

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



ЖУРНАЛ УНИВЕРСИТЕТА ВОДНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Выпуск 1

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Г. Л. Гладков
(главный редактор)
Л. Н. Буянова
(отв. редактор)
Д. П. Голоскоков
Т. А. Пантина
С. О. Барышников
О. К. Безюков
В. В. Веселков
П. А. Гарибин
С. П. Зубрилов
А. А. Иванченко

О. Г. Каратаев
М. А. Колосов
Г. М. Курошева
О. А. Лиходей
А. П. Нырков
Б. Н. Попов
В. И. Решняк
А. А. Сикарев
И. П. Скобелева
Г. В. Ушакова
И. И. Мальцева
(отв. секретарь)

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2009**

**ББК 95
я5**

Журнал Университета водных коммуникаций. — СПб.: СПГУВК, 2009. — 230 с. (Вып. 1).

ISSN 2073-6169

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

В Журнале публикуются:

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

ББК 95



© Санкт-Петербургский государственный
университет водных коммуникаций, 2009

ISSN 2073-6169

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!



Вашему вниманию предлагается первый выпуск периодического научно-образовательного издания нашего вуза — «Журнал университета водных коммуникаций», истоки которого относятся к 1824 г. Именно в это время ректор Института корпуса инженеров путей сообщений А. А. Бетанкур выступил с инициативой создания научно-инженерного периодического издания («Журнал путей сообщения»), включающего разделы и по водно-транспортной тематике. За первые десять лет с 1826 г. вышло 36 номеров журнала, при этом более чем в 40% статей рассматривались вопросы в области состояния и развития водного транспорта.

За свою историю журнал несколько раз менял учредителя и название: «Журнал министерства путей сообщения», «Инженерные записки», «Инженер», «Сборник института инженеров путей сообщения императора Александра I», «Сборник Ленинградского института инженеров путей сообщения».

После создания Ленинградского института инженеров водного транспорта на базе реорганизованного Ленинградского института инженеров путей сообщения разделы журнала, освещающие проблемные вопросы водного транспорта, в 1932 г. получили самостоятельный издательский статус «Труды Ленинградского института инженеров водного транспорта». Труды регулярно издавались до 1985 г.

Краткий экскурс в историю водно-транспортного вузовского издания позволяет констатировать не *рождение* нового научного журнала, а *возобновление* старых славных традиций.

Каждый год планируется издавать четыре номера журнала.

Основная тематика издания — наша профессиональная сфера: водные пути, гидротехнические сооружения и порты; техническая эксплуатация флота; судовождение и безопасность на водном транспорте; судостроение и судоремонт; экономика и финансы; управление и транспортное право; информационные технологии; экология и охрана водной среды; инновационные методы в образовательном процессе вуза; гуманитарные и естественные науки.

На страницах журнала читатели встретятся с ведущими учеными и специалистами, имеющими большой опыт работы в области водного транспорта, преподавателями транспортных вузов, а также аспирантами — будущим научным потенциалом отрасли. Будут представлены как результаты многолетних исследований по актуальным проблемам транспорта, так и взгляды на текущее состояние и перспективы его развития.

*С наилучшими пожеланиями читателям
главный редактор журнала проф. Г. Л. Гладков*

СОДЕРЖАНИЕ

ВОДНЫЕ ПУТИ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ПОРТЫ

<i>Гапеев А. М., Кононов В. В.</i> Водно-транспортные соединения России в XVII–XIX вв.	6
<i>Кармазинов Ф. В.</i> Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций и Водоканал Санкт-Петербурга на службе великого города	22
<i>Копалиани З. Д., Клавен А. Б., Католиков В. М., Коковин В. Н.</i> Пропускная способность речных русел и эффективность противопаводковых расчисток рек бассейна Кубани	28
<i>Михалев М. А.</i> О моделировании условий начала трогания частиц несвязного зернистого материала	42
<i>Ромашин В. В.</i> К методике оценки транспорта руслообразующих наносов	50
<i>Mosselman Erik.</i> Морфология реки и строительство речных водных путей в дельтах	61

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТА

<i>Безюков О. К., Ивашин И. В.</i> Методика формирования карты технического уровня и качества судовых дизелей	76
<i>Погодаев Л. И., Кузьмин А. А.</i> Моделирование кавитационной эрозии материалов в связи с методами расчета надежности судовых технических средств	85
<i>Сахаров В. В.</i> Оценка параметров компенсаторов реактивной мощности методом псевдоинверсии Мура–Пенроуза	104

ЭКОНОМИКА И ФИНАНСЫ

<i>Буянова Л. Н.</i> Основные направления повышения конкурентоспособности морского транспорта России	109
<i>Цанева Н. Ф., Пантина Т. А., Курильченко И. Г.</i> Подпрограмма «Внутренний водный транспорт» ФЦП «Развитие транспортной системы России (2010–2015 годы)»: состав, ожидаемые результаты и ресурсное обеспечение программных мероприятий	114

УПРАВЛЕНИЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ПРАВО

<i>Бабурин В. А., Бабурин Н. В.</i> Оптимизация параметров логистической системы доставки грузов	121
<i>Курошева Г. М.</i> Концепция разработки отраслевой программы реструктуризации предприятий водного транспорта	127
<i>Малиновская О. В., Скобелева И. П.</i> Управление стоимостью компании — новый этап развития стратегического управления на транспорте	134

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Зайцев А. И., Сикарев А. А.* Эффективность автоматизированной
идентификационной системы в АСУ движением маломерного флота
Невской губы 145
- Клеванный К. А., Смирнова Е. В.* Использование программного
комплекса CARDINAL 152

ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ВОДНОЙ СРЕДЫ

- Решняк В. И., Зубрилов С. П.* Проблемы природоохранной деятельности
в отрасли 161

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ УЧРЕЖДЕНИИ

- Григорян В. Г., Химич П. Г.* Роль преподавателя в организации самостоятельной
работы студентов по учебной дисциплине 165
- Расторгуев И. Е.* Экономическое образование в отраслевом вузе 170

ГУМАНИТАРНЫЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

- Борисенко М. В.* Проблемы истории водного транспорта и аграрных миграций
России XIX–XX вв. 175
- Голоскоков Д. П.* Применение полиномов специального вида для расчета
колебаний прямоугольной пластины 183
- Каратаев О. Г.* Системный анализ общей теории государства и права 187
- Круглова Л. К.* Человекотворческие функции культуры и туризм 199
- Миронов И. Ф.* Гносеологические корни кризиса цивилизации Нового времени.
(Коренная ошибка теории познания) 207

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

- 100 лет со дня рождения профессора Гришанина Кирилла Владимировича 215
- Гладков Г. Л.* Развитие теории и практики руслового процесса в трудах
К. В. Гришанина (К 100-летию со дня рождения) 218

ВОДНЫЕ ПУТИ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ПОРТЫ

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

В. В. Кононов,
канд. техн. наук, доц., СПГУВК

ВОДНО-ТРАНСПОРТНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ РОССИИ В XVII–XIX вв.

WATER TRANSPORT JOINTS OF RUSSIA IN XVII–XIX CENTURIES

В статье рассматриваются исторические и природные предпосылки возникновения водно-транспортных соединений России. Приводятся данные о строительстве искусственных водно-транспортных соединений в XVII–XIX вв.

The paper considers historic and natural factors of water transport joints origin in Russia. Data on construction of artificial water-transport joints in XVII–XIX centuries are quoted.

Ключевые слова: водно-транспортные соединения, волок, судоходный канал, водный путь, гидротехнические сооружения

Key words: water-transport joints, portage, navigation canal, waterway, hydraulic structure

Исторические и природные предпосылки возникновения водно-транспортных соединений в России

В СТАНОВЛЕНИИ и развитии России важную роль играли водные пути сообщения: реки, озера, моря. Реки европейской равнины своими истоками близко подходят друг другу, что способствовало установлению торговых связей русских со странами Балтийского побережья, Византии, Прикаспия, Причерноморья. Эти связи осуществлялись водными путями с перемещением судов и грузов через водоразделы с использованием волоков. Одним из самых известных был путь «из варяг в греки», возникший в конце IX — начале X в. В 882 г. князь Олег с дружиной прошел путем «из варяг в греки» из Новгорода в Киев, где и произошло объединение двух важнейших центров Руси в единое древнерусское государство. В 907 г. князь Олег с собранными со всей Руси дружинами на военных судах прошел этим путем в Византию до Константинополя, где был заключен мирный договор между Русью и Византией.

В летописи Нестора «Повесть временных лет» указано, что путь «из варяг в греки

шел из грек по Днепру и вверх Днепра до Ловати, по Ловати внити в Ильмер озеро великое из него же озера вытечет Волхов и втечет в озеро великое Нево того озера видеть устье в море Варяжское». Но указанный в летописи волок невозможен, так как верховья Днепра и Ловати не подходят близко друг к другу, к тому же между Ловатью и Днепром находится Западная Двина. По-видимому, в «Повести временных лет» допущен пропуск, и путь проходил (в современных названиях рек и морей) по Балтийскому морю, р. Неве, Ладожскому озеру, р. Волхов, озеру Ильмень, р. Ловати, р. Кунье, р. Сereже, волок ~ 30 км, р. Торопе, р. Западной Двине, р. Каспле, озеру Касплинскому, волок ~ 30 км, р. Катыни, р. Днепр, Черному морю (рис. 1, табл. 1). Кроме пути, указанного в «Повести временных лет», использовались и другие варианты путей «из варяг в греки» по рекам Березине, Сергутае, Улле, Шелони, Узе, Черехе, Великой, Нарве, озерам Лепельскому, Чудскому, Псковскому (рис. 1, табл. 1).

Развитие и становление российского государства было невозможно без расширения торгово-экономических связей внутри страны. К XII–XIII вв. установились устойчивые

водно-транспортные пути с использованием волоков по направлениям (рис. 1, табл. 1): Черноморско-Каспийскому; Черноморско-Азовскому; Балтийско-Каспийскому; Беломорско-Балтийскому; Баренцево-Балтийскому; Беломорско-Каспийскому; Баренцево-Каспийскому. К этому же времени относится первая попытка строительства через водораздел искусственного водного пути — судоходного канала. В 1133 г. сын Ладожского посадника Иванко Павлович сделал попытку соединить каналом верховья р. Волги с р. Полой, притоком р. Ловать. В память об этом на сторожевом городке при впадении р. Волги в озеро Стерж был поставлен Стерженецкий крест из красного песчаника с надписью: «6.641 (т. е. 1133 г.) месяца июля 11 день почаша рыти реку сию яз Иванко Павловиц и крест съ поставихъ» (с 1879 г. Стерженецкий крест находится в Тверском краеведческом музее).

В период расцвета Новгородско-Тверской торговли в XIV в. велись работы по устройству канала на трассе водного пути, шедшего по озеру Ильмень — р. Поле — р. Щеберихе — каналу на водоразделе — озеру Селигер — р. Селижаровке — р. Волге.

С образованием в конце XV в. русского централизованного государства водные пути использовались для освоения новых земель на Урале, Сибири, Дальнем Востоке. Походы отрядов Ермака, Дьякова, Порфирьева, Пояркова, Хабарова, Колесова и других были возможны только с передвижением по рекам, озерам, так как гужевых дорог в тех местах

практически не было. Важное значение для торговли России с другими странами приобрел путь из центральных районов к устью р. Северной Двины после 1553 г., когда корабль под командованием англичанина Ричарда Ченселлора прошел вокруг Скандинавии и вошел в Двинский залив. Ченселлор побывал в Москве, встречался с Иваном IV (Грозным) и получил от него заверения в благоприятственном отношении России к торговым отношениям с Англией. После возвращения Ченселлора на родину в Англии была образована Компания для торговли с Россией. В 1555 г. Ченселлор с представителями этой Компании прибыл в Россию. По результатам переговоров был заключен первый торговый договор России и Англии. Для транспортировки товаров из центра и юга России на север при Иване Грозном был построен канал на водоразделе между реками Сухона и Шексна шириной 20 м. В период правления Ивана Грозного Турция пыталась возродить Астраханское и Казанское ханство. Чтобы переправить свой флот из Азовского моря в Каспийское, Турецкий султан Селим II в 1568 г. направил пашу Касима с 17 тыс. янычар и крымского хана Девлет-Гирея с 50 тыс. татар на строительство канала на водоразделе между Волгой и Доном. Канал должен был проходить по трассе: р. Дон — р. Иловля — канал на водоразделе — р. Камышинка — р. Волга. Чтобы не допустить турецкий флот на Волгу и Каспийское море, русские войска по приказу Ивана Грозного отбросили турок к Азову. Полностью канал построен не был.

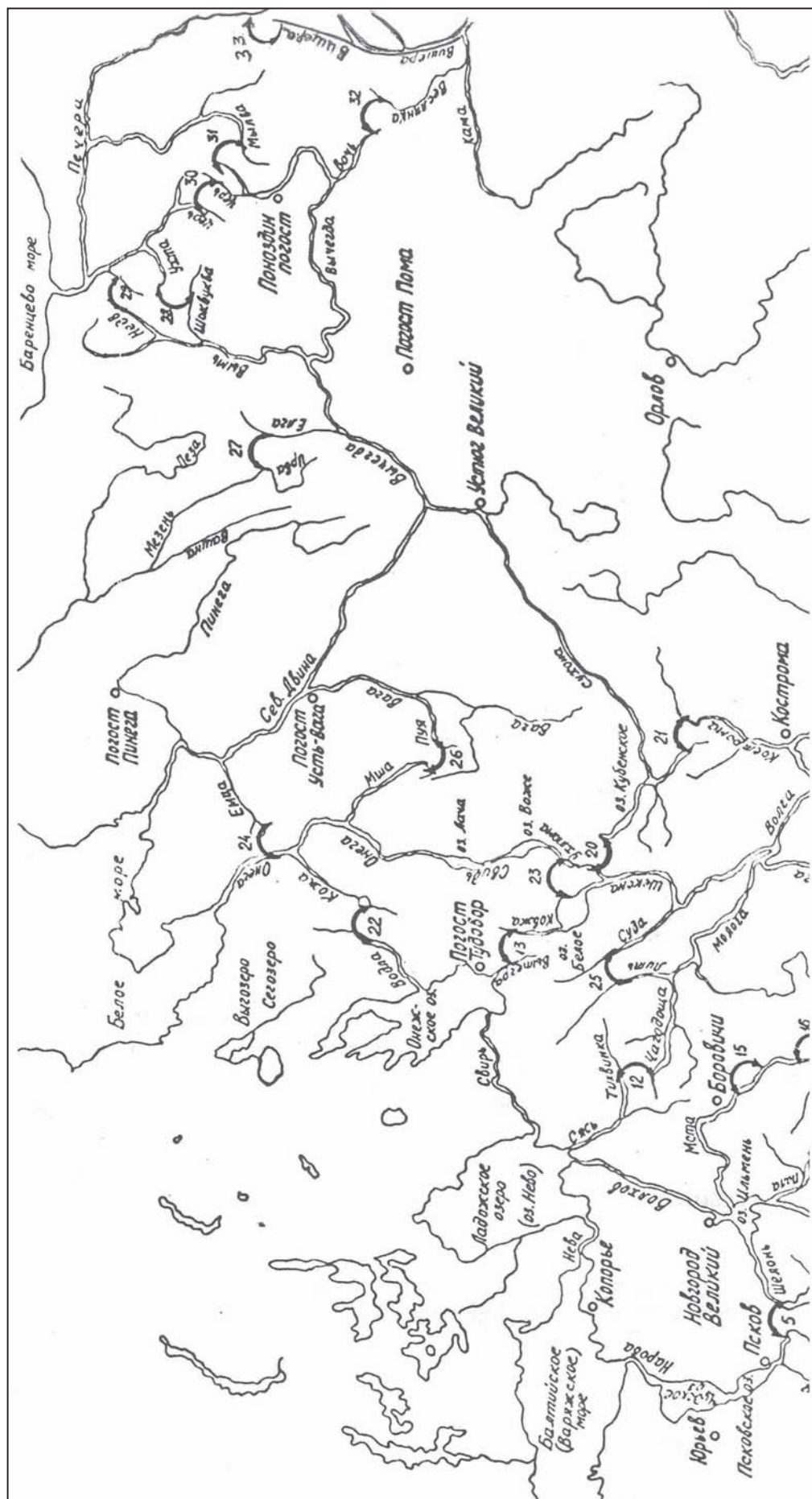


Рис. 1. Схема водных путей России с использованием волоков

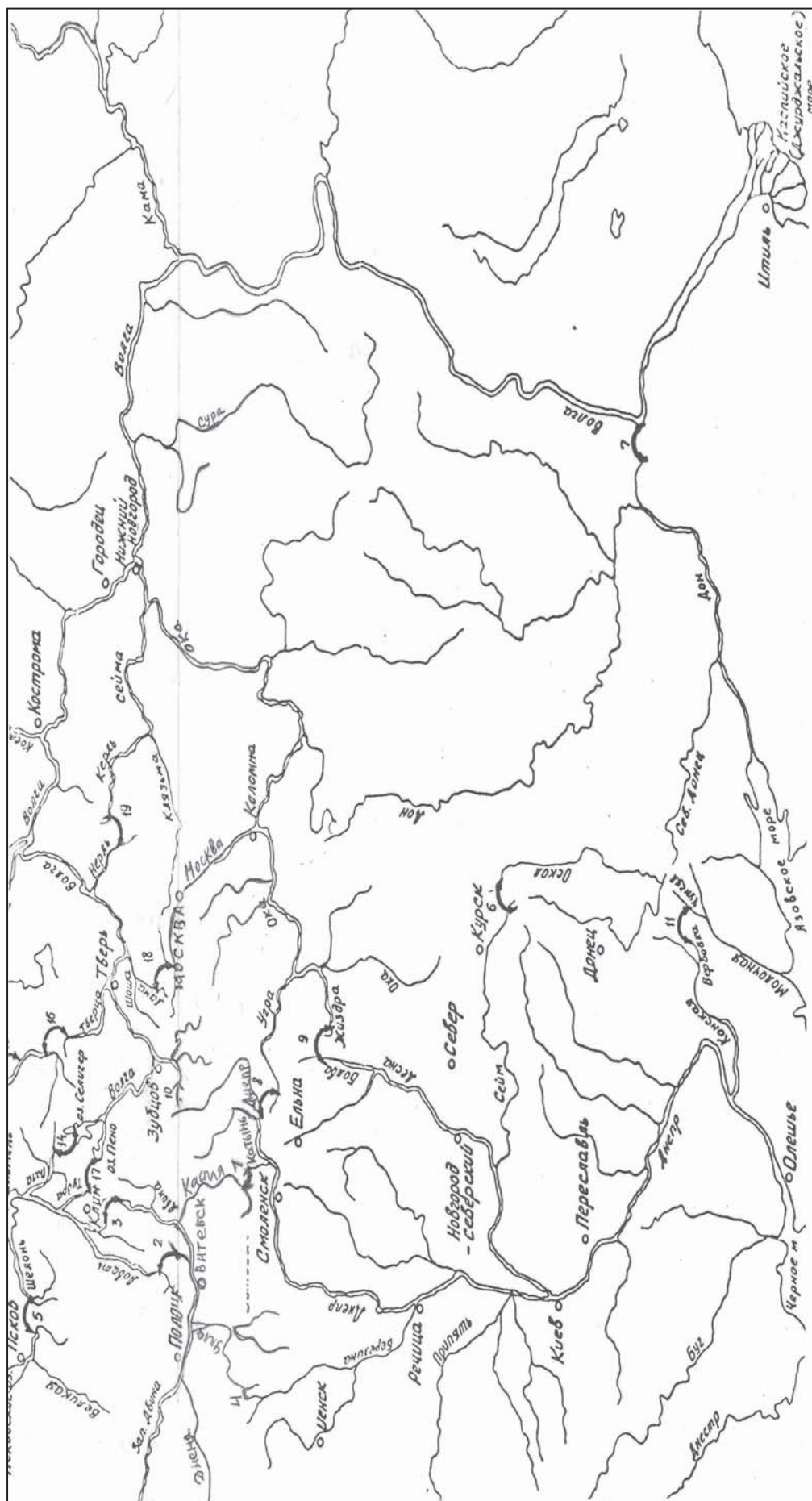


Рис. 1. Схема водных путей России с использованием волоков (продолжение)

Таблица 1

Варианты трасс водных систем и волоковых соединений России

№ п/п	Наименование водной системы	№ п/п	Варианты трасс водных систем и волоковых соединений на них
I	Черноморско-Балтийский водный путь (путь «из варяг в греки»)	1	Черное м. — Днепр — Волок 1 — Каспийское оз. — Каспля — Зап. Двина — Торопа — Волок 2 — Серж — Ловать — оз. Ильмень — Волхов — Ладожское оз. — Нева — Балтийское м.
		2	Черное м. — Днепр — Волок 1 — Каспийское оз. — Каспля — Зап. Двина — Волок 3 — Ловать — оз. Ильмень — Волхов — Ладожское оз. — Нева — Финский залив — Балтийское м.
		3	Черное м. — Днепр — Волок 1 — Каспийское оз. — Каспля — Зап. Двина — Рижский зал. — Балтийское м.
		4	Черное м. — Днепр — Березина — Сергут — Волок 4 — Лепельское оз. — Улла — Зап. Двина — Рижский зал. — Балтийское м.
II	Черноморско-Каспийский водный путь	5	Черное м. — Днепр — Волок 1 — Каспийское оз. — Каспля — Зап. Двина — Торопа — Волок 2 — Серж — Ловать — оз. Ильмень — Шелонь — Уза — Волок 5 — Череха — Великая — Псковское оз. — Чудское оз. — Нарва — Финский залив — Балтийское м.
		1	Черное м. — Днепр — Сейм — Волок 6 — Оскол — Сев. Донец — Дон — Волок 7 — Волга — Каспийское м.
		2	Черное м. — Днепр — Осьма — Волок 8 — Угра — Волга — Каспийское м.
		3	Черное м. — Днепр — Десна — Волва — Волок 9 — Жиздра — Ока — Волга — Каспийское м.
III	Черноморско-Азовский водный путь	4	Черное м. — Днепр — Волок 10 — Лопень — Вазуза — Волга — Каспийское м.
		1	Черное м. — Днепр — Сейм — Волок 6 — Оскол — Сев. Донец — Дон — Азовское м.
IV	Балтийско-Каспийский водный путь	2	Черное м. — Днепр — Днепр — Мокрая — Московская — Конская — Вербовка — Волок 11 — Чунгул — Молочная — Азовское м.
		1	Балтийское м. — Нева — Ладожское м. — Сясь — Тихвинка — Волок 12 — Чадогоща — Молога — Волга — Каспийское м.
		2	Балтийское м. — Нева — Ладожское м. — Свирь — Онежское оз. — Вытегра — Волок 13 — Ковжа — оз. Белое — Шексна — Волга — Каспийское м.
		3	Балтийское м. — Нева — Ладожское м. — Волхов — оз. Ильмень — Пола — Волок 14 — оз. Селигер
		4	Балтийское м. — Нева — Ладожское м. — Волхов — оз. Ильмень — Мста — Волок 15 у Боровичских порогов — Мста — Волок 16 — Тверца — Волга — Каспийское м.
		5	Балтийское м. — Нева — Ладожское м. — Волхов — оз. Ильмень — Ловать — Тудра — Волок 17 — оз. Пенно — Волга — Каспийское м.
		6	То же до оз. Пено и далее Волга — Шоша — Лама — Волок 18 — Руза — Москва — Ока — Волга — Каспийское м.
		7	То же до оз. Пено и далее Волга — Нерль — Волок 19 — Керль — Клязма — Сейма — Ока — Волга — Каспийское м.
		8	До Белого оз. — по вар. 2 и далее Шексна — Волок 20 — Кубенское оз. — Сухона — Волок 21 — Кострома — Волга — Каспийское м.

Таблица 1
(Продолжение)

V	Беломорско-Балтийский водный путь	1	Балтийское м. — Нева — Ладожское м. — Свирь — Онежское оз. — Водла — Череха — Волок 22 — Волоша — Кожа — Онега — Белое м.
		2	То же до Онежского оз. и далее Сегозеро — Выгозеро — Выг — Белое м.
		3	То же до Онежского оз. и далее Вытегра — Волок 13 — Ковжа — Белое оз. — Волок 21 — Свирь — Онега — Белое м.
		4	То же до Онежского оз. по вар. 3 и далее Онега — Волок 24 — Емца — Сев. Двина — Белое м.
V	Беломорско-Балтийский водный путь	5	То же до Ладожского оз. и далее Сясь — Тихвинка — Волок 12 — Чагодоца — Лить — Волок 25 — Суда — Шексна — Белое оз. — Волок 23 — оз. Важе — Свидь — оз. Лача — Онега — Белое м.
		6	До Онеги по вар. 1 или 3 и далее Мша — Волок 26 — Пуя — Вага — Сев. Двина — Белое м.
		7	До Белого оз. по вар. 3 и далее Шексна — Волок 20 — Кубенское оз. — Сухона — Сев. Двина — Белое м.
		8	До Сухоны по вар. 7 и далее Вычегда — Елга — Волок 27 — Ирва — Мезень — Белое м.
VI	Баренцево-Балтийский водный путь	1	Балтийское м. — Нева — Ладожское оз. — Свирь — Онежское оз. — Вытегра — Волок 13 — Ковжа — Белое оз. — Шексна — Волок 20 — Кубенское оз. — Сухона — Вычегда — Вымь — Шоквука — Волок 28 — Ухта — Ижма — Печера — Баренцево м.
		2	То же до Вычегды и далее Вымь — Кедв — Волок 29 — Кедв Ижемский — Ижма — Печера — Баренцево м.
		3	То же до Вычегды и далее Черь Вычегодская — Волок 30 — Черь Ижемская — Ижма — Печера — Баренцево м.
		4	То же до Вычегды и далее Мылва Южная — Волок 31 — Мылва Северная — Печера — Баренцево м.
VII	Беломорско-Каспийский водный путь	1	Белое м. — Сев. Двина — Вычегда — Вочь — Волок 32 — Веслянка — Кама — Волга — Каспийское м.
		2	Белое м. — Сев. Двина — Сухона — Волок 21 — Кострома — Волга — Каспийское м.
VIII	Баренцево-Каспийский водный путь	1	Баренцево м. — Печера — Волок 33 — Вишерка — Вишера — Кама — Волга — Каспийское м.

С развитием торговли возросла потребность в торговых судах большой грузоподъемности. В XV–XVII вв. появились новые центры речного судостроения: Дединово (под Коломной), Нижний Новгород, Балахна, Городец, Пучеж, Казань, Астрахань и др. Особенностью крупных речных судов была грубая подготовка элементов набора корпуса. Поперечный и продольный наборы изготавливались из: целых бревен; «порубней» — бревен, расколотых пополам; «четвертей» — бревен, расколотых на четыре части, а также брусьев. Наружная обшивка делалась из толстых, вырубленных топором досок. Характерной особенностью русских речных судов было крайне ограниченное использование металла, который употреблялся преимущественно для изготовления скоб, скреплявших по пазам доски обшивки. Были разработаны новые конструкции типов судов: дощатые *струги* имели грузоподъемность 130–160 т; *клады* длиной до 35 м грузоподъемностью до 650 т для перевозки соли; *коломенки* для перевозки железа уральских заводов, которые имели большее отношение длины к ширине (5–6 против обычных 3–4); камские *ладьи* длиной до 60 м и шириной 12 м для перевозки соли; *барки* — суда усиленной конструкции; *беяны* — для перевозки лесных грузов длиной до 106 м, шириной 26 м и осадкой до 4,8 м, грузоподъемностью до 9 тыс. т.

Способы движения судов большой грузоподъемности по рекам России остались такими же, как и в начале развития речного судоходства: вниз по течению — самоплавом; вверх против течения — конной или людской тягой (бурлаками). В период становления Русского государства разобщенность отдельных княжеств и городов приводила к тому, что на пригодных для судоходства реках строились мельничные плотины, мосты, переправы, которые служили препятствием для движения судов. Перемещение товаров в судах на своей территории рассматривалось как доходная статья для взимания пошлины («мыта»). В 1497 г. князем Иваном III был издан государственный документ Судебник, в котором устанавливался единый порядок взимания мыта на всей территории государства. Однако владельцы устроенных на реках без всякого плана плотин, мостов, мельниц,

продолжали взимать за пропуск судов произвольную плату, а движение судов при этом задерживалось.

С созданием Русского централизованного государства требовалось установить порядок на водных путях страны и правила судоходства. 1 сентября 1648 г. в Москве был созван Земский собор, который в январе 1649 г. принял свод Законов, получивший название Соборного уложения царя Романова Алексея Михайловича (отца Петра Первого). В главе IX Уложения «О мытах и о перевозке и о мостах» говорилось: «...А которыми реками суда ходят, и на тех реках новыми прудами и плотинами судового ходу не переняти... А буде кто на такой реке плотину и сделает: и ему той плотины для судового ходу сделати ворота, чтобы теми воротами можно было судам ходити...» А если такого хода сделано не будет, «...те их мельницы и заплоты сломати, чтобы теми мельницами и заплотами дорога впредь была не заперта...» Это был первый законодательный акт, установивший свободу судоходства по внутренним водным путям России.

С воцарением на русский престол в 1682 г. Петра I (правил с 1689 г.) в России начались большие социально-экономические преобразования. В то время Россия не имела выхода к внешним морям, кроме выхода к Белому морю у г. Архангельска. Удаленный от центральной России и к тому же замерзающий на большую часть года Архангельский порт не мог удовлетворить потребности России во внешней торговле. При Петре I Россия воевала с Турцией за выход к Азовскому и Черным морям и со Швецией за выход к Балтийскому морю. Первый Азовский поход 1695 г. закончился неудачей из-за отсутствия у русских войск флота и невозможности блокировать Азов с моря. Зимой 1695/96 г. свыше 25 тыс. крестьян и посадских людей были мобилизованы для строительства флота на р. Воронеж в 16 км от места ее впадения в Дон. Весной 1696 г. войска и флот спустились по Дону к Азову, и 18 июля 1696 г. Азов был взят. С этого времени р. Дон становится важным водным путем для связи центральных и южных областей России. Азовские походы показали необходимость водно-транспортного соединения Дона и Волги. В 1697 г. начались работы по строительству канала между До-

ном и Волгой по той же трассе, что и в XVI в.: р. Дон — р. Иловля — канал на водоразделе — р. Камышника — р. Волга. Для руководства работами был приглашен специалист из Германии Брекель. К 1699 г. было построено 4 км канала и один шлюз, однако при испытании шлюз был размыт. Брекель бежал за границу, и Петр I назначил руководить работами находящегося в России на службе английского инженера Джона Перри. По его проекту трасса канала проходила несколько южнее первоначальной. Строительство канала продолжалось до 1701 г. и было прекращено из-за начавшейся войны России со Швецией. Следы от каналов в виде двух рвов сохранились до наших дней. Вместе с тем транспортная связь центральных и южных областей России была необходима, и в том же 1701 г. Петр I поручил Матвею Гагарину возглавить строительство нового канала, соединяющего водные бассейны Волги и Дона. Для создания прямого пути из центральных районов России к Черному морю было решено соединить приток р. Волги — р. Оку и Дон по трассе р. Ока — р. Упа — р. Шать — канал на водоразделе — оз. Ивановское — р. Дон. Петр I лично выезжал на трассу будущего канала, обследовал озеро Ивановское и водораздельный участок. Для технического руководства строительством были приглашены из Голландии пять «слюзных» (шлюзных) мастеров во главе с Броуром. В течение 1702–1707 гг. были выполнены следующие работы: очищено и углублено озеро Ивановское, выкопан канал на водоразделе глубиной 1,5 м и шириной 25 м, построены 24 каменных шлюза на реках Упа, Шать, Дон. Впоследствии число шлюзов было увеличено до 33. Первые суда прошли по каналу в 1707 г. Пропуск судов осуществлялся в паводок, а в межень воды на водораздельном участке канала было недостаточно: сказалось неумение голландских мастеров квалифицированно выполнить водохозяйственные расчеты на водоразделе. С 1709 г. работы по улучшению судоходных условий на канале были приостановлены, а с переходом крепости Азов в 1711 г. к Турции — прекращены. В дальнейшем водный путь не восстанавливался.

Таким образом, к концу XVII — началу XVIII вв. в России не было водных путей с су-

доходными сооружениями, и перевозка грузов по-прежнему осуществлялась с использованием волоков.

Создание водно-транспортных соединений в России в XVIII–XIX вв.

