меняющимся множеством объектов (средой), с которой он также вступает в непрерывно меняющиеся отношения; это обуславливает неизбежное возникновение ан-

тропогенных и физических рисков изменений в отношениях. Следовательно необходимо исследовать специфику различного рода отношений (в частности, деловых, контрактных, финансовых), возникающие в них риски, и управлять изменениями в таких отношениях.

Резервирование возможностей изменений в будущем предполагает те или иные формы сохранения альтернатив или вложений в будущие возможности, выражающиеся, в частности, в опционах на реализацию каких-либо проектов изменений в будущем. Такое резервирование позволяет предвидеть и предотвратить многие риски.

Итак, мы обосновали, что контроллинг как метасистема управления может «обслуживать» систему менеджмента экономической безопасности предприятия, то есть выступать как внутрикорпоративная сервисная система управления, обеспечивающая всестороннюю поддержку процессов менеджмента как на уровне высшего руководства компании, так и на уровне бизнес-подразделений. Также служба КЭБ берет на себя функцию координирующего механизма, взаимодействуя с отделами управления качеством и управления знаниями (возможна и интеграция последнего в контроллинг).

Общая структура механизма КЭБ представлена на рис. 1, где показаны главные функции и соответствующие им стадии процесса контроллинга, а также специфицированы задачи, решаемые на каждой стадии. Характер этих задач дает понять, что данная система призвана обеспечивать всестороннюю поддержку процессов менеджмента экономической безопасности как на уровне высшего руководства, так и на уровне бизнес-подразделений.

Отдел контроллинга должен выполнять функцию координирующего механизма, прежде всего взаимодействуя с отделом по управлению качеством и с отделом по управлению знаниями, если таковые имеются в компании. Если нет, то все основные задачи по улучшению качества и когнитивному инжинирингу процессов менеджмента экономической безопасности должен взять на себя отдел контроллинга. Также вполне возможно, чтобы не создавать в компании отдельную структурную единицу, объединение контроллинга и управления знаниями в одном отделе.

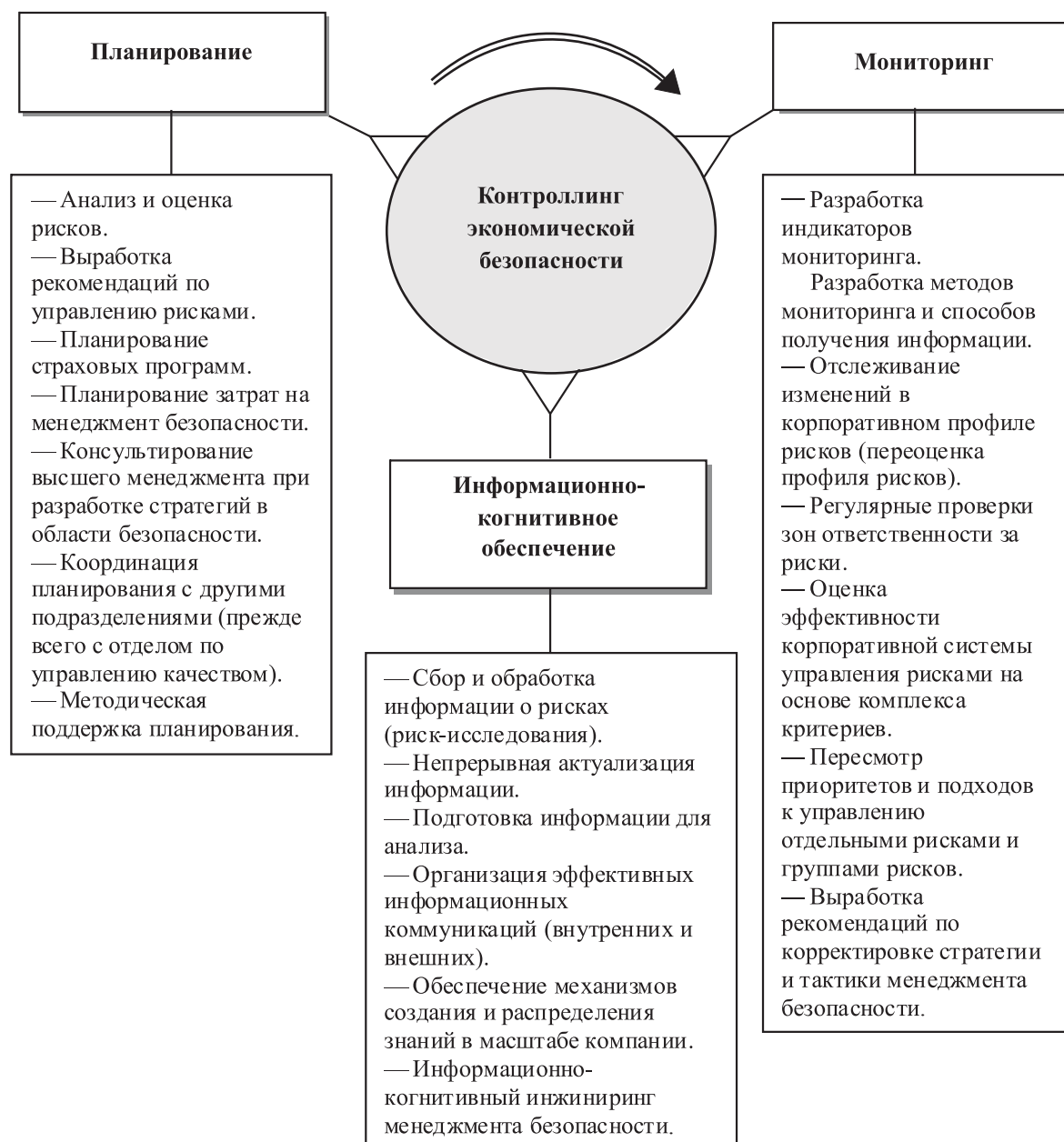


Рис. 1. Функции и задачи контроллинга экономической безопасности предприятия

В данной статье рассмотрены только общие положения авторской концепции контроллинга. В последующих публикациях мы

раскроем состав и содержание инструментов КЭБ, позволяющих эффективно реализовывать его функции и задачи.

Список литературы

1. Контроллинг в бизнесе. Методические и практические основы построения контроллинга в организациях / А. М. Карминский, Н. И. Оленев [и др.]. — М.: Финансы и статистика, 2003.
2. Контроллинг как инструмент управления предприятием / Е. А. Ананькина, С. В. Данилочкин, Н. Г. Данилочкина [и др.]; под ред. Н. Г. Данилочкиной. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004.

3. Набок Р., Набок А. Американская и немецкая модели контроллинга // Финансовый директор. — 2007. — № 12.
4. Сафаров А. «Правильный» контроллинг: мнение практика // Управленческий учет. — 2006. — № 1.
5. Фалько С. Г., Расселл Кейт А., Левин Л. Ф. Контроллинг: национальные особенности — российский и американский опыт // Контроллинг. — 2002. — № 1.

УДК: 656.078.8

М. В. Ботнарюк,
канд. экон. наук, доцент,
ФГОУ ВПО «Морская государственная
академия им. адм. Ф. Ф. Ушакова»

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ВЫБОР КОНКУРЕНТНОЙ СТРАТЕГИИ МОРСКОГО ТРАНСПОРТНОГО УЗЛА

FACTORS DEFINING THE CHOICE OF COMPETITIVE STRATEGY FOR THE SEA TRANSPORT CENTER

В статье рассматриваются вопросы повышения конкурентоспособности морского транспортного узла. Исследуются основные факторы, влияющие на формирование его конкурентной стратегии. Морской транспортный узел рассматривается как совокупность предприятий, оказывающих услуги судам и грузам. В качестве одного из приоритетных направлений формирования конкурентной стратегии морского транспортного узла предлагается актуализировать вопросы, направленные на повышение ценности оказываемых им услуг.

The questions of sea transport junction competitiveness raising are considered in the article. The basic factors, influencing on the making of it's competitive strategy are investigated. Sea transport junction as complex of companies, which gives the services for ships and cargos is considered. As one of main ways of sea transport junction's competitive strategy making is offer to make actual the questions concerning the value services raising.

Ключевые слова: конкурентная стратегия, морской транспортный узел, интенсивность, конкурентоспособность.

Key words: competitive strategy, sea transport junction, intensity, competitiveness.



ФОРМИРОВАНИЕ конкурентной стратегии можно определить как действия объекта, направленные на достижение им устойчивого конкурентного преимущества. Тактика этих действий зависит от множества причин и факторов. Однако основой разработки стратегии является ее адаптация к конкурентной среде [5, с. 44].

Поэтому для определения основных факторов, под влиянием которых и формируется конкурентная стратегия морского транспортного узла (далее — МТУ), выполним анализ среды, в которой он функционирует.

МТУ представляет собой совокупность

государственных и негосударственных компаний и организаций различных форм собственности, расположенных в пределах одного морского порта. Поэтому его можно рассматривать как один из важнейших элементов отрасли морского транспорта. Учитывая, что одной из характеристик конкурентной среды является ее интенсивность, проанализируем степень интенсивности конкуренции в данной отрасли.

Интенсивность соперничества между уже существующими и зарекомендовавшими себя в определенном секторе рынка конкурентами зависит от многих факторов, основными

из которых являются численность, равенство сил, а также темпы развития отрасли.

Рассматривая интенсивность конкуренции в отрасли морского транспорта, структурно представим отрасль в виде совокупности ее отдельных элементов, определив долю каждого в зависимости от его значимости для отрасли. Оценим значимость каждого элемента по балльной системе (итоговая сумма — 5 баллов). Поскольку основным элементом отрасли является флот, то ему присвоим значение 3 балла, вторым по значимости элементом являются морские порты — 1 балл, далее выделим инфраструктурные предприятия (судоремонт, судостроение, средства связи, путевое хозяйство) — 0,5 балла и предприятия, оказывающие судам сопутствующие виды услуг, — 0,5 балла.

Однако, принимая во внимание тот факт, что отдельные элементы отрасли между собой не конкурируют, следует говорить только о конкуренции внутри каждого отдельного сегмента, на которые отрасль разделена:

— сегмент покупателей услуг (судовладельцы, грузовладельцы и др.);

— сегмент продавцов услуг (компании и организации, оказывающие услуги судам, грузам, и т. д.);

— сегмент инфраструктурных предприятий.

С позиции выделения вышеназванных сегментов структурно отрасль морского транспорта представим в следующем виде. Покупатели услуг — 3 балла, продавцы услуг — 1,5 балла, инфраструктурные предприятия — 0,5 балла (см. рис. 1).

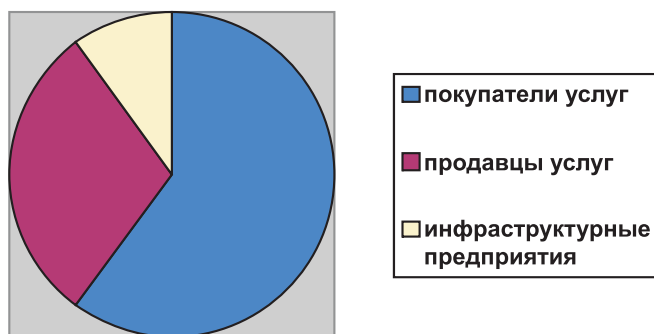


Рис. 1. Структура отрасли морского транспорта с позиции выделения сегмента продажи услуг судам в морском транспортном узле

Проанализируем интенсивность соперничества сегмента «продавцы услуг», к которому и относится МТУ, с позиции «равенство сил». В данной статье в качестве критерия равенства сил примем один из важнейших показателей работы МТУ — его конкурентоспособность.

Сегодня существует огромное множество трактовок этого понятия. Но все они (используя разную терминологию и концепции) в общем под конкурентоспособностью понимают свойство объекта, которое характеризует степень удовлетворения им конкретной потребности по сравнению с аналогичными объектами, представленными на определенном рынке товаров или услуг. Речь идет именно о каком-либо определенном рынке, поскольку на одном рынке объект может быть конкурентоспособным, на другом — нет.

В данной статье в качестве объекта выступает МТУ, под которым сегодня понимается логистическое взаимодействие морского и иных видов транспорта (как правило, железнодорожного и морского). Однако с управленческой точки зрения термин «морской транспортный узел» следует трактовать значительно шире, поскольку ценность оказываемых им услуг является категорией комплексной, формирующейся под влиянием ценности услуг в первую очередь предприятий, оказывающих услуги судам и грузам. Таким образом, согласно авторской трактовке, под морским транспортным узлом следует понимать совокупность стивидорных, а также иных компаний и организаций, оказывающих услуги морским судам и грузам.

В свете вышеизложенного конкурентоспособность МТУ представляет собой способность сложного, многокомпонентного организационно-экономического механизма оказывать конкурентоспособные услуги.

Оценка степени конкурентоспособности МТУ заключается в первую очередь в выборе базового объекта для сравнения, то есть морского узла, порта, терминала и тому подобного, который должен обладать соизмеримостью по следующим направлениям:

— сегменты рынка, на которых пользуются спросом услуги, оказываемые судам (то есть грузопотоки, осваиваемые портами на данных направлениях);

— фаза жизненного цикла, в которой функционируют сравниваемые объекты.

Проанализируем конкурентоспособность российского морского транспортного узла по вышеназванным направлениям.

Основная деятельность МТУ направлена на обеспечение перевалки российских и внешнеторговых грузов, поэтому его конкурентами являются: все виды транспорта, составляющие конкуренцию морскому транспорту в пределах данного региона РФ, морские порты РФ, иностранные морские порты, находящиеся в пределах данного бассейна. Однако, учитывая преимущества морского транспорта, заключающиеся в его способности совершать межконтинентальные перевозки,

а также сравнительно низкую себестоимость перевозки одной тонны груза (вследствие большой партионности), иные виды транспорта не всегда могут составить морскому достойную конкуренцию. Поэтому в данной статье в качестве конкурентов МТУ рассматриваются только морские порты (комплексы, терминалы) как отечественные, так и иностранные. Причем последние составляют российскому МТУ достаточно серьезную конкуренцию: по отдельным грузам доля зарубежных портов в общем объеме перевалки значительно выше средней. Так, например, в 2006 г. в портах Балтии было перевалено 68,1 % российского угля и 45,3 % минеральных удобрений, тяготеющих к Балтийскому бассейну, а в портах Украины — 76,4 % угля и 56,2 % удобрений, тяготеющих к Черноморско-Азовскому бассейну. Сохраняется эта тенденция и сегодня (см. табл. 1).

Таблица 1

Перевозки российских грузов через морские порты России, Балтии, Украины
за 2007–2008 гг., млн т [1; 2]

Порты	2007 г.	2008 г.	2008/2007 гг.	Абсолютное отклонение, т
России, Балтии, Украины, ВСЕГО	566,60	571,06	100,79	+4,46
из них: сухие грузы	251,45	257,03	102,22	–5,58
наливные грузы	315,15	314,02	99,64	–1,13
Порты России ВСЕГО	449,49	454,59	101,13	+5,10
из них: сухие грузы	185,07	191,78	103,63	+6,71
наливные грузы	264,42	262,81	99,39	–1,61
Порты Балтии и Украины, ВСЕГО	117,11	116,47	99,45	–0,64
из них: сухие грузы	66,38	65,25	98,30	–1,13
наливные грузы	50,73	51,21	100,95	+0,48

Как свидетельствуют статистические данные, представленные в табл. 1, в 2008 г. по сравнению с 2007 г., общий объем перевозок грузов через морские порты России вырос всего лишь на 1,1 %. Объем перевозок российских грузов через морские порты Балтии и Украины снизился на 0,5 % и составил 116,5 млн т. Однако доля российских грузов, проходящих через «порты-конкуренты», про-

должает оставаться значительной и находится в пределах 21 % (см. рис. 2).