С выходом России к Балтийскому морю в 1702 г. и основанием в 1703 г. в дельте р. Невы г. Петербурга остро встал вопрос о снабжении населения города и армии продовольствием, одеждой, строительными материалами, снаряжением, фуражом для лошадей и др. Перевозки грузов гужевым транспортом были дорогими из-за больших расстояний и малой грузоподъемности единицы транспорта (летом — телега, зимой — сани). В своих воспоминаниях о работе в России Д. Перри пишет об этом так: «...В тех местах, где сообщение производилось по сухому пути, весьма трудно было найти корм для лошадей, и то по весьма дорогой цене. Вследствие всего этого рожь и другие припасы обходились по меньшей мере втрое или вчетверо дороже той цены, по которой продавались между городами Рыбинском и Казанью. Из этих местностей привозятся также дубовый лес и прочие материалы, необходимые для постройки царского флота; трудность же пути и в этом случае значительно увеличивает расходы на этот предмет... Если же устроить водный путь между Волгой и Петербургом, то тогда легко и дешево будет привозить туда дуб и всякий другой лес, равно как и хлеб в большом количестве, что будет весьма выгодно для царя и для страны, так как оттуда можно будет вывозить все это во все страны Европы. Грузка хлеба и привоз его будет обходиться гораздо дешевле, чем во всех прочих пристанях: в Риге, Гданске, Королевце¹ и других местах на Балтике, где одни голландцы нагружают хлебом ежегодно 800 или 1000 кораблей».

Грузы в Петербург стали доставлять водными путями с использованием волоков по уже сложившимся ранее направлениям торговых связей южной и центральной России с северо-западным районом. Эти направления начинались в устье р. Мологи (притока р. Волги), где в торговом пункте Холопьем

¹ Калининграде.

Городке проводились летняя ярмарка. Один путь отсюда шел вверх по Мологе до г. Устюжны, где товары перегружались на телеги и перевозились через волок на р. Мсту, по которой с обходом ее порогов спускались до озера Ильмень, по нему шли до г. Новгорода, далее по р. Волхов, Ладожскому озеру, р. Неве к Балтийскому морю. Другой путь товаров из Холмопья Городка, перевозившихся вверх по Мологе, проходил через несколько волоков в р. Тихвинку и Сясь, а через нее в Ладожское озеро, Неву и Балтийское море. По третьему направлению товары перевозились вверх по Волге до устья р. Тверцы, затем вверх по Тверце до волока между р. Тверцой и р. Цной около г. Вышний Волочек, далее по р. Цне, р. Мсте, оз. Ильмень, р. Волхов, Ладожскому озеру, р. Неве в Балтийское море. По четвертому направлению товары перевозились по Волге до устья р. Шексны, затем вверх по р. Шексне, через Белое озеро, р. Ковжу, волок до р. Вытегры, по р. Вытегре, Онежскому озеру, р. Свирь, Ладожскому озеру, р. Неве в Балтийское море. Решающее значение в выборе основного направления перевозок сыграла небольшая длина водораздела между верховьями р. Тверцы и р. Цны, впадающей в Мсту. Петр I не раз бывал в Вышнем Волочке, сам прошел по водоразделу между Тверцой и Цной и наметил трассу канала. Начало работ по сооружению канала было положено указом Петра I от 12 января 1703 г., в котором повелевалось воеводам целого ряда провинций к 1 апреля 1703 г. выслать на работу 5 тыс. пеших работников, 1000 — с телегами и 400 плотников. Работные люди должны были являться с «полною снастию», то есть со своим инструментом. Начальником строительства был назначен князь Матвей Гагарин, однако вскоре он уехал на строительство канала между Волгой и Доном. Руководство строительством в его отсутствие осуществлял его племянник Василий Гагарин. Техническое руководство велось девятью голландскими мастерами во главе с Гаутером. Строительство канала выполнялось без перерыва существующего судоходства, о чем свидетельствуют данные о количестве пропущенных судов.

Первая российская газета «Ведомости» писала 30 октября 1706 г.: «...Понеже и нынешнего лета чрез сию перекопь вышеупомянутыми реками проведено 672 судна, нагруженных тягостью от 7 до 32 ласт галанских², а также бревен многие тысячи...» За шесть лет был построен комплекс гидротехнических сооружений: Тверецкий канал между р. Тверцой и Цной длиной 2,8 км и шириной 14,9–16,3 м; два деревянных полушлюза на Тверецком канале; три деревянных полушлюза на р. Цне. Полушлюзы давали возможность накапливать воду на водоразделе и направлять ее либо в канал и р. Тверцу, либо в р. Цну. Сквозное судоходство по первому в России искусственному водному пути, протяженностью 1440 км, названному Вышневолоцким, открылось весной 1709 г. (рис. 2). Пропуск судов в паводок в сторону Петербурга прошел успешно. Петр I выдал вознаграждение мастерам из Голландии и отпустил их на родину. Однако летом, в меженьный период, воды в канале и р. Тверце оказалось недостаточно для движения судов. Причины несовершенства построенного комплекса гидротехнических сооружений две: недостаток воды на водоразделе; неумение решить задачу обеспечения водой канала на водораздельном участке (как и на соединении Дона с Волгой в районе Ивановского озера). Вместе с тем по водному пути осуществлялся пропуск до 400 судов в год, которые перевозили около 2 тыс. т грузов. Этого было явно недостаточно для жизни и строительства новой столицы России — Петербурга.

Кроме недостатка воды на водоразделе, Вышневолоцкий водный путь имел еще два участка, где были трудности с проводкой судов: пороги на р. Мсте в районе Боровичей и бурное в период штормов Ладожское озеро. Боровицкие пороги были непреодолимым препятствием для движения судов вверх против течения р. Мсты; вследствие этого перевозки по Вышневолоцкому водному пути осуществлялись только в одном направлении: с Волги на Петербург. Движение судов вниз по течению р. Цны, Мсты, Волхова осуществлялось самосплавом под руководством лоцманов; движение вверх против течения р. Волги и Тверцы — с использованием бурлаков или

² Галанский (Голландский) ласт равнялся 1956 кг.



Рис. 2. Искусственные водные пути Северо-Запада России
в XVIII–XIX вв.

конной тяги. Для их перемещения по берегам рек и каналов производилась расчистка прибрежной полосы от леса, завалов и устраивались приканальные дороги, называемые бечевниками.

Работы по улучшению судоходных условий на водораздельном участке Вышневолоцкого водного пути были проведены новгородским купцом Михаилом Ивановичем Сердюковым, доставлявшим этим путем свои грузы с Волги в Петербург. Сердюков был от природы одаренным человеком: интересовался механикой, устройством водяных мельниц, плотин, шлюзов, каналов. Он разработал проект переустройства Вышневолоцкого водного пути, который был одобрен Петром I. 26 июня 1719 г. по указу Петра I водный путь был передан Сердюкову «в содержание». Для обеспечения водой водораздельного участка Сердюков использовал воды р. Шлины, впадающей в р. Цну ниже водораздела. В 1719–1722 гг. им были построены и реконструированы: плотина на р. Шлине с водоспусками в 10 км выше ее впадения в р. Цну; каналы от водохранилища перед этой плотиной через систему озер с подачей воды в р. Цну; спрямляющие каналы на извилистых участках р. Цны и Тверцы с полушлюзами; плотина с водоспусками на р. Цне выше Тверецкого канала; отремонтирован Тверецкий канал и полушлюзы на нем.

Весь комплекс сооружений позволил поднять уровень воды в р. Цне, Тверецком канале и увеличить глубины до судоходных не только в паводок, но и в межень. Количество проходящих судов по Вышневолоцкому водному пути увеличилось до 2,5 тыс. за навигацию. На водном пути оставались два затруднительных участка для движения судов: Боровицкие пороги и Ладожское озеро. Работы по расчистке Боровицких порогов были выполнены в 1743–1754 гг. Сердюковым, а для исключения плавания судов по Ладожскому озеру Петром I было принято решение строить канал по суше в обход озера по его южной оконечности³. После его постройки Вышневолоцкий водный путь стал основным путем доставки массовых грузов в Петербург и в его морской порт. Вышневолоцкий водный путь неоднократно перестраивался и реконструировался для дальнейшего увеличения

глубины воды на водоразделе и увеличения продолжительности навигации: в 1741, 1786, 1829 гг. Наибольшая пропускная способность на Вышневолоцком водном пути была достигнута в 1787–1797 гг., когда по пути проходили до 4 тыс. судов и перевозились до 300 тыс. т грузов в год. Однако этого было недостаточно для жизни быстро развивающегося Петербурга и его порта. К 1800 г. население Петербурга увеличилось до 200 тыс. человек, следовательно, росла и потребность в подвозе для них продуктов питания и других грузов. Поэтому уже в конце XVIII в., несмотря на наличие Вышневолоцкого водного пути, товары в Петербург стали возить старыми, «волоковыми» водными путями: по направлению через Тихвин и через Вытегру.

Указом от 20 января 1799 г. император Павел I поручил директору водяных коммуникаций Я. Е. Сиверсу начать строительство водного пути по трассе, общее направление которой было определено еще Д. Перри при Петре I, а окончательно выбрано по предложению голландского инженера Франца Павловича Деволана, принятого на службу в Россию в 1787 г.: р. Волга — р. Шексна — озеро Белое — р. Ковжа — водораздельный канал, включающий озеро Матко — р. Вытегра — Онежское озеро — р. Свирь — Ладожский канал — р. Нева — Балтийское море (рис. 2). Средства на финансирование работ в сумме 400 тыс. рублей в год были направлены из фонда воспитательных домов, которым заведовала императрица Мария Федоровна; в ее честь водный путь был назван Мариинским. Строительство водного пути осуществлялось под руководством Деволана и было завершено в 1810 г. Первоначальная пропускная способность водного пути составляла 500 тыс. т грузов в навигацию. На водном пути были построены 28 шлюзов, имевших 44 камеры с размерами: длина 32 м, ширина 9,1 м, глубина 1,45 м, что позволяло пропускать по системе суда с осадкой 1,25 м грузоподъемностью до 170 т. Преимуществом Мариинского водного пути перед Вышневолоцким являлось то, что он был короче (1143 км) и что суда пропускались по нему в оба направления: в сторону

³ Ладожский канал строился в течение 1719–1731 гг.

Петербурга и в сторону Волги. К 1810 г. был построен также участок обходного канала вокруг Ладожского озера между р. Свирь и Сясь.

1 января 1802 г. был утвержден проект Тихвинского водного пути, составленного инженером Г. Рязановым. Он проходил по трассе: р. Волга — р. Молога — р. Чагодоща — р. Чагода — р. Горюн — озеро Вожанское — р. Сомино — озеро Сомино — р. Волчина — водораздельный канал — р. Тихвинка — р. Сясь — Сясьский канал между р. Сясь и р. Волхов (закончен строительством в 1802 г.) — Ладожский канал — р. Нева — Балтийское море (рис. 2). Тихвинский водный путь строился в течение 1802–1811 гг. На нем были построены 24 шлюза, 61 полушлюз с напорами 2,1–2,5 м; шлюзы имели размеры: длина 21–25 м, ширина 4,8 до 5 м, что позволяло пропускать суда грузоподъемностью до 33 т. Преимущество Тихвинского водного пути состояло в том, что это был самый короткий водный путь с Волги на Петербург (924 км); по нему также перевозились грузы в оба направления.

Одновременно со строительством и вводом в эксплуатацию Мариинской и Тихвинской водно-транспортных систем продолжали проводиться работы по улучшению судоходных условий на Вышневолоцком водном пути. В 1804 г. был построен Новгородский канал (впоследствии назван Сиверским, в честь Я. Е. Сиверса) в обход озера Ильмень, между р. Мстой и Волховым. Канал проходил по низкой, затопляемой в паводок местности, поэтому засорялся и постоянно нуждался в очистке. В связи с этим в 1836 г. был построен другой, Вишерский канал, проходивший по более высоким отметкам и расположенный северо-восточнее Сиверского канала.

Переломным в истории водно-транспортных систем северо-запада России стал 1851 г. — год открытия железной дороги между Петербургом и Москвой. Грузы с Волги стали складывать в Твери, а затем отправлять в Петербург по железной дороге. После строительства в 1872 г. железной дороги Рыбинск — Бологое отток грузов с водных путей увеличился еще больше. Перевозки по Вышневолоцкому водному пути постоянно уменьшались: в 1870 г. по нему было пропущено

805 судов; в 1882-м — 45; в 1889-м — одно. Вышневолоцкий водный путь, более 170 лет являвшийся основной водно-транспортной магистралью между внутренними районами страны и Балтийским морем, утратил свое транспортное значение. В настоящее время водохранилища и другие гидротехнические сооружения на Вышневолоцком водоразделе используются для водоснабжения г. Москвы по каналу имени Москвы, а также для подачи воды в р. Волгу для увеличения выработки электроэнергии Ивановской, Угличской, Рыбинской ГЭС.

Тихвинский водный путь достиг наивысшей пропускной способности в середине XIX в., когда по нему проходило до 6 тыс. судов за навигацию. С началом работы железной дороги Петербург–Москва количество проходящих судов стало уменьшаться: транзитное движение по Тихвинской системе продолжалось вплоть до 1896 г., после чего по ней стали осуществлять местные перевозки. В дальнейшем Тихвинский водный путь не восстанавливался.

Мариинский водный путь имел наибольшие размеры шлюзов и мог пропускать суда большей грузоподъемности по сравнению с судами, пропускаемыми по Вышневолоцкой и Тихвинской системам. По этой причине Мариинский водный путь стал с середины XIX в. основным водным путем по перевозке грузов из центральных районов страны в северо-западный район и бассейн Балтийского моря. Для увеличения пропускной способности водный путь постоянно перестраивался и совершенствовался. В 1846 г. был построен шлюзованный Белозерский канал в обход озера Белого; в 1852 г. построен открытый (без шлюзов) Онежский канал в обход Онежского озера; в 1866-м — новый Ладожский канал параллельно каналу императора Петра I; в 1882-м — Новосаянский и Новосирский каналы в обход Ладожского озера. С 1863 г. на Мариинском водном пути впервые на р. Шексне стала применяться «паровая тяга» с помощью буксировки. В 1865 г. здесь работали 8 буксиров, в 1870 г. — 31 буксир. Рост потребностей в перевозках грузов опережал пропускную способность Мариинского водного пути, в связи с чем он несколько раз

реконструировался: в 1866, 1886, 1896 гг. При реконструкции 1896 г. на водном пути были построены 38 шлюзов, которые могли пропускать суда длиной до 74 м, шириной до 9,6 м, грузоподъемностью до 800 т. Пропускная способность Мариинского водного пути к 1910 г. составляла 1,24 млн т грузов в год. Продолжительность движения судов от г. Рыбинска до Петербурга сократилась до 30 суток. После реконструкции 1896 г. бурлацкая тяга была повсеместно заменена на три вида тяги: парходами, туерами⁴, лошадьми. Гидротехнические сооружения: плотины, шлюзы, водоспуски, построенные из дерева, свидетельствовали о высоком мастерстве русских строителей. Эти сооружения получили название плотин и шлюзов «русского типа». На Всемирной выставке в Париже в 1913 г. Мариинский водный путь как выдающееся техническое достижение своего времени был удостоен Большой золотой медали.

С началом Первой мировой войны в 1914 г. возросли потребности в перевозках стратегических грузов по Мариинскому водному пути, в частности нефти и нефтепродуктов. Эти потребности не удовлетворялись из-за малых размеров шлюзов. По проекту инженера И. В. Петрашеня приступили к строительству 5 новых гидрозлов на р. Шексне, в составе которых должны были быть построены новые шлюзы из камня. Их длина была принята равной длине существующих шлюзов, а ширина увеличена до 17,0. В условиях военного времени строи-

тельство закончено не было. Оно было завершено после окончания Гражданской войны в 20-х гг.

Развернувшееся гидротехническое строительство в СССР в 1930–1950-е гг. превратило основные реки (Волгу, Днепр, Дон, Каму, Оку) в глубоководные магистрали. Все более необходимой становилась реконструкция Мариинского водного пути, который работал уже более 140 лет. На трассе прежнего водного пути был сооружен Волго-Балтийский водный путь; он строился с перерывами с 1948 по 1964 г.

Вышневолоцкий, Мариинский и Тихвинский водные пути были крупнейшими водно-транспортными системами в России XVIII–XIX вв. Они сыграли большую роль в развитии экономики России на протяжении почти двухсот лет. По мере развития промышленности, увеличения производства продукции сельского хозяйства интенсивно росли торговые связи между различными районами страны, а также с зарубежными странами. Поскольку перевозки грузов водным транспортом стоили в 3–4 раза дешевле, чем сухопутным, с XVIII в. в России ведется строительство новых искусственных водных путей, а также осуществляется шлюзование рек — с целью создания бесперевалочных транспортных путей на затруднительных участках (порогах). В табл. 2 приведены данные о строительстве судоходных каналов, шлюзованных водных путей и других гидротехнических сооружений в России в XVIII–XIX вв. в хронологическом порядке.

⁴ Туер — парход, передвигавшийся вместе с буксируемыми им судами против течения вдоль цепи, уложенной на дно; цепь наматывалась на барабан, приводимый во вращение паровой машиной; по мере продвижения цепь с кормы судна вновь ложилась на дно

Таблица 2

Гидротехническое строительство в России в XVIII–XIX вв.

Год окончания строительства, реконструкции	Название	Трасса, водный путь	Состав сооружений
1	2	3	4
1708	Вышневолоцкий водный путь	р. Волга — Балтийское море через Вышний Волочек	Каналы, плотины, шлюзы, полушлюзы
1731	Старо-Ладожский канал	в обход Ладожского озера	Канал, плотины, шлюзы по концам канала
1785 реконструкция 1956	Днепро-Бугский канал	р. Днепр — Балтийское море через р. Западный Буг	Каналы; при реконструкции каналы, шлюзы, судоходные плотины, водоспуски
1802	Сясьский канал	р. Волхов — р. Сясь в обход Ладожского озера	Канал
1803	Новгородский (Сиверсов) канал	р. Мета — р. Волхов в обход озера Ильмень	Канал
1804	Огинский канал	р. Днепр — Балтийское море через р. Неман	Канал, шлюзы
1805	Березинский канал	р. Днепр — Балтийское море через р. Западную Двину	Канал, шлюзы
1810	Свирский канал	р. Свирь — р. Сясь	Канал
1810 реконструкция 1896	Мариинский водный путь	р. Волга — Балтийское море через р. Шексну, Вытегру	Канал, плотины, шлюзы; при реконструкции каналы, шлюзы, судоходные плотины, водоспуски
1811 реконструкция 1830	Тихвинский водный путь	р. Волга — Балтийское море через р. Мологу, Тихвинку	Каналы, плотины, шлюзы, полушлюзы; при реконструкции полушлюзы перестроены в шлюзы

Таблица 2
(продолжение)

1828 реконструкция 1920	Северодвинский водный путь (водный путь герцога Александра Вюртембергского)	р. Волга — Белое море через р. Шексну, Сухону, Северную Двину	Каналы, шлюзы, плотины; при реконструкции каналы, шлюзы, судоходные плотины
1836	Вишерский канал	р. Мета — р. Волхов в обход озера Ильмень	Канал
1837	Шлюзование р. Тезы	приток р. Клязьмы, впадающей в р. Оку	Пять гидроузлов: шлюзы, плотины
1838	Августовский канал	р. Неман — р. Висла	Каналы, шлюзы
1844	Волжско- Московский водный путь	р. Волга — р. Москва через р. Истра, Дубна	Каналы, шлюзы
1846 реконструкция 1896	Белозерский канал	в обход озера Белое на Мариинском водном пути	Канал, шлюзы
1852	Онежский канал	В обход Онежского озера на Мариинском водном пути	Канал
1856 реконструкция 1968	Сайменский канал	озеро Саймаа (Финляндия) — Балтийское море	Каналы, шлюзы; при реконструкции каналы, шлюзы, плотины, подпитывающие сифоны
1866	Ново-Ладужский канал	В обход Ладужского озера	Канал
1877 реконструкция 1980	Шлюзование р. Москвы	Приток р. Оки	Пять гидроузлов: шлюзы, плотины; при реконструкции перестроены: шлюзы, судоходные плотины
1882	Ново-Свирский канал	р. Волхов — р. Свирь в обход Ладужского озера	Канал
1882	Ново-Сясьский канал	р. Свирь — р. Сясь	Канал
1898	Обь-Енисейский канал	р. Обь — р. Енисей через р. Кеть, Кас	Каналы, шлюзы

Список литературы

1. Акулов К. А. Судходные каналы и их устройство. — СПб.: Издание К. Л. Риккера, 1912. — 283 с.
2. Данилевский В. В. История гидросиловых установок России до XIX века. — М.; Л.: Госэнергоиздат, 1940. — 208 с.
3. Бернштейн-Коган С. В. Вышневолоцкий водный путь. — М.: Минречиздат СССР, 1946. — 70 с.
4. Горелов В. А. Речные каналы в России. — Л.; М.: Речиздат, 1953. — 173 с.
5. Садовский Г. Л. Судходные гидротехнические сооружения СССР. — М.: Транспорт, 1970. — 263 с.
6. Порочкин Е. М., Забраилов А. Ю. Внутренние водные пути СССР. — М.: Транспорт, 1975. — 432 с.
7. Виргинский В. С. Либерман М. Я. Михаил Иванович Сердюков. — М.: Наука, 1979. — 127 с.
8. Водохранилища мира. — М.: Наука, 1979. — 287 с.
9. Истомина Э. Г. Водные пути России во второй половине XVIII — начале XIX века. — М.: Наука, 1982. — 277 с.
10. Речное судходство в России / под ред. М. Н. Чеботарева. — М.: Транспорт, 1985. — 352 с.
11. Плечко Л. А. Старинные водные пути. — М., Физкультура и спорт, 1985. — 104 с.
12. Викторов А. М. К столетию пуска первой ГЭС в России. — М.: Речной транспорт, 1989. — № 3. — С. 44.
13. Быков Л. С. По Петровскому указу — канал на древнем волоке. — М.: Транспорт, 1994. — 220 с.
14. Перевязкин Ю. А. Гидротехника и гидротехнический факультет (к 190-летию Высшей технической школы водного транспорта России) // Водные пути и гидротехнические сооружения: сб. научн. тр. / СПГУВК. — СПб., 1999. — С. 3–22.
15. Водные пути и гидротехнические сооружения: учеб. пособие / Гладков Г. Л. [и др.]. — СПб.: СПГУВК, 2001. — 329 с.
16. Кононов В. В. Строительство и реконструкция судходных гидротехнических сооружений в России в XX веке (исторический обзор) // Водные пути и гидротехнические сооружения: сб. научн. тр. / СПГУВК. — СПб., 2002. — С. 165–172.
17. От голландского капитана до российского министра / под ред. В. Е. Павлова, В. М. Уржанова. — СПб.: Европейский дом, 2003. — 367 с.
18. Кузнецов А. П., Петров В. М. Роль ведомства, корпуса института инженеров путей сообщения в развитии транспортной сети Северо-Запада России // КИИПС. — СПб.: ЗАО «Издания Максимова», 2003. — № 1. — С. 10–13.
19. Внутренние водные пути России / Воронцов В. М. [и др.]. — М., 2003. — 186 с.
20. Гапеев А. М., Кононов В. В. Колосов М. А. Шлюзованные водные пути и судходные каналы: учеб. пособие. — СПб.: СПГУВК, 2004. — 191 с.
21. Гапеев А. М., Гарибин П. А. Судходные шлюзы: учеб. пособие. — СПб.: СПГУВК, 2004. — 103 с.
22. Волгобалт. — СПб.: Лики России, 2004. — 199 с.

Ф. В. Кармазинов,

д-р техн. наук, проф., СПГУВК

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ВОДНЫХ КОММУНИКАЦИЙ И ВОДОКАНАЛ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА
НА СЛУЖБЕ ВЕЛИКОГО ГОРОДАSAINT-PETERSBURG STATE UNIVERSITY OF WATERWAYS
COMMUNICATIONS AND VODOCANAL WORK FOR THE GREAT CITY

В статье излагаются исторические аспекты становления и развития Водоканала Санкт-Петербурга и раскрывается роль Санкт-Петербургского государственного университета водных коммуникаций в подготовке кадров, обеспечивающих водоснабжение города.

The paper states historical aspects of foundation and development of St. Petersburg Vodocanal and shows the role of St. Petersburg State university of waterways communications in training specialists who provide water supply of the city.

Ключевые слова: водопроводная станция, водоснабжение, коллектор, очистные сооружения, водоотведение

Key words: water piping, water supply, collector, purification structures, water discharge

КАК это часто бывает в жизни, при внимательном изучении старых архивных документов обнаруживаются общие родственные корни людей, организаций, на первый взгляд сейчас кажущихся весьма далекими.

9–10 октября 2008 г. мы отметили 150-летие Водоканала Санкт-Петербурга. На территории Главной водопроводной станции был открыт памятник автору первого проекта петербургских водопроводов инженеру-гидротехнику Павлу Ивановичу Палибину (1811–1881) — выпускнику Санкт-Петербургского университета водных коммуникаций, который в те далекие годы назывался Институтом корпуса инженеров путей сообщения, двухсотлетний юбилей которого мы будем отмечать в декабре 2009 г.

Свою трудовую биографию П. И. Палибин начал в 1828 г. как гидротехник на строительстве канала Москва–Волга, а далее стал директором Комиссии проектов и смет Управления путей сообщения, которое возглав-



Павел Иванович Палибин
(1811–1881)

*Первый директор Общества
Санкт-Петербургских
водопроводов*

лял Августин Бетанкур — первый ректор Института корпуса инженеров путей сообщения. В 1853 г. П. И. Палибин — действительный тайный советник, вошел в число учредителей Общества снабжения Санкт-Петербурга невиской водой, разработал проект строительства водопровода для Северной столицы, а в 1858 г. совместно с инженерами А. Н. Ераковым, А. А. Перетцем, Е. П. Окелем, коммерсантами И. И. Глазуновым, И. Н. Кушинниковым и М. И. Якунчиковым, стал учредителем Общества Санкт-Петербургских водопроводов, от основания которого ведет свою

историю Водоканал Санкт-Петербурга.

Цель этого Общества была сформулирована в его Уставе как «доставление жителям Санкт-Петербурга средства пользоваться во всякое время года свежей и чистой водой посредством особого гидротехнического устройства».

С тех пор прошло 150 лет. Только что отзвучали приветствия нашему коллективу

Председателя Правительства Российской Федерации В. В. Путина, Председателя Совета федерации С. М. Миронова, Патриарха Московского и Всея Руси Алексия II, губернатора Санкт-Петербурга В. И. Матвиенко, организаций, водоканалов городов России, друзей и коллег. Состоялся благодарственный молебен в Исаакиевском соборе Санкт-Петербурга.

Что же сделано нами для того чтобы, по словам П. И. Палибина, вода для жителей нашего города была всегда «свежей и чистой»?

Сегодня Государственное унитарное предприятие (ГУП) «Водоканал Санкт-Петербурга» является лидером отрасли в России, странах СНГ, занимает одну из лидирующих позиций среди предприятий отрасли в Европе. Но, вероятно, далеко не всем известно, как и с чего начинался нелегкий путь предприятия, сколько труда, терпения и любви к делу было в него вложено.

Полтора века назад 10 октября 1858 г. император Александр II утвердил устав Акционерного



Августин Бетанкур
(1811–1881)
Первый ректор Института корпуса инженеров путей сообщения

Общества Санкт-петербургских водопроводов, положив начало созданию в Северной столице централизованного водоснабжения.

С 1858 по 1890 г. управление водоснабжением на большей части терри-



**Император
Александр II**

тории Петербурга осуществляло Общество Санкт-петербургских водопроводов. Для организации водоснабжения «заречных» районов была создана отдельная компания — Товарищество новых водопроводов,

которое действовало с 1873 по 1893 г.

Начиная с 1880-х гг. шла регулярная модернизация очистных сооружений. Была построена станция фильтрации с озонированием воды, с дальнейшим переходом на хлорирование, расширялись водопроводные сети. Городская канализация Петербурга достаточно долго отставала в своем развитии от водопровода. Вплоть до 1910 г. в городе не было единого органа, отвечающего за развитие канализации. В дальнейшем эти функции взяла на себя Исполнительная комиссия по сооружению кана-

лизации и переустройству водоснабжения, созданная в 1911 г. Комиссия активизировала растянувшуюся на десятилетия разработку проекта городской канализации.

События 1917 г. привели к значительным переменам в управлении водопроводным и канализационным хозяйством Петербурга и сильно затормозили их развитие. По объему подачи воды потребителям на дореволюционный уровень Ленинград вышел лишь в 1934 г.

Но в период между революцией и Великой Отечественной войной были и достижения. В 1930–1940-х гг. была построена и введена в строй Южная водопроводная станция и модернизированы очистные сооружения Главной водопроводной станции. Возобновилась работа по строительству канализационных сетей, их протяженность достигла 1130 км. В 1940 г. была принята генеральная схема канализования Ленинграда, в основе которой лежала раздельная система водоотведения и которая предусматривала очистку стоков.

За годы Великой Отечественной войны Водоканал потерял более половины своих работников, множество объектов, сетей и коммуникаций.

В послевоенные годы перед Водоканалом открылся огромный фронт работ по восстановлению своего разрушенного хозяйства.

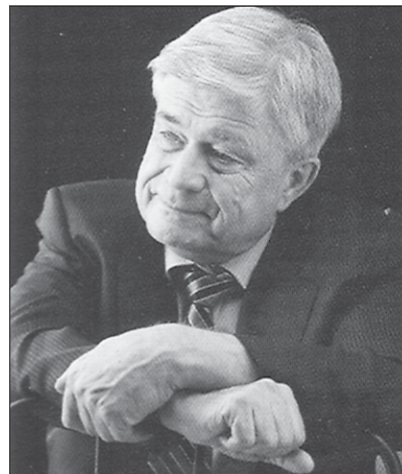
Восстановление и развитие Водоканала велось очень интенсивно. В 1948 г. был за-



Открытие памятника
П. И. Палибину



В. И. Матвиенко



Ф. Кармазинов

вершен ввод в эксплуатацию второй очереди Южной водопроводной станции, в 1964 г. введена в эксплуатацию Волковская, а в 1971-м — первая очередь Северной водопроводной станции.

Объемы подачи воды в те десятилетия росли быстрее, чем протяженность водопроводных сетей.

В 1952 г. Государственный комитет Совета Министров СССР утвердил проект строительства канализации в центральной части Ленинграда. В 1966 г. была утверждена генеральная схема канализации города, которая включала в себя, помимо прочего, три крупных комплекса канализационных очистных сооружений: Центральную (введена в действие в 1978–1984 гг.) и Северную (введена в действие в 1987 г.) станции аэрации, Юго-Западные очистные сооружения (строительство началось в 1986 г.).

В истории создания и становления Водоканала таким, каков он сегодня, хочется особо отметить два последних десятилетия, когда был совершен колоссальный качественный рывок в развитии, приблизивший Петербург к европейским стандартам качества питьевой воды.

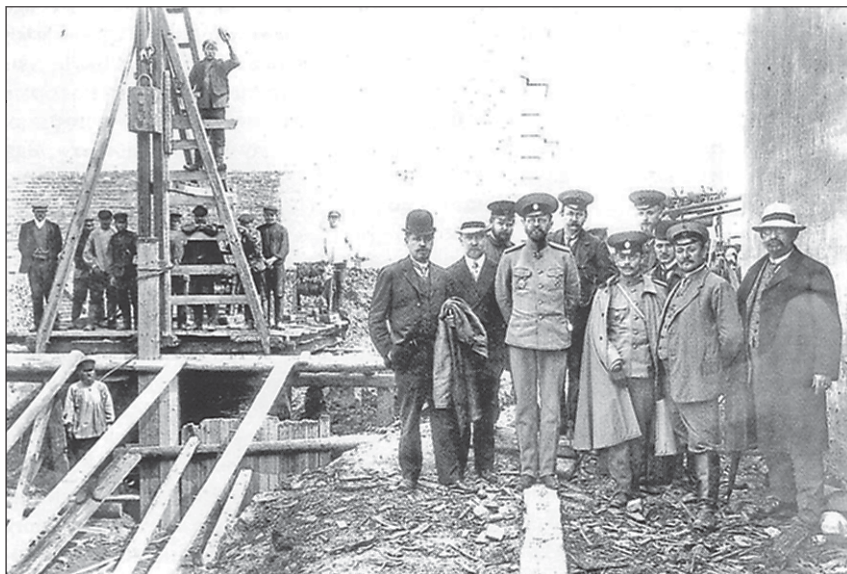
В 1990-е гг. Водоканал Санкт-Петербурга разработал и реализовал новую для России концепцию стратегического планирования финансово-хозяйственной деятельности предприятий жилищно-коммунального хозяйства. Важнейшим шагом в деле реализации этой концепции на предприятии стало создание

системы управления на основе планирования корпоративного развития. Именно это обеспечило устойчивое развитие Водоканала в условиях, когда осуществлялись реформы экономики и государственного строя России.

Сочетание мер административного воздействия и организационно-технических мероприятий позволило предприятию на протяжении нескольких лет обеспечивать значительное снижение всех своих эксплуатационных затрат, перейти на самоокупаемость и привлечь необходимые инвестиции для реконструкции и дальнейшего развития.

Главным событием 2004 г. для Водоканала стала разработка на основе созданной концепции Программы реконструкции и развития систем водоснабжения и водоотведения Санкт-Петербурга на 2004–2011 гг. Такая программа, утвержденная правительством города, была принята впервые. В ней четко сформулированы задачи достижения европейских показателей качества питьевой воды и последовательного освоения международных стандартов очистки сточных вод.





Строительство фильтр-озонной станции
на Петербургской (Петроградской) стороне

Выбрав инновационный путь развития, Водоканал взялся за активную реализацию этой программы, основные направления которой — совершенствование технологий очистки воды, наращивание производственных мощностей для развития города и обеспечение экологической безопасности Балтийского региона. За несколько лет предприятие освоило комплексную технологию обеззараживания питьевой воды с использованием гипохлорита натрия и ультрафиолета.

С 2007 г. Санкт-Петербург стал первым мегаполисом в мире, в котором вся поступающая в водопроводную сеть вода проходит ультрафиолетовую обработку.

С вводом в строй в 2005 г. Юго-Западных очистных сооружений объем очищаемых сточных вод города достиг 85%.

Завершение строительства Главного канализационного коллектора в северной части города позволит отправить на очистные сооружения оставшиеся без очистки 15% стоков и полностью исключить Санкт-Петербург из списка загрязнителей Балтийского моря.

Благодаря усилиям Водоканала Санкт-Петер-

бург — первый мегаполис в мире, полностью решивший экологическую проблему утилизации осадка, образующегося при очистке сточных вод. В 1997 г. был построен первый завод по сжиганию осадка, а в 2007 г. в эксплуатацию были введены еще два аналогичных завода.

Сегодня все очистные сооружения водоподготовки и очистки сточных вод Санкт-Петербурга осуществляют обработку воды на самом высоком и современном технологическом уровне.

ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» уделяет особое внимание не только развитию систем водоснабжения, водоотведения, совершенствованию технологических средств эксплуатации, автоматизации технологических процессов водоподготовки и очистки сточных вод, но и социальным аспектам развития города. Реализуются общегородские социальные программы — развитие сети общественных туалетов и фонтанного хозяйства Санкт-Петербурга. В ведении предприятия находится более 30 фонтанов, некоторые из которых были восстановлены, реконструированы или построены заново (в том числе крупные фонтанные комплексы — у Финляндского вок-



Юго-Западные очистные сооружения (ЮЗОС)



Завод по сжиганию осадка

зала, на Московской площади и плавающий фонтан у стрелки Васильевского острова).

Работу современных систем водоснабжения и водоотведения города обеспечивают в непростых, а порой и экстремальных условиях тысячи работников. Эта сложная и ответственная работа требует от них особых усилий, большой самоотдачи, физического и психологического здоровья. Для поддержания здоровья персонала на предприятии созданы лечебно-диагностический центр, специализированные медицинские центры, профилакторий, детский оздоровительный лагерь.

Большое внимание Водоканал уделяет подготовке профессиональных кадров. На базе Водоканала, ПУ № 89, вузов города созданы образовательные центры. По последнему слову техники оснащены специализированные в направлении отрасли кафедры Санкт-Петербургского государственного университета водных коммуникаций, Санкт-Петербургского архитектурно-строительного

университета, Петербургского государственного университета путей сообщения.

В перспективе развития предприятия мы видим создание современной системы водоснабжения мегаполиса. На сегодняшний день таковая, на мой взгляд, отсутствует. Существует система водоподачи, но системы водоснабжения, под которой понимается система, которая в определенный момент времени подает нужное количество воды с нужными параметрами в нужную точку, ни в одном городе России нет.

Проект создания такой системы уже начат, на его реализацию может потребоваться по расчету руководства предприятия 3–4 года. Для реализации этого проекта на одном из первых его этапов потребуется полная реорганизация системы управления Водоканалом.

За полтора века благодаря упорному труду многих людей Санкт-Петербургский Водоканал добился серьезных успехов в работе.

Динамичное развитие Водоканала Санкт-Петербурга немислимо без постоянного пополнения организации специалистами высшей квалификации. Сейчас у нас треть работающих — люди с высшим образованием.

СПГУВК — старейший транспортный вуз России — является постоянным источником высококвалифицированных специалистов, инженеров, в том числе руководителей высокого ранга. Традиционным является для него фундаментальная, теоретическая подготовка инженеров широкого профиля.



Кармазинов со студентами после лекции

В Университете уже 15 лет осуществляется выпуск инженеров по специальности «Комплексное использование и охрана водных ресурсов». С кафедрой охраны водных ресурсов и безопасности жизнедеятельности у Водоканала Санкт-Петербурга постоянный творческий и деловой контакт. Специалисты Водоканала читают студентам лекции как в аудиториях университета, так и на производстве. Проводятся постоянные экскурсии на водопроводных станциях, очистных комплексах и в Центре контроля качества воды. Ведущие специалисты Во-

доканала являются членами Государственной аттестационной комиссии по названной выше специальности.

Водоканал Санкт-Петербурга оказывал и будет оказывать постоянную помощь Университету в оснащении современными лабораториями, высокоточными приборами и оборудованием. Творческое многогранное сотрудничество Санкт-Петербургского государственного университета водных коммуникаций и Водоканала Санкт-Петербурга является залогом успешной работы на далекую перспективу.

З. Д. Копалиани,

канд. техн. наук, доц., РГГМУ;

А. Б. Клавен,

д-р техн. наук, доц., РГГМУ;

В. М. Католиков,

канд. техн. наук, доц., РГГМУ;

В. Н. Коковин,

РГГМУ

ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ РЕЧНЫХ РУСЕЛ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОТИВОПАВОДКОВЫХ РАСЧИСТОК РЕК БАСЕЙНА КУБАНИ

DIVERSION CAPACITY OF RIVER BEDS AND EFFICIENCY OF ANTIFLOOD CLEARANCE OF RIVERS IN KUBAN BASIN

В статье приводятся результаты лабораторных исследований, выполненных с целью разработки рекомендаций по повышению пропускной способности речных русел с разными типами руслового процесса.

The article considers results of laboratory investigations, carried out to develop recommendations for increasing diversion capacity of river beds with different types of river bed evolution.

Ключевые слова: русловый процесс, гидравлические характеристики потока, профиль дна, транспорт наносов, русловые мезоформы

Key words: river bed evolution, flood hydraulic characteristics, bottom grade, sediment transportation, channel mesoforms

В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЙ практике, часто с целью увеличения пропускной способности русла и понижения уровней воды и соответственно уменьшения площадей затопления прибрежных территорий во время половодий и паводков, прибегают к таким искусственным методам реконструкции речных русел, как углубление и расширение русла, спрямление излучин, расчистка русел от русловых форм типа побочней, осередков, пляжей, перекатов и т. д. Подобные мероприятия при их высокой стоимости чаще всего не имеют достаточного научного обоснования, редко подкреплены необходимыми расчетами, натурными данными или экспериментами и носят в основном интуитивный характер.

Под пропускной способностью речных русел и каналов в гидравлике и гидрологии понимается расход воды, протекающий при заданных гидравлических характеристиках

потока: поперечном сечении русла или канала и продольном уклоне свободной водной поверхности.

Пропускную способность русла часто характеризуют величиной K , называемой модулем расхода или расходной характеристикой

$$K = \frac{Q}{\sqrt{i}},$$

где Q — расход воды;

i — продольный уклон водной поверхности.

При использовании уравнения Шези, величина K может быть выражена через величины, характеризующие размер, форму и шероховатость русла

$$K = \omega \cdot C \sqrt{H} = \frac{1}{n} \omega \cdot H^{\frac{2}{3}},$$

где ω — средняя площадь поперечного сечения потока;

C — коэффициент Шези;

H — средняя по сечению глубина потока;

n — коэффициент шероховатости, по Маннингу.

Коэффициент шероховатости обычно назначается на основе качественного, интегрального описания условий обтекания потоком граничной поверхности. При этом рассматривается случай обтекания потоком жестких, недеформируемых границ русла с неподвижной зернистой шероховатостью дна. Значение n принимается постоянным во всем диапазоне наполнения русла водой.

При оценке гидравлических сопротивлений — потеря энергии при движении воды в естественных руслах с деформируемыми границами и транспорте донных наносов, теория руслового процесса вынуждена подходить с иных позиций, учитывающих принцип саморегулирования и самоорганизации транспорта наносов и морфологического строения речного русла в ходе руслового процесса.

Согласно фундаментальному положению М. А. Великанова (Великанов, 1958) в русловом потоке при его взаимодействии с руслом следует различать два режима взаимодействия: руслоформирующие (паводочные) условия, когда поток формирует русло динамического равновесия — «поток управляет руслом», и условия обтекания потоком «реликтового» русла и его морфологического строения, оставленного предшествующим, «руслоформирующим расходом воды» — «русло управляет потоком». Это положение свидетельствует о существовании двух, различных законов сопротивления русла потоку: в режиме формирования русла динамического равновесия и в режиме обтекания потоком русла, сформированного предшествующим расходом воды. При этом отмеченное никак не учитывается традиционной гидравликой.

Гидравлические сопротивления, выражая меру потерь энергии в русловом потоке, очевидно, выполняют роль внутренних механизмов саморегулирования в системе причинно-следственных связей, именуемой русловым процессом. Поэтому развитие физичес-

ких представлений о гидравлических сопротивлениях при движении жидкости в руслах рек требует углубленного изучения механизма руслоформирования и режима транспорта донных наносов, оценки раздельного, группового и суммарного вклада в гидравлические сопротивления плесов и перекатов, русловых макроформ (речных излучин), мезоформ (побочней, осередков), микроформ — гряд, механизма турбулентности и фаз водного режима (половодье, межень) и др.

Ниже приведены результаты лабораторных исследований, выполненных в ГГИ с целью изучения пропускной способности русел меандрирующих рек и побочневого типа и определения вклада в гидравлические сопротивления плесов, перекатов, побочней и микроформ речного русла (З. Д. Копалиани, М. М. Гендельман, 1989).

На схематической модели меандрирующего русла с 14 хорошо развитыми излучинами, с гладким песчаным дном ($d = 0,33$ мм) были последовательно выполнены опыты при нескольких расходах воды, при которых фиксировался профиль свободной водной поверхности. При наибольшем (руслоформирующем) расходе воды, когда в движение пришли наносы, слагающие дно потока, профиль водной поверхности фиксировался дважды: в начале опыта, когда только началось движение песка, но дно оставалось плоским, и через 36 часов, когда в русле полностью сформировались перекаты и плесы.

В последующих опытах малые (неруслоформирующие) расходы воды были повторно пропущены в русле, но уже с «реликтовыми» перекатами и плесами, сформировавшимися при предшествующем руслоформирующем расходе воды.

На рис. 1, где нанесены профили дна и водной поверхности в ходе описанных опытов, видно, что водная поверхность при руслоформирующем расходе воды при наличии и отсутствии плесов и перекатов остается неизменной. Отсюда следует, что при этом расходе воды плесы и перекаты не вносят никакого дополнительного вклада в гидравлические сопротивления (кривая 2). Отмеченное является экспериментальным подтверждением великановского принципа «минимума дисси-

пации энергии» в русловом потоке. Сравнение положения кривых 3 и 4 свидетельствует о том, что перекаты, сформированные руслоформирующим расходом воды, уже являются

вая 3 — наименьшая пропускная способность) к руслу с микроформами (кривая 2), далее от побочной без микроформ на их поверхности (кривая 4) к гладкому, безгрядовому руслу

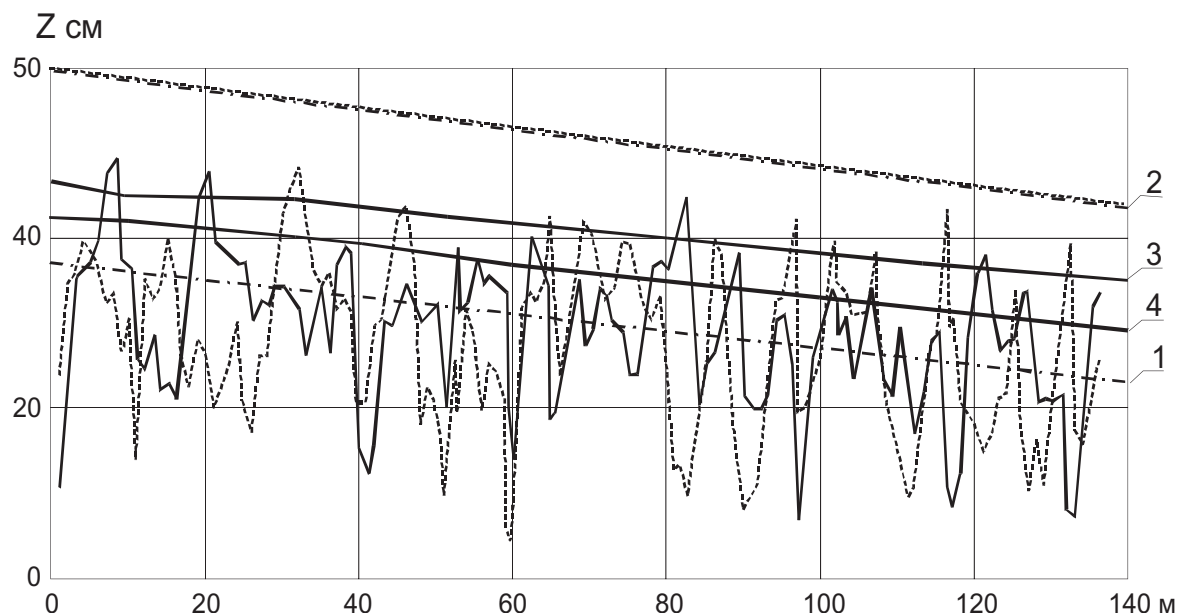


Рис. 1. Продольные профили дна и водной поверхности на схематической модели меандрирующей реки.

Условные обозначения: 1 — исходный профиль плоского дна; 2 — профиль водной поверхности при наличии и отсутствии плесов и перекатов при руслоформирующем расходе воды; 3 — профиль водной поверхности при наличии плесов и перекатов ($Q = 6,6$ л/с); 4 — профиль водной поверхности при отсутствии плесов и перекатов ($Q = 6,6$ л/с)

источником дополнительного сопротивления для расходов, меньших руслоформирующих расходов воды.

На рис. 2 представлены результаты экспериментов, выполненных в бетонном лотке длиной 82 м, шириной 2 м, по оценке пропускной способности русла побочного типа при различных состояниях дна (гладком, безгрядовом; только с микроформами на дне; с побочными с микроформами и без микроформ).

Из рис. 2 следует, что пропускная способность русла в зависимости от форм и режима транспорта наносов на дне меняется в широких пределах. Она увеличивается в следующей последовательности: от побочной с микроформами на их поверхности (кри-

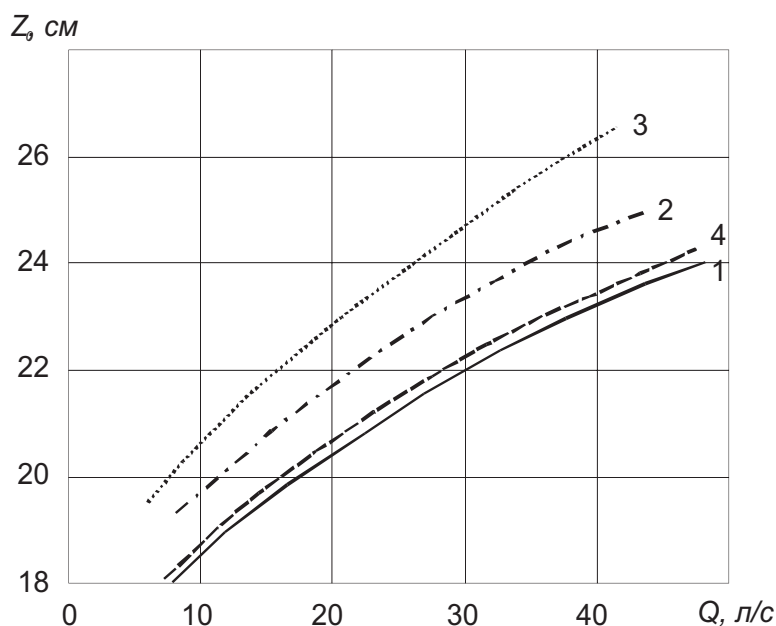


Рис. 2. Кривая $Z_0 = f(Q)$ по данным экспериментов на 82-метровом лотке при различных состояниях дна:

1 — гладкое (безгрядовое дно), 2 — микроформы, 3 — побочни с микроформами, 4 — побочни без микроформ

(кривая 1 — наибольшая пропускная способность).

Сравнивая кривые 3 и 4, соответствующие двум состояниям русла с побочным типом с микроформами на их поверхности и искусственно стертými микроформами, видно, сколь значительно увеличивается пропускная способность русла и уменьшаются гидравлические сопротивления, если предположить, что произошло стирание гряд в результате взвешивания частиц в мелкопесчаном русле в натуральных условиях или в случаях, когда гряды на поверхности побочной, сложенных из крупных частиц наносов, не образуются.

Отсюда следует, что, регулируя формы (мезо-, микроформы) и виды транспорта наносов (взвешивание, сальтация, донное влечение), река через гидравлические сопротивления изменяет в широких пределах не только транспортирующую, но и пропускную способность русла.

Описанные эксперименты с речными излучинами и побочным типом руслового процесса указывают на сложный характер формирования гидравлических сопротивлений в руслах с различным типом руслового процесса и присущим каждому типу морфологическим строением русла. Величина сопротивления меняется в зависимости от конкретного вклада в потерю энергии в русловом потоке конкретных речных и русловых форм (излучин, плесов, перекатов, побочной, осередков, гряд) в различные фазы водного режима (половодье, межень).

При искусственном вмешательстве в морфологическое строение речных русел или их частей (перекрытие рукавов многорукавных русел, спрямление отдельных излучин или их групп, изъятие из русла русловых мезоформ: перекатов, побочной, осередков, углубление и расширение русел и т. д.), режим гидравлических сопротивлений испытывает существенные, трудно предсказуемые изменения в силу большого разнообразия этих мероприятий и форм вмешательства.

Большинство рек бассейна Кубани относится к горно-предгорной зоне, и их русла сложены из крупного аллювия (гравий, галька, валуны). Выполнение натуральных исследований на таких реках во время паводков

крайне затруднительно в силу сравнительно редкой повторяемости высоких половодий и паводков, их скоротечности, исчисляемой часами, часто в ночное время, и больших значений скоростей потока (4–7 м/с), при которых вести непосредственные измерения на реке практически невозможно.

С другой стороны, в отличие от равнинных рек, сложенных из песка, русла рек горно-предгорной зоны хорошо воспроизводятся в лабораторных условиях на неискаженных гидравлических моделях с размываемым дном, поскольку крупность донных наносов на модели или в гидравлическом лотке может быть уменьшена в линейном масштабе модели с соблюдением не только геометрического, но и динамического (числа Фруда) и кинематического подобия, в зоне автомодельности по числу Рейнольдса (З. Д. Копалиани и др., 1986).

Ниже приведены результаты лабораторных исследований, выполненных с целью оценки эффективности влияния расчисток мезоформ речного русла на пропускную способность при побочном и осередковом типах руслового процесса во время паводков и половодий.

Побочный тип руслового процесса характеризуется наличием в русле крупных, занимающих в меженный период большую часть ширины русла, частично обсыхающих в меженный период отмелей, расположенных в русле в шахматном порядке. В период паводков побочни покрываются водой, и русло приобретает прямолинейный вид. Обсохшие побочни в межень придают руслу в плане извилистость. Пониженные, затопленные части в местах перегиба русла между побочными образуют перекаты. Плесы в русле располагаются против выпуклых краев побочной. Русловые деформации при побочном типе руслового процесса сводятся к сползанию побочной вниз по течению в периоды половодий и паводков. Длина побочной составляет 4–8 ширин русла, а их высота 0,3–0,6 глубины в плесе в бровках русла.

Побочный тип как самостоятельный тип руслового процесса встречается, в основном, на прямолинейных или слабоизвилистых участках рек, а также в отдельных рукавах русел при пойменной многорукавности и свободном меандрировании.

Эксперименты в составе настоящих исследований выполнялись в гидравлическом, стеклянном лотке длиной 8 м, шириной 0,2 м с высотой боковых стенок 0,25 м. Дно лотка также стеклянное.

В экспериментах использовался песок в диапазоне крупности частиц 0,5–2 мм со

средневзвешенным диаметром 0,98 мм. Состав экспериментальной смеси наносов состоял из трех основных компонентов: 0,5–0,7 мм (10%); 0,7–1 мм (65%) и 1–2 мм (25%).

Гидравлические условия выполнения экспериментов и соответствующие им натурные условия представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Гидравлические условия выполнения опытов в 8-метровом
экспериментальном лотке**

	Масштабные коэффициенты		Численные значения гидравлических характеристик	
	символ	значение	лаборатория	натура
Линейные характеристики потока				
Глубина	α_H	100,0	1,0 см	1,0 м
Ширина	α_B	100,0	20,0 см	20,0 м
Длина	α_L	100,0	8,0 м	800,0 м
Гидравлические характеристики потока				
Уклон дна	α_I	1,0	0,008	0,008
Крупность руслового материала Диапазон изменения Средневзвешенный диаметр	α_d	100	0,5–2,0 мм 0,98 мм	5,0–20,0 см 9,8 см
Расход воды	$\alpha_Q = \alpha_H^{5/2}$	100 000	0,75 л/с	75 м³/с
Скорость потока	$\alpha_V = \sqrt{\alpha_H}$	10,0	37 см/с	3,7 м/с
Относительная ширина русла B/H	$\alpha_{B/H}$	1,0	20,0	20,0
Число Фруда $Fr = \frac{V}{\sqrt{gH}}$	α_{Fr}	1,0	0,79–0,92	0,79–0,92
Коэффициент Шези	α_C	1,0	41,1 м¹/²/с	41,1 м¹/²/с
Масштаб времени морфологических и гидравлических процессов	$\alpha_t = \sqrt{\alpha_H}$	10,0	1 час	10 часов
Расход донных наносов	$\alpha_{Q_T} = \alpha_H^{5/2}$	100 000	0,73 см³/с	0,073 м³/с
Относительная гладкость потока H/d	$\alpha_{H/d}$	1,0	20,0	20,0

В табл. 2 представлены морфометрические и динамические характеристики по-

бочней, полученных в этих экспериментах (рис. 3).

Таблица 2

Морфометрические и динамические характеристики лабораторных и натуральных побочней

	Длина		Высота		Скорость перемещения, С поб		Относительная скорость перемещения
	лаборатория	натура	лаборатория	натура	лаборатория	натура	
Средняя	120 см	120,0 м	0,82 см	0,82 м	0,85 мм/с	30,6 м/ч	0,0019
Максим.	150,0 см	150,0 м	1,2 см	1,20 м	1,1 мм/с	39,6 м/ч	0,0023
Миним.	90,0 см	90 м	0,45 см	0,45 м	0,6 мм/с	21,6 м/ч	0,001 46

Концентрация донных наносов в опытах составляла 0,000 97.

Важно отметить, что в описанных экспериментах транспорт донных наносов осуществлялся без образования микроформ-гряд поверх тела побочней. Это объясняется малыми значениями относительной гладкости потока в описанных опытах, составляющих $H/d = 20$ (табл. 1).

Далее в экспериментальных исследованиях в 8-метровом лотке была выполнена расчистка двух побочней. Протяженность образовавшегося карьера составила 2,4 м (240 м натуре), а глубина изъятия грунта 2,5 см (2,5 м натуре).

На рис. 4 представлены продольные профили дна и свободной водной поверхности потока при наличии и изъятии побочней в начальной стадии занесения карьера донными наносами. Скорость занесения карьера в опытах была неравномерной. Наибольшая скорость занесения проявилась в самой начальной стадии опыта. Это происходило за счет размыва верхового откоса карьера. С размывом верхового откоса

карьера связано и локальное увеличение уклона водной поверхности потока, что вызывало и некоторое уменьшение глубины потока. Но это локальное и кратковременное уменьше-

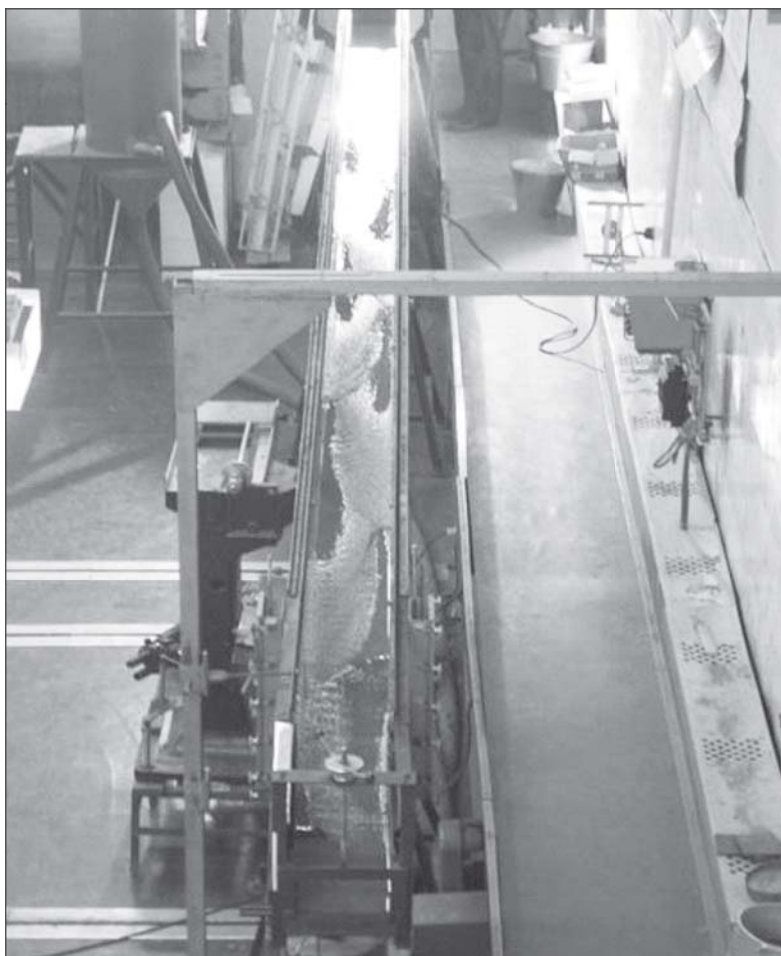


Рис. 3. Побочни, сформировавшиеся в 8-метровом лотке в эксперименте 1 (вид против течения)

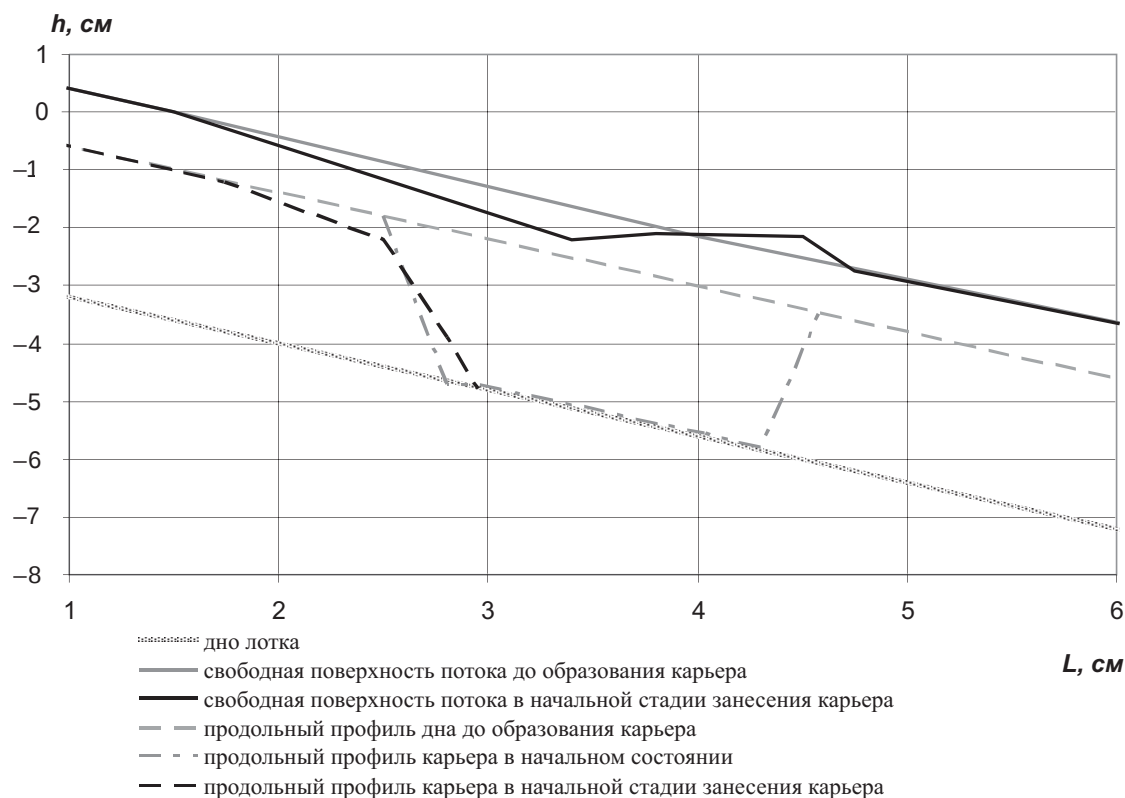


Рис. 4. Продольные профили дна и свободной поверхности потока при наличии побочной в лотке и при изъятии двух из них (образование карьера) в начальной стадии его занесения

ние глубины не вызвало общего понижения уровня воды в пределах карьера и, тем более, совершенно не отразилось на участках потока выше и ниже карьера. Таким образом, выемка аллювия из русла реки в объеме двух смежных побочной не сказывается на пропускной способности русла, не вызывает понижения уровней воды и не решает проблемы защиты прирусловой (пойменной или иной) территории от затопления паводочными водами.

Время занесения карьера и восстановления побочного рельефа в описанном опыте составило соответственно 73 и 193 минуты (12,1 и 32,2 часа в натуре).

Наряду с побочным типом руслового процесса, на реках бассейна р. Кубань широко распространен осередковый тип (русловая многорукавность). Этот тип руслового процесса характеризуется распластанным руслом, по которому в паводочный период перемещаются мезоформы: осередки, побочни и ленточные гряды, частично обсыхающие в период межени и создающие многорукавный облик русла.

На реках бассейна Кубани русловая многорукавность (осередковый тип) распространен в верховьях Кубани, на Малом и Большом Зеленчуках, Лабе, Большой и Малой Лабе в нижнем течении р. Кубань выше впадения р. Лаба.

На рис. 5 представлен типичный участок р. Лаба с русловой многорукавностью, который служил прототипом для воспроиз-



Рис. 5. Участок р. Лаба с русловой многорукавностью

ведения и изучения в лабораторных условиях осередкового типа руслового процесса в русловой лаборатории ГГИ.

Целью лабораторных исследований, выполненных в бетонном гидравлическом лотке длиной 50 м (ширина 2 м), было следующее:

- воспроизведение в лабораторных условиях осередкового типа руслового процесса;
- выполнение опытов по оценке эффективности расчисток русла с целью понижения уровней воды во время паводков и половодий;
- разработка рекомендаций по организации искусственных карьеров-ловушек донных наносов для изучения режима стока наносов в составе программы мониторинга водных объектов на реках бассейна Кубани.

Экспериментальный лоток оборудован мерным баком, обеспечивающим подачу требуемого расхода воды, измеряемого с помощью водослива Томпсона, волногасительными габрионами на входе в лоток для создания равномерного распределения скоростей пото-

ка по ширине лотка и гашения волн, песколовой и водосливным щитом переливного типа в конце лотка. Подача наносов в ходе каждой серии экспериментов осуществлялась вручную в объемах, соответствовавших среднему выносу наносов в песколовку.

Опыты выполнялись с песчано-гравийной смесью в диапазоне крупности фракций 0,1–5 мм, со средневзвешенным значением диаметра 0,67 мм (6,7 см натурой).