Анализ структуры грузопотоков, прошедших через порты, составляющие конкуренцию российским, показывает, что наливные грузы составляют приблизительно 43 % от общего объема (см. табл. 1), причем в 2008 г. наблюдается их увеличение почти на 1 %.

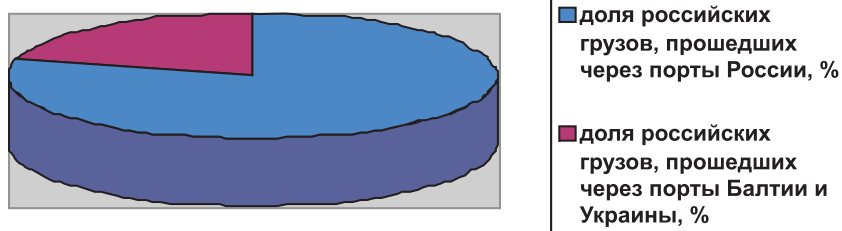


Рис. 2. Доля российских грузов, прошедших через порты России, Балтии и Украины в 2007–2008 гг. [1; 2]

Влияние фактора конкуренции со стороны иностранных портов не только очевидно, но и крайне опасно и не только для МТУ, поскольку «перетянув» грузопотоки на «себя», они, «забирая» доходы, сокращают поступления иностранной валюты, что ведет к уменьшению величины сальдо платежного баланса страны.

И действительно, принимая во внимание, что стоимость перевалки одной тонны наливных грузов в российском МТУ в среднем составляет 1,6 долл. США, только в течение 2007 и 2008 гг. Россия «недополучила» 163,1 млн долл. США, и это не считая сумм НДС, которые оплачивает иностранный партнер в случае непредоставления им требуемого налоговыми органами пакета документов для обоснования ставки 0 %. Сегодня такая ситуация для России не является критической, поскольку в настоящий момент российские морские порты не справляются с существующими объемами грузопотоков вследствие недостаточности мощностей. Именно поэтому некоторые грузопотоки «отданы» на Украину и в другие страны, образуя «резервные грузы», которые будут возвращены в России по первому ее требованию. Однако такие суждения являются, на наш взгляд, весьма спорными, поскольку вряд ли наши прямые конкуренты отдадут грузопотоки «легко и непринужденно». Минтрансвязи Украины в 2009 г. инициировало продление срока действия скидок к ставкам на перевалку транзитных грузов через морские торговые порты до конца года. Целью инициативы анонсировано создание благоприятных условий для сохранения существующих и привлечения новых транзитных грузопотоков в порты Украины [10].

В то же время, если Россия сможет безболезненно «вернуть» хотя бы 10 % отданных на время грузов, в бюджет страны поступят достаточно неплохие доходы. Такая же ситуация складывается и с потоком контейнеров. В настоящее время до 62 % общего контейнерооборота РФ идет через порты Северо-Запада, а страны Балтии и Финляндия обслуживают еще 20 % российского грузопотока. Принимая во внимание разработанную и активно внедряемую сегодня на практике стратегию развития морских портов России как составной части ее транспортного комплекса, направленную на строительство новых, а также модернизацию существующих, уже в ближайшем будущем порты будут готовы осваивать «отданные на время» грузопотоки. Так, например, в проекте новой федеральной целевой программы «Развитие транспорта России на 2010–2015 годы» отмечается, что развитие российской экономики, рост производства, расширение внешнеэкономических связей, транзитных перевозок грузов обуславливают необходимость дальнейшего наращивания пропускной способности морских портов, а также переориентации некоторых грузопотоков из портов сопредельных стран на российские [7].

Однако сегодня порты Балтии, Украины и других государств, составляющие конкуренцию российским, находятся в фазе «зрелости». Они готовы «сражаться» за грузопотоки [4], поэтому стратегию завоевания «резервных грузов» следует готовить уже сегодня.

Одной из главных причин «ухода грузов за рубеж» является отсутствие достаточного количества производственных мощностей. Однако существует и другая достаточно веская причина — низкая конкурентоспособность наших портов на мировом уровне. Так, например, согласно маркетинговым исследованиям, проведенным ОАО «НМТП» в 2008 г., по критериям, соответствующим мировым стандартам, российские порты Черноморско-Азовского бассейна по ряду позиций существенно уступают первенство портам Украины (см. табл. 2).

Таблица 2

**Анализ конкурентоспособности ОАО «НМТП» по сравнению с портами
Черноморско-Азовского бассейна (по материалам годового отчета ОАО «НМТП»)**

Наименование фактора	Рейтинг важности фактора	ОАО «НМТП»	Порт Туапсе	Порт Одесса	Порт Ильичевск	Порт Южный
Удобство расположения	0,2	0,3	0,2	0,18	0,16	0,16
Цена	0,5	0,1	0,2	0,25	0,25	0,2
Качество услуг	0,2	0,3	0,19	0,17	0,17	0,17
Быстрота обслуживания	0,05	0,3	0,19	0,17	0,17	0,17
Послепродажное обслуживание	0,05	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Итоговое значение конкурентоспособности предприятия		0,195	0,1975	0,2135	0,2095	0,1845

По мнению экспертов, занимающихся этим вопросом, конкурентоспособность российских портов значительно проигрывает вследствие географических особенностей, портовых тарифов, сборов, уровня предоставляемых услуг. Так, например, серьезным препятствием повышения конкурентоспособности отечественных морских портов Северо-Западного региона являются ледовая обстановка и каналные проводки судов в порты и обратно. Так, например, в Санкт-Петербургском порту ледовые проводки составляют до 25 % портовых сборов [3], а судовладельцам также приходится дополнительно оплачивать и лоцманские услуги. Во многих западных портах, составляющих нашим серьезную конкуренцию, такие нюансы просто отсутствуют.

Следующим направлением, влияющим на формирование конкурентной стратегии порта, является область, подконтрольная государству: тарифы и портовые сборы. Поскольку именно в компетенции государства находятся вопросы определения перспективных направлений тарифной политики всех видов транспорта нашей страны, данное направление целесообразно отнести к внешним факторам, на которые порт может повлиять лишь в части экономического обоснования тарифов на погрузочно-разгрузочные и иные работы и услуги.

Еще одним направлением, в рамках которого развивается конкурентная борьба

между портами, является уровень предоставляемых портом услуг. Сегодня под уровнем услуг, как правило, понимается сокращение времени пребывания судна в порту. При этом особое внимание уделяется простоям по причине оформления документов, а также увеличению норм выполнения погрузочно-разгрузочных операций. Такое узкое понимание термина «уровень услуг» означает, что при определении стратегий повышения конкурентоспособности морского порта его до сих пор рассматривают как отдельное предприятие, в то время как на результат его деятельности оказывают влияние и другие компании.

Сегодня в прессе все чаще звучит термин «транспортный узел», который применяется к морскому порту. Однако, как было отмечено ранее, между понятиями «морской порт» и «морской транспортный узел» есть существенные различия. И если для морского порта как отдельно взятого предприятия его конкурентоспособность определяется через уровень услуг по обеспечению главным образом погрузочно-разгрузочных работ, то для морского транспортного узла такой подход неприемлем, поскольку в его состав входит множество предприятий (стивидорных, агентских, экспедиторских и др.), именно совместная деятельность которых формирует комплексный показатель «ценность услуги». Причем чем выше этот показатель, тем выше конкурентоспособность транспортного узла,

поскольку в данном случае уровень оказываемых судам и грузам услуг переходит на качественно новый уровень: не просто погрузили грузы в срок, а качественно обрабатывали весь судозаход, оказав все необходимые услуги.

При разработке конкурентной стратегии МТУ также необходимо обратить вни-

мание на то, что в данном сегменте рынка за последние годы произошло увеличение числа конкурентов за счет строительства новых портов, как российских, так и иностранных. Причем данная тенденция сохраняется и сегодня, и все это происходит на фоне сравнительно невысоких темпов роста грузооборота морского транспорта (см. табл. 3).

Таблица 3

Динамика темпов роста грузооборота морского транспорта [8]

Показатели	2000 г.	2002 г.	2003 г.	2004 .	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.
Грузооборот морского транспорта, млрд т/км	122	112	85	66	60	62	65	84
Темп роста, %	—	91,8	75,9	77,6	90,9	103,3	104,8	129,2

Как свидетельствуют данные, представленные в табл. 3, темп роста грузооборота на морском транспорте сравнительно невысокий. Более того, наблюдается тревожная тенденция сокращения величины грузооборота за период с 2000 по 2005 г. И только в 2006 г. начинается его рост, причем темп роста составил всего лишь 103,3 %. В 2007 г. темп роста увеличился, но не сильно. И только в 2008 г. наблюдается улучшение ситуации: темп роста составил 129,2 %. На основании анализа грузооборота морского транспорта за период с 2000 по 2008 г. приходим к выводу о том, что сегодня отрасль морского транспорта развивается не слишком быстрыми темпами. Следовательно, внутриотраслевая конкуренция с каждым годом становится все жестче, требуя от участников рынка разработки новых, уникальных конкурентных стратегий.

Также следует отметить, что на формирование конкурентной стратегии МТУ значительное влияние оказывает и развитие мировой торговли, так как через него в основном проходят внешнеторговые грузы (экспорт, импорт, транзит), что и определяет значительную долю именно экспортно-импортных контрактов. Анализ результатов коммерческой работы крупнейших стивидорных компаний, расположенных на территории порта Новороссийск, показал, что именно внешнеторговые грузы составляют до 90 % обрабатываемого грузооборота. Если же говорить о

«направленности» перерабатываемых грузопотоков в российских портах, то можно отметить следующее: объем внешнеторговых грузов в 2008 г. по сравнению предыдущими годами остался без существенных изменений и составил 425,3 млн т, в то время как цифра общего грузопотока находится в пределах 570,0 млн т [1; 2].

Далее рассмотрим следующий фактор, под влиянием которого формируется конкурентная стратегия МТУ.

Специфика отрасли, в которой функционируют морские транспортные узлы, обуславливает довольно сильную рыночную власть покупателей услуг. Это связано с концептуальными основами развития и становления, как отрасли, так и внутриотраслевой конкурентной борьбы. Расстановка сил в отрасли происходит следующим образом: покупатели являются заказчиками услуг, предоставление которых и осуществляет МТУ. Причем именно покупатели определяют объем оказываемых услуг на основании заключенных договоров. Если в промышленности продавец может произвести некоторый объем товаров, а потом с помощью разработки маркетинговой стратегии занимается их последующим сбытом (что в принципе является не очень эффективной, но, к сожалению, достаточно распространенной тактикой в нашей стране), то на предприятиях транспортной сферы данный вариант исключается категорически. Именно в этом

и заключается специфика продукции МТУ: он вынужден «подстраиваться» под запросы и пожелания деловых партнеров (покупателей), не имея возможности создать резервы на будущее. Продукцию транспортного узла нельзя накопить, поэтому невозможно создать резерв «получения доходов» в будущем, если «что-то пойдет не так» в настоящем. Ее нельзя «заморозить», «придержать» для более щедрых покупателей. Именно поэтому в данном случае продавец весьма ограничен в использовании «инструментария торга», особенно если учесть тенденцию роста числа конкурентов, причем не только российских, но и иностранных.

Также определенные преимущества покупатели услуг получают ввиду наличия достаточно сильных барьеров для вхождения в отрасль новых конкурентов. Рассмотрим эти барьеры более подробно.

Для вхождения в сферу деятельности морского транспортного узла у новых участников рынка возникают потребности в достаточно высоких капиталах. Поэтому в качестве

первого барьера, обуславливающего трудность появления новых компаний грузовладельцев и судовладельцев в отрасли морского транспорта, обозначим необходимость крупных капиталовложений, то есть потребность в капитале. Данный вывод сделан автором на основании анализа основных грузопотоков, проходящих через морские порты России (см. рис. 3) за период с 2005 по 2008 г.

Проведенные автором исследования показывают, что в течение рассматриваемого периода основная номенклатура грузов, проходящих через российские порты, — это сырье и контейнеры. Следовательно, для того чтобы появиться на рынке грузовладельцев в качестве новых покупателей услуг, потребуется составить конкуренцию уже существующим добывающим, перерабатывающим компаниям, вложившим в свой бизнес достаточно серьезные средства.

Такая же ситуация складывается и на рынке тоннажа. Так, например, по данным “New Ships”, “Optima reports” [9] самая низкая



Рис. 3. Основные грузопотоки, проходящие через морские порты России [1; 2]

цена за постройку балкера дедвейтом 8100 т составляет 15 млн долл. США, постройка танкера-химовоза дедвейтом 16 500 т обойдется приблизительно в 30 млн долл. США.

Если же анализировать рынок секонд-хенда, то универсальные суда и балкеры возрастом 5 лет и дедвейтом около 13 тыс. тонн можно приобрести за 25 млн долл. США, в то время как танкеры обойдутся покупателю значительно дороже. Это обуславливает наличие серьезного барьера для появления новых судоводных компаний (то есть потенциальных покупателей услуг).

Также для вхождения на рынок отрасли морского транспорта молодой компании обязательно потребуются специалисты высокого класса, способные разработать ее эффективную конкурентную стратегию завоевания и удержания определенного сегмента рынка (второй барьер). И здесь тоже есть своя специфика, поскольку для создания успешной команды при формировании судоводной компании потребуются специалисты в области менеджмента, маркетинга, но обязательно имеющие морское образование и желательно — опыт работы в данной сфере.

Этот фактор также является сдерживающим при определении тенденций роста количества судоводных компаний. Следовательно, из-за особенностей сферы деятельности МТУ вероятность появления новых покупателей, которые могут стать серьезными конкурентами, не слишком велика. И это дает уже существующим на рынке компаниям достаточно сильную рыночную власть, обуславливающую жесткую конкуренцию между продавцами услуг.

В свете вышеизложенного приходим к выводу о том, что на деятельность МТУ существенное влияние оказывают три основных фактора:

- интенсивность развития отрасли;
- темпы роста мировой торговли;
- сильная власть покупателей услуг, обусловленная спецификой его деятельности.

В создавшихся условиях при формировании конкурентной стратегии МТУ одним из приоритетных направлений очевидной становится актуальность разработки вопросов, направленных на повышение ценности оказываемых им услуг, что, безусловно, укрепит его позиции в конкурентной борьбе.

Список литературы

1. Все грузы России // Морские порты России. — 2008. — № 1. — С. 106–132.
2. Все грузы России // Морские порты России. — 2009. — № 1. — С. 55–80.
3. Григорьев Д. Оружие в конкурентной борьбе // Морской бизнес Северо-Запада. — 2009. — № 16.
4. Каткевич Г. Терминал «ТИС-уголь» принял первые грузы // Порты Украины. — 2008. — № 10.
5. Портер М. Е. Конкуренция: пер. с англ. — М.: Издат. дом «Вильямс», 2005. — 608 с.
6. Портер М. Е. Конкурентное преимущество: Как достичь высокого результата и обеспечить его устойчивость: пер. с англ. — М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. — 715 с.
7. ФЦП «Развитие транспорта России на 2010–2015 годы» [Электрон. дан.]. Электрон. ресурс. Режим доступа: http://doc.rzd.ru/isvp/public/doc?STRUCTURE_ID=5104&layer_id=3368&refererLayerId=3367&id=3772
8. <http://www.gks.ru/>
9. <http://www.apk-inform.com/showart.php?id=50754>
10. <http://intermost.ru/news/142897/>

ОЦЕНКА КОНКУРЕНТНОЙ ПОЗИЦИИ ТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

A TRANSPORT ENTERPRISE COMPETITIVE POSITION RATING

Настоящая статья посвящена оценке позиции транспортного предприятия с целью принятия обоснованных управленческих решений и выбора приоритетных технологий управления. Последовательно оценивается состояние рынка, стадии жизненного цикла предприятия, а также положение предприятия на рынке. В заключение данные составляющие приводятся в виде трехмерной матрицы определения позиции предприятия.