В соответствии с критериальной зависимостью для условий формирования побочной и осередков, полученной В. М. Католиковым (В. М. Католиков, З. Д. Копалиани, 2001 г.), осередки в равномерном установившемся потоке формируются при условии

$$Fr < 2,8 \left(\frac{BJ}{H} \right)^{0,6}.$$

Гидравлические характеристики, при которых выполнены эксперименты, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Гидравлические условия выполнения опытов в 50-метровом экспериментальном лотке

	Масштабные коэффициенты		Численные значения характеристик	
	символ	значение	лаборатория	натура
Линейные характеристики потока				
Глубина	α_H	100,0	4,0 см	4,0 м
Ширина	α_B	100,0	200,0 см	200,0 м
Длина	α_L	100,0	5000,0 см	5000,0 м
Гидравлические характеристики потока				
Уклон дна	α_I	1,0	0,0045	0,0045
Крупность руслового материала: Диапазон изменения Средневзвешенный диаметр	α_d	100	0,1–4,0 мм 0,67 мм	1,0–40,0 см 6,7 см
Расход воды	$\alpha_Q = \alpha_H^{5/2}$	100 000	40,0 л/с	4000 м³/с
Скорость потока	$\alpha_V = \sqrt{\alpha_H}$	10,0	50,0 см/с	5,0 м/с
Относительная ширина русла B/H	$\alpha_{B/H}$	1,0	50,0	50,0
Число Фруда $Fr = \frac{V}{\sqrt{gH}}$	α_{Fr}	1,0	0,8	0,8

Таблица 3
(продолжение)

Критериальный параметр B/H	$\alpha_{B/H}$	1,0	0,22	0,22
Коэффициент Шези	α_C	1,0	37,3 м ^{1/2} /с	37,3 м ^{1/2} /с
Масштаб времени гидравлических и морфологических процессов	$\alpha_t = \sqrt{\alpha_H}$	10,0	1 час	10 часов
Расход донных наносов	$\alpha_{Q_T} = \alpha_H^{5/2}$	100 000	46,1 см ³ /с	4,6 м ³ /с
Относительная гладкость потока H/d	$\alpha_{H/d}$	1,0	59,7	59,7

Из табл. 3 следует, что при заданных гидравлических характеристиках отмеченное критериальное условие выполняется ($0,8 < 1,13$).

В ходе экспериментов измерялись продольный профиль свободной водной поверхности, скорости поверхностных течений, расход донных наносов, морфометрические

и динамические характеристики русловых мезо- и микроформ, а также гранулометрический состав наносов, выносимых потоком в песколловку.

В экспериментах исследовался процесс формирования и динамики русловых мезоформ в виде осередков, побочной и ленточных гряд и их трансформация в ходе опытов (рис. 6), включая: причленение мезоформ-середков к стенкам лотка в виде побочной и отчленение побочной от стенок лотка и их превращение в осередки. Очень часто в руслах рек горно-предгорной зоны при осередковом типе руслового процесса также наблюдается одновременное присутствие в потоке и осередков и побочной (рис. 5).

Основной транспорт наносов в лотке, включая поверхность мезоформ, осуществлялся в форме микроформ — дюн длиной в среднем 22 см (5,5 глубины потока) и высотой до 2 см (0,5 глубины потока).

В описанных экспериментах относительно устойчивый транспорт наносов в форме осередков, т. е. русловая многорукавность, в лабораторных условиях была воспроизведена впервые.

Морфометрические и динамические характеристики мезоформ в опытах, выполненных в 50-метровом гидравлическом лотке, представлены в табл. 4.

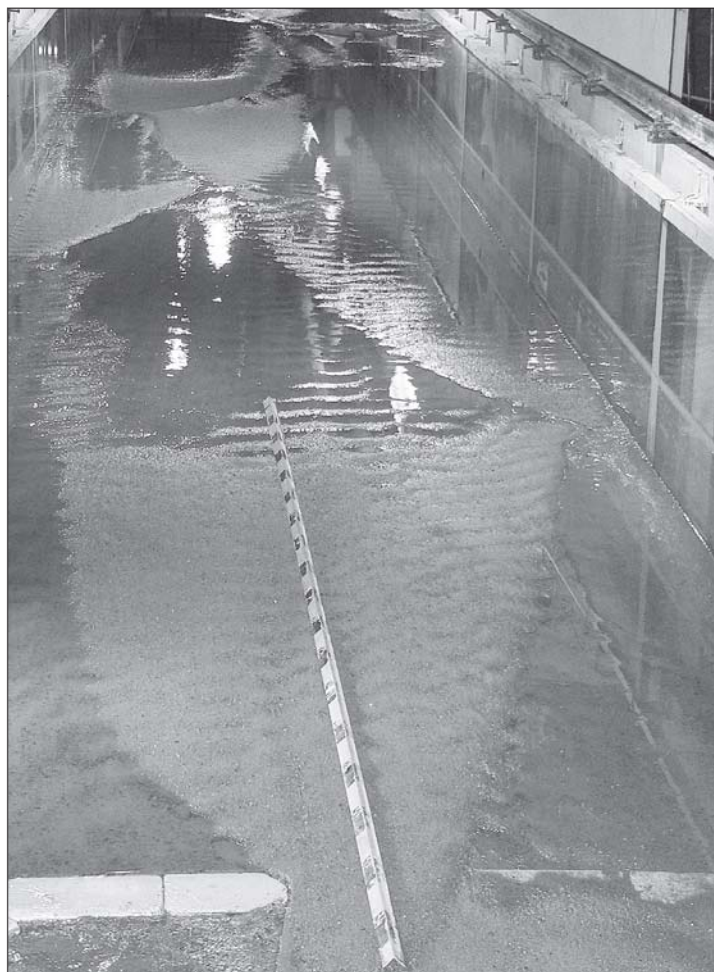


Рис. 6. Мезоформы (осередки), сформировавшиеся в ходе проведения экспериментов

Таблица 4

Морфометрические и динамические характеристики экспериментальных мезоформ

	Побочни			Осередки		
	Высота (см)	Длина (м)	Скорость перемещения (м/мин)	Высота (см)	Длина (м)	Скорость (м/мин)
Средняя	4,1	7,15	0,09	2,5	6,57	0,08
Максимальная	5,0	7,85	0,10	3,2	7,40	0,085
Минимальная	3,2	6,40	0,08	2,0	5,0	0,07

В следующих двух сериях экспериментов в 50-метровом гидравлическом лотке воспроизводились искусственная расчистка мезоформы (осередка) с целью выяснения влияния (эффективности) этой расчистки на пропускную способность русла и искусственный карьер-ловушка донных наносов для оценки стока донных наносов и изучения характеристик транспорта наносов для их учета при организации мониторинга водных объектов на участках рек бассейна Кубани с осередковым типом руслового процесса.

Мезоформа-осередок длиной 5 м (500 м в натуре) с характеристиками, указанными в табл. 4, была срезана на участке 25–30 м от начала лотка. На рис. 7 представлены продольные профили дна и водной поверхности при формировании осередков и после срезки мезоформы.

Как следует из этого рисунка, изменения в положении продольного профиля воды в пределах и выше карьера имеют локальное распространение, не превышающее 3 мм (30 см в натуре), и не могут повлиять на общую пропускную способность русла.

Таким образом, при борьбе с наводнениями и паводками расчистка мезоформы с целью снижения отметок уровня воды на участке срезки мезоформы неэффективна.

Время восстановления мезоформы на месте срезанной в результате наползания новой мезоформы с верхнего участка составило 1 час в опытах, что соответствует 10 часам природы продолжительности активного транс-

порта донных наносов во время паводка на исследуемом участке р. Лаба (табл. 3).

В следующей серии экспериментов в лотке на 25-м метре от его начала на всю ширину был устроен глубокий карьер (ловушка) длиной 1,3 м (по верху) и 1,0 м (по дну) глубиной 3–5 глубины потока.

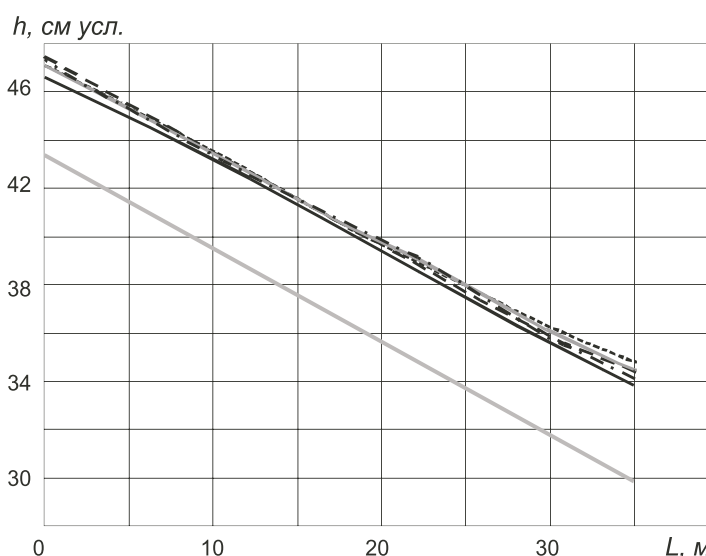


Рис. 7. Продольные профили свободной поверхности воды при формировании осередков и срезке мезоформ

Сопоставление продольных профилей свободной поверхности воды в ходе экспериментов, представленное на рис. 8, свидетельствует о том, что влияние подобного карьера на положение продольных профилей воды проявляется только в пределах самого карьера и ниже него.

Время занесения карьера составило 1,8 ч (18 часов природы), что позволяет уменьшить его глубину при воспроизведении в натуральных условиях до двух раз, достаточной для занесения одним паводком.

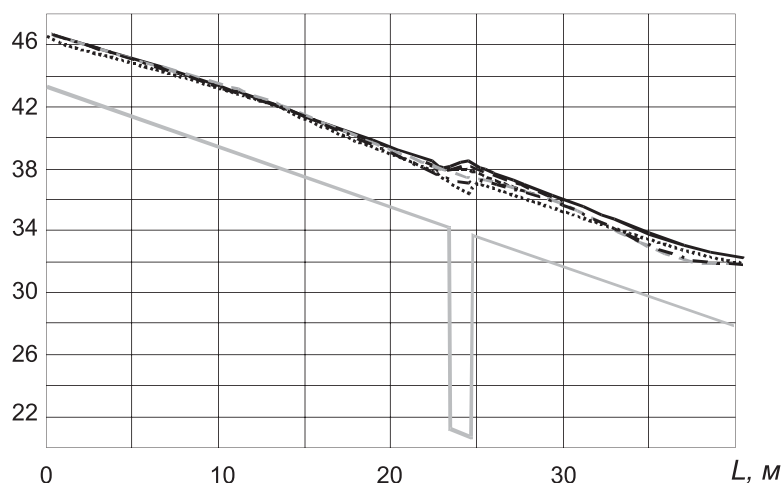
h , см усл.

Рис. 8. Продольные профили дна и свободной поверхности воды в ходе занесения глубокого карьера-ловушки

Часто задачу увеличения пропускной способности речных русел с целью понижения уровней воды в реке для безопасного пропуска половодий и паводков проектировщики пытаются решать в комплексе с добычей аллювиального материала из русел и пойм рек для строительных целей или улучшения условий судоходства на перекатных участках рек.

В качестве двух примеров приведем результаты исследований ГГИ, выполненных на реке Лабе с целью рационализации добычи руслового материала из этой реки Мостовским дробильно-сортировочным заводом и оценки противопаводкового эффекта этого мероприятия, и прокомментируем результаты многолетних полевых исследований ОАО «Кубаньводпроекта», выполненных на участке Нижней Кубани между Краснодарским и Тиховским гидроузлами протяженностью около 130 км за период 1978–2007 гг.

Работы ГГИ на р. Лаба выполнялись в 1992–1996 гг. и включали широкий комплекс натурных и лабораторных исследований гидравлического и руслового режимов этой реки на участке карьерных разработок у пос. Мостовского (А. Б. Швидченко, З. Д. Копалиани, 1997).

В результате натурных и лабораторных исследований на неискаженной размываемой гидравлической модели и гидравлическом 100-метровом лотке были подробно изучены режим стока донных наносов, русловые деформации, гидравлический режим и технологические вопросы изъятия аллювия из русла р. Лаба.

На рис. 9 представлены фактические данные о профилях дна и водной поверхности на исследуемом участке реки до и после организации карьерной выемки.

По данным полевых и лабораторных исследований было установлено, что разработка в течение 2,5 лет в русле р. Лаба у пос. Мостовского карьера длиной 1900 м, шириной 80–300 м и глубиной 4 м (глубина потока выше карьера 1–1,5 м) приводит к снижению уровней

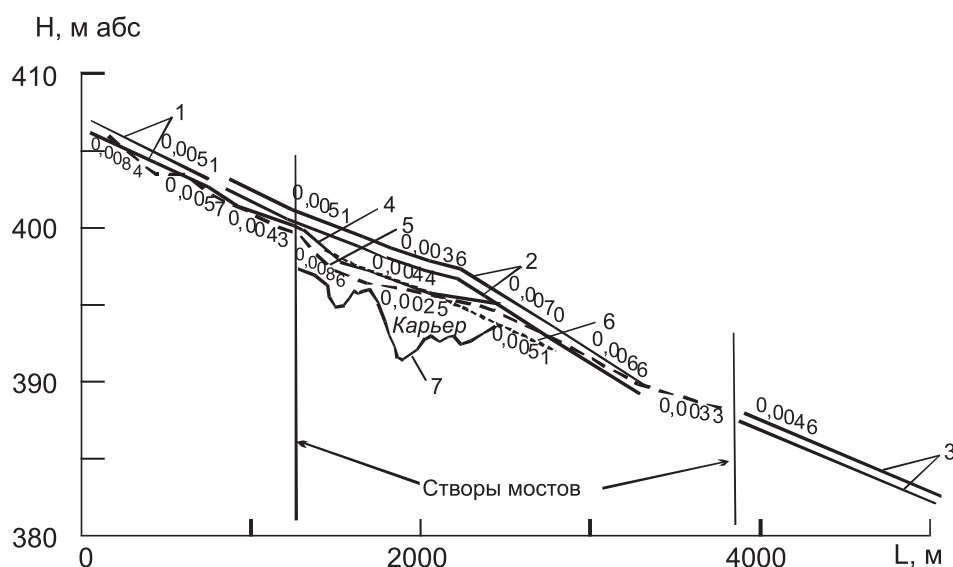


Рис. 9. Продольные профили водной поверхности (1–6) и дна (7) р. Лабы у пос. Мостовского: до создания карьера (1984) 1 — $Q = 164 \text{ м}^3/\text{с}$, 2 — $Q = 189 \text{ м}^3/\text{с}$, 3 — $Q = 173 \text{ м}^3/\text{с}$; после создания карьера (1992) 4 — $Q = 256 \text{ м}^3/\text{с}$, 5 — $Q = 192 \text{ м}^3/\text{с}$, 6 — $Q = 246 \text{ м}^3/\text{с}$; 7 — 18.06.92

воды на участке реки в пределах карьера на 2–2,5 м. Выше карьера, на расстоянии 1 км, понижение уровней воды в реке составляет 1–1,5 м, а ниже карьера на таком же расстоянии — на 0,5–1 м.

Таким образом, разработка длинного руслового карьера вызывает значительное снижение отметок дна и водной поверхности на участке протяженностью 4–5 км в районе карьера, что благоприятно скажется на условиях пропуска половодий и паводков на этом участке и уменьшении площадей затоплений. Однако, как было показано этими исследованиями, отмеченный карьер полностью перехватит объем стока наносов на 10–15 лет, что неблагоприятно повлияет на состояние окружающей среды и экологические условия в районе карьера и ниже него.

В связи с понижением уровня грунтовых вод на прилегающих территориях и изменением режима русловых деформаций и стока наносов ниже карьера, карьер может негативно повлиять на водоснабжение, продуктивность сельскохозяйственных угодий, нерестилища рыб и устойчивость инженерных сооружений.

В рамках отмеченных исследований были установлены критериальные условия сопряжения руслового карьера с транзитным потоком, обозначающие границу функционирования карьера в затопленном и незатопленном режимах. При затопленном сопряжении карьера с потоком изменения водного режима имеют локальный характер и проявляются только на участке карьера, тогда как при незатопленном режиме водная поверхность претерпевает существенную трансформацию и за пределами карьера, выше и ниже него, как это имело место в описанном примере на р. Лаба.

Критерием для разделения карьеров, (глубиной более глубины потока) на указанные две группы, служит соотношение $\Delta Z \lessgtr H$, где $\Delta Z = I \cdot LK$ — максимально возможное снижение уровня воды в створе верхового откоса карьера (I и H соответственно уклон водной поверхности выше карьера и глубина потока в естественных (ненарушенных) условиях, LK — длина карьера). При $\Delta Z < H$ карьер будет функционировать в затопленном режиме, а при $\Delta Z > H$ — в незатопленном. Записав граничное критериальное условие в виде $I \cdot LK = H$, имеем для затопленного режима $LK < H/I$ и для незатопленного режима $LK > H/I$.

Наибольшая длина карьера, функционирующего в затопленном режиме на исследуемом участке р. Лабы при $I = 0,0048$ и $H = 1–2$ м составляет 208–416 м. Следовательно, как и было показано, карьер на р. Лабе длиной 1900 м функционирует в незатопленном режиме, когда у верхового откоса карьера (в отличие от затопленного карьера) образуется кривая спада, способствующая интенсивному размыву дна и понижению отметок водной поверхности выше карьера. При этом течение в транзитной зоне карьера имеет те же или близкие гидравлические характеристики, что и выше карьера.

На рис. 10 представлены продольные профили дна и водной поверхности на участке

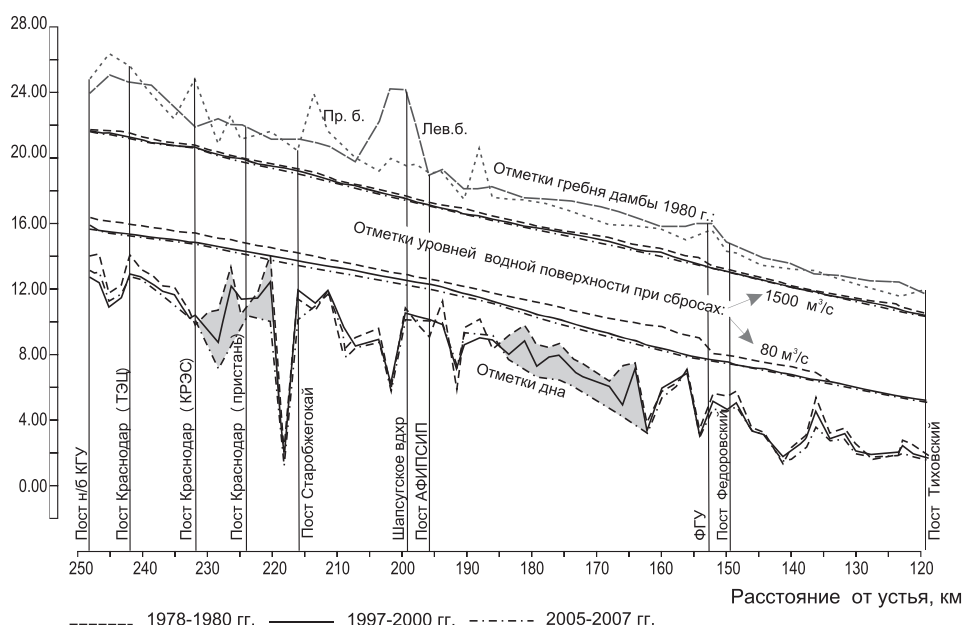


Рис. 10. Продольные профили дна и свободной поверхности воды Нижней Кубани

русла Нижней Кубани между Краснодарским и Тиховским гидроузлами, по данным ОАО «Кубаньводпроект». Из рис. 10 следует, что за период с 1978 по 2007 г. продольный профиль дна по тальвегу испытал существенные изменения в результате добычи из русла р. Кубань строительного материала и путевых работ на перекатах. На участке русла 164–187 км от устья по судовому ходу длиной 23 км отметки дна понизились на 3,5 м, а на участке 218–231 км от устья длиной 13 км — на 5,0 м.

Как следует из рис. 10, водная поверхность при руслоформирующем расходе воды ($Q = 1500 \text{ м}^3/\text{с}$) практически не «чувствует» изъятия больших объемов грунта из русла р. Кубани как в целом, так и на двух протяженных участках этой реки, показанных на рисунке темным цветом. Влияние изъятий грунта (понижение отметок дна) сказывается на понижении отметок водной поверхности лишь при малых (меженных) расходах воды в реке $80 \text{ м}^3/\text{с}$.

В заключение коротко остановимся на проблеме спрямления речных излучин. Этот метод также используется для увеличения пропускной способности русел меандрирующих рек с целью понижения уровня воды и борьбы с наводнениями и паводками. Однако этот метод еще чаще и с большим успехом используется еще в двух целях: для уменьшения длины судоходного пути на меандрирующих реках и стабилизации (замедления) темпов размыва вогнутого берега речных излучин.

Вопрос об эффективности спрямления излучин меандрирующих рек для увеличения пропускной способности русел с целью борьбы с наводнениями и паводками в имеющейся литературе освещается весьма противоречиво и не получил однозначного реше-

ния. (Pan Chig shen et. al., 1978); (Morisawa, 1985), М. М. Гендельман, И. В. Попов, 1987).

В частности, по свидетельству М. Морисавы (Morisawa, 1985) паводок 1975 г. на р. Миссисипи после спрямления до этого 16 излучин на этой реке на некоторых участках дал отметку максимального уровня воды повторяемостью 1 раз в 200 лет, тогда как обеспеченность этого паводка была 1 раз в 30 лет. Морисава объясняет это непредсказуемыми деформациями русла и изменением режима транспорта наносов и вследствие этого резким увеличением гидравлических сопротивлений, вызвавшим уменьшение пропускной способности русла на участках спрямлений.

Подводя краткий итог изложенному выше, необходимо еще раз отметить, что проблема пропускной способности речных русел с разными типами руслового процесса является фундаментальной проблемой современной гидравлики, зависящей, прежде всего, от уровня разработки вопроса о гидравлических сопротивлениях в потоках с подвижными границами. Решение этой проблемы требует разработки количественных методов учета вклада речных и русловых макро-, мезо- и микроформ в гидравлические сопротивления и пропускную способность речных русел, а также характеристик стока наносов, гидрологического режима, типа руслового процесса и величины реки.

Поскольку отмеченная проблема в общем виде в науке еще не решена, для принятия конкретных практических решений о целесообразности расчисток русла и обосновании противопаводковой эффективности этих мероприятий необходим индивидуальный подход к каждому водному объекту и решаемой на этом объекте задаче.

Список литературы

1. Великанов М. А. Русловой процесс. — М.: Госфизматиздат, 1958. — 395 с.
2. Копалиани З. Д., Гендельман М. М. Русловой процесс и гидравлические сопротивления // Проблемы современной гидрологии. — Л.: Гидрометеиздат, 1989. — С. 288–304.
3. Копалиани З. Д., Твалавадзе О. А., Носелидзе Д. В. Методика и результаты исследований русловых деформаций на неискаженной модели р. Хара-Мурын // Тр. ГГИ. — Л.: Гидрометеиздат, 1986. — Вып. 301. — С. 68–79.
4. Католиков В. М., Копалиани З. Д. Побочни в руслах рек: условия образования и их динамика // Водные ресурсы. — 2001. — Т. 28, № 5. — С. 579–586.

5. Швидченко А. Б., Копалиани З. Д. Влияние выемок аллювия на гидравлический и русловой режимы горной реки // Водные ресурсы. — 1997. — Т. 24, № 6. — С. 672–678.

6. Гендельман М. М., Попов И. В. О развитии спрямлений речных русел // Тр. ГГИ. — Л.: Гидрометеиздат, 1987. — Вып. 307. — С. 3–16.

7. Pan Chig-shen, Shin Shao-chuan and Tuan Wen Chung. A Study of the channel development after the completion of artificial cutoffs in the middle Yangtze river. — J. Sci Sinica, 1978. — Vol. XXI, № 6. — P. 783–804.

8. Morisawa M. Rivers. Form and process. — Longman Group Limited, 1985. — 222 p.

М. А. Михалев,
д-р. техн. наук, проф., СПбГПУ

О МОДЕЛИРОВАНИИ УСЛОВИЙ НАЧАЛА ТРОГАНИЯ ЧАСТИЦ НЕСВЯЗНОГО ЗЕРНИСТОГО МАТЕРИАЛА

MODELING OF CONDITIONS FOR STARTING OFF THE PARTICLES OF NON-COHESIVE GRANULAR MATERIAL

В статье на базе методов физического моделирования гидравлических явлений решается вопрос о скорости начала трогания (размывающей или неразмывающей) частиц несвязного зернистого материала. Для обоснования основных положений и выводов привлекаются проверенные временем результаты лабораторных исследований известных авторов.

On the basis of the method of physical modeling of hydraulic events we try to solve the problem of stating off speed (outwashing or not) of bulk granular material particles. To ground the main ideas and conclusions the results of laboratory research of famous authors were used.

Ключевые слова: физическое моделирование, гидравлическое явление, динамическая скорость потока, несвязный грунт

Key words: physical modeling, hydraulic event, dynamic speed of the stream, non-cohesive material

ЧАЩЕ всего, говоря об условиях начала трогания частиц несвязного зернистого материала, слагающих русло водотока, имеют в виду скорость течения. Но тогда это задача о неразмывающей (или размывающей) скорости потока, при которой заканчивается (или начинается) процесс взаимодействия двух фаз: жидкой и твердой. Нужно сказать, что в этой области существует немало публикаций. Однако в большинстве своем авторы даже не имеют представления о методах физического моделирования. И это несмотря на то, что еще в первой половине прошлого столетия появилась прекрасная работа А. Шильдса [1], положившая начало исследованиям в этой области, тесно увязанным с достижениями в гидромеханике, а также в области физического моделирования. В нашей стране большой вклад в проблему движения наносов был сделан В. С. Кнорозом [2–5]. Непосредственное отношение к затронутой здесь теме имеет его работа [2]. В ней автор не только обобщил достижения в этой области знаний за прошедшие времена, но и сделал заметный шаг вперед по сравнению с работой [1]. В первую очередь это касается метода учета сопротивления движению воды

в момент начала трогания частиц несвязного зернистого материала, находящихся на дне водотока. Однако работы [1; 2] имеют общий недостаток, который заключается в том, что их результаты представлены не в критериальной форме. Одна из возможных форм критериального уравнения была получена в [6] в результате анализа размерностей. Ниже будут рассмотрены и другие формы критериальных уравнений, соответствующие условиям начала трогания частиц несвязного зернистого материала в процессе взаимодействия жидкой и твердой фазы.

Прежде всего, остановимся на особенностях условий начала трогания вышеупомянутых частиц, с которыми непосредственно связана существующая в этой области терминология. Обычно исследователь получает сведения о начале движения частиц в результате непосредственного наблюдения за состоянием поверхности зернистого материала, уложенного на дно остекленного лотка, в котором можно плавно изменять скорость течения воды. К сожалению, не существует единой методики проведения подобного рода опытов. У одних исследователей за начало трогания принимаются условия, при которых наблюдаются

внезапные перемещения скачком отдельных частиц. Другие считают, что этим условиям соответствует скачкообразное перемещение многих частиц грунта. Третьи принимают в качестве условий, отвечающим размывающей скорости потока, «начало массового перемещения частиц». Можно утверждать, что процесс перехода частиц грунта из состояния покоя в состояние движения является случайным, и здесь уместно использование методов теории вероятностей. Из сказанного следует, что начало трогания частиц происходит при шероховатости дна водотока, обусловленной размерами самих частиц. Они определяют сопротивление движению воды, следовательно, и величину средней скорости потока, отвечающей этим условиям, которую в этом случае называют «размывающей». Если скорость потока превышает размывающую, то на поверхности грунта появляются простейшие виды русловых форм — песчаные волны (гряды, рифели). В процессе взаимодействия фаз наблюдается перемещение этих русловых форм, которое сопровождается движением наносов по их поверхности. Если в потоке, на дне которого образовались песчаные волны, постепенно уменьшать скорость движения воды, то можно добиться таких условий, когда перемещение наносов полностью прекратится. Средняя скорость потока, отвечающая этому условию, называется «неразмывающей». Отметим, что именно таким способом (путем постепенного уменьшения концентрации частиц при течении многофазных систем в трубах и экстраполяции опытных кривых до нулевых значений концентрации) находилась в [7] средняя скорость потока, при которой процесс переноса частиц прекращался. Таким образом, прекращение движения частиц происходит в условиях, когда на дне потока имеются ранее образовавшиеся, «застывшие» русловые формы. Теперь уже они определяют сопротивление движению воды и величину средней скорости потока. Но размеры русловых форм намного превышают размеры частиц грунта, из которого образованы эти формы, поэтому сопротивление движению воды увеличивается, а средняя скорость уменьшается. Отсюда следует, что неразмывающая скорость потока в таких исследованиях получается меньше раз-

мывающей. В проведенном анализе не были учтены различия в характере воздействия потока на частицы, лежащие на плоском дне и находящиеся на поверхности русловых форм. Так что различия в двух характерных приведенных выше скоростях потока могут превышать те, которые объясняются только разными величинами сопротивления движению потока. Конечно, если исследования проводить так, что они начинаются в условиях, когда на дне потока уже присутствуют ранее образовавшиеся песчаные волны, то, скорее всего, величины размывающей и неразмывающей скоростей потока совпадут. Отсюда следует неукоснительное правило при определении средней скорости, при которой начинается движение частиц, учитывать состояние дна водотока: наличие на нем русловых форм или крупных частиц, определяющих сопротивление потоку, если грунт обладает значительной неоднородностью и т. п.

В [1; 2] в качестве характерной принята динамическая скорость потока, отвечающая началу трогания частиц u_{0*} . В связи с этим уместно обсудить вопрос о постановке задачи исследований, о том, что в ней задано и что нужно будет определить в процессе проведения опытов. Заданы плотность и вязкость воды, плотность материала частиц и кривая их гранулометрического состава, по которой можно определить средний размер частиц. Все интересующие исследователя параметры потока заранее не известны. Расход воды, скорость ее течения, глубина потока, уклон его свободной поверхности при равномерном режиме течения определяются в процессе проведения опытов. Им соответствуют такие условия, при достижении которых частицы грунта, находящиеся на дне потока, выходят из состояния покоя и начинают двигаться. С помощью метода размерностей из заданных величин можно получить критерий Архимеда. Остальные числа подобия критериями не являются, поэтому потребуются преобразования их с целью получения критериев подобия либо использования чисел подобия, содержащих интересующие исследователя величины, в качестве функций в критериальных уравнениях.

Представляет интерес методика проведения опытов и определения динамической

скорости потока. Опыты проводились при равномерном режиме течения, что при отсутствии лотка с переменным уклоном создавало дополнительные трудности [2]. Они заключались в том, что всякий раз методом последовательных приближений приходилось укладывать песчаный материал на дне лотка таким образом, чтобы его уклон совпадал с уклоном свободной поверхности в момент начала трогания частиц грунта.

У исследователя [2] были три возможности определения динамической скорости потока, отвечающей началу трогания частиц грунта. Согласно первой эту скорость можно найти, используя одну из разновидностей формулы равномерного движения

$$u_{0*} = \sqrt{g R i_0},$$

где R — гидравлический радиус потока;
 i_0 — уклон свободной поверхности;
 g — ускорение силы тяжести.

Другая возможность состоит в определении градиента скорости течения по результатам измерения скорости в непосредственной близости ко дну потока [8]. Но в этом методе требуется большая точность измерения скорости течения, что связано с необходимостью использования соответствующей аппаратуры, какой у автора исследований в ту пору, естественно, не было. Наконец, в [9; 10] описан еще один способ вычисления динамической скорости потока. В основе его лежит метод определения коэффициента гидравлического трения по результатам измерения скорости течения в нескольких точках на вертикали с использованием логарифмического закона распределения скорости в различных зонах сопротивления. Зная среднюю скорость потока и коэффициент гидравлического трения, можно расчетом определить динамическую скорость. По той же причине, что и второй способ, третий не был использован автором.

Результаты обработки опытных данных были представлены в виде зависимости

$$\sqrt{Fr_{*p}} = f(Re_*), \quad (1)$$

$$\text{где } Fr_{*p} = \frac{u_{0*}^2}{\left(\frac{\rho_1 - \rho}{\rho}\right) g d} \text{ — плотностное число}$$

ло Фруда;

$$Re_* = \frac{u_{0*} d}{\nu} \text{ — число Рейнольдса;}$$

d — средний диаметр частиц грунта;

ν — кинематическая вязкость жидкости;

ρ_1 и ρ — соответственно плотность материала частиц и воды.

В связи с тем, что динамическая скорость потока является искомой, зависимость (1) не является критериальным уравнением. Ее график приведен на рис. 1.

Как было отмечено выше, критериальное уравнение было получено в [6] в результате анализа размерностей в таком виде:

$$\sqrt{Fr_{*p}} = \varphi(Re_d), \quad (2)$$

$$\text{где } Re_d = \frac{d \sqrt{\rho' g d}}{\nu} \text{ — критерий, названный}$$

автором «формой числа Рейнольдса»,

$$\rho' = \frac{\rho_1 - \rho}{\rho}.$$

Но по сути дела «форма числа Рейнольдса» является корнем квадратным из критерия

$$\text{Архимеда: } Ar = Re_d^2 = \frac{g d^3}{\nu^2} \rho'. \text{ График зависи-}$$

мости (2) дан на рис. 2. Легко убедиться в том, что он был пересчитан из графика, приведенного на рис. 1, с использованием комбинации двух чисел подобия, в результате которой была получена упомянутая выше форма

$$\text{числа Рейнольдса: } Re_d = \frac{Re_*}{\sqrt{Fr_{*p}}}.$$

Прежде всего сформулируем задачу исследований на физических моделях явления начала трогания частиц несвязного зернистого материала, находящихся на дне водотока. Обычно исследования проводят при установившемся равномерном движении жидкости. В таком случае явление определяется тремя числами подобия: Рейнольдса, Фруда и Эй-

лера. В качестве характерной скорости потока принимаем динамическую скорость u_{0*} , которая связана с касательным напряжением τ_0 , приложенным к частицам, находящимся на дне, и выводящим их из состояния покоя:

$$u_{0*} = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}}.$$

В качестве характерного линейного размера принимаем средний диаметр частиц d , считая, что частицы имеют шарообразную форму. Тогда можно записать упомянутые числа подобия в таком виде:

$$Re_* = \frac{u_{0*}d}{\nu}, \quad Fr_* = \frac{u_{0*}^2}{gd}, \quad Eu_* = \frac{p}{\rho u_{0*}^2},$$

где p — давление потока на частицу.

В связи с тем, что во все числа подобия входит заранее неизвестная динамическая скорость потока, среди них нет ни одного критерия подобия. Но прежде, чем их получить, необходимо учесть явные связи между числами подобия [11]. С этой целью используем интегральное условие предельного равновесия частицы, лежащей на дне водотока. Таких условий может быть несколько, обычно рассматривают следующие. Во-первых, это равенство моментов сил, удерживающих частицу, моментам сил, опрокидывающим ее, при повороте частицы вокруг центра вращения. Во-вторых, это равенство силы лобового сопротивления силе трения качения. И наконец, равенство двух сил: тяжести и подъемной. Последняя возникает из-за несимметричного характера обтекания потоком частицы, лежащей на дне. В силе тяжести, естественно, должна быть учтена архимедова сила. Но, как будет показано ниже, абсолютно безразлично, какое условие предельного равновесия частицы принимать во внимание. Дело в том, что принятое условие предельного равновесия позволяет установить связь между коэффициентом сопротивления тела, лежащего на дне потока, с такими параметрами, которые зависят от формы обтекаемого потоком тела и практически не поддаются строгой количественной оценке. К ним, например, можно отнести плечи сил, действующих на частицу, относительно центра вращения; отношение подъемной силы к силе лобового сопротивления; отношение объема частицы к площади

проекции ее на плоскость дна и др. Один и тот же коэффициент сопротивления будет по-разному выражаться через неизвестные параметры формы тела в зависимости от принятого условия предельного равновесия. Следовательно, целесообразно рассмотреть наиболее простое условие предельного равновесия, а именно равенство подъемной силы P_n силе тяжести G , действующей на частицу с учетом архимедовой силы

$$P_n = G. \quad (3)$$

Далее принимаем связь подъемной силы с силой лобового сопротивления в таком виде:

$$P_n = k_f P_l, \quad (4)$$

где P_l — сила лобового сопротивления; k_f — коэффициент, зависящий от формы частицы.

Выберем на дне водотока единичную площадку. Принимаем, что все частицы, находящиеся на ней, одинаково воспринимают касательное напряжение, тогда на каждую отдельную частицу действует сила

$$P_l = \frac{\tau_0}{N}, \quad (5)$$

где N — число частиц в пределах единичной площадки, равное

$$N = \frac{1 \cdot \varepsilon}{\omega_d}, \quad (6)$$

здесь ω_d — площадь проекции одной частицы на поверхность дна;

ε — коэффициент, характеризующий плотность укладки частиц ($\varepsilon = 1$ для квадрата, $\varepsilon = 0,7 \div 0,75$ для шара).

В результате имеем:

$$P_l = \frac{\tau_0}{N} = \frac{\rho u_{0*}^2 \omega_d}{\varepsilon}. \quad (7)$$

Подставляем (7) в (4), получаем:

$$P_n = \frac{\rho u_{0*}^2 \omega_d k_f}{\varepsilon}. \quad (8)$$

Принимаем далее, что $\omega_d = k_1 \cdot d^2$, где k_1 — коэффициент, зависящий от формы частицы. Отсюда имеем:

$$P_n = \frac{\rho u_{0*}^2 d^2 k_f k_1}{\varepsilon}. \quad (9)$$

Сила тяжести с учетом архимедовой силы равна:

$$G = g(\rho_1 - \rho)V = g(\rho_1 - \rho)d^3 k_2, \quad (10)$$

где $V = k_2 d^3$ — объем частицы;

k_2 — еще один коэффициент формы.

Принимая во внимание (10) и (9), получим из (3):

$$\frac{\rho u_{0*}^2 d^2 k_f k_1}{\varepsilon} = g(\rho_1 - \rho)d^3 k_2. \quad (11)$$

Отсюда имеем:

$$\rho u_{0*}^2 \frac{C_W}{2} = g(\rho_1 - \rho)d, \quad (12)$$

где $\frac{C_W}{2} = \frac{k_f k_1}{\varepsilon k_2}$ — обобщенный коэффициент формы частицы или половина коэффициента ее сопротивления при выбросе.

Следовательно,

$$\frac{C_W}{2} = \frac{gd}{u_{0*}^2} \frac{\rho_1 - \rho}{\rho} = \frac{1}{Fr_{*p}}, \quad (13)$$

где $Fr_{*p} = \frac{u_{0*}^2}{gd} \frac{\rho}{\rho_1 - \rho}$ — плотностное число

Фруда, которое можно представить в таком

$$\text{виде: } Fr_{*p} = \frac{u_{0*}^2}{g_1 d}; \quad g_1 = g \frac{\rho_1 - \rho}{\rho}.$$

Найдем подъемную силу, действующую на частицу, связав ее с коэффициентом сопротивления C_W :

$$P_n = \rho \frac{u_{0*}^2}{2} C_W S, \quad (14)$$

где S — площадь приложения силы.

Тогда давление p , испытываемое частицей при ее выбросе, равно:

$$\frac{P_n}{S} = p = \rho u_{0*}^2 \frac{C_W}{2}. \quad (15)$$

Отсюда имеем число Эйлера:

$$Eu_* = \frac{P_n}{\rho u_{0*}^2 S} = \frac{p}{\rho u_{0*}^2} = \frac{C_W}{2}. \quad (16)$$

Таким образом, роль числа Эйлера играет в задаче половина коэффициента сопротивления. Подставляя (16) в (13), получим:

$$\frac{C_W}{2} = Eu_* = \frac{1}{Fr_{*p}}. \quad (17)$$

Следовательно, имея в виду интегральное условие предельного равновесия, получаем, что вместо трех чисел подобия явление описывается только двумя: Re_* и Fr_{*p} .

Среди этих двух чисел подобия нет ни одного критерия подобия. Путем известной комбинации этих чисел подобия получим критерий Архимеда [11]:

$$\frac{Re_*^2}{Fr_{*p}} = \frac{gd^3}{v^2} \left(\frac{\rho_1 - \rho}{\rho} \right) = Ar. \quad (18)$$

Отсюда можно записать первый вид критериального уравнения:

$$Re_* = f(Ar). \quad (19)$$

Но из формулы (18) следует

$$Re_*^2 = Ar Fr_{*p}. \quad (20)$$

Используя зависимость (20), заменим число Рейнольдса в (19), получим второй вид критериального уравнения:

$$Fr_{*p} = \varphi(Ar). \quad (21)$$

Можно видеть, что критериальное уравнение в виде (21) фактически совпадает с критериальным уравнением (2), полученным в [6], поскольку $Re_*^2 = Ar$. Нужно отметить, что В. С. Кнороз был близок, как это следует из его работы [2], к тому, чтобы получить критериальное уравнение в виде (19), но почему-то не воспользовался этой возможностью.

Приведем теперь формулы, полученные в результате обработки опытных данных, содержащихся в [2], соответствующие первому и второму виду критериальных уравнений [10]. Вначале покажем зависимости, вытекающие из критериального уравнения (19).

1. В зоне квадратичного сопротивления, которая для кварцевого песка с относительной плотностью $\rho_1/\rho = 2,65$ при температуре воды, приблизительно равной 20°C реализуется при следующих условиях: $Re_* \geq 21$, $Ar \geq 1,62 \cdot 10^4$, $d \geq 1,0 \text{ мм}$, справедлива формула:

$$Re_* = 0,162 Ar^{0,5}. \quad (22)$$

2. В переходной зоне при условиях:

$$3,5 \leq Re_* < 21; \quad 2,53 \cdot 10^2 \leq Ar < 1,62 \cdot 10^4; \\ 0,25 \text{ мм} \leq d < 1,0 \text{ мм}, \text{ справедлива формула:}$$

$$Re_* = 0,314 Ar^{0,432}. \quad (23)$$

3. В зоне гидравлически гладкого русла, где $1,4 \leq Re_* < 3,5$, $16,2 \leq Ar < 253$, $0,1 \text{ мм} \leq d < 0,25 \text{ мм}$, имеем:

$$Re_* = 0,502 Ar^{0,35}. \quad (24)$$

Далее покажем зависимости, вытекающие из критериального уравнения (21) (нумерацию зон сопротивления оставим прежней, приведем в них формулы, относящиеся к этим зонам). Однако критериальное уравнение (21) удобно представить в следующей форме, которая непосредственно получается в результате преобразования критериального уравнения (19) с использованием зависимости (20):

$$\sqrt{Fr_{*p}} = \vartheta(Ar).$$

$$1. \sqrt{Fr_{*p}} = 0,162. \quad (25)$$

$$2. \sqrt{Fr_{*p}} = \frac{0,314}{Ar^{0,068}}. \quad (26)$$

$$3. \sqrt{Fr_{*p}} = \frac{0,502}{Ar^{0,15}}. \quad (27)$$

Сравнивая формулы (25)–(27) с формулами (22)–(24), приходим к выводу, что представление результатов исследований в соответствии с критериальным уравнением (21) имеет некоторые преимущества по сравнению с представлением в виде критериального уравнения (19). В области квадратичного сопротивления плотностное число Фруда, как об этом свидетельствует формула (25), постоянно и не зависит от критерия Архимеда. Следовательно, эту область легко обнаружить, если результаты исследований дать в виде графика. Что касается представления результатов измерений в форме критериального уравнения (19), то здесь область квадратичного сопротивления (ей соответствует форму-

ла (22)) обнаружить сложнее, так как в этой области число Рейнольдса пропорционально корню квадратному из критерия Архимеда.

В [2] результаты опытов даны также в виде графика зависимости отношения динамической скорости потока, отвечающей началу трогания частиц, к гидравлической круп-

ности от числа Рейнольдса: $\frac{u_{*0}}{\omega_0} = f(Re_*)$. Од-

нако эта зависимость не является критериальным уравнением. Приведенные здесь и в [10; 11] результаты позволяют привести в критериальной форме соответствующие формулы.

В зоне квадратичного сопротивления получено

$$\frac{u_{*0}}{\omega_0} = 0,135. \quad (28)$$

В переходной зоне найдена такая формула

$$\frac{u_{*0}}{\omega_0} = \frac{5,65 + 0,19 Ar^{0,5}}{Ar^{0,568}}. \quad (29)$$

И наконец, в зоне гидравлически гладкого русла справедлива зависимость

$$\frac{u_{*0}}{\omega_0} = \frac{9,04}{Ar^{0,65}}. \quad (30)$$

К тем же формулам можно прийти, если использовать зависимости (25)–(27).

График зависимости $\frac{u_{*0}}{\omega_0} = f(Re_*)$, при-

веденный в [2, рис. 6], полученный в результате обработки опытов, выполненных различными авторами, дает большой разброс данных исследований. Это можно объяснить двумя причинами. Во-первых, большими погрешностями измерений и гидравлической крупности, и динамической скорости, отвечающей началу трогания частиц, находящихся на дне водотока. Во-вторых, различиями в формулах, которые использовались для обработки опытных данных. Расчеты по формулам (28)–(30) дают результаты, которые практически совпадают с опытной кривой Шильдса.

В [2] было доказано, что в момент выхода частиц грунта из состояния покоя величина коэффициента гидравлического трения хорошо согласуется с формулами Зегжды [12].

Здесь уместно сделать следующее замечание. В постановке задачи исследований выше было отмечено, что геометрические, кинематическое и динамические параметры потока до проведения опытов не известны. Но, как только исследователь заметил первые подвижки частиц грунта, можно сказать, что основная цель опыта была достигнута, и неизвестные до этого момента параметры потока становятся известными. К ним относятся: расход воды, площадь живого сечения потока, его гидравлический радиус, уклон свободной поверхности, средняя скорость течения U_0 , которую в этом случае можно назвать размывающей. Эти параметры позволяют найти динамическую скорость потока, а также еще

из одной формулы равномерного движения, а

именно $U_0 = u_{0*} \sqrt{\frac{2}{\lambda_0}}$ — коэффициент гид-

равлического трения λ_0 . Величина этого коэффициента проверялась на соответствие формулам Зегжды в различных зонах сопротивления. Одновременно решался важный вопрос о соотношении между высотой выступов шероховатости Δ и средним размером частиц грунта d . При решении этого вопроса в [2] были использованы опыты Зегжды и Базена. В результате выполненного анализа автор предложил следующую зависимость, к сожалению, не удовлетворяющую принципу размерностей:

$$\Delta = 0,785 d^{0,75}. \quad (31)$$

Однако подобного рода зависимость можно получить, не нарушая принцип размерностей. Для этого, прежде всего, введем рассмотрение два числа Галилея: $Ga_d = \frac{g d^3}{\nu^2}$ и $Ga_\Delta = \frac{g \Delta^3}{\nu^2}$. Корень кубический из чисел Галилея представляет собой числа подобия, в

которые средний размер частиц грунта и высота выступов шероховатости входят в первой степени, что несколько упрощает последую-

щий анализ и преобразования. Из двух чисел

подобия $\sqrt[3]{Ga_d}$ является критерием, а $\sqrt[3]{Ga_\Delta}$ —

числом подобия. После обработки результатов исследований Зегжды и Базена была получена следующая формула связи между ними:

$$\sqrt[3]{Ga_\Delta} = 3,5 (\sqrt[3]{Ga_d})^{0,713}. \quad (32)$$

После преобразований из (32) следует:

$$\Delta = 3,5 \frac{\nu^{0,191}}{g^{0,096}} d^{0,713}. \quad (33)$$

Если положить в (33) $\nu = 0,01 \text{ см}^2/\text{с}$ и $g = 981 \text{ см}^2/\text{с}$, то получим $\Delta = 0,75 d^{0,713}$, что практически совпадает с формулой (31). Можно предложить и такую зависимость, которая получается в результате преобразования приведенных выше формул

$$\frac{\Delta}{d} = 3,5 Ga_d^{-0,096}. \quad (34)$$

Формула (34) может быть использована для определения высоты выступов шероховатости для несвязных однородных грунтов. В опытах Кнороза коэффициент неоднородности $\varepsilon = d_{95}/d_5$ изменялся от 1,4 до 2,2. Здесь d_{95} и d_5 — размеры частиц, которых в пробе материала содержится соответственно меньше 95% и 5% от массы всей пробы. Для несвязных грунтов с большей неоднородностью частиц автор рекомендует принимать $\Delta = d_{95}$.

Выводы, вытекающие из выполненного выше анализа: дальнейшее продвижение вперед при решении трудных вопросов речной гидравлики в области взаимодействия жидкой и твердой фаз может быть достигнуто только в том случае, если в основу исследований будут положены строгие методы физического моделирования гидравлических явлений.

Список литературы

1. *Schields A.* Anwendung der Ähnlichkeitmechanik und der Turbulenzforschung auf die Geschiebebewegung // Mitteilungen der Preus. Versuchsanstalt für Wasser- und Schiffbau. — Berlin, 1936. — Heft 26. — S. 26.

2. Кнороз В. С. Неразмывающая скорость потока и факторы, ее определяющие // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. — 1958. — Т. 59. — С. 62–81.
3. Кнороз В. С. Естественная отмостка русел, образованных материалами неоднородной крупности // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. — 1962. — Т. 70. — С. 21–51.
4. Кнороз В. С. «Неразмывающие» (предельные) скорости разнотернистых по крупности несвязных материалов // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. — 1962. — Т. 71. — С. 19–38.
5. Кнороз В. С. Влияние грядовой формы дна на характеристики турбулентности безнапорных водных потоков // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. — 1965. — Т. 78. — С. 142–170.
6. Леви И. И. Моделирование гидравлических явлений. — Л.: Энергия, 1967. — С. 235.
7. Соу С. Гидродинамика многофазных систем. — М.: Мир, 1971. — С. 29–59, 167–169, 201–209.
8. Фабрикант Н. Я. Аэродинамика. — М.: Наука, 1964. — 814 с.
9. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. — М.: Наука, 1973. — С. 421–433, 612–694.
10. Кумина Т. Д., Михалев М. А. Инженерная гидрология: учеб. пособие. Л.: Изд-во ЛПИ, 1989. — 84 с.
11. Михалев М. А. Теория подобия и размерностей: учеб. пособие. — СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. — 68 с.
12. Зегжда А. П. Теория подобия и методика расчета гидротехнических моделей. — Л.; М.: Госстройиздат, 1938. — 162 с.

В. В. Ромашин,
канд. геогр. наук

К МЕТОДИКЕ ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТА РУСЛООБРАЗУЮЩИХ НАНОСОВ

ON THE METHOD OF EVALUATION OF THE BED FORMATION SEDIMENTS TRANSPORT

В статье приведена уточненная формула для расчета расхода руслообразующих наносов, отражающая их полный расход в условиях свободного проявления руслового процесса при переменной водности потока и полученная на базе результатов дополнительного анализа натурных данных по рекам сочинского участка Черноморского побережья Кавказа. Приведены результаты оценки условий релаксации руслового рельефа в двух вариантах: непрерывном и прерывистом проявлениях процесса.

Specified formula for calculation of the consumption of the bed formation sediments is given in the article. The formula gives the whole consumption in the conditions of free bed formation process with varying water content of the flow. The formula is resulted from the additional analysis on rivers of Sochi area on the Black sea shore of the Caucasus. The author gives two versions of evaluation of the relaxation in the bed relief: continuous and interrupted.

Ключевые слова: транспорт наносов, русловая деформация, релаксация руслового рельефа, однопиковая модель паводка

Key words: sediments transport, bed deformation, relaxation of the bed relief, one-peak flood model

Введение

В настоящей статье на основании дополнительного анализа натурных данных по рекам сочинского участка Черноморского побережья Кавказа получена уточненная формула для расчета расхода руслообразующих наносов, структурно идентичная прежней, выведенной Икэда Хироши по результатам лотковых экспериментов. Новая формула отражает полный расход таких наносов в условиях свободного проявления руслового процесса при переменной водности потока. Прежняя формула, занижающая полный расход в таких условиях может быть использована применительно к руслам, закрепленным капитальными набережными. Совместное использование обеих формул при определении динамики наносов в естественных руслах обеспечивает структурную оценку расхода наносов (с его разделением на «переносную» и «деформационную» составляющие, открывающие путь к прогнозу русловых деформаций).

В заключительной части статьи приведены результаты оценки условий релаксации руслового рельефа в двух вариантах: а) при непрерывном и б) при прерывистом проявлении

процесса (соответственно в рамках отдельных паводков и в многолетнем ряду).

К методике оценки транспорта руслообразующих наносов

Достоверное определение темпов перемещения руслообразующих наносов играет важную роль в планировании водохозяйственных и природоохранных мероприятий.

В частности, на приморских участках горных рек Черноморского побережья Краснодарского края приходится решать весьма противоречивую комплексную проблему противопаводковой защиты осваиваемых речных пойм, с одной стороны, и обеспечения пропуска к морю речных наносов, формирующих природные волногоящие пляжи, — с другой. Причем расчет расходов наносов важен не только сам по себе, но и как промежуточный этап на пути прогноза русловых деформаций.

В указанном районе в связи с уникально благоприятным стечением обстоятельств эту задачу удалось решить [4]. Но даже после этого в процессе дополнительного анализа в полученные результаты пришлось внести некоторые существенные уточнения.

Напомним, что в качестве исходной модели расхода наносов была принята формула, полученная Икэда Хироши [5] по результатам детальных лотковых экспериментов с подвижным гравием. Входящие в эту формулу энергетические показатели потока были выражены через расход воды и уклон, а расход наносов переведен из весовых единиц в объемные (при $\rho_H = 1,65 \text{ т/м}^3$) и отнесен к временному интервалу в 1 час. После этих преобразований формула приобрела такой вид:

$$\bar{G}_0 = 280i \frac{(\bar{Q} - Q_0)^{1,2}}{Q_0^{0,20}}, \quad (\text{м}^3/\text{час}), \quad (1)$$

где i — продольный уклон по оси паводочного русла;

$\bar{Q}$ — средний расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$) в активном (наносодвижном) диапазоне паводка (при $Q > Q_0$);

Q_0 — начальный сдвигающий расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$) для руслового аллювия средней крупностью d_{50} (м).

По результатам натурных наблюдений на двух реках Черноморского побережья [1] — р. Псеуапсе (бассейн 290 км^2) и р. Куапсе (17 км^2) — критический сдвигающий расход воды равен

$$Q_0 = 0,18\sqrt{g} \cdot d_{50}^{2,50} / i^{2,25}, \quad (\text{м}^3/\text{с}). \quad (2)$$

Уже на начальном этапе сопоставления расчетных (1) данных с фактическими (зафиксированными съемками) объемами перемещения аллювия на устьевой бар р. Псеуапсе при прохождении отдельных паводков была обнаружена зависимость расходов наносов от последовательности последних, в чем усматривается инерционное влияние русловых деформаций на гидравлику потока.

Дело в том, что в модельных экспериментах транспорт наносов осуществляется при устойчивых во времени расходах воды, т. е. в условиях сложившегося динамического равновесия между потоком и руслом. В натуре же, при переменной водности потока и относительной инерционности наносов, такого равновесия нет. В фазы нарастания расхода воды размеры русла, унаследованные от предыдущих эпизодов гидрологического режима, оказываются недостаточными (а это влияет на скорость и активизирует транспорт

наносов сравнительно с их расходом при равновеликой водности, устойчивой во времени). В фазы убывания водности указанное противоречие проявляется с обратным знаком.

Учет указанных эффектов при оценке расхода наносов требовал определения продолжительности периодов релаксации руслового рельефа в тылу проходящих паводков в зависимости от их водности (пикового расхода Q_M).

Забегая несколько вперед, отметим, что приближенная формула для оценки таких периодов (8) помещена в заключительной части этой статьи, где объясняется методика ее вывода. Расход наносов, определенный по формуле (1), корректируется поправочным сомножителем $\phi = \sqrt[3]{Q_M / Q_{M-H}}$, в котором Q_M — пиковый расход расчетного паводкового ($\text{м}^3/\text{с}$), Q_{M-H} — пиковый расход «реперного» паводка, предшествующего расчетному ($\text{м}^3/\text{с}$). Определение «реперного» паводка выполняется следующим образом. Сначала в ряду максимальных годовых расходов воды ($Q_M > Q_0$) за последние 10–12 лет, предшествующих расчетному паводку, для каждого Q_M по формуле (8) определяется период релаксации руслового рельефа. Затем выбираются те паводки, которые своими периодами релаксации перекрывают момент прохождения расчетного паводка, и максимальный из них принимается в качестве Q_{M-H} .

Следует отметить, что корректирующий сомножитель ϕ используется только при расчетах за конкретные паводки. При оценке средних расходов наносов за длительные периоды времени учитывать ϕ не требуется.

Проверка работоспособности формулы (1) в натурных условиях проводилась по результатам измерений выноса галечных наносов на устьевые взморья рек Псеуапсе, Сочи и Хоста, выполненных в период с 1956 по 1980 г. [2]. Еще два измерения, проведенные на р. Хоста в 1954 г. и на р. Шахэ в 1956 г., были исключены из анализа по причине недостатка исходной гидрологической информации.

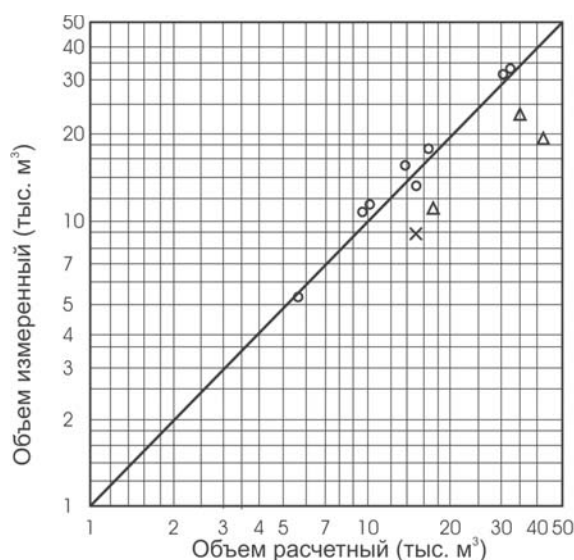
Первоначально весь использованный материал рассматривался недифференцированно, без учета локальных особенностей разных объектов. При подготовке настоящей работы этот недостаток был устранен, что позво-

лило выявить некоторые интересные нюансы руслового процесса. Особенно показательным в этом отношении стало сопоставление подвижности аллювия на приморских участках рек Псецуапсе и Сочи. По своим природным характеристикам эти реки являются близнецами (табл. 1), но в период проводившихся измерений приморский участок р. Псецуапсе оставался в естественном состоянии, тогда как аналогичный участок р. Сочи уже был закреплён капитальными набережными, и это внесло разительные различия в условия режимной нагрузки потоков наносами.

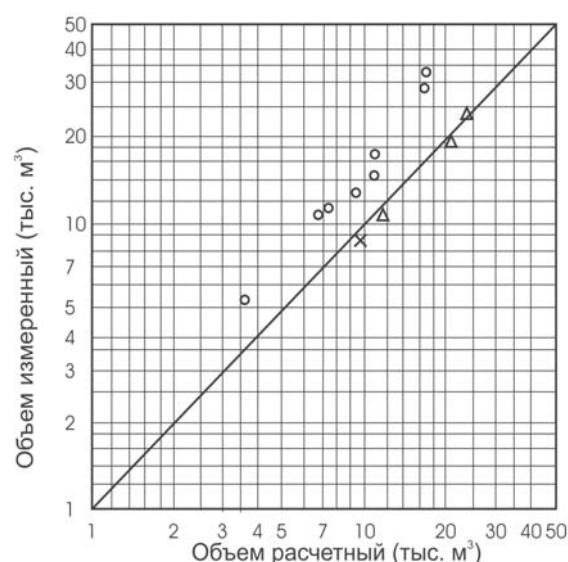
На рис. 1, б показано соотношение расчетных объемов перемещения руслообразующих наносов, определенных за отдельные паводки по формуле (1) с измеренными по приращению устьевых баров. Данные по

р. Псецуапсе показаны точками, а по рекам Сочи и Хоста соответственно треугольниками и крестом. Равенство расчетных объемов измеренным соответствует проведенной на графике диагональной линии, и эта линия проходит через зону расположения данных по рекам Сочи и Хоста, тогда как зона точек р. Псецуапсе лежит выше этой линии.

Следовательно, формула (1) удовлетворительно отражает условия перемещения наносов по зарегулированным участкам рек, что существенно занижает их транспорт в естественных условиях. Полученный результат объясняется тем, что важным источником нагрузки речного потока наносами при прохождении паводков являются плановые деформации русла, которые в лотках и каналах исключены.



а



б

о — р. Псецуапсе (естественное русло); х — р. Сочи, Хоста (капитальные набережные)

Рис. 1. Связи измеренных объемов перемещения наносов отдельными паводками с расчетными.

а — по формуле (3), б — по формуле (1)

Таблица 1

Гидрологические характеристики рек Псецуапсе и Сочи

Река	Водосбор		$\bar{Q}_M$ м³/с	Q_0 м³/с	Состояние русла
	Площадь, км²	Средняя высота, км			
Псецуапсе	290	0,70	316	50	естественное
Сочи	296	0,72	320	43	закрепленное

Таким образом, применительно к рекам с естественными руслами без плановых ограничений возникла необходимость корректировки формулы (1). Для этого был использован материал измерений на приморском участке р. Псеуапсе с сохранением физических обоснований структуры формулы Икэда Хироши [5]. Изменения коснулись лишь коэффициента и показателей степени (исходя из замеренных объемов наносов, перемещенных конкретными паводками, и гидрологических характеристик этих паводков). В результате выполненного исследования указанная формула приобрела такой вид:

$$\bar{G} = 383i \frac{(\bar{Q} - Q_0)^{1,45}}{Q_0^{0,45}}, \text{ м}^3/\text{час}, \quad (3)$$

где все обозначения те же, что в формуле (1). При расчетах расходов наносов за отдельные паводки в этой формуле используется корректирующий множитель φ . Формулы (1) и (3) используются для оценки средних расходов наносов ($\text{м}^3/\text{час}$). За активный диапазон расходов воды ($Q_0 \div Q_M$). Переход от $\bar{G}$ к полным объемам перемещения аллювия за паводок осуществляется умножением найденного расхода на продолжительность этого диапазона водности (в часах): $V = \bar{G} \cdot T_a$. Именно эти суммарные объемы отражены на рис. 1, причем рис. 1, а показывает расчетные величины, полученные с использовани-

ем формулы (3). Изображенная на нем диагональ проходит через зону размещения точек по р. Псеуапсе. Рис. 2 показывает связь средних расходов наносов со средними за паводок расходами воды. Как и на рис. 1 натурные точки ложатся здесь двумя полосами: 1 — вдоль сплошной линии (р. Псеуапсе) и 2 — по пунктиру (р. Сочи и Хоста). Сравнение расчетных данных с фактическими по приморскому участку р. Псеуапсе показано в табл. 2.

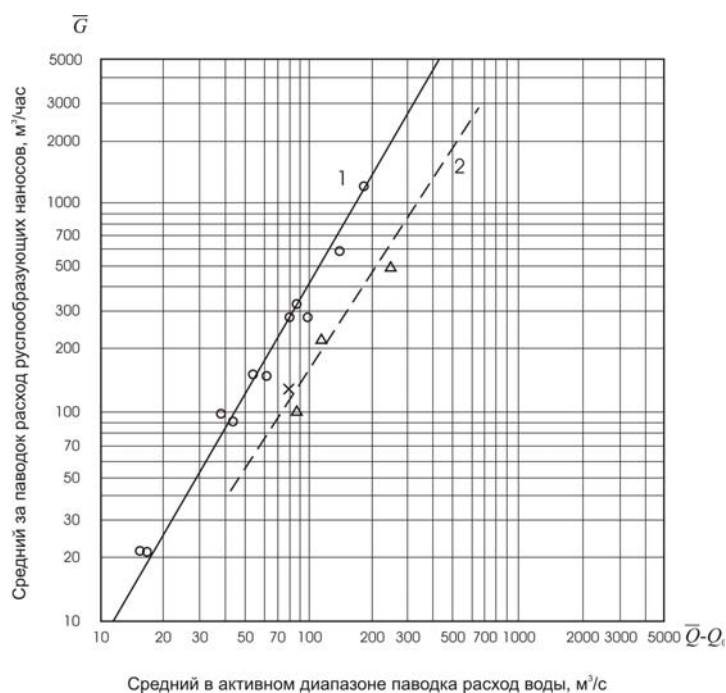


Рис. 2. Зависимости расходов наносов от расходов воды:
1 — для естественных русел,
2 — для русел закреплённых набережными

Таблица 2

Сравнение расчетных (по формуле (3)) объемов перемещения наносов отдельными паводками на приморском участке р. Псеуапсе с измеренными

Дата пика	Измеренные					Расчетные		
	$Q_{M\text{ а}}$ ($\text{м}^3/\text{с}$)	$\bar{Q}$ ($\text{м}^3/\text{с}$)	V (м^3)	T_a (час)	$\bar{G}$ ($\text{м}^3/\text{час}$)	$\sqrt[3]{Q_M/Q_{M-H}}$	$\bar{G}$ ($\text{м}^3/\text{час}$)	V (м^3)
01.12.1974	73,0	66,0	100*	5,1	20	0,59	18	82
06.12.1974	65,0	62,3	100*	5,0	20	0,57	11	85
24.03.1975	159	88,0	15 300	152,7	100	0,94	92	14 050
11.09.1975	289	130	13 200	44,3	298	1,22	348	15 400
09.10.1975	240	102	11 600	74,7	155	0,94	144	10 760
13.07.1976	740	225	34 000	26,6	1280	1,37	1235	32 800
11.02.1977	302	111	11 000	72,2	154	0,74	144	10 260
17.08.1977	565	193	30 200	50,6	596	0,92	697	30 700
12.09.1977	431	150	5220	17,8	294	0,84	333	5920

Полученные результаты показывают, что формула (1) полностью регистрирует транспорт наносов на участках русел, где режимная нагрузка потока за счет плановых деформаций невозможна. Рассчитанные по ней полные расходы наносов репрезентативны применительно только к этим специфическим условиям. Универсальной же связью, отражающей формирование расхода наносов при отсутствии плановых ограничений, является формула (3). В связи с этим не просматриваются некоторые предположения о структуре расхода наносов. Полный расход ($\bar{G}$) оценивается по формуле (3). В свою очередь он складывается из «переносной» составляющей ($\bar{G}_0$), определяемой по выражению (1), «деформационной» составляющей, равной $\bar{G}_d = \bar{G} - \bar{G}_0$, $\bar{G}_d = 0$, а $\bar{G}_d = \bar{G}$ при постоянном расходе воды, когда поток выработал себе

динамически равновесное русло. В этом случае транспорт наносов сводится к сползанию готовых русловых мезоформ. Отсюда следует, что при оценке динамики форм приходится оперировать величиной $\bar{C}_0$. «Деформационная» составляющая достигает наиболее яркого выражения при колебаниях водности, и ее использование связано с оценкой наносообмена в системе «русло–пойма» (темпы отступления подмываемых участков берегов, изменение размеров мезоформ, фоновое повышение речного ложа при кинематическом эффекте и др.). Сопоставление формул (1) и (3) приводит к соотношению:

$$\bar{G}_0/\bar{G} = 0,73(\bar{Q} - Q_0)^{0,25} \quad (4)$$

Интересные результаты дает анализ изменения соотношений $\bar{G}_0/\bar{G}$ и $\bar{G}_d/\bar{G}$ в процессе нарастания водности паводков (табл. 3).