The present article is intended for estimation of a transport company position for the purpose of acceptance of well-founded administrative decisions and a choice of priority technologies of management. Market condition, life cycle stage of an enterprise, and also enterprise condition in the market are estimated consistently. In conclusion the given components are resulted in the form of a three-dimensional matrix of enterprise position definition.

Ключевые слова: позиция транспортного предприятия, рынок, стадии жизненного цикла, состояние предприятия, технологии управления.

Key words: transport company position, market, life cycle stages, condition of an enterprise, management technologies.

СОСТОЯНИЕ, в которое переходит предприятие при осуществлении своей деятельности на рынке, ставит перед менеджером соответствующие задачи и требует от него принятия адекватных решений. Эти решения могут касаться как изменения целей организации, так и способов их достижения. Это вызвано тем, что предприятие подвержено воздействию со стороны окружающей среды, и вынуждено адаптироваться к ней с помощью обратных связей. Любое управленческое решение является результатом отработки менеджером воздействий обратной связи.

Можно предположить, что позиция транспортного предприятия является ключевым элементом выбора технологий управления. Отталкиваясь от позиции транспортного предприятия, мы устанавливаем приоритетность технологий управления для адекватного функционирования на данном рынке и для его развития. Смена приоритетности конкретной технологии управления связана с изменением положения транспортного предприятия на рынке транспортных услуг. Иными словами, технология управления определяет уровень взаимодействия и быстроту реагирования предприятия на изменения в окружающей среде.

Обоснованному принятию тех или иных управленческих решений должен предшествовать анализ текущей позиции предприятия, который, в свою очередь, предполагает оценку следующих составляющих:

- состояние рынка;
- стадия жизненного цикла предприятия;
- положение предприятия на рынке.

Поскольку объектом рассмотрения в нашем случае являются главным образом транспортные предприятия, занимающиеся морскими перевозками, — дальнейшее рассмотрение этих трех составляющих приводится именно с учетом транспортной специфики.

Обобщив научную литературу, отражающую специфику рынка транспортных услуг [1; 2], можно выделить три основных состояния рынка:

- развивающийся (растущий);
- стабильный;
- снижающийся.

Такая укрупненная группировка состояний рынка в большинстве случаев является оправданной, поскольку практический интерес в большей степени представляют факторы, действующие на транспортное предприятие на определенном рынке. Для анализа позиции

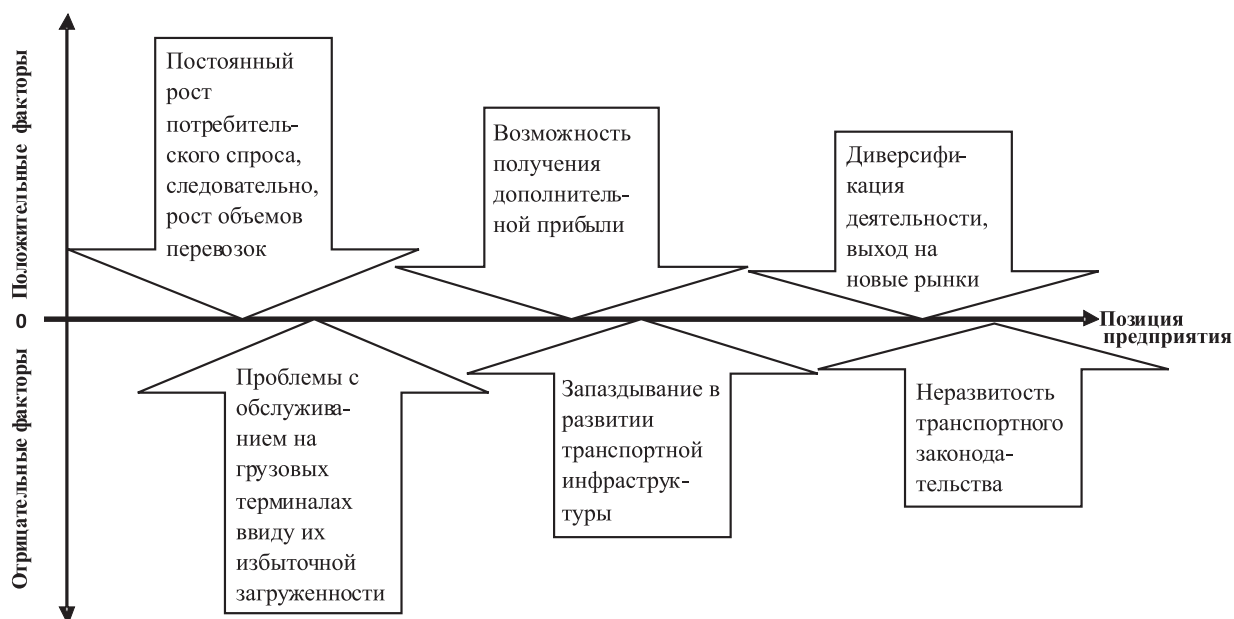


Рис. 1. Основные факторы, оказывающие влияние на предприятие-перевозчика в условиях растущего рынка

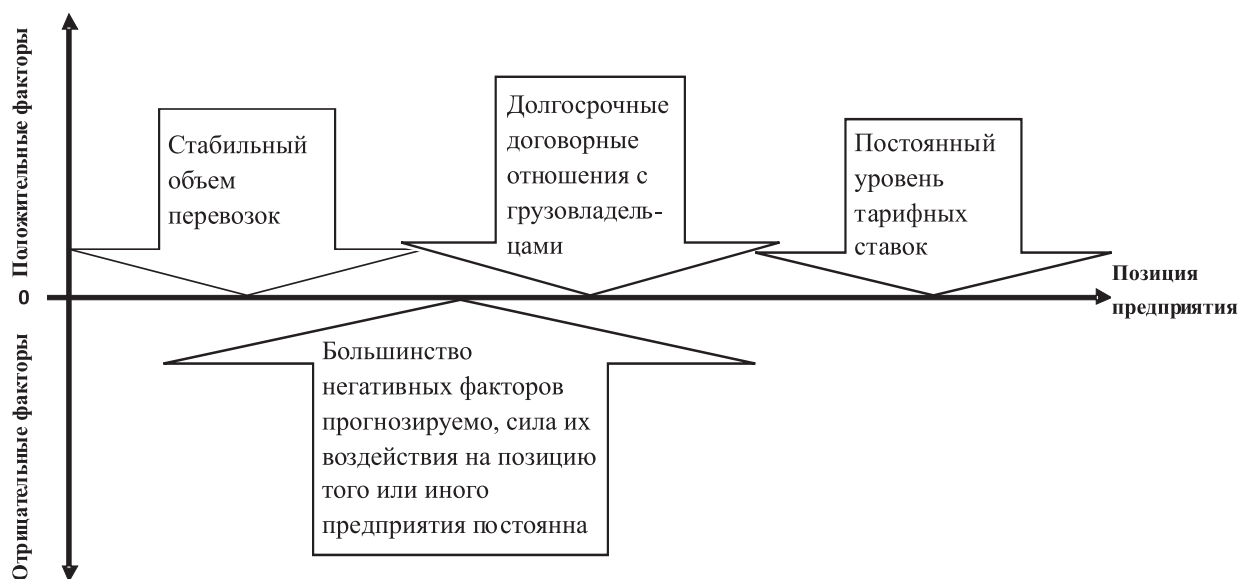


Рис. 2. Основные факторы, оказывающие влияние на предприятие-перевозчика в условиях стабильного рынка

транспортного предприятия на каждом из указанных рынков воспользуемся разработанным Д. Хасси методом анализа силового поля [4].

На рис. 1 представлено распределение основных факторов, оказывающих влияние на транспортную организацию в условиях растущего рынка.

Состояние рынка грузовых перевозок предопределяется состоянием национальной экономики в целом. Растущий рынок перевозок характеризуется ростом количества перевозимых грузов, вызванным стабильно растущим потребительским спросом. Прибыль транспортного предприятия в данных усло-

виях увеличивается за счет роста объемов перевозок. Получая и накапливая прибыль, предприятие получает возможность своего развития, например выход на новые рынки, диверсификация деятельности и др. Условия растущего рынка предполагают и наличие отрицательных факторов, среди которых на первый план выходят инфраструктурные проблемы, например недостаточная пропускная способность грузовых терминалов, нехватка складских площадей и т. д. Выбор технологии управления в условиях растущего рынка обуславливается ситуациями, которые порождают сочетания факторов, сгруппированных на рис. 1.

На рис. 2 обобщены факторы, действующие на предприятие-перевозчика в условиях стабильного рынка.

По сравнению с растущим и снижающимся рынками стабильный рынок является более простым вариантом для рассмотрения, поскольку данный рынок характеризуется наибольшей сбалансированностью и постоянностью воздействующих на предприятие факторов. Объем перевозок постоянен, его колебания незначительны и в основном зави-

сят от сезонности спроса. Уровень тарифных ставок также постоянен во времени. Каждое предприятие имеет собственную клиентскую базу и долгосрочные договорные отношения с определенными грузовладельцами. Проблемы развития транспортной инфраструктуры не стоят так остро, как в условиях растущего рынка. Большинство негативных факторов прогнозируемо, поскольку в условиях стабильного рынка они проявляются в большей степени в зависимости от слабых мест каждого конкретного предприятия, то есть являются внутрипроизводственными.

В целом, необходимость выбора или изменения той или иной технологии управления в условиях стабильного рынка вызвана на предприятии изменениями преимущественно внутреннего характера либо изменениями его стратегических целей.

На рис. 3 представлено распределение факторов, действующих на предприятие-перевозчика в условиях снижающегося рынка.

Примером снижающегося рынка может служить спад перевозок в РФ, вызванный экономическим кризисом 2008 г. Главной задачей любого транспортного предприятия в таких

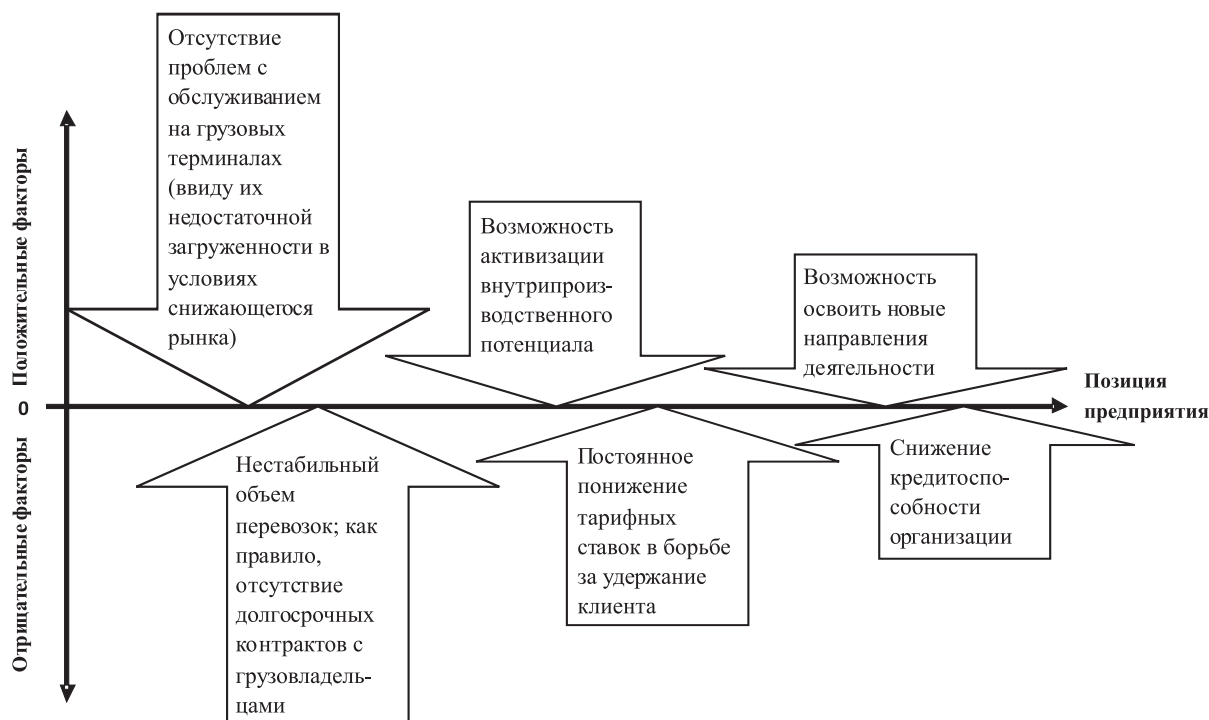


Рис. 3. Основные факторы, оказывающие влияние на предприятие-перевозчика в условиях снижающегося рынка

условиях является минимизация потерь, которых, к сожалению, не удастся избежать практически никому из участников рынка. В борьбе за клиента транспортные предприятия были вынуждены постоянно снижать тарифные ставки вплоть до уровня, а в некоторых случаях и ниже уровня себестоимости перевозок. Преимуществом для транспортных предприятий в условиях снижающегося рынка часто становятся более выгодные условия обработки грузов, предлагаемые со стороны терминалов с целью привлечения дополнительного грузопотока. Также одним из немногочисленных, но весомых положительных факторов является активизация внутрипроизводственного потенциала предприятия, в том числе его затратообразующая политика.

В целом, ситуация, складывающаяся под воздействием факторов снижающегося рынка, практически неизбежно влечет за собой изменение технологии управления транспортным предприятием и сопровождается структурными изменениями системы управления.

Очередным элементом анализа позиции предприятия является выявление стадии его жизненного цикла (ЖЦ). Предприятие в процессе своего формирования и функционирования последовательно проходит ряд стадий из следующего типового набора: создание → рост → зрелость → спад → реорганизация (реструктуризация) → банкротство → ликвидация. Ряд авторов [1; 2] расширяют или сужают такой набор.

Первая стадия — создание предприятия и его становление. О возникновении субъекта хозяйствования свидетельствует факт его регистрации в соответствующих органах исполнительной власти. На данном этапе происходит уточнение сферы деятельности предприятия, определение целей и выбор стратегии деятельности, разработка производственной и организационной структуры предприятия, подбор необходимого персонала, закупка оборудования, организация производства и управления предприятием. Именно на этой стадии жизненного цикла происходит определение стратегической позиции предприятия.

На стадии роста или расширения деятельности предприятия происходит позиционирование его продукции (услуг) на рынке,

поиск надежных партнеров, завоевание своей доли на рынке транспортных услуг, обеспечение рентабельной работы предприятия. На стадии роста можно говорить главным образом о смещении ресурсной позиции предприятия, выражающейся, например, в возникновении необходимости привлечения дополнительных трудовых ресурсов. Однако ресурсные проблемы на данной стадии решаются ввиду достаточных финансовых возможностей.

Стадия зрелости или оптимального функционирования характеризуется успешной высокоэффективной работой предприятия на основе отработанной технологии (в том числе и управленческой) и организации производства, активной маркетинговой деятельности. Позиция предприятия достаточно стабильна, каких-либо серьезных смещений, как правило, не наблюдается.