Таблица 3

**Изменение структуры расходов руслообразующих наносов
на приморском участке р. Псеуапсе (при $Q_0 = 50 \text{ м}^3/\text{с}$)**

$\bar{Q}_M/Q_0$	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16
$\bar{G}_0/\bar{G} \%$	74	62	55	52	49	47	45	42	40	38	37
$\bar{G}_d/\bar{G} \%$	26	38	45	48	51	53	55	58	60	62	63
$B_a/\bar{\omega}^*$	0,39	0,57	0,74	0,91	1,06	1,20	1,43	1,60	1,75	1,89	2,02

* B_a — средняя ширина активной полосы русла; $\bar{\omega}$ — средняя ширина мезоформы.

При относительно небольших (ординарных) расходах воды преобладает «переносная» составляющая транспорта наносов ($\bar{C}_0$), выражающаяся в ограниченных подвижках их микроформами с «шагом» менее длины мезоформы. «Деформационная» составляющая при этом проявляется в виде локальных изменений мезоформ (тенденции к их расширению и попятному смещению).

При сверхординарных паводках картина радикально меняется. Преобладающей становится «деформационная» составляющая расхода наносов, проявляющаяся в сегментовидных разливах поймы, направленных на расширение русла применительно к меняющимся условиям стока. А «переносная» составляющая выступает как сползание мезоформ по течению. Таким образом, переход

от первого режима перемещения наносов ($\bar{G}_0 > \bar{G}_d$) ко второму ($\bar{G}_0 < \bar{G}_d$) является важным динамическим рубежом. Интерполацией данных табл. 3 этот рубеж определен при $Q_H = 280 \text{ м}^3/\text{с}$ ($Q_H/Q_0 = 5,6$). Именно при этом расходе ширина активной зоны русла (B_a) сравнивается со средней шириной русловых мезоформ ($\bar{\omega}$), что соответствует распространению движения наносов на всю поверхность мезоформы. Средний из годовых максимумов расхода воды в многолетнем ряду ($\bar{Q}_M = 316 \text{ м}^3/\text{с}$) принимается в качестве руслоформирующего (границы паводкового русла маркируются пределами полосы, лишенной многолетней растительности).

Структурная оценка расхода руслообразующих наносов открывает возможности

для расчета некоторых показателей динамики речного русла.

Табл. 4 иллюстрирует эти возможности данными экспериментального расчета, выполненного с соблюдением некоторых предварительных условий. Во-первых, в основу расчета положена *однопиковая* модель паводка (при однозначной связи пикового расхода воды с продолжительностью активного диапазона водности $Q_0 \div Q_M$). Расчет выполняется для диапазона $Q = Q_H \div Q_M$ (при $Q_H = 280 \text{ м}^3/\text{с}$). С учетом качественного своеобразия русловых деформаций средние расходы воды ($\bar{Q}$), продолжительности их действия

(T_a) и перемещенные объемы наносов (V_0 и V_o) относились именно к этому диапазону паводка. Вспомогательные (промежуточные) величины определялись с использованием гидроморфологических связей, полученных в прошлых исследованиях [2]. В последней колонке таблицы приведены расчетные данные по исторически мощному паводку, пронесшемуся по рекам побережья 1 августа 1992 г. с вероятностью повторения один раз в несколько тысяч лет. В отдельных строках помещены результаты контрольных замеров русловых деформаций (изменений ширины русла — ∂B и сползания мезоформ — C).

Таблица 4

Приближенные расчетные характеристики перемещения руслообразующих наносов и русловых деформаций на приморском участке р. Псеуапсе для однопиковой модели среднеординарных паводков ($Q_M > 208 \text{ м}^3/\text{с}$)

Q_M ($\text{м}^3/\text{с}$)	100	200	$Q_H = 280$	$Q_M = 316$	400	500	600	700	800	1360
T_a (час)	7,1	12,3	15,2	16,3	18,7	21,2	23,4	25,4	27,4	36,3
V_o (м^3)	50	840	2180	2960	5580	9740	15 160	21 360	29 700	99 500
∂B_M (м)	0,23	1,84	3,48	4,41	6,85	10,1	13,9	16,9	22,2	49,7
Измерен. ∂B_M (м)				$Q_M = 343/\partial B_M =$ $= 6,1 \text{ м}$			$Q_M = 640/\partial B_M =$ $= 20 \text{ м}$			
V_0 (м^3)	320	1560	3060	3840	6020	9220	12 940	17 020	21 900	57 100
C (м)	—	—	0	11,2	34,7	59,3	80,5	98,5	119	216
Измерен. C (м)				$Q_M = 343/C =$ $= 14 \text{ м}$			$Q_M = 640/C =$ $= 86 \text{ м}$			
Δ_0 (м)	—	—	0	0,15	0,35	0,48	0,61	0,70	0,79	1,20

Обозначения:

∂B_M — расширение русла за паводок (м);

C — сползание мезоформ за паводок (м);

Δ_0 — фоновое повышение речного ложа за счет аккумуляции продуктов размыва поймы (м);

T_a — продолжительность активной фазы паводка (час).

Наличие по приморскому участку р. Псеуапсе гидрологической информации,

полученной в результате работ экспедиции Ленинградского треста строительных изыс-

каний (ЛенТИСИЗ) по программе Международного гидрологического десятилетия в 1970–1980 гг., позволяет достоверно оценить темпы релаксации руслового рельефа.

Как отмечалось ранее [3], при быстрых изменениях расхода воды русло не успевает полностью «приработаться» к новым условиям. Трудности, присущие исследованию этого явления, преодолимы при соблюдении некоторых условий. Во-первых, для сопоставимости исследуемых величин их следует относить к единице времени, причем последняя должна быть по возможности короче (в нашем случае это 1 час). Во-вторых, в качестве предела перестройки русла принимается динамически равновесный объем русловой мезоформы ($V_{мф}$), оцениваемый через ее длину (λ), ширину (ω) и высоту (δ) в зависимости от расхода воды, полученные по 7 рекам района (Мзымта, Шахэ, Сочи, Псезуапсе, Аше, Хоста, Куапсе) [2]. Главным фактором перестройки русла является темп

изменения расхода воды $\bar{G}_\delta / \Delta V_{мф}$ (ΔQ) за 1 час. Необходимые изменения предельных объемов русловых мезоформ за указанный часовой период определяются как расчетная разность таких объемов в начале и в конце такого периода $\Delta V_{мф} = V_H - V_{H1}$. Способность потока осуществить такую перестройку зависит от среднего за период расхода наносов (его «деформационной» составляющей $\bar{G}_\delta$), определяющегося средним за интервал расходом воды ($\bar{Q}$). Степень

приработки русловых форм к изменившимся условиям стока за 1 час может быть оценена уравнением общего вида:

$$\bar{G}_\delta / \Delta V_{мф} = K (\bar{Q} / \Delta Q)^x$$

с использованием ранее полученных морфометрических связей,

$$V_{мф} = 0,25 \lambda \omega \delta = 0,78 (Q_M - Q_0)^{1,67}, \text{ (м}^3\text{)}. \quad (5)$$

Расход наносов $\bar{G}_\delta$ оценивается как G (по формуле (3)) минус $\bar{G}_0$ (по формуле (1)).

Результаты исследования по трем сверхординарным паводкам приведены в табл. 5 и на рис. 3. Параллельное рассмотрение итоговых показателей процесса привело к линейной связи между ними. Степень «приработки» руслового рельефа за 1 час оценивается как:

$$\bar{G}_\delta / \Delta V_{мф} V_{мф} = 0,05 K (\bar{Q} / \Delta Q), \quad (6)$$

а период релаксации рельефа, как:

$$\tau = 230 \sqrt{d_{50}} / \delta \times (\Delta Q / \bar{Q}), \text{ (час)}. \quad (7)$$

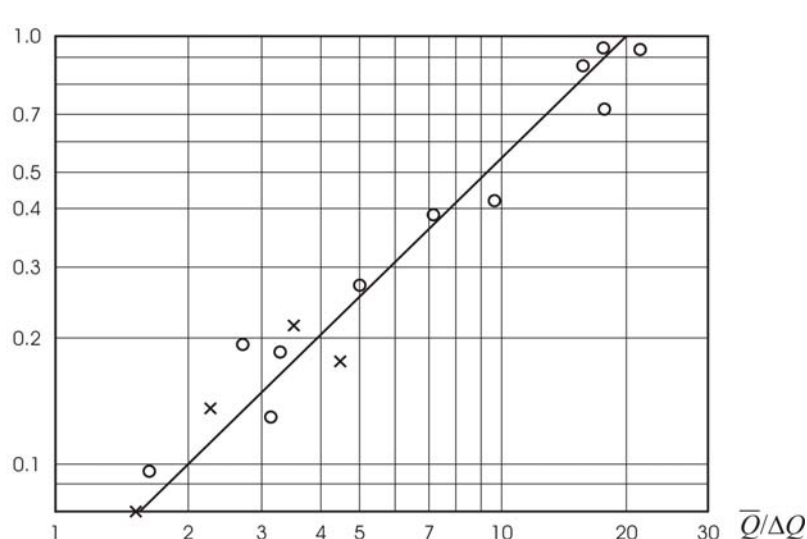


Рис. 3. Степень релаксации руслового рельефа за 1 час в зависимости от соотношения среднего расхода воды $\bar{Q}$ и приращения текущего расхода ΔQ за тот же период
○ — фаза роста расхода воды, × — фаза убывания расхода воды

Таблица 5

Условия релаксации руслового рельефа на приморском участке р. Псезуапсе

Паводок 13.07.1976 г.							
Время (час)	19	20	21	22	23	0	1
Q м ³ /с	200	382	548	668	740	558	316
$\bar{Q}$ м ³ /с		291	465	609	705	649	437

Таблица 5
(Продолжение)

ΔQ м ³ /с		182	166	120	71	–182	–242	
$\bar{Q}/\Delta Q$		1,60	2,80	5,03	9,95	–3,56	–1,80	
$\bar{G}_\partial$ м ³ /час		960	2440	2860	4970	3520	1400	
$V_{мф}$ м ³	3270	12 340	24 200	35 000	41 800	25 160	8600	
$\Delta V_{мф}$ м ³ /час		9070	11 860	10 800	6800	–16 640	–16 560	
$\bar{G}_\partial/\Delta V_{мф}$		0,10	0,20	0,26	0,73	–0,21	–0,08	
Паводок 17.08.1977 г.								
Время (час)	3	4	5	6	7	8	9	10
Q м ³ /с	220	414	475	505	535	565	420	270
$\bar{Q}$ м ³ /с		307	445	490	520	550	492	345
ΔQ м ³ /с		184	61	30	30	30	–145	–150
$\bar{Q}/\Delta Q$		1,60	7,30	16,35	17,35	18,30	–3,40	–2,30
$\bar{G}_\partial$ м ³ /час		430	1510	1870	1990	2310	1950	1180
$V_{мф}$ м ³	4070	14 520	18 600	20 700	23 500	25 900	14 960	6280
$\Delta V_{мф}$ м ³ /час		10450	4080	21 000	2800	2400	–10 940	–8680
$\bar{G}_\partial/\Delta V_{мф}$		0,04	0,37	0,89	0,71	0,96	–0,19	–0,14
Паводок 12.09.1977 г.								
Время (час)	8	9	10	11				
Q м ³ /с	316	431	343	329				
$\bar{Q}$ м ³ /с		374	387	336				
ΔQ м ³ /с		115	–88	–14				
$\bar{Q}/\Delta Q$		3,28	–4,39	–24,10				
$\bar{G}_\partial$ м ³ /час		920	980	740				
$V_{мф}$ м ³	8600	15 500	10 000	9220				
$V_{мф}$ м ³ /час		6900	–5500	–780				
$\bar{G}_\partial/\Delta V_{мф}$		0,13	–0,18	–0,95				

Из приведенных выражений следует, что в условиях рассматриваемого объекта полная «приработка» руслового рельефа к изменяющейся гидрологической обстановке достигается в течение 1 часа только при отношении $\bar{Q}/\Delta Q \geq 20$ (т. е. $\bar{G}_\partial/\Delta V_{мф} \geq 1$). Если $\bar{Q}/\Delta Q < 20$, процесс не успевает завершиться за часовой

интервал времени, и период релаксации рельефа $\tau > 1$ часа. При $\bar{Q}/\Delta Q > 20$ $\tau > 1$ часа. Следует отметить, что в указанных трех паводках (табл. 5) $\bar{G}_\partial/\Delta V_{мф}$ в лобовой части паводочной волны ни разу не достигало единицы.

В связи с этим обращает на себя внимание тенденция роста этого соотношения

с возрастанием расхода воды (табл. 6). Последнее обстоятельство указывает на то, что с приближением к пику паводка степень пре-

одоления инерционности наносов растет, а период релаксации руслового рельефа — сокращается.

Таблица 6

Изменение периода релаксации руслового рельефа р. Псеуапсе в зависимости от водности потока в фазу ее нарастания (лобовая часть паводка)

Паводок	13.07.1976 г.				17.08.1977 г.				
$\bar{Q}/Q_M$	0,29	0,63	0,82	0,95	0,54	0,79	0,87	0,92	0,97
$\bar{G}_0/\Delta V$	0,10	0,20	0,26	0,73	0,04	0,37	0,89	0,71	0,96
τ (час)	10,0	5,00	3,34	1,37	25,0	2,70	1,13	1,41	1,04

Более сложным аспектом проблемы инерционности руслообразующих наносов является оценка продолжительности влияния проходящих сверхординарных паводков на гидравлику потока в унаследованном от них русле. Для ординарных паводков такое русло оказывается слишком емким, и его «приработка» к указанным паводкам сопряжена с переотложением определенных объемов аллювия. Поскольку объемы наносов, переотлагаемых ординарными паводками, значительно уступают объему, перемещаемому отдельным экстраординарным паводком, то для полной компенсации морфологического эффекта последнего требуется целый ряд повторяющихся ординарных паводков. Следовательно, процесс релаксации руслового рельефа теряет свою непрерывность, свойственную проанализированному выше варианту деформации. Восстановление оптимального рельефа русла разбивается на цепочку повторяющихся кратковременных подвижек наносов, разделенных длительными периодами межени, и измеряется уже не часами, а месяцами и годами. Еще одним усложнением процесса является то, что при изменении водности паводков меня-

ются не только объемы перемещения наносов, но и ареалы соответствующих им русловых деформаций.

Для косвенного учета изменений гидравлики руслового потока на реках Черноморского побережья Кавказа наиболее важна оценка изменений ширины активной полосы русла (∂B). Сопоставляя изменение этой ширины при прохождении экстраординарного паводка с пиковым расходом Q_M и аналогичную деформацию при ординарном паводке с $Q_M = Q_H = 280 \text{ м}^3/\text{с}$, т. е. находя соотношение $\partial B_M/\partial B_H$, можно оценить количество ординарных паводков, нейтрализующих морфологический эффект многоводного паводка в зоне их влияния. Для перехода от этой величины к периоду релаксации руслового рельефа требуется знание среднестатистических повторяемостей пиковых расходов воды в многолетнем ряду (соответственно ρ_M и ρ_H). Период релаксации для каждого паводка с пиковым расходом Q_M оценивается как $\tau_0 = \rho_H \times \partial B_M/\partial B$ (в годах). Для нашего объекта $\rho_H = 2$ года и соответственно $\tau_0 = 2 \times \partial B_M/\partial B_H$. Результаты расчета приведены в табл. 7.

Таблица 7

Оценка релаксации руслового рельефа р. Псеуапсе

Q_M (м ³ /с)	$Q_H = 280$	$Q_M = 316$	400	500	600	700	800	1360	Примечание
Q_M/Q_H	1,00	1,13	1,43	1,79	2,14	2,50	2,96	4,85	
ρ_M (лет)	2,00	2,30	4,60	10,1	26,0	59,0	194	7100	Повторяемость (1раз в ρ_M лет)

Таблица 7
(Продолжение)

∂B (м)	3,48	4,41	6,85	10,1	13,9	16,9	22,2	49,7	
$\partial B_M / \partial B_H$	1,00	1,27	1,97	2,90	4,00	4,86	6,40	14,3	Число паводков, компенсирующих Q_M
$\tau_0 = 2\partial B_M / \partial B_H$ (лет)	2,00	2,54	3,94	5,80	8,00	9,72	12,8	28,6	Периоды релаксации
τ_0 (лет/мес)	2/0	2/3	3/11	5/10	8/0	9/9	12/1	28/7	Периоды релаксации

По этим результатам получена формула для оценки периода релаксации:

$$\tau_0 = 23\sqrt{d/g} \times (Q_M/Q_H)^{1,75}, \text{ (лет)} \quad (8)$$

применительно к опытному объекту —

$$\tau_0 = 2,0(Q_M/Q_H)^{1,75}, \text{ (лет)}. \quad (9)$$

Это выражение имеет важное значение при расчете расходов наносов по формулам (1) и (3), поскольку без определения τ_0 не удастся найти «реперный» расход воды, косвенно корректирующий влияние русловых деформаций на транспорт аллювия.

На основании выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее универсальной формулой для оценки транспорта наносов на реках Черноморского побережья Краснодарского края является формула (3), дающая *полный* расход таких наносов при отсутствии ограничений руслового процесса и при переменной водности речного потока. Важнейшим источником формирования этого расхода выступает нанообмен в системе «русло–пойма», вызванный режимными изменениями расхода воды ($\bar{G}_0$).

2. Формула (1), полученная по материалам лотковых экспериментов Ихэда Хироши [5], регистрирует расход наносов при наличии плановых ограничений русла, т. е. при отсутствии нанообмена в системе «русло–пойма». Эта формула передает «переносную» «составляющую расхода наносов ($\bar{G}_0$), выражающую перенос наносов в форме сползания по течению структурных образований руслового рельефа.

3. В динамике русел исследуемых рек выделяются два характерных режима: меньше среднемноголетнего максимума водности и больше него.

Рубеж между ними проходит через ($Q_M \approx 5,6Q_0$). При $Q_M < 5,6Q_0$ все деформации русла сопряжены с изменениями ширины его активной зоны без изменений, общих габаритов паводочного русла, отвечающих $\bar{Q}_M$. Плановые деформации сводятся к поперечным смещениям руслового тальвега (слабо выраженная тенденция меандрирования), а перенос материала по течению — в виде микроформ или бесструктурно. При $Q_M > 5,6Q_0$ плановые деформации русла направлены к его общему расширению, а перемещение наносов по руслу реализуется в сползании русловых мезоформ.

4. Структурная оценка расхода наносов открывает путь к определению размеров русловых деформаций. Знание «деформационной» составляющей расхода наносов позволяет рассчитать такие виды деформации, как темп отступления подмываемых участков берегов и фоновое повышение речного ложа за счет отложения продуктов указанного подмыва. В свою очередь на основании «переносной» составляющей расхода можно оценивать сползание русловых мезоформ по течению.

5. Выполненная разработка привела к новым решениям вопроса об инерционности наносов и, в частности, о периоде релаксации руслового рельефа, унаследованного от сверхординарных паводков. Этот вопрос решался в двух аспектах: а) при непрерывном перефор-

мировании рельефа в процессе прохождения паводка и б) при прерывистом переформировании после прохождения многоводного паводка, растягивающемся на месяцы и годы. Получены формулы (1) и (8), связывающие

период релаксации с отношением $\Delta\bar{Q}/Q$ или с Q_M/Q_H . Формула (8) обеспечивает обоснованное применение корректирующего сомножителя в формулах (1) и (3), учитывающего последовательность паводков.

Список литературы

1. Ромашин В. В., Шугар А. К., Щукин В. Г. Оценка подвижности руслового аллювия горных рек // Метеорология и гидрология. — 1982. — № 8. — С. 90–94.
2. Ромашин В. В. Морфодинамика речных русел сочинского района Черноморского побережья Кавказа // Тр. ЦНИИС. — М., 2002. — Вып. 211. — С. 168.
3. Ромашин В. В. Инерционные эффекты в динамике русловых форм // Тр. ГГИ. Русловые процессы рек. — СПб.: Гидрометеиздат, 2002. — Вып. 361. — С. 41–51.
4. Ромашин В. В., Ярославцев Н. А., Танитовский В. Н. К оценке режимных перестроек речных русел при прохождении аномально мощных паводков // VI Всерос. гидрологический съезд: докл. — М., 2006. — Секция 6: Проблемы русловых процессов, эрозии и наносов. — С. 28–36.
5. Ikeda Hiroshi. Experiments on the transport of gravel in 4-meter-wide flume // 24-th Int. Geogr. Congr. — Tokyo, 1980. — Vol. 1.

Erik Mosselman,
Deltares & Delft University of Technology,
The Netherlands

RIVER MORPHOLOGY AND RIVER ENGINEERING AT DELTARES

МОРФОЛОГИЯ РЕКИ И СТРОИТЕЛЬСТВО РЕЧНЫХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ В ДЕЛЬТАХ

В статье представлена концепция морфологии реки и строительства речных водных путей, разработанная Независимым институтом технологии дельт Deltares.

The article presents the conception of river morphology and river engineering at deltas, elaborated by the independent institute for delta technology Deltares.

Ключевые слова: морфология реки, гидравлическая неровность, осадочные смеси, биогеоморфология, математическое моделирование

Key words: river morphology, hydraulic roughness, sediment mixtures, biogeomorphology, mathematical modeling

1. INTRODUCTION

WL | Delft Hydraulics was traditionally the centre of expertise in the Netherlands regarding river morphology and river engineering. At the end of 2007, WL | Delft Hydraulics, GeoDelft, the Subsurface and Groundwater unit of TNO and parts of Rijkswaterstaat joined forces in a new independent institute for delta technology, Deltares. Deltares combines knowledge and experience in the fields of water, soil and the subsurface. Its mission is to provide innovative solutions to make living in deltas, coastal areas and river basins safe, clean and sustainable. Synergy advantages of the new institute include the combination of surface water and groundwater in modelling and water management as well as the integration of dike stability, measures to reduce flood levels and measures to mitigate the consequences of flooding in studies to reduce flooding risks. Furthermore, detailed studies on erosion and scour benefit from a combination of hydrodynamic and geotechnical approaches (de Vriend & Barends, 2006). Inland Water Systems is one of the units of Deltares. Within this unit, the River Dynamics and Inland Water Transport department deals with river morphology and river engineering. It carries out research, develops models and provides specialist advice. Research and development are carried out in close co-operation

with universities, in particular in Delft with Delft University of Technology and UNESCO-IHE Institute for Water Education.

This paper provides a written account of the overview of river morphology and river engineering at Deltares that was presented at the round-table seminar at Saint-Petersburg State University for Waterways Communications on 26 March 2008. Chapter 2 describes the major demands from society that require knowledge on river morphology and river engineering. Chapter 3 highlights some of the corresponding co-operations and networks. Chapter 4 explains major lines of research and development.

2. KNOWLEDGE DEMANDS FROM SOCIETY

2.1. Safety against flooding: Room for the River

Protests against repeated cycles of dike reinforcement and environmental protests against transformation into heavily engineered rivers have led to policies of giving more space to rivers.

These policies aim at restoring or enhancing the functioning of natural ecosystems, but also at reducing flooding risks. They assume various forms. In smaller streams, the focus is on restoring straight, canalized water courses into freely meandering rivers by removing bank protections.

Morphological analyses help in delimiting the erodible corridor in which banks are allowed to erode freely (Piégay et al, 2005). In larger rivers, a main purpose is the reduction of flooding risks. Here two philosophies of giving more space can be distinguished. Some countries, such as France and Italy, give more space to the river upstream by assigning retention areas to store part of the flood discharge temporarily. This results in a reduction of peak discharges downstream. In the Netherlands, the leading philosophy is to increase the conveyance. This reduces the water levels without altering the discharges.

The Dutch policy to give more space to rivers is currently being implemented in the Room for the River programme along the Rhine branches. An innovative feature of this programme is its high level of democracy. Stakeholders such as the central government, provinces, municipalities, waterboards, non-governmental organizations and individual citizens proposed 693 local measures to lower the water levels during a design flood. The effects of each measure, including flood level reduction, costs and secondary effects, were calculated. WL | Delft Hydraulics used the results to construct the 'Planning Kit', which is an easy interactive tool to compose integral strategies. The user can select combinations of measures on a map of the Rhine branches displayed on the screen of a computer, and visualize the resulting lowering of water levels, costs and secondary effects. By using this tool, he or

she discovers which measures are effective and which measures are not, taking the perspective of an engineer who tries to find the best solution. In this way, the most appropriate measures are not imposed by the authorities but discovered by the people themselves. The Planning Kit turned out to be a popular tool. It was really used by the population, including mayors etc., not only by those who have affinity with computers or technology. Moreover, this tool made the available information accessible to all parties and in the same manner for everybody.

From all measures proposed, about 30 local measures have been selected for implementation. The increase of the conveyance is achieved by lowering floodplains, creating secondary channels or flood channels, removing obstacles, dredging the main channel, lowering groynes and setting back dikes. The associated sedimentation, however, decreases the navigability and limits the lifetime of the interventions. The adverse effects of main-channel sedimentation on navigation can be minimized by optimizing the design in such a way that the amount of sedimentation remains small or that the sedimentation takes place in deeper parts or in parts outside the fairway within the main channel. Sedimentation in the floodplains requires periodic maintenance. In the fully trained Rhine branches in the Netherlands, where floodplains are no longer lowered by natural bank erosion, periodic excavation might have the additional advantage of providing habitats for pioneer species. This would help in maintaining a dynamic ecosystem with a continued presence of all stages of vegetation succession, instead of a static climax state only. Periodic floodplain maintenance could then be based on an ecological policy of cyclic rejuvenation.

The morphological effects of individual local measures are assessed by the engineers involved in the detailed design of the measures. Deltares is responsible for auditing these assessments. A study on the combined morphological effect of all local measures

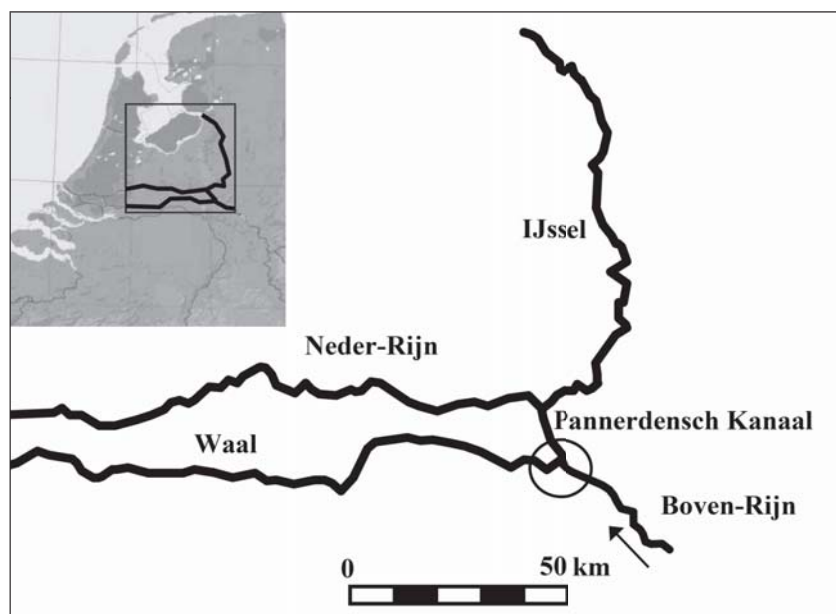


Fig. 1. The Rhine branches in the Netherlands



Fig. 2. Rhine bifurcation at Pannerden

still needs to be defined. A major issue here is the relation between morphological changes at bifurcations and the stability of the system of Rhine branches as a whole. It is for that reason that the morphology of river bifurcations has been a major research topic during the last years (Kleinhans et al, 2006, 2008).

2.2. Navigation: DVR project

The river Waal is the main Rhine branch in the Netherlands and one of the busiest shipping routes in the world, connecting the sea port of Rotterdam with major urban and industrial areas in Germany. The total freight between Rotterdam and Duisburg amounted to 165 million metric tons in 1996. About every three minutes, a ship passes the border near Lobith, 24 hours a day and 7 days a week. Considering forecasts of further traffic growth, it was concluded in 1993 that safe, fast and efficient navigation in 2010 would require enlargement of the navigation channel from its present $150\text{ m} \times 2.5\text{ m}$ profile to a $170\text{ m} \times 2.8\text{ m}$ profile at OLR, i. e. at the low-water level that is exceeded during 95% of the time. The OLR criterion has been established internationally in 1947 and corresponds to a Rhine discharge of $1020\text{ m}^3/\text{s}$ at Lobith. Alternative strategies to achieve this enlargement of the navigation channel were elaborated in the Waal Programme. In 1996, the river management authority Rijkswaterstaat selected a preferred strategy composed of groyne extensions,

maintenance dredging and, above all, structural measures in river bends. The latter comprised bendway weirs, fixed layers (Sloff et al, 2006), longitudinal dams and bottom vanes. Inspired by the original work of Potapov (1950), WL | Delft Hydraulics had studied bottom vanes extensively in physical and numerical models (e. g. Flokstra, 2006). Bendway weirs were realized in the bend at Erlecom and fixed layers were constructed in the outer bend pools of the bends at Nijmegen and St Andries. However, bottom vanes in the bends at Hulhuizen and Haalderen were cancelled because doubts arose about their effectiveness and because the shipping sector was opposed to them out of fear that ships touching the steel bottom vanes might be cut open.

The original time horizon of the Waal programme was the year 2010. Recent extension of this horizon by 50 years till 2060 has created awareness that the ongoing overall bed degradation (incision, downcutting, entrenchment) of the river Waal causes problems. The fixed layers in the outer-bend pools at Nijmegen and St Andries will not follow the degradation and hence become obstacles with limited depths at their downstream sides. The same applies to a natural non-erodible layer near Emmerich, just across the border in Germany. Sluices, river ports and canal entrances will not follow the degradation either and thus become obstacles for navigation too. Moreover, bed degradation may undermine the stability of banks, groynes and hydraulic structures, and may affect the morphological stability at bifurcations. The bed degradation results from a deficit in the sediment supply from upstream, from excessive dredging in the past and from a retarded adaptation to river training works and inland shift of the erosion base (river mouth), but the relative contribution of each of these causes is still unknown. The Waal is in this respect a particular case of a much wider problem, because most rivers in Europe and the USA exhibit overall bed degradation due to dams, torrent control works, aggregate mining, river training, lateral embankments, shortening of river courses, afforestation, vegetation encroachment and cessation of wood cutting and grazing.