На стадии спада происходит наиболее заметное смещение позиции предприятия вследствие оттока капитала, снижения кредитоспособности организации и прочих факторов.

Если предприятие способно к изменениям, гибко реагирует на динамику внешней среды, быстро адаптируется к потребностям рынка, оно может долгие годы успешно функционировать, не боясь падения рентабельности и банкротства. Если же предприятие своевременно не реагирует на требования различных стадий жизненного цикла, это неминуемо приводит к спаду деловой активности и, в конечном итоге, к банкротству. Поэтому руководители предприятия должны обращать внимание на любые изменения в функционировании самого предприятия и в окружающей среде, которые могут быть первыми сигналами о надвигающейся беде.

Стадия банкротства в большинстве случаев характеризуется одними и теми же технологиями управления, поэтому нецелесообразно эту стадию в дальнейшем рассматривать отдельно. Стадия создания предприятия, напротив, предполагает детальный выбор на начальном этапе различных технологий управления для каждого отдельного предприятия в зависимости от его целей, задач, специфики деятельности и других многочисленных факторов. В связи с этим данная стадия слабо

формализуема с точки зрения выбора отдельной технологии управления.

Таким образом, при дальнейшем рассмотрении будем учитывать следующие укрупненные стадии жизненного цикла транспортного предприятия: рост → зрелость (стабильность) → спад.

В завершение общего анализа позиции предприятия перейдем от выявления стадии жизненного цикла к анализу положения организации на рынке. Для оценки положения транспортного предприятия на рынке транспортных услуг, как правило, рассматриваются следующие показатели:

- количество фактических конкурентов и относительный размер долей рынка, принадлежащих ближайшим конкурентам;
- стабильность во времени долей рынка, принадлежащих как данному транспортному предприятию, так и его ближайшим конкурентам;
- стабильность во времени самого рынка транспортных услуг (статичный или динамичный рынок);
- наличие потенциальной конкуренции в совокупности с оценкой наличия и величи-

ны препятствий для вхождения конкурентов на рынок (барьеров вхождения конкурентов в рассматриваемый рынок);

— потенциальная возможность изучаемого хозяйствующего субъекта выступать «ценовым лидером» на рынке и др.

Можно выделить следующие основные возможные положения предприятия на рынке транспортных услуг: доминирующее, сильное, благоприятное, неустойчивое, слабое.

Таким образом, выделив основные состояния рынка, стадии жизненного цикла предприятия, возможные положения предприятия на рынке транспортных услуг, мы можем объединить данные три составляющие в виде трехмерной пространственной матрицы определения позиций транспортной организации (рис. 4).

Следующее сравнение иллюстрирует практическую направленность использования матрицы, изображенной на рис. 4. Очевидный пример принятия решения на основе анализа возникшей ситуации есть на флоте. При возникновении какой-то нештатной ситуации на подводной лодке каждый член экипажа знает, какие действия и в какой последовательности

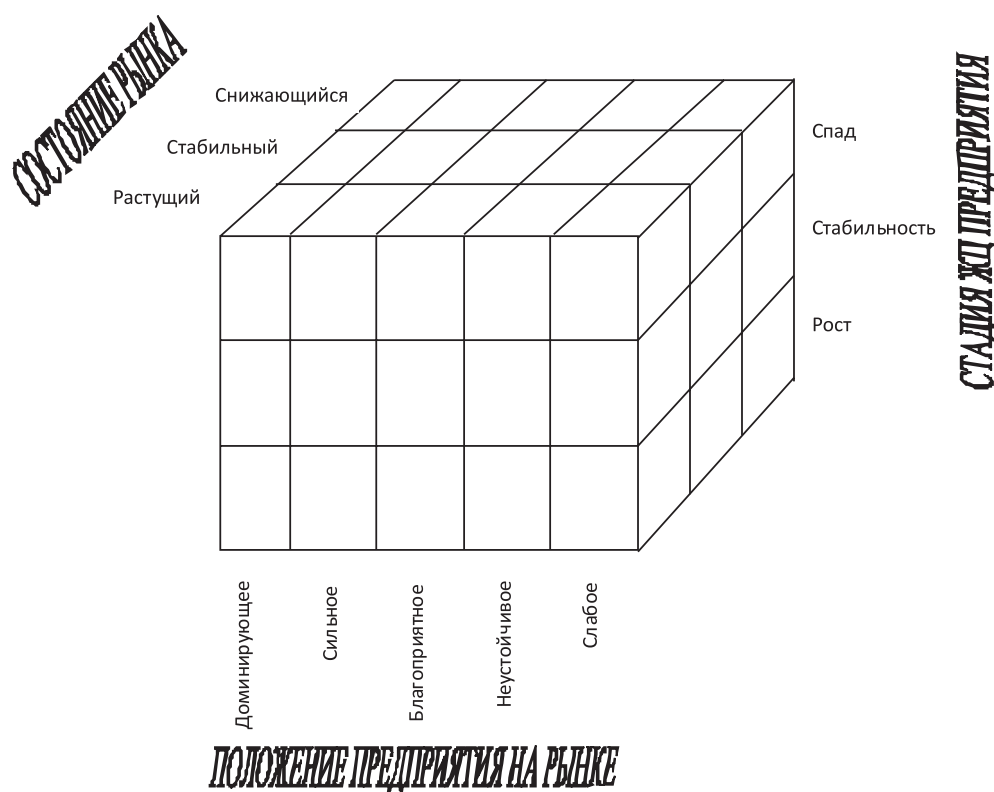


Рис. 4. Матрица определения позиции предприятия

он должен предпринять. То есть возможные проблемные ситуации заранее описаны как типовые, и для них разработаны алгоритмы действий. Точно такой же смысл и у матрицы. Как видно из рис. 4, матрица нам дает $5 \times 3 \times 3 = 45$ различных вариантов позиции предприятия. Каждый отдельно взятый квадрант матрицы характеризуется определенным набором конкретных ситуаций, характерных для применения определенной технологии управления. Поэтому для того, чтобы сориентироваться, в каком же русле управлять предприятием, менеджер определяет координаты по осям матрицы и на основании их — однозначно сегмент, в который попадает предприятие в соответствии с его текущим состоянием и состоянием рынка в целом. Этому определенному сегменту соответствует вполне

определенный и четко описанный алгоритм действий или хотя бы вектор управления в этой ситуации. Проанализировав каждый отдельный сегмент матрицы, в итоге мы приходим к обобщенной сегментной классификации позиций транспортного предприятия, дальнейшее использование которой приведет к формированию методики выбора приоритетной технологии управления для транспортного предприятия.

Таким образом, проведя анализ состояния рынка, текущего положения предприятия на рынке и обозначив стадию жизненного цикла предприятия, с помощью сформированной матрицы можно достаточно точно определить позицию транспортного предприятия и предложить наиболее результативную в этой ситуации технологию управления.

Список литературы

1. Бударина Е. В. Рынок транспортных услуг: особенности формирования и развития: учеб. пособие. — СПб.: СПбГИЭУ, 2001. — Ч. 2.
2. Кононова Г. А. Экономика транспортного предприятия: учеб. пособие. — СПб.: СПбГИЭУ, 2002.
3. Лапуста М. Г. Справочник директора предприятия / под ред. М. Г. Лапусты. — 7-е изд., испр., измен. и доп. — М.: ИНФРА-М, 2004. — 912 с. (Справочники «ИНФРА-М»).
4. Hussey D. Strategy and planning: a manager's guide. — Chichester: Wiley, 1999.

УДК 658.012

Г. Н. Кузнецов,
ассистент каф. АУПП,
СПГУВК

УПРАВЛЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

ORGANIZATIONAL CHANGES MANAGEMENT AT THE WATER TRANSPORT ENTERPRISES

В статье изложены методические положения по формированию системы управления организационными изменениями на предприятиях водного транспорта. Уточнено понятие «организационное изменение», обоснована классификация организационных изменений, происходящих на предприятиях водного транспорта, предложена концепция эффективного управления организационными изменениями и методы их реализации.

The article gives some methodical principles to form the system of the organizational changes management at the water transport enterprises. The author specifies the concept "organizational change", grounds the classification of organizational changes at the water transport enterprises, suggests the concept of effective management of organizational changes and methods for their implementation.

Ключевые слова: организационное изменение, квазисостояние, организационные изменения самосохранения и развития, гиперустойчивость, эволюционные экономические процессы, онтогенез, эффективное управление, этапы жизненного цикла.

Key words: organizational change, quasi-condition, organizational changes of self-preservation and development, hyper-stability, evolutionary economic processes, ontogenesis, effective management, life-cycle stages.

В УСЛОВИЯХ современной финансовой рецессии успешное развитие всех отраслей отечественной экономики, в том числе на предприятиях транспорта, во многом определяется их способностью оперативно реагировать на изменения внешней среды. В настоящее время конкурентная среда предприятий изменяется ускоренными темпами. Эта растущая изменчивость обусловливается результатом высоких покупательских ожиданий и переходом к глобальной конкуренции на всех видах транспорта, успех в которой определяется в современных условиях не столько самими факторами производства, сколько способностью системы адаптироваться к изменениям внешней среды. Конкурентная борьба во всех отраслях мировой экономики все больше сосредотачивается на организационных факторах, человеческих ресурсах и качестве всех технологических и производственных процессов.

Организационная перестройка ведется во всех сферах деятельности компаний, а разработка и реализация эффективных программ *организационных изменений* является ключевым фактором успеха в конкурентной борьбе. Для российских предприятий водного транспорта эта проблема особенно актуальна, так как происходит их реформирование в полноценные рыночные агенты и одновременно необходимо вписаться в процессы становления новой постиндустриальной глобальной экономической системы.

Обобщение определений понятия «организационное изменение», предлагаемое различными авторами, позволило уточнить его следующим образом: «Организационное изменение (далее — ОИ) — это совокупность действий (реакций) производственной сис-

темы на изменения во внешней и внутренней среде, сопровождающихся количественным и качественным ростом (сокращением) ее элементов, имеющих динамически неустойчивое состояние (квазисостояние), наличие которых требует постоянной адаптации к меняющимся условиям, приводящим к преобразованиям (в виде инноваций, реорганизации, реструктуризации и др.), повышающих эффективность конкурентоспособность предприятий водного транспорта».

В настоящее время доминирующее положение в сфере транспорта занимает частная собственность. Предприятиями негосударственных форм собственности выполняется на морском транспорте 88,4 % перевозок грузов и 97,3 % перевозок пассажиров, на внутреннем водном — 97,7 и 90,4 %, соответственно [3]. Учитывая сложившуюся ситуацию, частные компании водного транспорта должны проявлять повышенную гибкость, чтобы укрепить свои позиции на рынке транспортных услуг. Это обуславливает необходимость исследования процессов трансформации предприятий водного транспорта в зависимости от изменений конкурентной среды, разработки теории и методики управления целенаправленными организационными изменениями для создания эффективных моделей организационного развития в целях поддержания их высокого конкурентного статуса.

В настоящее время особозначимые исследования в этой области были проведены: А. А. Буловым, Л. Н. Буяновой, С. Ю. Глазьевым, А. П. Градовым, Г. Б. Клейнером, Г. А. Краюхиным, Г. М. Курошевой, Е. А. Лаврентьевой, А. Н. Лазаревым, Б. З. Мильнером, В. Г. Никифоровым, Г. В. Поваровым, Н. Н. Селезневой, И. П. Скобелевой, Л. М. Чистовым и др.

Однако ряд теоретических положений

требует своего уточнения и развития. К ним относятся:

- уточнение понятия «организационное изменение»;

- разработка классификации типов и видов организационных изменений применительно к предприятиям водного транспорта;

- обоснование концепции формирования системы комплексного управления организационными изменениями;

- разработка методических основ (алгоритма) эффективного управления организационными изменениями на предприятиях водного транспорта.

Для эффективного управления организационными изменениями на предприятиях водного транспорта большое значение имеет анализ и прогнозирование будущих состояний внешней среды. Характер взаимодействия предприятия и внешней среды может быть различным. Влияние параметров среды и ее элементов на предприятие неоднозначно. Одни непосредственно связаны с ним различными типами связей, другие влияют опосредованно, создавая атмосферу, в которой оно функционирует и развивается. С другой стороны, помимо внешней среды, организационные изменения на предприятиях могут вызываться внутренними потребностями, которые определяют, по нашему мнению, все многообразие организационных изменений на предприятиях водного транспорта: процессов, услуг, потребляемых ресурсов, рынков и рыночных сегментов, организационного и производственного потенциала, целей, стратегии, механизмов функционирования и др.

Внешняя среда, обеспечивающая возможности для успешного функционирования на любом уровне экономической системы (на мега-, мезо- и микроуровне), должна обладать следующими свойствами: иметь необходимые ресурсы, не создавать ограничений для системы и способствовать развитию конкуренции.

В связи с этим автором выделены две категории организационных изменений: самосохранения и развития.

Под организационным изменением развития следует понимать количественные, качественные и структурные организационные изменения состава и способов соединения

элементов производственной системы, характера связей между ними и форм их проявления в пространстве и во времени. Для развивающихся систем характерны, с одной стороны, устойчивость структуры, с другой — ее потеря, разрушение одной структуры и создание другой устойчивой структуры.

Слишком устойчивая система (гиперустойчивая) к развитию неспособна, так как она подавляет любые отклонения от своего гиперустойчивого состояния. Для перехода в качественно новое состояние система обязательно должна оказаться в какой-то момент неустойчивой. Однако перманентная неустойчивость — это другая крайность, такая же вредная для развивающейся системы, как и гиперустойчивость, ибо она исключает запоминание, закрепление в системе характеристик, полезных для взаимодействия с внешней средой, то есть того, что определяет устойчивую структуру системы.

Производственная система, как и любая другая экономическая система, является динамической неустойчивой системой и постоянно находится в состоянии колебания и необратимых сдвигов (разного масштаба). Из равновесного состояния она переходит в неравновесное, занимая там посредством самоорганизации различные устойчивые положения, и, обретая новую сложность, в очередной раз способна достичь нового равновесного состояния.

Производственная система не является самодостаточной, но в то же время это обособленный объект, который не может быть «растворен» в окружающей среде. Она является открытой к другим сферам деятельности — научно-технической, социальной, политической, культурной, экономической, экологической и т.д.

Известный русский экономист Н.Д. Кондратьев в ходе исследования проблем экономического развития (в частности, экономической динамики) и длинноволновых циклических колебаний экономической конъюнктуры вывел ряд принципиальных соображений по поводу сущности эволюционных процессов в экономике [2]. Н. Д. Кондратьев, не отрицая связи экономической эволюции с биологической, считал, что понятие эволюционных

процессов в экономике восходит к понятиям термодинамики.

Основными видами динамических процессов производственных систем являются эволюционные (необратимые) и циклические (обратимые) процессы. Как отмечал Н. Д. Кондратьев, почти все экономические элементы, взятые по отдельности, и системы в целом подвержены как качественным, так и количественным изменениям. Взятая в целом экономическая система представляет собой как бы целый поток непрерывных и многообразных качественных и количественных изменений. В ней имеются некоторые элементы, описывающие кривую необратимого процесса изменений, в целом процесс экономического развития предприятия представляется процессом необратимым.

Неповторимость, или необратимость, означает лишь невозможность изменения направленности процессов в каждый данный момент времени, что характерно для обратимых процессов. Поэтому «под волнообразными (повторяемыми или обратимыми) процессами, — подчеркивал Н. Д. Кондратьев, — следует понимать те процессы, которые в каждый данный момент имеют свое направление и, следовательно, постоянно меняют его, при которых явление, находясь в данный момент в данном состоянии и затем, меняя его, рано или поздно может вновь вернуться к исходному состоянию» [2].

Термодинамическая интерпретация сущности экономической эволюции, предложенная Н. Д. Кондратьевым, подтверждается также необратимостью научно-технического прогресса, предопределяющего смену технологических укладов. С точки зрения термодинамики экономическая эволюция — двойственный процесс. С одной стороны, это процесс нарастающего поглощения энергии и материи из окружающего природного мира, усложнения связей и отношений в экономической системе, с другой — процесс, сокращающий энергетический потенциал окружающего мира, усиливающий беспорядок в его материальной структуре [2].

Эволюционные изменения, связанные с потерей системой устойчивости, невозможностью возврата старого состояния устой-

чивости и переходом ее в новое устойчивое положение, определяют законы развития производственных систем. Совокупный экономический рост обусловлен синергетическим действием законов функционирования и развития производственных систем.

Переход от одного устойчивого состояния производственной системы к другому может осуществляться достаточно долго или, наоборот, очень радикально и быстро. Скорость замещения зависит от совокупности внутренних и внешних факторов. Чтобы подняться на качественно новый уровень функционирования системы, требуется создание критической массы необходимых условий. Если скорость замещения мала (сравнима с периодом технологического цикла), то организационные изменения называются непрерывными (эволюционными). Если скорость замещения велика (меньше цикла обновления продукции), то скачкообразными (революционными) изменениями.

Для более всестороннего и объективного рассмотрения и представления организационных изменений на предприятиях водного транспорта следует дополнить известные в теории и практике классификации организационных изменений двумя важнейшими критериями (направлениями исследования), отражающими такие свойства, как адаптивность к воздействиям внешней среды, способность к обеспечению сохранения основных функций системы путем приспособления к изменившимся условиям внешней и внутренней среды и онтогенез — развитие как отражение циклического существования системы через совокупность преобразований, претерпеваемых организацией от рождения до конца жизненного цикла.

Используя действие закона самосохранения, из теории систем в работе выделен в качестве объекта исследования новый блок подвидов классификации организационных изменений — реакция предприятия на вызовы внешней среды, способы взаимодействия с ней и влияния на среду с целью ее «улучшения». Суть закона самосохранения состоит в том, что в течение некоторого времени система, экономно используя свои ресурсы, может сохранять свою целостность и противостоять

многократно превышающим силам воздействия внешней среды. Это возможно только при условии экономного расходования ресурсов в обмен на длительность времени сохранения жизни организации [1].

Чтобы противостоять среде функционирования, предприятие должно соизмерять и всемерно учитывать не только силу влияния внешней среды, но и собственную сложность и многомерность, к тому же имеющую дополнительно большую определенность и подвижность. В связи с этим для любой организации принципиально важно определить выбор направлений своей самозащиты: с одной стороны, усиленно защищать свои слабые звенья, элементы, связи, а с другой — учитывать взаимосвязь внутренних и внешних факторов и обусловленность внутренних факторов внешними. При этом надо специально выделять те факторы, на которые система обязана реагировать прежде всего.

В связи с этим автором уточнена класси-

фикация организационных изменений, в которой выделяется в качестве объекта исследования еще один новый признак классификации организационных изменений — онтогенетический, то есть изучение организационных изменений на разных этапах жизненного цикла предприятия (см. табл. 1). Автором предложена концепция управления организационными изменениями, базирующаяся на новой парадигме управления. Суть ее заключается в определенном отходе от изначального убеждения, что успех фирмы определяется рациональной организацией производства продукции, снижением издержек за счет выявления внутрипроизводственных резервов, повышением производительности труда и эффективности использования всех видов ресурсов. При таком традиционном подходе предприятие рассматривается как «закрытая» система, его цели и задачи считаются заданными, как и условия его деятельности, достаточно стабильными в течение длительного периода времени.

Таблица 1

**Классификация организационных изменений организации
в соответствии с этапами жизненного цикла организации (ЖЦО)**

Признак Этап ЖЦО	Зарождение	Рост	Зрелость	Стагнация
Обратимость процесса изменения	Эволюционные	Эволюционно-циклические	Стабильно-циклические	Переменно-циклические
Период	Преимущественно стратегические	Стратегические, оперативные	Стратегические, оперативные	Преимущественно оперативные
Причины возникновения	Создание новой системы	Возможность интенсивного развития	Необходимость в изменениях снижается	Изменения практически не проводятся
Среда изменений	Преимущественно внутренние	Внешние, внутренние	Преимущественно внешние	Внешние
Новизна изменений	Преимущественно заимствованные	Заимствованные, собственные	Собственные, заимствованные	Собственные, заимствованные
Характеристика проводимых изменений	Непрерывно-плановые	Планомерные, скачкообразные	Преимущественно планомерные	Текущие
Функциональное содержание изменений	Структурные, организационные, производственные, управленческие, финансовые, информационные			

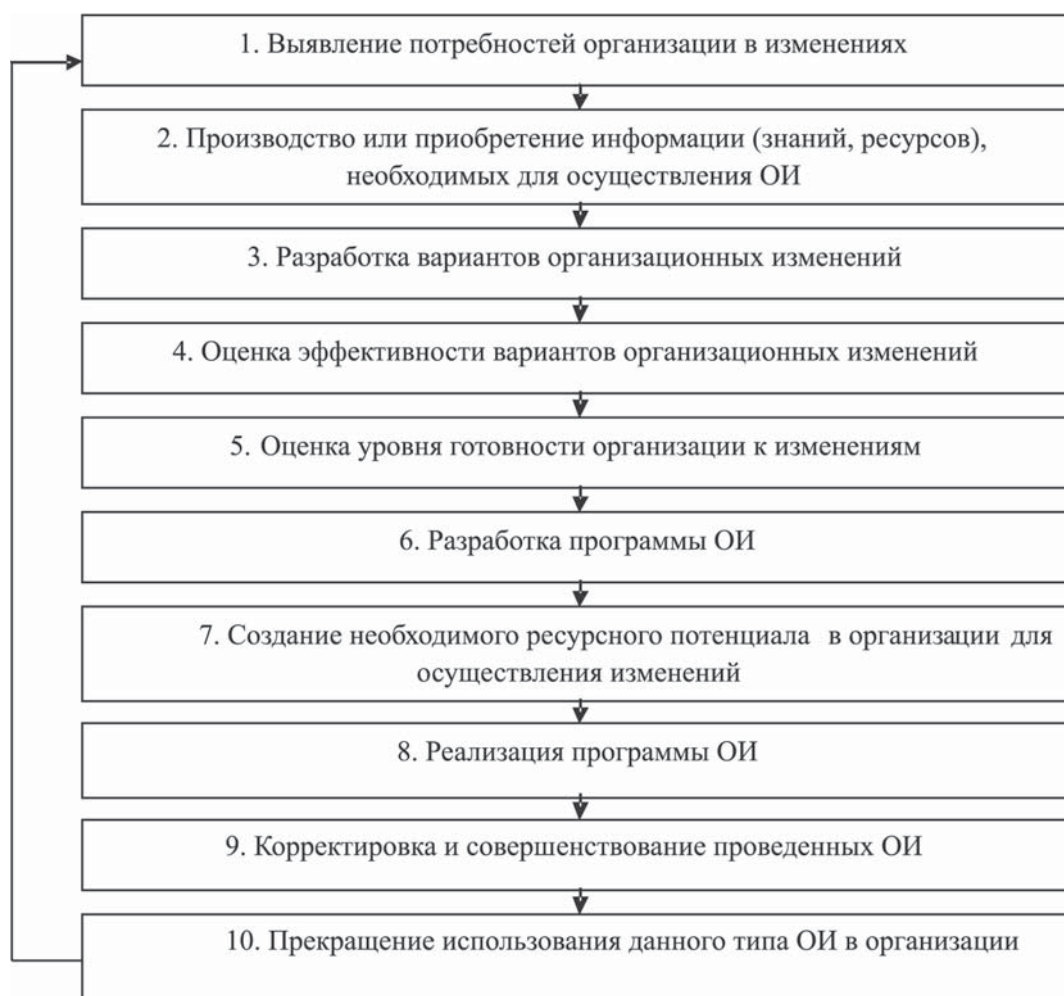


Рис. 1. Концептуальная схема процесса управления организационными изменениями

Новая парадигма управления основана на системном и ситуационном подходах к управлению. Предприятие рассматривается как «открытая» система; главные предпосылки успеха его деятельности отыскиваются вне системы, успех связан с тем, насколько хорошо она приспосабливается к внешней среде, прогнозирует и распознает угрозы, противостоит им, отыскивает возможности, возникающие в среде, извлекает из них максимум выгоды. Это и есть главные критерии эффективности системы управления согласно новой парадигме.

Концептуальная схема процесса управления организационными изменениями на предприятиях водного транспорта представлена на рис. 1.

Важной составляющей управления организационными изменениями на водном

транспорте является оценка экономической эффективности вариантов программ ОИ. Методы оценки должны базироваться, с одной стороны, на традиционных методах расчета эффективности инвестиционных проектов, а с другой — на стадии реализации программы ОИ. Целесообразно использовать конкретные показатели, характеризующие эффективность деятельности предприятий водного транспорта, до и после реализации организационных изменений. Создание и реализация изложенного подхода формирования системы управления организационными изменениями на предприятиях водного транспорта будет во многом способствовать ускорению их инновационного развития и повышению конкурентоспособности на международном рынке транспортных услуг.

Список литературы

1. Казакова Н. В., Кузин Б. И. Методика выбора стратегии организационного развития производственной системы в рыночных условиях функционирования // Гуманитарные науки. — 1997. — № 3.
2. Кондратьев Н. Д. Избранные сочинения. — М.: Экономика, 1993.
3. Российский статистический ежегодник—2009: стат. сб. / Росстат. — М., 2009. — 834 с.

УДК 681.5.03

Е. К. Алексеева,канд. экон. наук, доцент,
СПГУВК;**С. А. Алексеев,**канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
НИЦ

**ПОСТРОЕНИЕ ЧАСТНЫХ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ
СОДЕРЖАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ТРЕНАЖЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ
СПЕЦИАЛИСТОВ ПО СУДОВОЖДЕНИЮ**

**CONSTRUCTION OF PRIVATE MODELS FOR MANAGEMENT
THE QUALITY OF THE CONTENT AND TECHNOLOGY OF SIMULATOR
TRAINING OF THE NAVIGATION SPECIALIST**

В составе частных моделей управления качеством содержания и технологии тренажерной подготовки специалистов введены понятия обобщенной и частной профессиональных задач, определены набор показателей для оценки качества технологии тренажерной подготовки, а также состав процедур для создания качественной технологии, включающей: выбор адекватных методов обучения и создание качественной учебно-материальной базы с использованием перспективных средств тренажерной подготовки.

The concept of generalized and private professional tasks was introduced as a part of the private models of the quality of content and technology of simulator training. The set of indicators for quality evaluation of technology of simulator training was determined. Also, the composition of procedures for creation of high quality technology, which includes selection of adequate methods of training and building up a quality training base with the use of modern methods of simulator training was revealed.

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.

РЕШЕНИЕ проблем совершенствования процесса тренажерной подготовки (ТП) будущих специалистов по судовождению в учебных заведениях связано с тем, что продуктивное управление качеством ТП невозможно без перехода от субъективных описаний объектов, явлений и про-

цессов, происходящих в системе ТП, к строгим и объективным их представлениям. Такой переход возможен при разработке достаточно адекватных моделей. При этом потребности практической подготовки обучающихся делают эту задачу особенно актуальной с позиций моделирования процесса управления каче-

ством ТП, то есть с определением структуры, содержания и функций управления, а также обоснованием критериальных требований к эффективности процесса ТП в целом и отдельных его компонент.

Ясно, что задачи, возникающие при анализе и синтезе структуры и процессов функционирования сложных автоматизированных систем, к которым относится и система управления качеством тренажерной подготовки (СУКТП), требуют применения математических методов описания элементов и их взаимодействия в системе ТП. Наиболее подходящими являются методы математического моделирования, в которых сочетаются качественные особенности моделируемого объекта с его количественными характеристиками. Математические модели дают возможность аналитической оценки различных вариантов управления качеством ТП, реализуемых СУКТП.

Для решения вопроса выбора подхода к моделированию структуры и процесса функционирования СУКТП необходимо рассмотреть суть, достоинства и недостатки структурного, функционального и структурно-функционального подходов (табл. 1).

Содержание данной таблицы показывает преимущества структурно-функционального подхода как к построению моделей системы ТП, так и моделей СУКТП.

В рамках системы ТП целесообразно рассматривать в качестве моделируемых объектов следующие:

1) обучающегося как субъекта и объекта

тренажерной подготовки;

2) содержание ТП, которое тем или иным образом организовано и зафиксировано;

3) систему методов, организационных форм и средств ТП (технология ТП);

4) систему методов, организационных форм и средств контроля и оценки качества тренажерной подготовки (технология контроля и оценки качества ТП);

5) руководителя тренажерной подготовки как организующее и управляющее начало процесса ТП, работающего в контуре автоматизированной СУКТП.

Каждый из названных объектов достаточно сложен и является конкретным предметом исследования многих наук (социологии, педагогики, психологии, физиологии, экономики и др.). Однако для моделирования на основе структурно-функционального подхода наиболее важно специфическое содержание, которое проявляется у этих объектов в динамике, в процессе взаимодействия, когда они образуют новый сложный объект — процесс тренажерной подготовки, управляемый СУКТП. С этих позиций не может считаться приемлемой любая концепция моделирования процесса ТП под управлением СУКТП, которая связана с изъятием из рассмотрения хотя бы одного из взаимодействующих в ходе ТП объектов. В той или иной форме (прямо или опосредованно) каждый из вышеназванных объектов должен найти место в теоретической схеме разработки метода управления качеством тренажерной подготовки в учебном заведении.

Таблица 1

Суть, достоинства и недостатки подходов к моделированию системы тренажерной подготовки и системы управления ее качеством

Подход	Суть подхода	Достоинства	Недостатки
Структурный	Определяет систему тренажерной подготовки как множество взаимосвязанных структурных элементов, подчиненных целям управления качеством тренажерной подготовки с использованием СУКТП	Позволяет со всей полнотой и глубиной дать формальное описание состава элементов системы тренажерной подготовки (аналогично СУКТП) и их взаимосвязей	Нарушается принцип целостности описания, являющийся генетически первым свойством системы ТП (аналогично СУКТП). Функции организационной и дидактической подсистем СУКТП рассматриваются отдельно

Таблица 1
(Окончание)

Функциональный	Ориентирован на выделении структурных элементов по степени их влияния на целенаправленный процесс функционирования системы ТП при управлении ее качеством синтезированной СУКТП	Определяет отношение системы тренажерной подготовки (аналогично СУКТП) к окружающей среде. Функции системы ТП приравниваются к этапам управленческого цикла	Не учитывает тот факт, что достижение целей ТП (целей управления ее качеством) зависит от структуры, состава элементов и способа их объединения в систему
Структурно-функциональный	Ориентирован на выделение и формальное описание как элементов структуры ТП, так и процессов их функционирования, которые объединяются в целостный процесс функционирования системы ТП под управлением синтезированной СУКТП	Позволяет наиболее полно осуществить согласование целей ТП с функциями, задачами, процедурами и взаимосвязями всех структурных элементов системы ТП (аналогично СУКТП). Обеспечивает удовлетворение требованиям целостности анализа и синтеза, адекватности выбранного метода ТП и управления ее качеством	

При выборе типа адекватных моделей элементов СУКТП не может не рассматриваться вопрос о применении научно-обоснованных критериев (показателей) для оценки проявления существенных свойств синтезированной СУКТП в рамках контроля успешности ТП. В связи с этим необходимо подчеркнуть, что в целом проблема разработки критериев (частных и интегральных показателей) оценки работы элементов системы ТП для суждения об эффективности синтезированной СУКТП пока не вышла из стадии постановки.