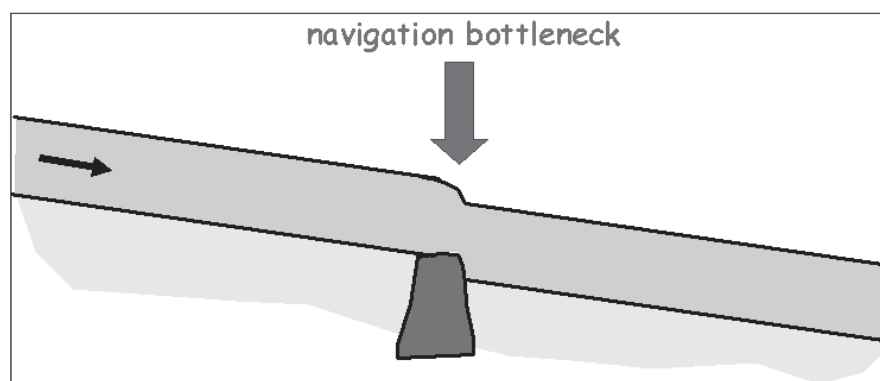


Fig. 3. Navigation bottleneck at non-erodible bed due to downstream bed degradation

Maintenance and improvement of the navigability of the river Waal thus requires dredging of local shoals but sediment nourishment to arrest the overall bed degradation. This calls for smart strategies of sediment management, to be developed under the DVR project (DVR = Duurzame Vaardiepte Rijndelta = sustainable navigation depth in the Rhine delta). It is within this framework that Rijkswaterstaat has commissioned first WL | Delft Hydraulics and now Deltares to develop a two-dimensional morphological model of the river Waal and adjacent Rhine branches. This model, based on Delft3D, will be the major instrument for the optimization of sediment management strategies and the assessment of the effects of these strategies on navigation. The model is basically a descendent of the first two-dimensional morphological model by Van Bendegom (1947). It contains a parameterization of helical flow in river bends that can be traced back to Rozovskii (1957). Struiksmä et al (1985) present an earlier major milestone in the development of the model. Havinga et al (2005, 2006) provide more background information about the projects to improve navigability and the corresponding knowledge requirements.

2.3. Nature rehabilitation

The current Water Framework Directive of the European Union ignores sediment and river morphology. The awareness is now growing, however, that hydromorphological changes are the main cause why European rivers are not attaining a good ecological state. Current policies of giving more space to rivers do aim at restoring or enhancing the functioning of fluvial ecosystems, but they often lack insight in how this

functioning depends on hydrodynamic and morphological processes. In turn, the morphological development of rivers depends significantly on vegetation in ways that are still difficult to model quantitatively. Interactions between abiotic processes of hydrodynamics and morphology on the one hand and biotic life cycles of species and communities on the other hand are

studied in the interdisciplines of ecohydraulics and biogeomorphology. They pose new questions to river morphologists. For instance, river engineering focused traditionally on outer-bend scour and bank erosion, whereas ecological processes depend more on inner-bend deposition, colonization by vegetation and bank accretion. Another example is that temporary deposition of mud on a gravel bed, frequently washed away during floods, has little importance for traditional engineering assessments of the morphological development of a river. However, this deposition can harm the reproduction of fish species if it occurs in certain parts of the year. More generally, temporal and spatial variations are more important for ecology than they are for engineering river morphology. Finally, the functioning of ecosystems depends also on the chemical composition of polluted sediments and the decrease of light penetration by turbidity due to suspended sediments.

2.4. River training

As all major rivers in the Netherlands have been trained, further work here is merely a matter of subtle modifications, such as the lowering of groynes in Room for the River and the construction of fixed layers or bendway weirs in the Waal programme. Training of wild large rivers abroad, however, still poses great challenges. WL | Delft Hydraulics was involved in such river training projects in Bangladesh, a country where bank erosion is considered to be the number one natural hazard, well before drought as number two and flooding as number three. An example is the twelve-year FAP21/22 project of bank protection and river training along the braided Brahmapu-

tra-Jamuna river in Bangladesh (Mosselman, 2006). This is one of the world's largest and geomorphologically most active braided rivers. Its enormous bank erosion leads in places to hundreds of metres of annual bank retreat. Mosques, schools and hospitals fall into the river and the losses of land often leave no other choice to the riparian population than to move to the slums of the capital Dhaka.

by the river within the time frame of the project, which originally was assumed to span five years. At the same time, the test sites should not be eroded during the first years of land acquisition and construction. This led to the need to predict bank erosion and planform changes two to three years ahead. For the rapidly changing Brahmaputra-Jamuna with its sensitive dependence on small perturbations, such a prediction span is too long to be

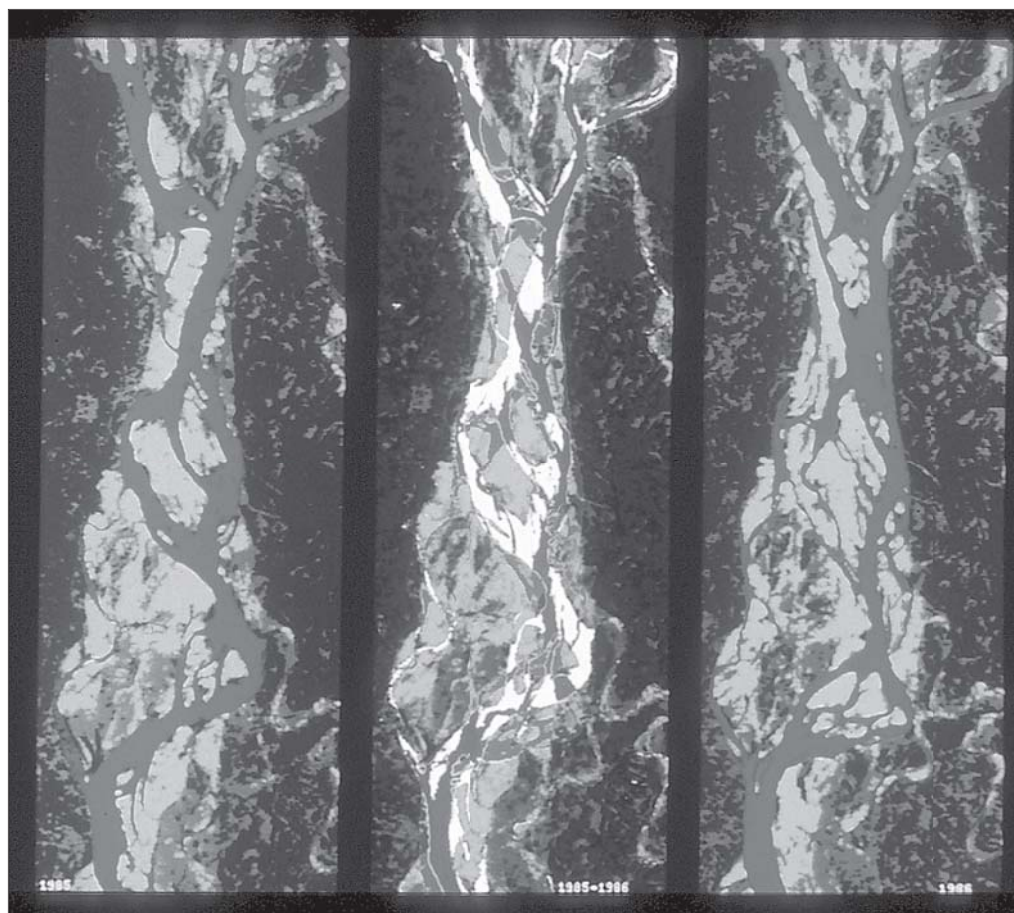


Fig. 4. Forty kilometre length of the Brahmaputra-Jamuna River, showing low-water planforms on 25th of February 1985 (left) and 20th of February 1986 (right), with corresponding change-detection image (centre). Water levels at Bahadurabad on days of image recording: 13.49 m + PWD in 1985 and 13.38 m + PWD in 1986. Courtesy National Aerospace Laboratory NLR, the Netherlands

Test structures were built that were lighter than traditional structures for the conditions along the Brahmaputra-Jamuna River. They were assumed to be more cost-effective and thereby affordable for a developing country such as Bangladesh. Limited damage could be allowed as long as they maintained their function of stopping local bank retreat during the critical summer monsoon period. The damages could be repaired during the low-water season. The testing of the structures required that those structures had to be attacked

covered by either simple extrapolation or detailed two- or three-dimensional mathematical modelling. Therefore, Klaassen et al (1993) developed a new probabilistic prediction method based on empirical laws derived from a large set of satellite images (Klaassen and Masselink, 1992; Klaassen et al, 1993; Mosselman et al, 1995). Jagers (2001, 2003) implemented the prediction method in a computer model and tested it against observations. He also constructed and tested an artificial neural network for the prediction of low-water planform

changes in the Brahmaputra-Jamuna. Despite some fair results, it appeared that the predictive powers of the computer model and the neural net-

work are limited. The original prediction method has nonetheless proven to result in a good selection of sites for bank protection structures.



Fig. 5. Construction of FAP 21/22 bank protection along the Brahmaputra-Jamuna River in Bangladesh



Fig. 6. Bottom vanes as low-cost river training structures for smaller rivers in Bangladesh

More knowledge remains required for the design of river training structures, on both large and small rivers. Predictors of local scour are still empirical and might become more reliable in the future if they will be based on the physics of detailed hydrodynamics and corresponding appropriate descriptions of sediment transport. More knowledge is also required on innovative river training structures that produce less scour or are more cost-effective. Bottom vanes appear to be a successful measure for the smaller rivers of Bangladesh. They have been investigated extensively in the laboratory and in the field (Hossain & Mosselman, 2006; Hossain et al, 2006 a, b).

3. CO-OPERATION AND NETWORKS

3.1. Saint-Petersburg State University of Waterways Communications, Russia

Co-operation with the Saint-Petersburg State University of Waterways Communications (SUWC) is the rationale for this article. In March 2008, Deltares representatives Sanjay Giri and Erik Mosselman visited SUWC to explore the possibilities of co-operation in the fields of river morphology and river engineering. The co-operation will start with exchanges of researchers. Problems of mutual interest were identified to include the distribution of sediment transport at bifurcations and the deterioration of navigation conditions due to bed degradation. River morphology and river engineering are important for Russia's entrance into the World Trade Organization in 2010. The entrance will require studies and investments to bring the navigation routes up to standard.

3.2. Morphological Triangle, the Netherlands

Different institutes in the Netherlands have joined their forces by founding a 'Morphological Triangle'. This triangle is a thematic subdivision of the Netherlands Centre for River Studies (NCR) in which universities, technological institutes and Rijkswaterstaat-Waterdienst (formerly Rijkswaterstaat-RIZA) co-operate. The participating universities are those of Delft, Utrecht, Twente and Wageningen. Also the UNESCO-IHE Institute for Water Education is counted among this group. The two participating technological institutes, WL | Delft Hydraulics and the Subsurface and

Groundwater unit of TNO, have merged into Deltares. Representatives from the different institutes convene three times a year to formulate, to co-ordinate and to evaluate the research in river morphology on a national level. The Morphological Triangle has defined three main research themes. The first and most important theme is directed towards better understanding and better predictions of the morphology at Rhine bifurcations, because the stability of the Dutch Rhine branches depends strongly on the sediment distribution at these bifurcations. The second theme regards morphological phenomena during floods. The third theme regards biogeomorphology of floodplains. Within this theme, Utrecht University co-operates with Moscow State University.

3.3. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Germany

Germany nourishes the river Rhine with sediments in order to arrest undesired river bed degradation. Volume, composition and location of the sediment nourishments can be optimized by using a two-dimensional model for river morphology. First computational results showed that Delft3D could realistically reproduce the development of the river bed after nourishment (Sloff & Sieben, 2007). The Bundesanstalt für Gewässerkunde and Deltares are currently verifying the model against field data from sediment nourishments at Iffezheim near Karlsruhe.

3.4. SedNet, European Union

SedNet is a 15-year European Union project regarding sediment management on river basin scale. It has a strong international network and was originally initiated and co-ordinated by the Subsurface and Groundwater unit of TNO. Since this unit became a part of Deltares, SedNet and the River Dynamics and Inland Water Transport department have joined forces.

3.5. US Geological Survey, United States of America

The US Geological Survey carried out a controlled flood experiment in the Grand Canyon in March 2008. The purpose of this experiment was to study how sand bars and beaches can be restored. These bars and beaches are currently disappearing due to erosion, but the Colorado River once managed to maintain them when it still

had a natural discharge regime. The study has a modelling component, using Delft3D as the most advanced model available, with features such as large-eddy simulation and the erosion, transport and deposition of graded sediments. That is why Deltares participated in the experiment. Another area of co-operation is the American Community Surface Dynamics Modeling System, where the US Geological Survey is one of the partners and where a Deltares specialist, Bert Jagers, is a member of the steering committee. The Community Surface Dynamics Modeling System develops, supports and disseminates integrated software modules that predict the erosion, transport and deposition of sediment and solutes in landscapes and their sedimentary basins. It involves the Earth surface as the dynamic interface between lithosphere, atmosphere, cryosphere and hydrosphere.

3.6. Nanjing Hydraulic Research Institute, China

The Nanjing Hydraulic Research Institute (NHRI) and Deltares have identified a number of projects of mutual interest that are suitable for co-operation. The projects include river morphology, sedimentation in navigation channels, impact of dredging and dumping, and sand-mud transport. The co-operation will start with a period in which Chinese engineers from the NHRI River and Harbour Engineering Department and the NHRI Hydraulic Engineering Department will work at Deltares for some time. They will study Chinese problems in close consultation with Deltares colleagues and they will participate in research projects of Deltares.

4. SOME LINES OF RESEARCH AND DEVELOPMENT

4.1. Bed forms and hydraulic roughness

Dunes on the river bed play several important roles. First, they produce form roughness as a major component of the hydraulic resistance. Second, dunes may represent shoals hindering navigation at lower discharges. Third, their growth and migration are intimately related to sediment transport, which implies that accurate modelling of sediment transport requires a good representation of dune dynamics (and vice versa). Fourth, spatial variations in dune shapes and dimensions and, hence, spatial variations in

hydraulic roughness affect the pattern of bars and pools (Mosselman et al, 1999). The hydraulic resistance is particularly important during floods as it determines the relation between discharge and water levels. The development of dunes during a flood is complex. Initially dunes grow higher and make the river bed rougher, but in later stages the dunes grow longer with the opposite effect of making the river bed smoother. Subsequently, in a way still not well understood, new bed forms develop on top of the elongated dunes that make the river bed rougher again. Rijkswaterstaat and the University of Utrecht measured dunes in the Rhine branches (Wilbers & Ten Brinke, 2003; Wilbers, 2004). Toyama et al (2007) and Giri et al (2007) present physics-based models of dune development. Knowledge from this type of detailed models needs to be parameterized, because dunes are subgrid features in operational morphological models for larger spatial scales.

4.2. Sediment mixtures

The sediment in a river is usually a mixture of particles with differing physical characteristics. Segregation of these particles during processes of erosion, transport and deposition gives rise to spatial grain sorting phenomena such as coarse bed surface layers, downstream fining and finer-grained point bars (Kleinhans, 2002; Blom, 2003; Frings, 2007). These grain sorting phenomena affect the patterns and dimensions of pools and bars (Mosselman et al, 1999). The sorting may be due to differences in mass density (mineralogical composition), grain size and grain shape. For the sorting of coarse sediments, differences in grain size are the dominant cause and it is for these differences that graded-sediment functionality has been implemented in numerical models such as SOBEK and Delft3D. This functionality is based on (i) division of the sediment mixture into separate fractions, (ii) transport formulae and mass conservation equations for each of the separate fractions, (iii) hiding-and-exposure corrections to the critical shear stress of each of the fractions, and (iv) an active layer or transport layer affected by erosion and sedimentation. A current line of development is to replace the simple active-layer concept by a more detailed description of vertical sorting in bed forms along the lines of Blom (2003) and Blom et al (2003).

The models for graded sediment are complex and contain many parameters. This makes it difficult to evaluate model results on the basis of numerical outputs alone. Mosselman & Sloff (2007) and Mosselman et al (2008) therefore ana-

lyze the models theoretically to obtain a better understanding of their fundamental behaviour. The analyses are based on Ribberink's (1987) original theoretical analysis of morphological models with graded sediment.

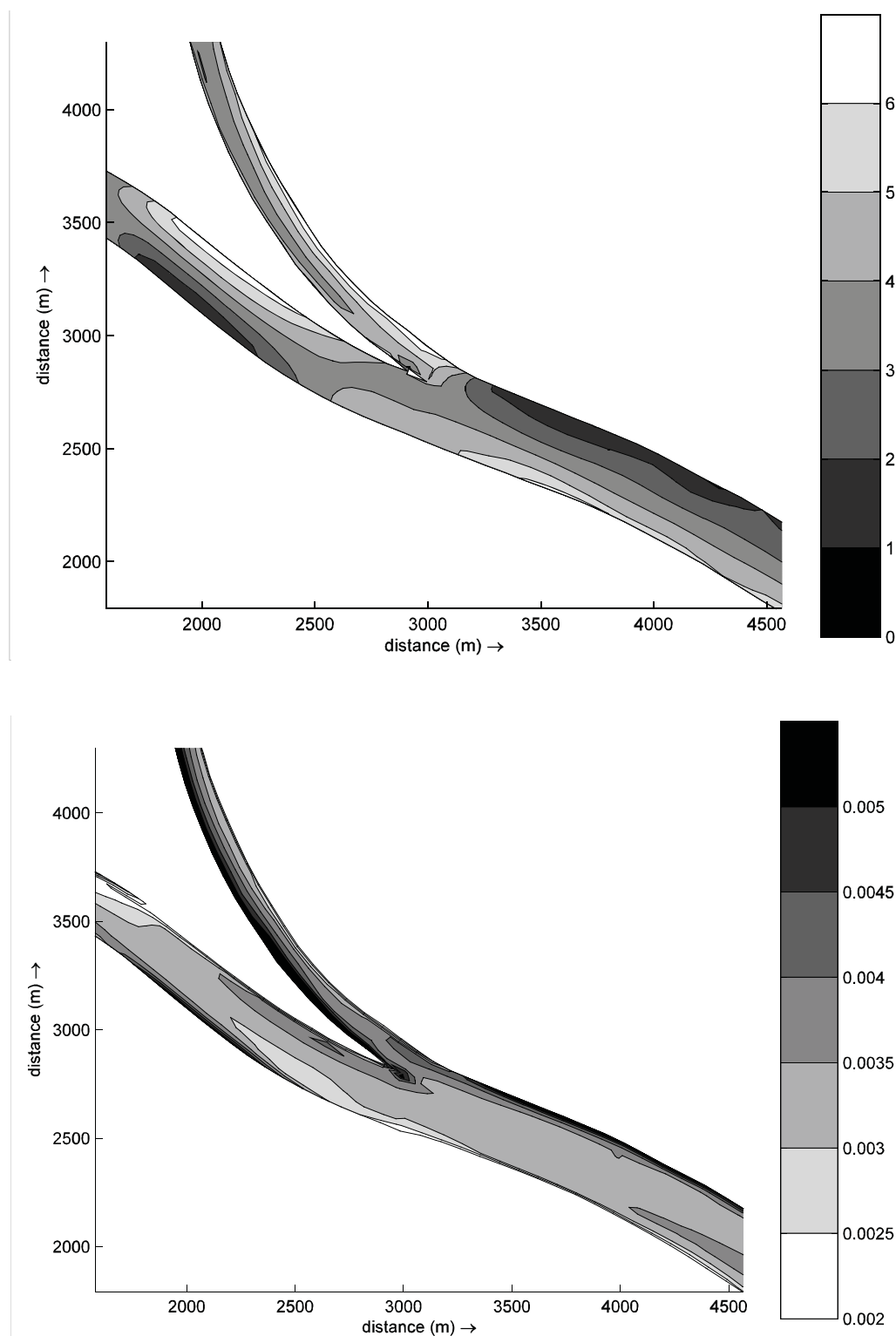


Fig. 7. Computed bed topography (top, in m above NAP) and bed sediment composition in terms of mean sediment grain sizes (bottom, in m) in the area of the Rhine bifurcation at Pannerden (using Delft3D with a constant discharge of $6000 \text{ m}^3/\text{s}$, Mosselman & Sloff, 2007)

4.3. Biogeomorphology

Biogeomorphology studies the interactions between organisms and the development of landforms. Vegetation represents the most important organisms for interactions in fluvial biogeomorphology, although other organisms affect river morphology as well (e.g. perturbation of the river bed by fish and trampling of river banks by cattle). The hydraulic roughness of vegetation can be included straightforwardly in morphological modelling (Baptist & Mosselman, 2002; Baptist, 2005), but still much research is needed to develop quantitative models for colonization of newly accreted land, vegetation succession, vegetation effects on erodibility and vegetation effects on sediment transport. In this field Deltares co-operates with UNESCO-IHE Institute for Water Education and Utrecht University. The latter institute co-operates with Moscow State University in biogeomorphological studies of floodplains of the Volga.

of two to three years is too long for deterministic two- or three-dimensional mathematical modelling. A framework has been developed in which different aspects of the development of this river, operating at different time scales, have different predictability horizons and require different types of modelling for different quantities, in analogy to the differences between weather forecasts and predictions of climate change. The development of an individual channel during a single flood may be modelled using a two-dimensional morphological model, changes in braided river planform over a period of two or three years may be assessed using the approaches of Klaassen et al (1993) and Jagers (2001, 2003), and overall migration of the braid belt on time scales of decades may be estimated using mere statistical methods.

The morphological development of the Rhine branches, albeit more predictable than the development of the Brahmaputra-Jamuna, has also uncertainties due to model incompleteness,



Fig. 8. Tree uprooted by bank erosion promotes bar formation

4.4. Stochastic morphology, uncertainty analysis and predictability

The rapidly changing Brahmaputra-Jamuna with its sensitive dependence on small perturbations has been an important inspiration for considerations on uncertainty and predictability in river morphology. For this river, even a prediction span

insufficient data and unknown future discharges. This is addressed in the stochastic river morphology developed by Van der Klis (2003) and Van Vuren (2005).

4.5. Other lines of research

Other lines of research include the effects of gravity and helical flow on transverse bed slopes

(Talmon et al, 1995), the stability of river bifurcations (Kleinhans et al, 2006, 2008), reservoir sedimentation (Sloff, 1997; Sloff et al, 2005, 2007 a, b), the morphology around groynes (Yossef, 2005, 2006; Yossef & Rupprecht, 2006; Yossef et al, 2007) and bank erosion (Mosselman, 1992; Mengoni & Mosselman, 2005; Akkerman et al, 2006; Rinaldi et al, 2008). Andrej Alabyan extended Mosselman's (1992) model RIPA for the morphology of rivers with erodible banks with more detailed bank failure algorithms (Darby et al, 2002). The research on bank erosion has close links with the modelling of river meandering at Delft University of Technology (Crosato, 2007 a, b).

5. MATHEMATICAL MODELLING

Deltares has been implementing morphological functionality in the two- and three-dimensional modelling system Delft3D and in the one-dimensional modelling system SOBEK for decades. These modelling systems have thus become major carriers of river morphological knowledge. Numerical models such as SOBEK and Delft3D are not only a final product of research, to be used for predictions in practical applications. They play a central role in all phases of research and development. They help

in sharpening research questions, in specifying requirements for field measurements, in integrating knowledge, in testing hypotheses and in communicating ideas.

Theoretical analyses of mathematical equations are complementary to numerical solutions, as they offer additional insights into the fundamental behaviour of the corresponding physical system. Designing numerical models requires theoretical analyses to determine the appropriate numerical scheme and the type and location of the boundary conditions to be imposed. Theoretical analyses also help the optimization of calibration strategies for numerical models, as they reveal which parameters are responsible for different aspects of the solution. They help the interpretation of results from numerical models as well, because numerical solutions may exhibit spurious wiggles, phase lags or attenuation that in this way can be distinguished from real physical phenomena. Furthermore, analytical solutions provide exact solutions for certain idealized cases that may serve as validation cases for numerical models. Finally, analytical solutions can be used as rapid assessment models or rules of thumb. Examples at Deltares are the theoretical analyses of river morphology by Struiksma et al (1985), Mosselman et al (2006), Mosselman & Sloff (2007) and Mosselman et al (2008).

References:

1. Akkerman G. J., Mosselman E., Schiereck G. J., Tuyet P. A. & Dinh P. Bank erosion mitigation Red River Vietnam; Towards an anticipating river training strategy // Proc. Third Int. Conf. on Scour and Erosion, 1–3 November, 2006. — Amsterdam: Publ. CURNET, Gouda, the Netherlands, 2006. — Full paper on CD p. 14–17, Extended abstract on hardcopy p. 63–64.
2. Baptist M. J. & Mosselman E. Biogeomorphological modelling of secondary channels in the Waal river // River Flow 2002: proc. Int. Conf. Fluvial Hydraulics, 4–6 September 2002, Louvain-la-Neuve / eds. D. Bousmar & Y. Zech. — Belgium, 2002 — P. 773–782.
3. Baptist M. (2005) Modelling floodplain biogeomorphology / PhD thesis; Delft University of Technology.
4. Bendegom L. van Some considerations on river morphology and river improvement // De Ingenieur. — 1947. — Vol. 59. — №. 4 (in Dutch; English transl.: Natl. Res. Council Canada, Tech. Translation 1054, 1963).
5. Blom A. (2003) A vertical sorting model for rivers with non-uniform sediment and dunes // PhD thesis University of Twente, University Press, Veenendaal, the Netherlands.

6. *Blom A., Ribberink J. S. & Vriend H. de.* (2003) Vertical sorting in bed forms. Flume experiments with a natural and a tri-modal sediment mixture // *Water Resources Res.*, AGU. — Vol. 39. — № 2. — P. 1025 (13 p.).
7. *Crosato A.* Effects of smoothing and regridding in numerical meander migration models // *Water Resources Res.*, AGU. — 2007 a. — № 43.
8. *Crosato A.* Variations of channel migration rates in two meander models // *Proc. 5th IAHR Symp. on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics*, Enschede, the Netherlands, 17–21 Sept. 2007 / eds. C. M. Dohmen-Jansen & S. J. M. H. Hulscher, Taylor & Francis. — Balkema, 2007 b. — P. 185–192.
9. *Darby S. E., Alabyan A. & Wiel M. J. van de.* Numerical simulation of bank erosion and channel migration for meandering rivers // *Water Resources Res.* — 2002. — Vol. 38. — № 9.
10. *Flokstra C.* Modelling of submerged vanes // *Journal of Hydraulic Research*, IAHR. — 2006. — Vol. 44. — № 5. — P. 591–601.
11. *Frings R. M.* From gravel to sand; Downstream fining of bed sediments in the lower river Rhine // *Netherlands Geographical Studies*. — 2007. — 368 p.
12. *Giri S., Yamaguchi S., Shimizu Y. & Nelson J.* Simulating temporal response of bedform characteristics to varying flows // *Proc. 5th IAHR Symp. on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics*, Enschede, the Netherlands, 17–21 Sept. 2007 / eds. C. M. Dohmen-Jansen & S. J. M. H. Hulscher, Taylor & Francis. — Balkema, 2007. — P. 939–947.
13. *Havinga H., Jagers H. R. A. & Sloff C. J.* Knowledge requirements for sustainable fairway management // *River, Coastal and Estuarine Morphodynamics: RCEM 2005: proc. 4th Symp. River, Coastal and Estuarine Morphodynamics*, 4–7 October 2005, Urbana, Illinois, USA, / eds. G. Parker & M. H. Garcia. — Balkema: Copyright Taylor & Francis Group; L.: UK, 2005. — Vol. 2. — P. 1173–1182.
14. *Havinga H., Taal M., Smedes R., Klaassen G. J., Douben N. & Sloff C. J.* Recent training of the lower Rhine River to increase Inland Water Transport potentials: A mix of permanent and recurrent measures // *Proc. River Flow 2006*, Lisbon, 6–8 Sept., 2006 / eds. R. M. L. Ferreira, E. C. T. L. Alves, J. G. A. B. Leal & A. H. Cardoso. — L.: Publ. Taylor & Francis, 2006. — Vol. 1. — P. 31–50.
15. *Hossain M. & Mosselman E.* Bottom vanes can prevent river bank erosion. — Bangladesh: *The Daily Star*, 2006. — Vol. XVI. — № 55. — P. 13.
16. *Hossain M. M., Islam Md. Z., Shahidullah Md., Weerd A. de, Wielink P. van & Mosselman E.* Laboratory tests on flow field around bottom vane. *Advances in Fluid Mechanics VI // WIT Transactions on Engineering Sciences* / eds. M. Rahman & C. A. Brebbia. — Southampton: WIT Press, 2006 a. — Vol. 52. — P. 255–264.
17. *Hossain M. M., Islam M. Z. & Mosselman E.* Applicability of Delft3D on flow field simulation around bottom vanes // *Proc. 15th Congress of Asian and Pacific Division of the IAHR*, august 7–10, 2006 / eds. V. Sundar, R. Sundaravadivelu, S. A. Sannasiraj & K. Murali; Indian Inst. of Technol. — Madras; Chennai; India, 2006 b. — P. 1333–1340.
18. *Jagers H. R. A.* A comparison of prediction methods for medium-term planform changes in braided rivers // *Proc. 2nd IAHR Symp. River, Coastal and Estuarine Morphodynamics*, 10–14 sept. 2001. — Obihiro, Japan, 2001. — P. 713–722.
19. *Jagers H. R. A.* Modelling planform changes of braided rivers // PhD thesis, University of Twente. — 2003.
20. *Klaassen G. J. & Masselink G.* Planform changes of a braided river with fine sand as bed and bank material // *Proc. Fifth Int. Symp. River Sedimentation*. — Karlsruhe, 1992. — P. 459–471.
21. *Klaassen G. J., Mosselman E. & Brühl H.* On the prediction of planform changes in braided sand-bed rivers. *Advances in Hydro-Science and Engineering* / ed. S. S. Y. Wang. — Mississippi: Publ. University of Mississippi, 1993. — P. 134–146.

22. *Kleinhans M. G.* Sorting out sand and gravel: sediment transport and deposition in sand-gravel bed rivers // *Netherlands Geographical Studies*. — 2002. — № 293.

23. *Kleinhans M., Jagers B., Mosselman E. & Sloff K.* Effect of upstream meanders on bifurcation stability and sediment diversion in 1D, 2D and 3D models // *Proc. River Flow 2006*, Lisbon, 6–8 Sept., 2006 / eds. R. M. L. Ferreira, E. C. T. L. Alves, J. G. A. B. Leal & A. H. Cardoso. — L.: Publ. Taylor & Francis, 2006. — Vol. 2. — P. 1355–1362.

24. *Kleinhans M. G., Jagers B., Mosselman E. & Sloff K.* Bifurcation dynamics and avulsion duration in meandering rivers by 1D and 3D models // *Water Resources Res.*, AGU. — 2008. (in press.)

25. *Klis H. van der* Uncertainty analysis applied to numerical models of river bed morphology // *Dissertation*, Delft University of Technology. — Delft University Press, 2003.

26. *Mengoni B. & Mosselman E.* Analysis of riverbank erosion processes: Cecina river, Italy // *River, Coastal and Estuarine Morphodynamics: RCEM 2005: proc. 4th Symp. River, Coastal and Estuarine Morphodynamics*, 4–7 October 2005, Urbana, Illinois, USA / eds. G. Parker & M. H. Garcia. — Balkema: Copyright Taylor & Francis Group; L.: UK, 2005. — Vol. 2. P. 943–951.

27. *Mosselman E.* Mathematical modelling of morphological processes in rivers with erodible cohesive banks // *Communications on Hydr. and Geotech. Engrg.*; Delft Univ. of Technol. — 1992. — № 92–3.

28. *Mosselman E., Huisink M., Koomen E. and Seymonsbergen A. C.* Morphological changes in a large braided sand-bed river // *River geomorphology* / ed. E. J. Hickin; *Int. Assoc. Geomorphol.* Publ. Wiley; Chichester, 1995. — № 2. P. 235–247.

29. *Mosselman E., Sieben A., Sloff K. & Wolters A.* Effect of spatial grain size variations on two-dimensional river bed morphology // *Proc. IAHR Symp. River, Coastal and Estuarine Morphodynamics*, 6–10 sept., 1999. — Genova, 1999. — Vol. I. — P. 499–507.

30. *Mosselman E.* 2006 Bank protection and river training along the braided Brahmaputra-Jamuna River, Bangladesh // *Braided rivers; Process, deposits, ecology and management* / eds. G. H. Sambrook Smith, J. Best, C. S. Bristow & G. E. Petts; *Int. Assoc. of Sedimentologists*, Blackwell Publ. — Spec. Publ. № 36. — P. 277–287.

31. *Mosselman E., Tubino M. & Zolezzi G.* The overdeepening theory in river morphodynamics: Two decades of shifting interpretations // *Proc. River Flow 2006*, Lisbon, 6–8 Sept., 2006 / eds. R. M. L. Ferreira, E. C. T. L. Alves, J. G. A. B. Leal & A. H. Cardoso. — L.: Publ. Taylor & Francis, 2006. — Vol. 2. — P. 1175–1181.