Чтобы синтезировать эффективную СУКТП, необходимо иметь как можно более детальное представление о том, какими профессиональными и личностными свойствами должен обладать выпускник учебного заведения по конкретной специальности, например по судовождению. Для этого необходимо иметь научно-обоснованную модель специалиста [2; 5; 7; 8]. В настоящее время существует около 50 методик моделирования деятельности специалиста. Такое разнообразие свидетельствует, во-первых, об узкой ориентации их на

моделирование деятельности специалистов конкретного профиля и конкретную систему их практической, в том числе и тренажерной, подготовки. Во-вторых — о недостаточной теоретической исследованности проблемы моделирования в управлении качеством подготовки и профессиональным использованием специалистов по судовождению.

В последние годы получили распространение методики построения обобщенной модели специалиста, предназначенные для решения частных задач в рамках направления подготовки или специальности. Важнейшей задачей в них является определение целей и параметров подготовки, обеспечивающих требуемый уровень профессионального соответствия специалиста установленным требованиям к качеству его подготовки. Однако на практике достаточно сложно обеспечить возможность прямого перевода данных из области профессиональной деятельности военных специалистов в область их подготовки, на язык учебных планов, программ и методик. Даже для перечней умений и навыков, которые легко выделяются из конкретной

деятельности, осуществлять прямой перевод непосредственно на процесс тренажерной подготовки достаточно трудно.

Модель управления качеством содержания тренажерной подготовки

Повышение качества ТП во многом определяется соблюдением принципов отбора и структурирования содержания ТП, конструирования программ практической подготовки будущих специалистов по судовождению. Высокий уровень квалификации руководителей ТП, применение прогрессивных технологий ТП, эффективная организация учебно-познавательной деятельности обучающихся, их интеллектуальный и мотивационный уровень позволяют в основном гарантировать достижение хороших результатов ТП, но только при условии формирования и развития необходимых умений, навыков и личностных характеристик, которые были определены как цели ТП и нашли соответствующее отражение в его содержании.

Следствием недостаточно обоснованного отбора содержания ТП может стать недостаточная эффективность решения обучающимися задач ТП. Устранение этой причины связано с научно-обоснованной разработкой метода отбора и структуризации содержания ТП обучающихся по судовождению на основе деятельностного подхода к формированию целей и содержания ТП. Анализ педагогической литературы [3; 4] позволяют утверждать, что при определении содержания ТП, выявлении ее качественных характеристик необходимо учитывать следующие требования, на основании которых должен производиться отбор учебного материала в программы ТП:

1. Требования к основным положениям отбора:

- определяющий характер целей ТП;
- соответствие содержания ТП требованиям практической подготовки будущих специалистов по судовождению, то есть содержание ТП должно быть обусловлено содержанием их деятельности;
- соответствие содержания ТП современному уровню тренажеростроения;
- усиление интегративной функции содержания ТП, выявление и реализация в ее содержании межпредметных связей.

2. Требования к основаниям целесообразности отбора:

- дидактические принципы практического обучения и возможность их реализации на уровне проведения мероприятий ТП;
- возможность обеспечения высокого уровня фундаментальности практической подготовки при ограниченном времени на ее проведение.

3. Требования к отбираемому учебному материалу:

- полнота содержания ТП, то есть необходимость и достаточность учебного материала, обеспечивающего ее успешную реализацию;
- посильность овладения содержанием ТП обучающимися, приемлемость его трудности и сложности;
- целесообразная информационная емкость содержания ТП;
- использование новых научных фактов и практических результатов, исключение устаревших;
- оптимальность обучающей последовательности задач ТП.

Рассмотрение перечисленных требований, влияющих на отбор учебного материала в программы ТП, позволяет сделать главный вывод — основополагающим при проектировании процесса ТП и определении ее содержания является переход от системы целей деятельности будущего специалиста по судовождению к системе целей ТП. При этом целесообразно ввести два понятия:

1) обобщенная (не зависящая от конкретной ситуации) профессиональная задача — это реальная задача по судовождению, описываемая на языке усваиваемой деятельности, которую должен научиться решать обучающийся в ходе ТП;

2) частная профессиональная задача — это учебная задача по судовождению в конкретной ситуации, содержащей описание конкретных объектов, условий, средств и способов деятельности обучающегося.

Следовательно, система обобщенных профессиональных задач по судовождению должна быть включена в модель деятельности специалиста, а система частных профессиональных задач — в модель содержания ТП.

Анализ требований к отбираемому учебному материалу для обеспечения ТП позволяет оценить качество содержания ТП определенным набором показателей

$$K_C^{TP} = \langle M, I, P, C, D \rangle, \quad (1)$$

где: M — показатель полноты содержания ТП;

I — показатель информационного объема содержания ТП;

P — показатель посильности для обучающихся содержания ТП;

C — показатель сложности содержания ТП;

D — показатель трудности содержания ТП.

Полнота содержания ТП опирается на принятое в педагогике понятие «ориентировоч-

ная основа действия» (ООД) — правила и методы реализации деятельности, то есть система условий, признаков и параметров, на которую опирается специалист при выполнении любого действия, образующего алгоритм операторской деятельности по судовождению. ООД, таким образом, выступает основным объектом управления процессом ТП (выработки умений и навыков) и с этих позиций — и как основной объект управления качеством содержания ТП. Необходимость учета типа ООД требует включения в содержание ТП всего перечня частных профессиональных задач по принадлежности к соответствующему типу ООД с тем, чтобы не допустить необоснованного усложнения или упрощения содержания ТП, то есть умений и навыков, используемых при обучении выполнению этих задач.

Таблица 2

Содержание ТП в зависимости от способа использования учебной информации и уровня усвоения деятельности

Характеристика ООД	Способы использования учебной информации и уровни усвоения деятельности			
	Репродуктивный способ		Продуктивный способ	
	Операционный	Функциональный	Конструктивный	Творческий
Глубина ООД для решения учебной задачи	Только внешние признаки ООД, необходимые для решения учебной задачи	Обобщенные признаки ООД для жестко заданных условий решения учебной задачи	Принципы, методы и алгоритмы построения новой ООД для решения учебной задачи	Исследовательские методы, модели, алгоритмы создания принципиально новой ООД для решения учебной задачи
Полнота представления ООД (учебной задачи) в содержании ТП	Цели, полное описание ситуации и структура частных решений по судовождению	Цели, полное описание ситуации, структура типовых решений по судовождению, примеры частных решений	Цели, неполное описание ситуации, структура общих решений по судовождению, примеры типовых решений	Цели в общем виде, неполное описание ситуации, методы, модели, алгоритмы поиска решений по судовождению

В зависимости от способа использования учебной информации (репродуктивный — все ООД известны, продуктивный — создание новых ООД) и уровня усвоения деятельности (α) содержание ТП различается,

что иллюстрирует табл. 2. Соотношения и характеристика входящих в них переменных для определения значений вышеприведенных семи показателей оценки качества содержания ТП представлены в табл. 3.

Таблица 3

Соотношения и переменные для оценки качества содержания тренажерной подготовки

Показатель качества содержания ТП	Соотношение	Характеристика переменных
Полнота	$M = N/L$ $0 \leq M \leq 1$	N — множество учебных (частных) задач; L — множество обобщенных задач реальной деятельности
Информационный объем	$I = Q_d/Q_\phi$ $0 \leq I \leq 1$	Q_d — дидактический объем учебного материала; Q_ϕ — фактический объем учебного материала
Посильность для овладения обучающимися	$P = T_{TP}/T_\phi$ $0 \leq P \leq 1$	T_{TP} — время, требуемое на ТП; T_ϕ — время, фактически отведенное на ТП
Сложность	$C = A_{с.тп}/A_{об}$ $0 \leq C \leq 1$	$A_{с.тп}$ — степень абстракции содержания ТП; $A_{об}$ — степень абстракции в опыте обучающегося
Трудность	$D = \alpha_{об}/\alpha_{с.тп}$ $0 \leq D \leq 1$	$\alpha_{об}$ — опыт обучающегося, измеренный по уровню усвоения деятельности; $\alpha_{с.тп}$ — целевой уровень усвоения деятельности по содержанию ТП

Примечания к табл. 3:

1) дидактический объем учебного материала может быть определен по формуле, введенной В. П. Беспалько:

$$Q_d = \frac{N\Delta(\alpha - \beta) H_\gamma}{1 - K_\tau};$$

2) при определении посильности овладения обучающимся содержанием ТП могут быть использованы следующие соотношения:

$T_{TP} > T_\phi$ — непосильно, перегрузка обучающегося;

$T_{TP} = T_\phi$ — посильно при полной нагрузке;

$T_{TP} < T_\phi$ — посильно, недогрузка обучающегося;

3) степень абстракции — научное описание деятельности, которое требует в соответствии с дидактическими принципами научности обучения представления учебного материала на возможно более высокой степени абстракции, но доступной для обучающегося определенного уровня интеллектуального развития.

Все вышеизложенное позволяет построить схему развертывания функции управления качеством содержания ТП (рис. 1).

Модель управления качеством технологии ТП

Одним из наиболее значимых факторов, определяющих качество ТП, является технология реализации мероприятий ТП [1; 3; 6]. После того, как определены цели ТП, завершен процесс отбора и структурирования

ее содержания, сформированы программы, они должны быть реализованы в практическом обучении с использованием технических средств обучения, одним из классов которых являются тренажеры. Признание того факта, что успешный процесс ТП возможен как реализация заранее разработанной технологии, определяет необходимость моделирования управления его качественными характеристиками в зависимости от выбора технологии тренажерной подготовки.

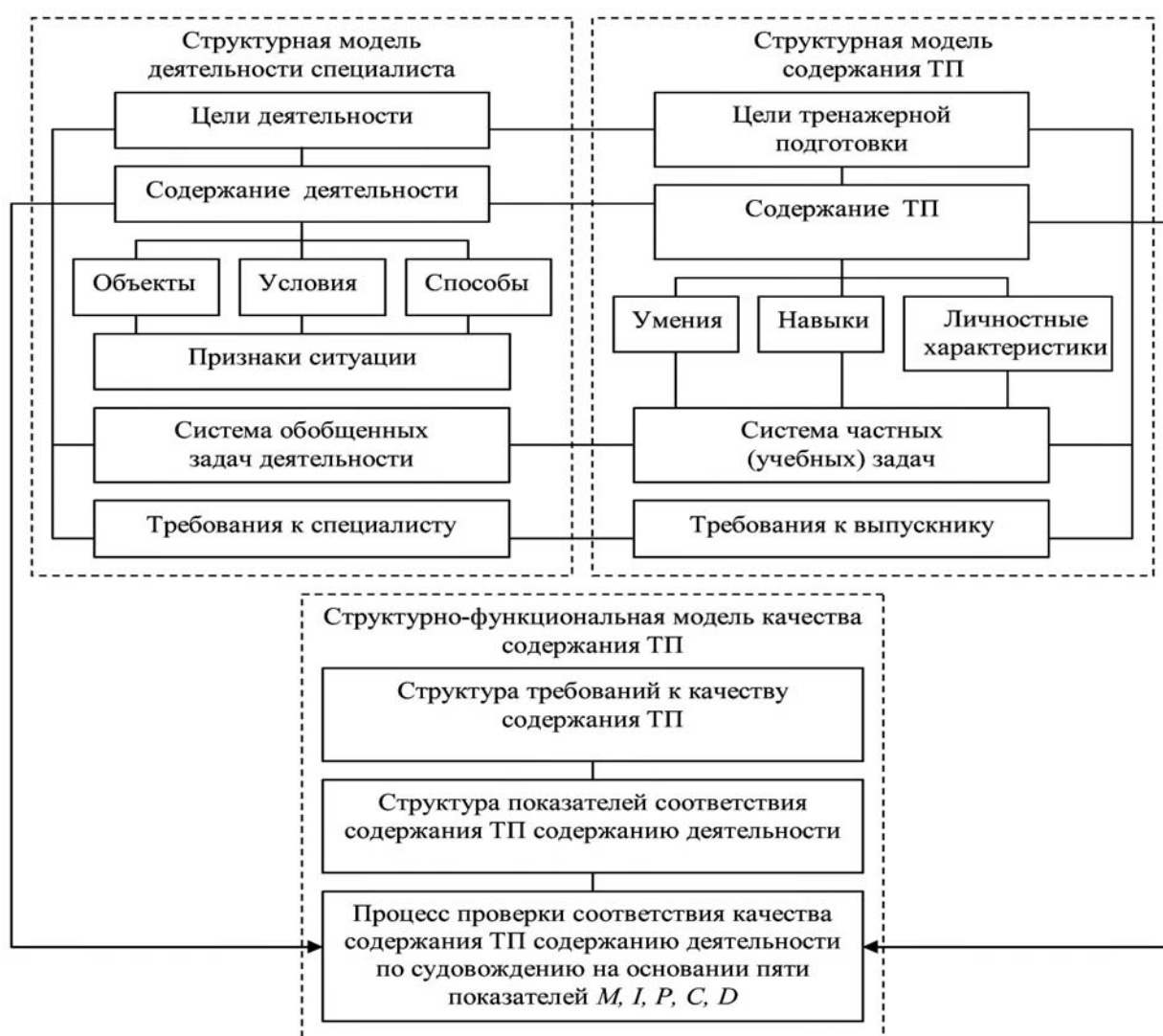


Рис. 1. Схема развертывания функции управления качеством содержания тренажерной подготовки

Следовательно, управление качеством технологии ТП является составной частью управления качеством процесса ТП в целом, в значительной мере определяющей его результативность, оперативность и ресурсоемкость. Исходя из сказанного, можно определить содержание технологии ТП: процесс формирования у обучающегося умений и навыков по судовождению, включающий выбор методов ТП, формирование соответствующей учебно-материальной базы (УМБ), а также выбор средств, которые должны обеспечить достижение целей ТП. Качество технологии ТП может быть определено кортежем показателей

$$K_T^{ТП} = \langle \vec{S}, \vec{E}, \vec{R} \rangle, \quad (2)$$

где: $\vec{S}$ — вектор показателей правильности выбора метода ТП;

$\vec{E}$ — вектор показателей наличия требуемой УМБ;

$\vec{R}$ — вектор показателей адекватности выбранных средств ТП.

Разработка проекта технологии ТП должна базироваться на результатах определения ее содержания, учебно-воспитательных целей и выбора концепции ее реализации. Собственно создание технологии ТП должно включать:

- 1) организацию учебного материала;
- 2) выбор форм проведения мероприятий ТП (состава и группировки обучающихся;

специфики их деятельности в ходе ТП; структуры, места и продолжительности мероприятия ТП);

3) выбор методов обучения, которые будут использованы на каждом мероприятии ТП;

4) выбор средств ТП (методические указания, инструкции, средства вычислительной техники, учебно-лабораторное оборудование, технические средства обучения);

5) выбор приемов активизации учебно-познавательной деятельности обучающихся.

Метод обучения — это упорядоченная система последовательных, взаимосвязанных действий руководителя и обучающихся в ходе реализации мероприятия ТП, включающая совокупность приемов и средств, обеспечивающих усвоение учебного материала и преобразование в умения и навыки, а также формирование профессионально-важных качеств личности обучающихся. Существует более десятка вариантов классификации методов обучения, каждый из которых включает метод упражнения (тренировки), который заключается в многократном, сознательном повторении определенных действий (в том числе и по суждению) с целью формирования умений и навыков, развития профессионально-важных качеств личности обучающихся.

Алгоритм выбора адекватных по векторному показателю $\bar{S}$ методов обучения, а также взаимосвязанных с ними методов активизации деятельности обучающихся, контроля хода ТП и самоконтроля представлен на рис. 2.

Качество УМБ определяется в первую очередь ее составом и эффективностью использования в процессе реализации мероприятий ТП. Эффективность использования УМБ — ее результативностью E_1 , оперативностью (затраты времени на достижение заданных результатов ТП) E_2 и ресурсозатратами (затраты ресурсов на внедрение, поддержание и развитие УМБ ТП) E_3 . Учитывая, что длительность (оперативность) ТП строго регламентирована учебными планами, то есть является детерминированной величиной, определяемой директивно, то этот показатель в расчет не принимается. Поэтому используются два показателя E_1 и E_2 , которые представ-

ляют собой отношение целевых результатов (эффектов) ТП к ресурсозатратам на их получение.

С учетом сказанного абсолютный показатель качества УМБ имеет вид

$$U = \frac{K}{S}, \quad (3)$$

где K — целевые эффекты (результаты) ТП; S — ресурсозатраты на внедрение, поддержание и развитие УМБ ТП.

Абсолютный показатель $U = \{u_i\}$ характеризует целевой эффект использования УМБ на единицу ресурсозатрат. Используют показатель $\omega_i = \frac{S_H}{S} K$, где S_H — нормативные затраты на использование УМБ для достижения целей ТП.

Тогда относительные показатели качества УМБ с учетом u_i и ω_i примут вид

$$\left. \begin{aligned} \delta_u &= \frac{u}{u_0} - 1 \\ \delta_\omega &= \frac{\omega}{\omega_0} - 1 \end{aligned} \right\} \text{при } \frac{u}{u_0}, \frac{\omega}{\omega_0} > 2; \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} \delta_u &= \frac{u - u_0}{u_0} \\ \delta_\omega &= \frac{\omega - \omega_0}{\omega_0} \end{aligned} \right\} \text{при } \frac{u}{u_0}, \frac{\omega}{\omega_0} \leq 2; \quad (5)$$

где u_0 — прогнозный целевой эффект УМБ до ее внедрения;

u — целевой эффект УМБ после ее внедрения;

ω_0 — прогнозные, приведенные к нормативным ресурсозатраты на УМБ до ее внедрения;

ω — приведенные к нормативным ресурсозатраты на УМБ после ее внедрения.

Следует подчеркнуть, что при оценке качества УМБ необходимо различать показатели ТП по отдельной учебной дисциплине, преподаваемой на кафедре, и по специальности, по которой осуществляется подготовка на кафедре или на нескольких взаимосвязанных кафедрах.

Анализ процесса ТП позволяет выделить ряд этапов управления качеством УМБ:

1. Оценивание качества результатов реализации мероприятий ТП.

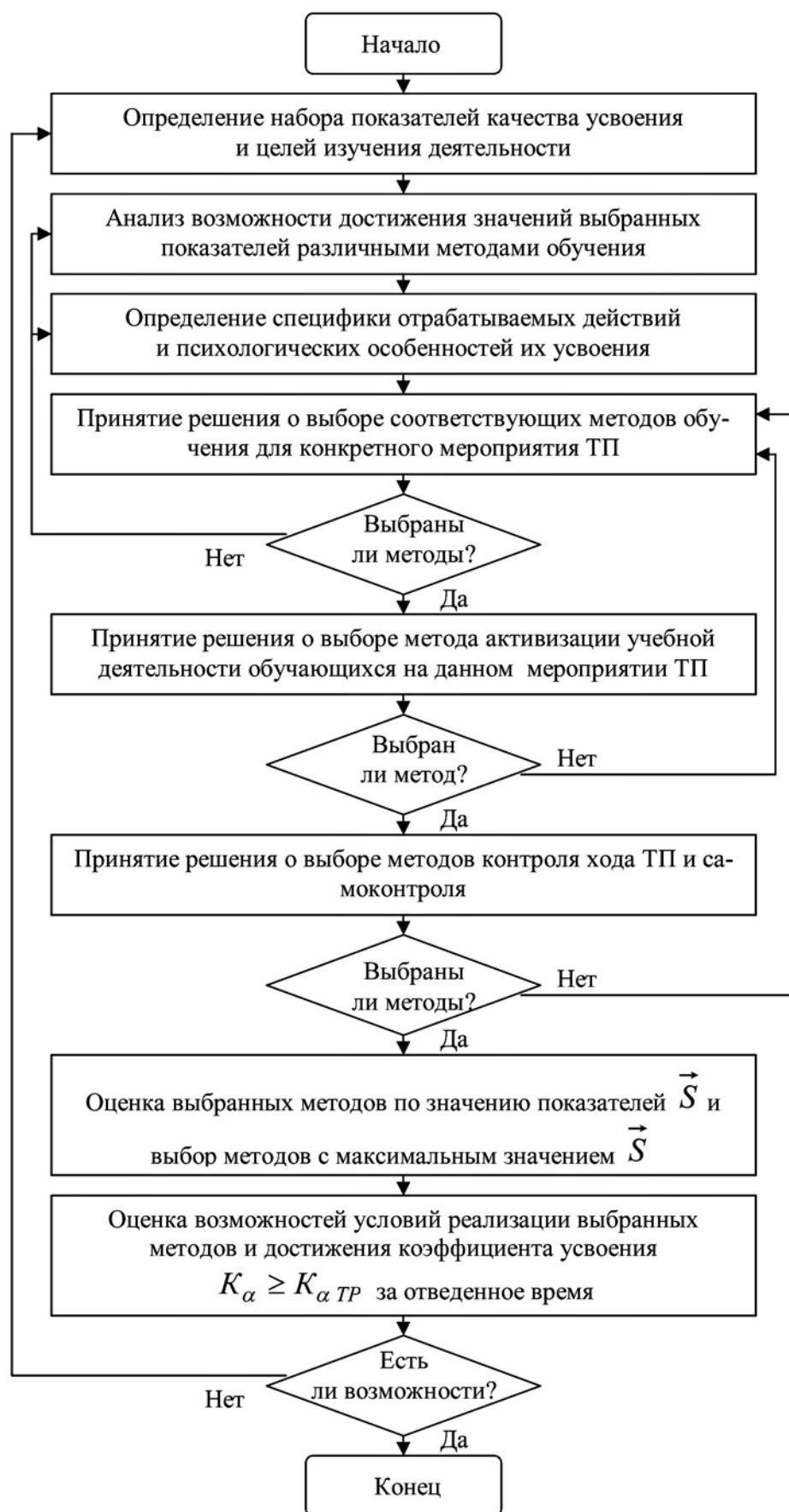


Рис. 2. Алгоритм выбора методов обучения, активизации, контроля и самоконтроля

2. Оценивание затрат на поддержание и развитие УМБ в ходе ТП.

3. Вычисление значений показателей качества УМБ при ТП по учебной дисциплине или специальности.

4. Сравнение полученного значения показателя с критериальным (требуемым, эталонным).

5. Принятие решения о необходимости развития (модернизации) УМБ.

6. Прогноз результата развития на основе прогностической модели качества УМБ.

7. Осуществление мероприятий по развитию (модернизации) УМБ для совершенствования процесса ТП.

В ходе второго этапа затраты на УМБ оцениваются как сумма i -х компонент затрат на УМБ при ТП по учебной дисциплине или специальности в расчете на одного обучающегося или на соответствующую группу.

На третьем этапе вычисляется показатель качества УМБ при ТП по конкретной учебной дисциплине

$$E_{2i}^{Y.D} = \frac{\omega^{Y.D} - \omega_0^{Y.D}}{\omega_0^{Y.D}}$$

и (или) (6)

$$E_{li}^{Y.D} = \frac{u^{Y.D} - u_0^{Y.D}}{u_0^{Y.D}},$$

или специальности

$$E_{2i}^{CP} = \frac{\omega^{CP} - \omega_0^{CP}}{\omega_0^{CP}}$$

и (или) (7)

$$E_{li}^{CP} = \frac{u^{CP} - u_0^{CP}}{u_0^{CP}},$$

где $\omega_0^{Y.D}(\omega_0^{CP})$ — прогнозные приведенные к нормативным на i -й элемент УМБ при ТП по учебной дисциплине или специальности до его внедрения;

$\omega^{Y.D}(\omega^{CP})$ — приведенные к нормативным на i -й элемент УМБ при ТП по учебной дисциплине или специальности после его внедрения;

$\omega_0^{Y.D}(\omega_0^{CP})$ — прогнозные целевые эффекты от i -го элемента УМБ до его внедрения

в процесс ТП по учебной дисциплине или специальности;

$\omega^{Y.D}(\omega^{CP})$ — целевые эффекты от i -го элемента УМБ после его внедрения в процесс ТП по учебной дисциплине или специальности.

Как было сказано выше, третьей составляющей качества технологии ТП являются средства, которые можно подразделить на:

1. Средства реализации технологии ТП, к числу которых можно отнести: руководителя ТП, тексты инструкций, плакаты, схемы, различные типы технических средств обучения (кинопроектор, диапроектор, магнитофон), системы коллективного и индивидуального отображения информации, компьютерные обучающие системы, реализующие компьютерные технологии обучения.

2. Средства управления качеством ТП, которые способны осуществлять выбор вида обучающего воздействия (приема или способа обучения), наиболее полно отвечающего специфике учебной деятельности обучающегося в конкретной дидактической ситуации ТП. В качестве средств управления могут рассматриваться:

— руководитель ТП, который способен использовать диалектическую и формальную логику, естественный и искусственные языки и прочее, но его возможности по оперативной обработке, приему и передаче информации существенно ограничены психологическими особенностями человеческого организма,

— компьютерные обучающие системы обладают практически неограниченными возможностями по оперативной обработке, приему и передаче формализованной информации, но полноценное использование диалектической логики, естественного языка и различных эвристик для ЭВМ пока не доступно,

— автоматизированная обучающая система, объединяющая руководителя ТП и компьютерные обучающие системы, способна усилить как преимущества, так и недостатки ее компонент.

Функционирование компьютерной обучающей системы и автоматизированной обучающей системы основано на использовании компьютерных технологий обучения, которые, в свою очередь, базируются на современ-

ных информационных технологиях, реализуемых инструментальными средствами вычислительной техники. Компьютерные технологии обучения основываются на применении ЭВМ в их органичной связи с целями, содержанием ТП, компьютерными программами и дидактическими приемами применения ЭВМ как средств ТП.

Компонентами компьютерных технологий обучения являются:

- 1) техническая среда — вид используемой вычислительной техники;
- 2) предметная среда — содержание конкретной предметной области функционирования системы ТП;
- 3) программная среда — набор программных средств для реализации технологии ТП;
- 4) методическая среда — инструкции, методы оценки эффективности и др.

Компьютерные средства ТП, кроме автоматизированной обучающей системы, включают компьютерные тренажеры, автоматизированные обучающие курсы, обучающие компьютерные игры, электронные учебники т. д.

Кроме перечисленных средств обеспечения реализации технологии ТП, в на-

стоящее время все больше распространение получают средства мультимедиа, которые позволяют качественно расширить и поднять обучающие возможности компьютерных и автоматизированных обучающих систем и обеспечить интерактивность процесса общения обучающегося с ЭВМ, входящей в техническую систему. Средства мультимедиа функционируют в звуковой, графической и видеосредах. Объединение названных сред и компьютерной среды обеспечивает качественно новый уровень восприятия информации как руководителем ТП, так и обучающимися. Последние в значительной степени активизируют свою учебно-познавательную деятельность в ходе ТП.

Мультимедийная технология использует совокупность аппаратных и программных средств, обеспечивающих такое представление информации, при котором руководитель ТП и каждый обучающийся воспринимает ее одновременно и параллельно несколькими органами чувств (более 90 % информации обучающийся получает от совместной работы органов зрения и слуха).

Мультимедийная технология имеет ряд преимуществ:

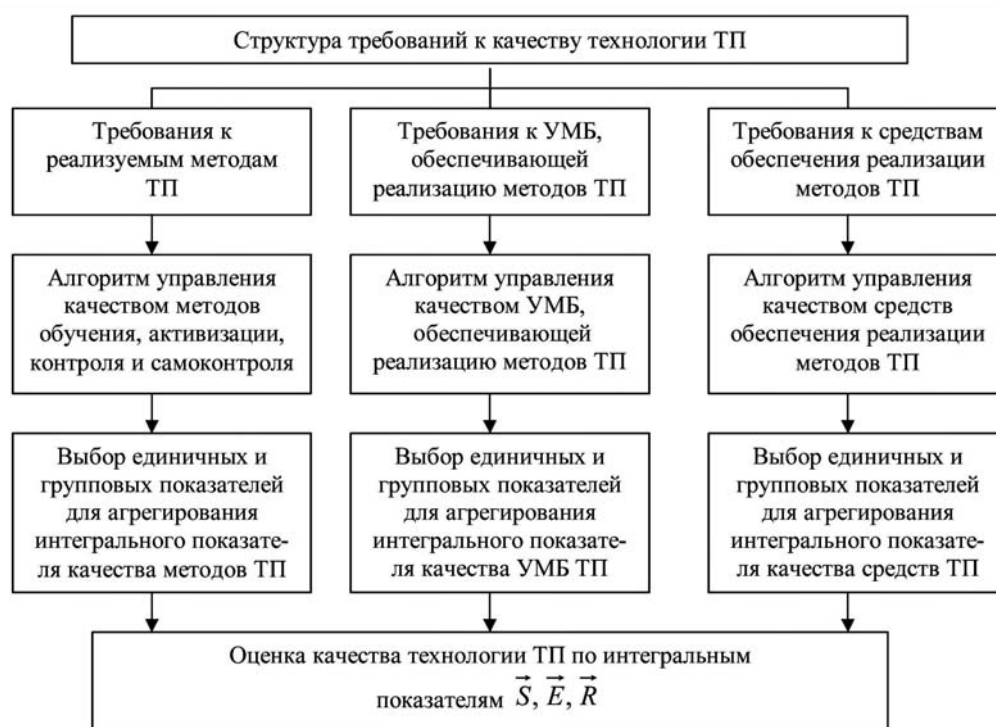


Рис. 3. Схема развертывания функции управления качеством технологии ТП

— наличие точек разветвления в программах ТП позволяют обучающемуся индивидуально регулировать процесс восприятия учебной информации;

— возможность осуществления текущего самоконтроля обучающимся и выбора альтернативных путей продолжения тренировки;

— понимание сложных процессов управления на транспорте за счет сочетания аудиокomentarиев, видеоинформации или анимаций;

— занимательность и эмоциональность.

Для того чтобы управлять качеством средств ТП, необходимо разработать номенклатуру показателей, образующих вектор показателей $\vec{R}$ и позволяющих оценивать как традиционные средства управления качеством технологий ТП, так и современные (компьютерные обучающие системы, автоматизированные обучающие системы, компьютерные тренажеры, средства мультимедиа).

Необходимо для этого разработать алгоритмы оценки качества конкурирующих средств управления ТП и на основе выработанных оценок осуществлять выбор средств, обеспечивающих заданное качество управления ТП. На основании изложенного построена схема развертывания функции управления качеством технологии ТП (рис. 3).

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 системы управления качеством тренажерной подготовки на основе критериев и показателей качества элементов организационной и дидактической подсистем, учета характера их взаимодействия и факторов, оказывающих наибольшее влияние на управление качеством ТП.

Список литературы

1. Беспалько В. П. Слагаемые педагогической технологии. — М.: Педагогика, 1989. — 190 с.
2. Валеев Р. Ш. Модель специалиста. — Л.: ВАА им. М. И. Калинина, 1983. — 202 с.
3. Ефремов О. Ю. Педагогика: учеб. пособие. — СПб.: Питер, 2010. — 352 с.
4. Методика научно-обоснованного определения содержания обучения по специальности на основе новых квалифицированных требований: метод. указ. — М.: Моск. ин-т стали и сплавов, 1990. — 166 с.: ил.
5. Модель специалиста XXI века в контексте модернизации высшего образования: материалы Всерос. науч.-метод. конф., 15–17 сент. 2004 г., г. Туапсе. — Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2004. — 113 с.
6. ОСТ ВШ 01.002-95. Информационные технологии в высшей школе. Термины и определения. Введ. 01.03.96.
7. Петрунева Р. М. Модель специалиста-инженера: от деятельности к компетентности: моногр. — Волгоград: Политехник, 2007. — 143 с.: ил.
8. Талызина Н. Ф. Теоретические основы разработки модели специалиста. — М.: Знание, 1986. — 108 с.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА УЧАСТНИКОВ КОНЦЕССИОННЫХ СОГЛАШЕНИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ

METHODS OF AN ESTIMATION OF ECONOMIC BENEFIT OF PARTICIPANTS CONCESSION AGREEMENTS AT REALIZATION OF INVESTMENT PROJECTS OF DEVELOPMENT INFRASTRUCTURES OF INTERNAL WATERWAYS

Обоснован методический подход к оценке экономического эффекта участников концессионных соглашений при осуществлении проектов развития инфраструктуры внутренних водных путей. Разработана методика расчета экономического эффекта концедента, позволяющая обеспечить сбалансированность интересов государства и бизнеса при реализации проектов на основе оптимизации экономических параметров концессионного соглашения.

The methodical approach to an estimation of economic benefit of participants of concession agreements is proved at realization of projects of development of an infrastructure of internal waterways. The design procedure of the concedent's economic benefit is developed, allowing to provide equation of interests of the state and business at projects implementation on the basis of optimization of economic parameters of the concession agreement.

Ключевые слова: инвестиционный проект, внутренние водные пути, концессионные соглашения, концедент, концессионер, экономический эффект, бюджетные субсидии.

Key words: the investment project, internal waterways, concession agreements, the concessionaire, the concedent, economic benefit, budgetary grants.

СУДОХОДНЫЕ гидротехнические сооружения (СГТС), являющиеся объектами инфраструктуры внутренних водных путей, в соответствии с Постановлением Верховного Совета РФ от 27 декабря 1991 г. № 3020-1, Федеральным законом от 7 марта 2001 г. № 24-ФЗ «Кодекс внутреннего водного транспорта Российской Федерации» относятся к федеральной собственности. Финансирование проектов создания и развития СГТС, характеризующихся высокой капиталоемкостью, осуществляется в настоящее время только за счет средств федерального бюджета. Одним из направлений снижения бюджетных расходов является привлечение средств частных инвесторов на основе использования концессионных соглашений при реализации данных проектов.

Концессия как современный организационно-экономический механизм активизации инвестиционной деятельности получила широкое распространение в мировой практике при реализации инфраструктурных проектов. По данным Всемирного банка, более

половины таких проектов реализуются на транспорте. Концессионные соглашения используются для строительства и реконструкции автомобильных дорог, морских портов, железных дорог, объектов инфраструктуры воздушного транспорта [6].

Анализ данных Всемирного банка, представленных на сайте, показал, что примерно половина проектов строительства и реконструкции объектов инфраструктуры транспорта, реализуемых на основе концессионных соглашений с 2005 г., осуществляется при поддержке государства. Стратегия этой поддержки разрабатывается индивидуально для каждого проекта и может осуществляться в форме фиксированных периодических платежей на покрытие части инвестиционных затрат и (или) разницы между текущими доходами и расходами по проекту.

Несмотря на то что в настоящее время много говорится о необходимости использования мирового опыта применения современных организационно-экономических механизмов, повышающих инвестиционную привлекатель-

ность объектов инфраструктуры транспорта для частного инвестора, практика реализации инвестиционных проектов на основе концессионных соглашений в Российской Федерации весьма ограничена. Хотя Транспортной стратегией [1] с 2008 г. намечена реализация 13 проектов на основе механизма государственно-частного партнерства, в настоящее время началось только строительство небольшого участка платной автодороги трассы Москва–Санкт-Петербург. Отрицательный опыт поиска частных инвесторов для строительства платных автомобильных дорог имеет также правительство Санкт-Петербурга при реализации проектов строительства Западного скоростного диаметра и тоннеля под Невой.

Мировая практика показывает необходимость использования государством различных механизмов повышения доходности проектов развития транспортной инфраструктуры для частных инвесторов, не ограничиваясь только финансовым участием в погашении части инвестиционных затрат в основном за счет средств Инвестиционного фонда.

Нормативно-законодательные основы использования различных форм участия государства в концессионных соглашениях заложены в федеральных законах «О концессионных соглашениях» [3] и «О внесении изменений в Федеральный закон “О концессионных соглашениях” и отдельные законодательные акты Российской Федерации» [4].

Использование различных форм государственной поддержки с целью привлечения частных инвесторов для реализации инфраструктурных проектов особенно актуально для внутреннего водного транспорта, поскольку бюджетные инвестиции занимают доминирующее место в структуре источников финансирования его развития в соответствии с Федеральной целевой программой [2] и составляют 80 %.

Для обоснования форм государственной поддержки частного инвестора в рамках концессионного соглашения необходимо выполнить оценку экономического эффекта участников концессионного соглашения: концедента и концессионера.

В соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвес-

тиционных проектов» [5] эффект от реализации инвестиционного проекта необходимо оценивать в два этапа. На первом этапе определяется эффект, получаемый в целом при реализации инвестиционного проекта, включающий коммерческий и общественный (социально-экономический) эффект, на втором — оценивается эффект участников проекта.

Инвестиционный проект создания объекта транспортной инфраструктуры, реализуемый на основе механизма концессии, не предполагает получение коммерческого эффекта в целом по проекту — в противном случае он может быть осуществлен частным инвестором самостоятельно, а ориентирован на получение социально-экономического эффекта при одновременном снижении бюджетных расходов за счет привлечения частных инвестиций.

Социально-экономический эффект учитывает последствия реализации проекта для общества в целом, в том числе и в сфере деятельности транспорта (транспортный эффект), а также внетранспортный эффект. Транспортный эффект включает прямой эффект для судоходных компаний, других транспортных предприятий, использующих объекты инфраструктуры транспорта.

При положительном значении социально-экономического эффекта и принятии решения о реализации проекта на основе концессионного соглашения определяется экономический эффект для концессионера и концедента. Получение эффекта для концессионера обусловливается взиманием платы за предоставляемые услуги с пользователей объекта. Плату за пользование объектом инфраструктуры транспорта необходимо устанавливать таким образом, чтобы не произошло уменьшение грузовой базы внутреннего водного транспорта в результате транспортировки части грузов другими видами транспорта: железнодорожным или автомобильным — в случае предоставления более выгодных условий перевозки. В то же время установленная плата за пользование объектом должна компенсироваться снижением затрат судовладельца за счет повышения эффективности использования флота (уменьшением времени простоя судов, повышением загрузки и др.) после реализации проекта.

Однако соблюдение этих условий ограничивает уровень платы за пользование объектом инфраструктуры водного транспорта и может не обеспечивать концессионеру требуемый уровень доходности. Мировая практика свидетельствует о том, что в этом случае необходимо увеличивать доходы концессионера посредством использования финансовой помощи государства, предоставляемой в форме субсидий на покрытие части инвестиционных и (или) текущих издержек по проекту.

Экономический эффект для концедента выражается в экономии бюджетных средств при использовании механизма концессии по сравнению с реализацией этого проекта только за счет средств бюджета.

Если инвестиционный проект реализуется только за счет бюджетных средств, то сальдо денежных потоков бюджета в t -м году расчетного периода определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{Bt} = \Delta ПБ_t - БИ_t + ДБ_t - ТРБ_t, \quad (1)$$

где $\Delta ПБ_t$ — увеличение поступлений в бюджеты всех уровней в виде налогов и других обязательных платежей в результате реализации инвестиционного проекта, руб.;

$БИ_t$ — бюджетные инвестиции, необходимые для реализации инвестиционного проекта, руб.;

$ДБ_t$ — доходы бюджета, получаемые в результате реализации проекта, помимо налогов и других обязательных платежей, руб.;

$ТРБ_t$ — текущие расходы бюджета на содержание объекта, руб.

Бюджетный эффект (интегральные дисконтированные затраты) при финансировании проекта только из бюджетных средств с учетом фактора времени составит

$$\mathcal{E}_B = \sum_t \frac{\Delta ПБ_t - БИ_t + ДБ_t - ТРБ_t}{(1 + E_B)^t}, \quad (2)$$

где t — годы реализации инвестиционного проекта;

E_B — ставка дисконта для концедента.

Если инвестиционный проект реализуется на основе концессионного соглашения, то сальдо денежных потоков бюджета по годам расчетного периода составит

$$\mathcal{E}_{Bt}^{KC} = \Delta ПБ_t^{KC} - БИ_t^{KC} + ДБ_t^{KC} - БС_t^{KC}, \quad (3)$$

где $\Delta ПБ_t^{KC}$ — увеличение поступлений в бюд-

жеты всех уровней в виде налогов и других обязательных платежей в результате реализации инвестиционного проекта на основе концессионного соглашения, руб.;

$БИ_t^{KC}$ — бюджетные инвестиции, необходимые для реализации инвестиционного проекта на основе концессионного соглашения, руб.;

$ДБ_t^{KC}$ — доходы бюджета, получаемые в результате реализации проекта на основе концессионного соглашения, помимо налогов и других обязательных платежей, руб.;

$БС_t^{KC}$ — бюджетные субсидии, выплачиваемые в соответствии с концессионным соглашением, руб.

Сумму бюджетных субсидий целесообразно рассчитывать исходя из необходимости обеспечения, с одной стороны, минимальной внутренней нормы доходности частного инвестора, с другой — уменьшения общей суммы бюджетных расходов на реализацию проекта с использованием механизма концессии по сравнению с вариантом его осуществления только за счет средств бюджета.

Бюджетный эффект (интегральные дисконтированные затраты) при использовании концессионного соглашения ($\mathcal{E}_B^{KC}$) определяется аналогично предыдущему варианту.

При оценке экономического эффекта участников концессионного соглашения целесообразно дифференцировать уровень ставки дисконта для каждого участника проекта. Для концедента в качестве ставки дисконта могут быть приняты темп инфляции или ставка рефинансирования Центрального банка Российской Федерации.

Экономический эффект концедента (экономия бюджетных средств) при реализации инвестиционного проекта на основе концессионного соглашения определяется как разность экономических эффектов (интегральных дисконтированных затрат) по рассмотренным вариантам.

Рассмотрим возможность и результаты использования изложенной методики применительно к проекту строительства второй нитки шлюза Нижнесвирского гидроузла, реализация которого планируется в рамках Федеральной целевой программы [2]. Цель проекта — ликвидация лимитирующего уча-

стка Единой глубоководной системы России и увеличение пропускной способности Волго-Балта.

Предположим, что проект реализуется на основе механизма концессии с участием частного инвестора. Финансирование про-

екта осуществляется государством и частным инвестором в равных долях, период проектирования и строительства составляет шесть лет.

Объемы инвестиций и график вложения средств представлены в табл. 1.

Таблица 1

Объемы инвестиций и график инвестирования по проекту

Показатель	Годы						Всего
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Инвестируемые средства, млн руб.	50,0	493,0	1277,6	1471,0	934,4	952,1	5178,1
Доля инвестируемых средств, %	0,97	9,51	24,67	28,41	18,05	18,39	100,0

Продолжительность расчетного периода определяется сроком действия концессионного соглашения и составляет 49 лет. Для первых 14 лет эксплуатации объекта планируются годовые значения показателей, в последующий период значения показателей оцениваются с помощью аннуитета.

Оценка экономического эффекта участников концессионного соглашения выполняется исходя из ожидаемых грузопотоков на данном участке водных путей, а также уровня текущих расходов на содержание объекта инфраструктуры. Навигационный сбор, взимаемый за пользование объектом, предполагается устанавливать дифференцированно по видам грузов.

Используя предложенную методику, определим экономический эффект участников

концессионного соглашения. Сумма ежегодных бюджетных субсидий определяется исходя из доходов концессионера, получаемых в результате взимания навигационного сбора, расходов на текущее содержание объекта и требуемой внутренней нормы доходности концессионера по проекту. При этом сумма дисконтированных бюджетных инвестиций по проекту и ежегодных бюджетных субсидий не должна превышать дисконтированную сумму инвестиций по проекту в случае его реализации только за счет средств бюджета. Предполагается, что ежегодные бюджетные субсидии будут выплачиваться до момента окупаемости средств, вложенных концессионером.

В табл. 2 представлены основные показатели оценки экономического эффекта участников концессионного соглашения.

Таблица 2

Основные показатели оценки экономического эффекта участников концессионного соглашения проекта строительства второй нитки шлюза

Показатель	Значение
1. Бюджетные инвестиции, млн руб.	2589,05
2. Инвестиции концессионера, млн руб.	2589,05
3. Ежегодные бюджетные субсидии до момента окупаемости проекта для концессионера, млн руб.	100
4. Срок окупаемости инвестиций для концессионера, лет	15,5
5. Кумулятивный чистый доход концессионера, млн руб.	19723
6. Экономический эффект (чистый дисконтированный доход) концессионера, млн руб.	416,2
7. Экономический эффект концедента при реализации проекта на основе концессионного соглашения, млн руб.	1540,5

Использование предлагаемой методики позволяет обеспечить сбалансированность интересов государства и бизнеса при реализации инвестиционных проектов раз-

вития инфраструктуры внутренних водных путей на основе оптимизации экономических параметров концессионного соглашения.

Список литературы

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года: утверждена Распоряжением Правительства РФ от 22 ноября 2008 г. № 1734-р.
2. Развитие транспортной системы России (2010–2015 годы): Федеральная целевая программа, в ред. Постановления Правительства РФ от 20 мая 2008 г. № 377.
3. О концессионных соглашениях: Федеральный закон РФ от 21 июля 2005 г. № 115-ФЗ.
4. О внесении изменений в Федеральный закон «О концессионных соглашениях» и отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон РФ от 30 июня 2008 г. № 108-ФЗ.
5. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. 2-я ред. / Мин-во экон. РФ; Мин-во фин. РФ; ГК РФ по стр-ву, арх. и жилищ. полит. — М.: Экономика, 2000. — 421 с.
6. www.worldbank.org — Официальный сайт Всемирного банка.

Научное издание

Журнал университета водных коммуникаций
Выпуск 3 (7)

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 *Т. А. Кошелева, Ю. В. Бармина*

Подписано в печать с оригинал-макета 08.10.10. Формат 60×90/8
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 27,84. Тираж 500 экз. Заказ № 139

Отпечатано в типографии ФГОУ ВПО СПГУВК
198035, Санкт-Петербург, Межевой канал, 2