32. *Mosselman E. & Sloff C. J.* The importance of floods for bed topography and bed sediment composition: numerical modelling of Rhine bifurcation at Pannerden // *Gravel Bed Rivers VI — From process understanding to river restoration* / eds. H. Habersack, H. Piégay & M. Rinaldi; *Developments in Earth Surface Processes*, 11, Elsevier. — Amsterdam, 2007. — P. 161–180.

33. *Mosselman E., Sloff K. & Vuren S. van* Different sediment mixtures at constant flow conditions can produce the same celerity of bed disturbances // *Accepted for River Flow 2008*, 3–5 september, 2008. — Çeşme (Izmir), Turkey, 2008.

34. *Piégay H., Darby S. E., Mosselman E. & Surian N.* A review of techniques available for delimiting the erodible river corridor: A sustainable approach to managing bank erosion // *River Research and Applications*. — 2005. — Vol. 21. — P. 773–789.

35. *Potapov M. V.* Regulation of water streams by method of artificial transverse circulation. Complete works. — 1950. — Vol. 2. — Part 3. — P. 101 onwards. (Abbreviated abstracts in translation from Russian by R. Batalin.)

36. *Ribberink J. S.* Mathematical modelling of one-dimensional morphological changes in rivers with non-uniform sediment / PhD thesis; Delft University of Technology, *Communications on Hydr. and Geotech. Engrg.* — 1987. — № 87-2.

37. *Rinaldi M., Mengoni B., Luppi L., Darby S. E. & Mosselman E.* Numerical simulation of hydrodynamics and bank erosion in a river bend // *Water Resources Res.*, AGU. — 2008. (in press).
38. *Rozovskii I. L.* Flow of water in bends of open channels / Academy of Science of the Ukrainian SSR, Kiev; translation 1961 by Y. Prushansky, Israel Program for Sci. Translations, S. Monson. — Jerusalem: PST Cat, 1957. — № 363.
39. *Sloff C. J.* Sedimentation in reservoirs / *Communications on Hydr. and Geotech. Engrg*; Thesis, Delft Univ. Technol. — 1997. — № 97-1.
40. *Sloff C. J., Jagers H. R. A., Kobayashi E. & Kitamura Y.* 2005 Enhanced flushing of sediment deposits in the backwater reach of reservoirs // *River, Coastal and Estuarine Morphodynamics: RCEM 2005: proc. 4th Symp. River, Coastal and Estuarine Morphodynamics*, 4–7 October 2005, Urbana, Illinois / eds. G. Parker & M. H. Garcia. — Balkema: Copyright Taylor & Francis Group; L.: UK. — Vol. 1. — P. 483–491.
41. *Sloff C. J., Mosselman E. & Sieben J.* Effective use of non-erodible layers for improving navigability // *Proc. River Flow 2006*, Lisbon, 6–8 Sept., 2006 / eds. R. M. L. Ferreira, E. C. T. L. Alves, J. G. A. B. Leal & A. H. Cardoso. — L.: Publ. Taylor & Francis, 2006. — Vol. 2. — P. 1211–1220.
42. *Sloff C. J. & Sieben J.* Model assessment of sediment nourishment in rivers with graded sediment // *Proc. 5th IAHR Symp. on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics*, Enschede, the Netherlands, 17–21 sept. 2007 / eds. C. M. Dohmen-Jansen & S. J. M. H. Hulscher. — Balkema, Taylor & Francis, 2007. — P. 1169–1176.
43. *Sloff C. J., Vriend H. J. de & Kitamura Y.* Development and application of high-resolution modelling tools for reservoir sedimentation management // *Proc. The 3rd International Yellow River Forum (IYRF) on Sustainable Water Resources Management and Delta Ecosystem Maintenance*. October 16–19, 2007. — Dongying, China, 2007 a. — Session Cr-2.
44. *Sloff C. J., Kobayashi E. & Kitamura Y.* Modeling sedimentation mitigation strategies in Sakuma Reservoir // *Proc. ISEH Fifth International Symposium on Environmental Hydraulics*, December 4–7, ASU. — Phoenix, USA, 2007 b.
45. *Struiksmas N., Olesen K. W., Flokstra C. & Vriend H. J. de.* Bed deformation in curved alluvial channels. *J. Hydr. — Res.*, IAHR, 1985. — Vol. 23. — № 1. — P. 57–79.
46. *Talmon A. M., Struiksmas N. & Mierlo M. C. L. M. van.* Laboratory measurements of the direction of sediment transport on transverse alluvial-bed slopes. *J. Hydr. — Res.*, IAHR, 1995. — Vol. 33. — № 4. — P. 495–517.
47. *Toyama A., Shimizu Y., Yamaguchi S. & Giri S.* Study of sediment transport rate over dune-covered beds // *Proc. 5th IAHR Symp. on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics*, Enschede, the Netherlands, 17–21 sept. 2007 / eds. C. M. Dohmen-Jansen & S. J. M. H. Hulscher. — Balkema: Taylor & Francis, 2007. — P. 591–597.
48. *Vriend H. J. de & Barends F. B. J.* Scour and erosion: common ground between hydraulics and geotechnics // *Proc. Third Int. Conf. on Scour and Erosion*, 1–3 November, 2006, Amsterdam, Publ. CURNET, Gouda, the Netherlands, 2006. — Keynote, 2006. — P. 45–51.
49. *Vuren B. G. van.* Stochastic modelling of river morphodynamics / PhD thesis, Delft Univ. of Technol. — Delft University Press, 2005.
50. *Wilbers A. W. E. & Brinke W. B. M. ten.* The response of subaqueous dunes to floods in sand and gravel bed reaches of the Dutch Rhine // *Sedimentology*. — 2003. — Vol. 50. — P. 1013–1034.
51. *Wilbers A.* The development and hydraulic roughness of subaqueous dunes // *Netherlands Geographical studies*. — 2004. — № 323.
52. *Yossef M. F. M.* Morphodynamics of rivers with groynes / PhD Thesis, Delft University of Technology. — Delft University Press, 2005.

53. *Yossef M. F. M.* Lowering the groynes; will it reduce the flood level after all // Proc. NCR-days 2005, Research on river dynamics from geological to operational time scales, November 3–5, 2005, NCR-publication 29 October 2006. — Delft University Press, 2006. — P. 54–55.

54. *Yossef M. F. M. & Rupprecht R.* Modelling the flow and morphology in groyne fields // Proc. River Flow 2006, Lisbon, 6–8 sept., 2006 / eds. R. M. L. Ferreira, E. C. T. L. Alves, J. G. A. B. Leal & A. H. Cardoso. — L.: Publ. Taylor & Francis, 2006. — Vol. 2. — P. 1707–1713.

55. *Yossef M. F. M., Jagers H. R. A., Mosselman E. & Sieben A.* Shear stress enhancement to account for increased turbulence in mixing layers along river groynes // Proc. 5th IAHR Symp. on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics, Enschede, the Netherlands, 17–21 sept. 2007 / eds. C. M. Dohmen-Jansen & S. J. M. H. Hulscher. — Balkema: Taylor & Francis, 2007. — P. 1241–1249.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТА

О. К. Безюков,
д-р техн. наук, проф., СПГУВК;

И. В. Ивашин,
ФГУП «Внешнеэкономическое
предприятие «СУДОЭКСПОРТ»

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ КАРТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ
И КАЧЕСТВА СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙMETHOD OF FORMING THE SHEET OF TECHNICAL LEVEL AND QUALITY
OF MARINE DIESELS

Предлагается методика формирования карты технического уровня и качества судовых дизелей с помощью критериев, полученных с использованием теории подобия и анализа размерностей. Проведена оценка степени совершенства ряда судовых среднеоборотных дизелей отечественного и зарубежного производства.

There is offered a method of forming the sheet of technical level and quality of marine diesels with the help of criteria, received by use of the theory of similarity and dimensional analysis. There was made assessment of degree of sophistication of number of middle speed ship diesel engines of domestic and foreign production.

Ключевые слова: судовой дизель, технический уровень, качество, квалиметрия
Key words: marine diesel, technical level, quality, qualimetrics

РАСПОРЯЖЕНИЕМ Правительства РФ от 7 ноября 2007 г. № 1571-р утверждена Федеральная целевая программа «Развитие гражданской морской техники на 2009–2016 годы», основной целью которой является совершенствование отечественного научно-технического и проектного потенциала, разработка техники и технологий мирового уровня, в том числе судовых дизельных энергетических установок, на долю которых приходится 10–35% стоимости судов и до 50–60% их эксплуатационных расходов [7].

Очевидно, что качество дизелей — основных элементов судовых энергетических установок — может быть обеспечено только в том случае, когда ГОСТы [4–6] и отраслевой стандарт [8], регламентирующие технический уровень и качество судовых дизелей, будут соответствовать современному уровню развития как мирового дизелестроения [7], так и квалиметрии [1].

Однако как методические подходы, так и числовые значения показателей, приведенные в этих нормативных документах, разра-

ботанных 25–35 лет тому назад, еще в период плановой экономики, в значительной мере устарели. Поэтому существует необходимость обновления нормативной базы, прежде всего создание новой карты технического уровня и качества судовых дизелей, базирующейся на использовании современных показателей их совершенства.

До сих пор для оценки дизелей чаще всего предлагается использование сравнительно несложных по структуре показателей, каждый из которых увязывает несколько технических параметров. Некоторые из них находят широкое применение: мощность, частота вращения, диаметр цилиндра, рабочий объем цилиндра, среднее эффективное давление, средняя скорость поршня, масса двигателя, удельная поршневая мощность, удельная литровая мощность и т. д. [10]. Например, в монографии [9] технический уровень дизелей ряда ЧН 18/22 определен с помощью удельных расходов топлива и масла, ресурсов до переборки и капитального ремонта, удельных материалоемкости и энергонасыщенности.

Общим недостатком предложенных параметров оценки качества является их размерный характер и ограниченное число учитываемых характеристик.

Для обеспечения необходимой полноты, надежности и удобства описания технического уровня и качества судовых двигателей желательно, чтобы используемые параметры выбирались с учетом следующих требований [10]:

- возможность учета всех показателей свойств, характеризующих качество ДВС;
- чувствительность общей оценки к изменению любого из единичных показателей качества;
- монотонность — без скачков или разрывов — изменения общей оценки при плавном изменении значения любого из единичных показателей;
- независимость оценки от субъективных факторов;
- минимальная вероятность выбора не лучшего варианта;
- строгая обоснованность методологии и результатов оценки (на всех этапах ее получения);
- невысокая трудоемкость использования метода оценки качества ДВС;
- учет неравнозначности отдельных свойств, составляющих качество двигателя;
- принципиальная возможность оценки качества не только ДВС, но и его отдельных свойств, узлов и агрегатов.

ГОСТ 4.367-85 устанавливает номенклатуру основных показателей судовых, тепловозных и промышленных дизелей, которые служат основой для формирования карты их технического уровня и качества в соответствии с ГОСТом 2.116-84. В их число входят показатели: назначения, надежности, использования различных видов ресурсов, экологии, безопасности, технологичности, транспортабельности, эргономики, эстетики, стандартизации и унификации, патентно-правовые.

Таким образом, ГОСТ 4.367-85 обеспечивает декомпозицию показателей качества, но не устанавливает в настоящее время их иерархию, что затрудняет получение строго научного и однозначного (количественного) определения степени совершенства судовых дизелей.

Применительно к решаемой задаче усовершенствования карты технического уровня и качества можно установить два иерархических уровня, разделив показатели, перечисленные в ГОСТе, на две группы. В первый, более высокий уровень будут входить технические показатели (1–7), определяемые аналитически и характеризующие технический (научно-технический) уровень дизеля, а второй уровень — показатели (8–11), определяемые путем экспертизы. При этом обе группы совместно будут давать комплексную оценку качества ДВС.

На первом этапе попытаемся, не претендуя на универсальность, дать свое определение технического уровня: *«Технический уровень это часть характеристики качества судового дизеля, которая может быть определена количественно, путем использования его основных технических параметров без привлечения экспертных оценок».*

Анализ способов оценки технического уровня двигателей показывает, что наиболее обоснованным и часто применяемым является метод, основанный на анализе так называемых функциональных моделей, в математической форме описывающих взаимосвязь нескольких параметров объекта оценки с качеством его функционирования.

Одним из примеров применения такого подхода может служить критерий, предложенный О. Штайгенбергером, который выражает степень совершенства двигателя как отношение его удельной поршневой мощности к удельной массе [10].

Подобную структуру имеет и формула комплексного показателя для оценки перспективности конструкций дизелей, предложенная В. И. Балакиным и А. Ф. Косяком, представляющая собой отношение литровой массы к производству удельной поршневой мощности на ресурс до капитального ремонта [10].

В работе, выполненной в ФГОУ ВПО СПГУВК [2], предложен безразмерный параметр (критерий) технического уровня, полученный с использованием методов теории подобия и анализа размерностей.

Технический уровень такого сложного объекта, как судовой дизель может быть определен только в случае использования боль-

шинства основных характеристик двигателя. Поэтому в табл. 1 формы 2 карты технического уровня и качества судовых дизелей включены: номинальная эффективная мощность, номинальная частота вращения коленчатого вала, число цилиндров, диаметр цилиндра и ход поршня, габариты двигателя, сухая мас-

са двигателя, удельный эффективный расход топлива и масла, удельные средневзвешенные выбросы токсичных компонентов с отработавшими газами на режиме номинальной мощности, назначенные ресурсы (непрерывной работы, до 1-й переборки, капитального ремонта).

Таблица 1

Технические характеристики судовых дизелей

№ п/п	Наименование показателя	Ед. измерения	Сравниваемые двигатели			
			Перспектив. дизель	Заменяемый дизель	Лучшие аналоги	
			ОАО «РУМО» 8G22D1 6CH 22/28	ОАО «РУМО» Г74 6CH 36/45	ОАО «КЗ» 8CH 26/26	MaK M20C 6CH 20/30
1	2	3	4	5	6	7
1	Номинальная мощность, N_e	кВт	940	1150	1250	1140
2	Номинальная частота вращения коленчатого вала, n	мин-1	1000	500	1000	1000
3	Число цилиндров, i		6	6	8	6
4	Диаметр цилиндра, D	мм	220	360	260	200
5	Ход поршня, S	мм	280	450	260	300
6	Габариты:					
7	длина, L	мм	3465	4558	2220	3150
8	ширина, B		1100	1465	1565	1558
9	высота, H		1985	3121	2420	2040
10	Сухая масса двигателя с маховиком, $M_{дв}$	кг	13 000	28 900	10 500	10 700
11	Удельный расход топлива, g_e	г/кВт-ч	195	202	190	190
12	Удельный расход масла, g_m	г/кВт-ч	1,22	1,22	1,05	0,6
	Удельные средневзвешенные выбросы токсичных компонентов с отработавшими газами на режиме номинальной мощности	г/кВт-ч				
13	оксиды азота,		6,2	12,5	13	11,2
14	оксид углерода,		0,5	2,5	0,4	0,6
15	углеводороды		0,2	0,2	1	0,3
16	Назначенный ресурс	тыс. ч				
17	непрерывной работы, T_1		6,2	12,5	13	11,2
18	до 1-й переборки, T_2		0,5	2,5	0,4	0,6
19	до капитального ремонта, T_3		6,2	12,5	13	11,2

Эти данные служат основой для расчета удельных показателей, которые вносятся в табл. 2 формы 2: отношения S/D , среднего эффективного давления, средней скорости поршня, показателя форсированности двигателя ($P_e \cdot C_m$), цилиндровой мощности, поршневой

мощности, стандартной удельной массы, литровой массы, габаритной мощности. Указанные параметры послужат основой для расчета отдельных критериев и формирования критериального уравнения технического уровня судового дизеля.

Таблица 2

Удельные характеристики судовых дизелей

№ п/п	Наименование показателя	Ед. измерения	Сравниваемые двигатели			
			Перспектив. дизель	Заменяемый дизель	Лучшие аналоги	
			ОАО «РУМО» 8G22D1 6ЧН 22/28	ОАО «РУМО» Г74 6ЧРН 36/45	ОАО «КЗ» 8ЧН 26/26	МаК М20С 6ЧН 20/30
1	2	3	4	5	6	7
1	Отношение S/D	—	1,27	1,25	1,00	1,50
2	Среднее эффективное давление P_e	МПа	1,76	1,00	1,36	2,42
3	Средняя скорость поршня C_m	м/с	9,33	7,50	8,67	10,00
4	Форсированность двигателя $P_e C_m$	МПа м/с	16,47	7,53	11,76	24,17
5	Цилиндровая мощность N_c	кВт/ц	156,67	191,67	156,25	190,00
6	Поршневая мощность,	кВт/см ²	0,412	0,188	0,294	0,605
7	Стандартная удельная масса (с маховиком)	кг/кВт	13,83	25,13	8,4	9,39
8	Литровая масса	кг/л	20,37	10,52	9,51	18,93
9	Габаритная мощность	кВт/м ³	124,24	55,18	148,67	113,87
10	Удельная материалоемкость, 10 ⁻³	кг/кВт-ч	0,17	0,42	0,11	0,12
11	Удельная энергонасыщенность	кВт-ч/кг	5785	2388	8929	8523

Очевидно, что в состав критериального уравнения, характеризующего технический уровень судовых дизелей, должен входить эффективный КПД — безразмерный комплекс, характеризующий тепловое и механическое совершенство двигателя:

$$KTL_0 = \eta_e = \frac{3600}{Q_{нт} \cdot g_e},$$

где $Q_{нт}$ — низшая теплота сгорания топлива;

g_e — удельный эффективный расход топлива.

Разумеется, что при всей важности этого параметра только он не может дать исчерпывающую характеристику двигателя.

Известно, что в цилиндре двигателя неизбежно сгорает масло, удельный эффективный расход которого у современных двигателей составляет $g_m = 0,5 \dots 2,5$ г/(кВт ч).

Коэффициент технического уровня, формируемый с учетом суммарного теплового эффекта от сгорания топлива и масла, может быть определен по формуле:

$$KTL_{0tm} = \frac{3600}{Q_{нт} \cdot g_e + Q_{нм} g_m},$$

где Q_{nm} — низшая теплота сгорания масла;
 g_m — удельный расход моторного масла на угар.

Однако расчет показывает, что влияние расхода масла на угар весьма незначительно влияет на технический уровень двигателя.

Более полно влияние топливной и масляной экономичности на степень совершенства двигателя может быть учтено с помощью параметра.

$$KTL_1 = \frac{3600}{Q_{нт} \cdot g_e + c_1 \cdot Q_{nm} \cdot g_m},$$

где $c_1 = \frac{C_m}{C_t}$ — безразмерный коэффициент, равный отношению цен масла и топлива, применяемых в двигателе.

Таким образом, получен критерий, характеризующий топливную и масляную экономичность двигателя.

Степень совершенства двигателя наряду с экономичностью характеризуют параметры, отражающие выброс токсичных компонентов с его отработавшими газами, что в свою очередь определяется физико-химическими свойствами топлива, масла и качеством рабочего процесса.

Влияние токсичности отработавших газов на технический уровень может быть определено с помощью безразмерного параметра, представляющего отношение удельного расхода токсичных компонентов к удельному эффективному расходу топлива и масла:

$$KTL_2 = 1 - \frac{\sum_i^n \left[\frac{ПДК_{NOx} \cdot e_i^P}{ПДК_i} \right]}{g_e + g_m},$$

где e_i^P — удельный средневзвешенный выброс токсичного компонента i с отработавшими газами на режиме номинальной мощности;

n — число компонентов, учитываемых при анализе токсичности.

В этом показателе токсичность оксида углерода, углеводородов приводится к токсичности оксидов азота с использованием

значений их предельно допустимых концентраций (ПДК).

В результате получим безразмерный параметр, характеризующий топливную, масляную экономичность и учитывающий влияние токсичности отработавших газов на энергоэкологический уровень совершенства дизеля:

$$KTL_3 = \left[1 - \frac{\sum_i^n \left[\frac{ПДК_{NOx} \cdot e_i^P}{ПДК_i} \right]}{g_e + g_m} \right] \cdot \frac{3600}{Q_{нт} \cdot g_e + c_1 \cdot Q_{nm} \cdot g_m}.$$

Традиционно для оценки эффективности принятых при проектировании ДВС конструктивных решений используется плотность компоновки — безразмерный параметр, равный отношению суммарного рабочего объема двигателя к его габаритному объему:

$$KTL_4 = \delta = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot S \cdot i}{4 \cdot L \cdot B \cdot H},$$

где D и S — соответственно диаметр цилиндра и ход поршня;

i — число цилиндров;

L , B и H — соответственно длина, ширина и высота остова двигателя с маховиком, но без учета навешенных агрегатов.

Наряду с энергоэкологическим показателем эффективности и плотностью компоновки в состав критериального уравнения должны входить параметры, характеризующие его степень форсированности, безотказности и долговечности.

К числу наиболее употребительных параметров форсированности относится произведение средней скорости поршня на среднее

эффективное давление $\frac{C_m \cdot P_e}{k}$, деленное на

коэффициент тактности ($k=1$ или 2 соответственно для 2- и 4-тактных дизелей).

Важнейшим показателем двигателя является его масса $M_{об}$, значение которой в значительной степени определяет трудоемкость изготовления и монтажа двигателя, его ресурсные показатели.

Безотказность и долговечность двигателя определяется следующими показателями

телями: величиной установленной безотказной наработки T_1 , назначенными ресурсами до капитального ремонта T_2 и списания T_3 .

Таким образом, мы получили безразмерный комплекс, характеризующий степень форсированности, массу, безотказность и долговечность двигателя:

$$KTL_5 = \frac{C_m \cdot P_e}{M_{\text{дв}}} \cdot T_1 \cdot T_2 \cdot T_3.$$

В связи с тем, что сопоставительный анализ технического уровня целесообразно проводить для однотипных дизелей, в безразмерном комплексе не будем учитывать показатель тактности.

Показатель транспортабельности дизеля отдельно учитывать нецелесообразно, так как он косвенно учитывается с помощью плотности компоновки и массы двигателя, входящих в критерий KTL_5 .

Технологичность (трудоемкость технической эксплуатации, обслуживания и ремонта) двигателя может быть оценена с помощью безразмерного параметра — коэффициента готовности, представляющего собой отношение:

$$K_r = \frac{T_1}{T_1 + T_B},$$

где T_B — среднее время восстановления работоспособности ДВС (после возникновения отказа).

В связи с тем, что данные о T_B , чаще всего, отсутствуют в заводской документации, целесообразно показатель технологичности двигателя определять путем экспертизы в рамках оценки его качества в целом.

В результате критериальное уравнение технического уровня примет вид:

$$KUTL_1 = KTL_2^\alpha \cdot KTL_3^\beta \cdot KTL_4^\delta \cdot KTL_5^\gamma =$$

$$= \left[1 - \frac{\sum_i^n \left[\frac{ПДК_{NOx}}{ПДК_i} \cdot e_i^p \right]}{g_e + g_m} \right]^\alpha.$$

$$\cdot \left[\frac{3600}{Q_{нт} \cdot g_e + c_1 \cdot Q_{нм} \cdot g_m} \right]^\beta \cdot \delta^\delta \cdot \left[\frac{C_m \cdot P_e}{M_{\text{дв}}} \cdot T_1 \cdot T_2 \cdot T_3 \right]^\gamma,$$

где коэффициенты $\alpha, \beta, \delta, \gamma$ отражают нелинейную связь технического уровня дизеля (неравнозначности отдельных свойств) с перечисленными выше критериями.

Очевидно, что значение этих коэффициентов в настоящее время может быть определено только путем научно-технической экспертизы, поэтому на стадии отработки методики оценки примем значения этих коэффициентов равными 1.

Для более удобного анализа технического уровня прологарифмированные значения полученного критерия:

$$KUTL_2 = \ln[KUTL_1]$$

или его упрощенные варианты, не учитывающие соответственно расход масла на угар, токсичность отработавших газов, а также плотность компоновки:

$$KUTL_3 = \ln \left[\eta_e \cdot \delta \cdot \frac{C_m \cdot P_e \cdot T_1 \cdot T_2 \cdot T_3}{M_{\text{дв}}} \right]$$

и

$$KUTL_4 = \ln \left[\eta_e \cdot \frac{C_m \cdot P_e \cdot T_1 \cdot T_2 \cdot T_3}{M_{\text{дв}}} \right].$$

Таким образом, с помощью важнейших показателей получены критерии и критериальное уравнение, характеризующее технический уровень ДВС. Их значения приведены в табл. 3.

Таблица 3

Критерии и критериальное уравнение технического уровня

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изме- рения	Сравниваемые двигатели			
			Перспетив. дизель	Заменяемый дизель	Лучшие аналоги	
			ОАО «РУМО» 8G22D1 6ЧН 22/28	ОАО «РУМО» Г74 6ЧРН 36/45	ОАО «КЗ» 8ЧН 26/26	MaK M20C 6ЧН 20/30
1	Критерий $KTL_0 = \eta_e$	—	0,4324	0,4174	0,4437	0,4437
2	Критерий KTL_1	—	0,4320	0,4170	0,4434	0,4435
3	Критерий KTL_2	—	0,968	0,937	0,932	0,941
4	Критерий KTL_3	—	0,418	0,391	0,413	0,417
5	Критерий KTL_4	—	0,008	0,013	0,013	0,006
6	Критерий KTL_5	—	273 703	33 751	161 318	433 759
7	Критериальное уравнение $KUTL_1$	—	966	174	875	1022
8	Критериальное уравнение в логарифмической форме $KUTL_1$	—	6,87	5,16	6,77	6,93
9	Упрощенное критериаль- ное уравнение в логариф- мической форме $KUTL_4$	—	11,68	9,55	11,18	12,17

На втором этапе рассмотрим методику комплексной оценки качества судового дизеля.

Для оценки технического уровня и качества судового дизеля QSD можно использовать выражение, представляющее собой произведение коэффициента технического уровня на сумму показателей, характеризующих их дополнительные свойства (свойства 2 уровня):

$$QSD = KUTL \cdot \sum_1^n m_i \cdot \Pi_i,$$

где $KUTL$ — критериальное уравнение для оценки технического уровня судового дизеля в логарифмическом виде;

Π_i — показатель i -го свойства оцениваемого дизеля, баллов;

m_i — коэффициент весомости показателя Π_i ;

n — число учитываемых свойств.

В число качественных свойств оцениваемого судового дизеля входят те параметры, которые могут быть оценены только путем экспертизы.

При этом используется 10-балльная шкала оценки (от 1 до 10 баллов, при отсутствии оцениваемого свойства у дизеля — 0).

Весовые коэффициенты были рассчитаны с учетом выражения $\sum_1^n m_i = 1$.

Их перечень, числовые значения и величина весовых коэффициентов были определены в результате экспертизы, выполненной профессорско-преподавательским составом

кафедры теории и конструкции судовых ДВС ФГУ ВПО «СПГУВК».

В число показателей качества в первом приближении были включены:

- технологичность (ремонтпригодность) П1, весовой коэффициент m_1 — 0,3;
- степень автоматизации П2, весовой коэффициент m_2 — 0,25;
- контролепригодность П3, весовой коэффициент m_3 — 0,2;
- эргономичность П4, весовой коэффициент m_4 — 0,1;
- степень стандартизации и унификации П5, весовой коэффициент m_5 — 0,1;
- эстетические качества П6, весовой коэффициент m_6 — 0,05.

Патентно-правовые показатели ДВС целесообразно учитывать при анализе кон-

курентноспособности на том или ином рынке.

Результаты комплексной оценки технического уровня и качества судовых дизелей приведены в табл. 4.

Остальные формы ГОСТа 2.116-84 могут остаться без изменений.

Таким образом, данная методика формирования карты технического уровня и качества, учитывающая 24 различных параметра, позволяет более точно характеризовать совершенство судовых дизелей, а уменьшение объема экспертных оценок повышает их объективность.

Очевидно, что само по себе определение технического уровня и качества судового дизеля будет обладать необходимой полнотой после его сравнения ДВС аналогичного назначения, выпускаемых в России и за рубежом.

Таблица 4

Комплексная оценка технического уровня и качества судовых дизелей

№ п/п	Наименование показателя	Ед. измерения	Сравниваемые двигатели			
			Перспектив. дизель	Заменяемый дизель	Лучшие аналоги	
			ОАО «РУМО» 8G22D1 6ЧН 22/28	ОАО «РУМО» Г74 6ЧРН 36/45	ОАО «КЗ» 8ЧН 26/26	МаК М20С 6ЧН 20/30
1	2	3	4	5	6	7
1	Технологичность	балл	6	6	7	6
2	Степень автоматизации	балл	8	6	7	8
3	Контролепригодность	балл	7	4	7	8
4	Эргономичность	балл	6	6	6	6
5	Степень стандартизации и унификации	балл	6	2	4	6
6	Эстетические качества	балл	4	2	3	4
7	Сумма дополнительных показателей качества с учетом их весовых коэффициентов	балл	6,6	5	6,4	6,8
8	Критериальное уравнение НТУ и качества	балл	45,36	25,79	43,35	47,12
9	Упрощенное критериальное уравнение НТУ и качества	балл	73,59	47,76	69,31	79,09

В идеальном случае оцениваемые судовые дизели должны иметь одинаковое функциональное назначение, классификационные параметры и признаки, однако подобрать абсолютно точный аналог оцениваемого изделия, как правило, не удастся, его приходится выбирать с некоторыми отступлениями. Кроме того, их сравнение будет достоверным в том случае, когда будут использоваться стандартизованные технические характеристики как отечественных, так и зарубежных дизелей [3].

В качестве примера оценим технический уровень и качество перспективного и серийно выпускаемого судовых среднеоборотных дизелей производства ОАО «РУМО» (соответственно 6С22Д1 — 6ЧН 22/28 и Г74 — 6ЧН 36/45), их лучших отечественного и зарубежного аналогов (продукция фирм ОАО «Коломенский завод» — 8ЧН 26/26 и МаК — М20С 6ЧН 20/30).

При этом мы преследуем цель показать работоспособность методики, не претендуя на однозначное определение качества самих

дизелей (для полноценной экспертизы необходима длительная апробация методики и более широкий круг независимых экспертов).

Карта технического уровня и качества с учетом предложенных изменений должна стать неотъемлемой частью комплекта технической документации на судовые дизели, а также использоваться на стадии технико-экономического обоснования проектов новых судов.

Анализ результатов оценки судовых среднеоборотных дизелей, приведенных в табл. 3 и 4, не противоречит мнению специалистов, оценивающих дизели 6ЧН 22/28, 8ЧН 26/26 и 6ЧН 20/30 как имеющие примерно равный уровень технического уровня и качества.

Дальнейшее совершенствование показателей рабочего процесса, улучшение конструкции отечественных двигателей, повышение качества их производства, более низкая цена, безусловно, повысит их конкурентоспособность на российском и зарубежных рынках.

Список литературы

1. Азгальдов Г. Г. Практическая квалиметрия в системе качества: ошибки и заблуждения [Электронный ресурс]. Электрон. дан. Режим доступа: <http://quality.eup.ru/aterialy5/kvalimetria.html>.
2. Безюков О. К. Критерий для оценки научно-технического уровня судовых дизелей // Исследования, проектирование и эксплуатация судовых ДВС: тр. международного научно-технического семинара. — СПб., Изд-во «ПаркКом», 2006. — С. 16–19.
3. Бордуков В. Т., Федышин В. И., Михайлов Л. И. Проблемы сопоставимости параметров при сравнительной оценке отечественных и зарубежных дизелей // Двигателестроение. — 1998. — № 7. — С. 37–41.
4. ГОСТ 10150-88. Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Общие технические условия. — М.: Изд-во стандартов, 1988.
5. ГОСТ 2.116-84. Карта технического уровня и качества продукции. — М.: Изд-во стандартов, 1985.
6. ГОСТ 4.367-85. Система показателей качества продукции. Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Номенклатура показателей. — М.: Изд-во стандартов, 1986.
7. Конкс Г. А., Лашко В. А. Мировое судовое дизелестроение. Концепции конструирования, анализ международного опыта. — М., Машиностроение, 2005. — 512 с.
8. ГОСТ 24.060.38-83 Отраслевая система управления качеством продукции. Методика оценки технического уровня и качества продукции дизелестроения. — М.: Изд-во стандартов, 1984.
9. Повышение технического уровня дизелей ряда ЧН 18/22 // А. И. Каминский, Г. А. Конкс, В. Ф. Мельников, Е. И. Поляков. — М.: Машиностроение, 1984. — 200 с.
10. Федышин В. И., Бордуков В. Т., Азгальдов Г. Г. Критерии оценки качества современных дизелей. Двигатели внутреннего сгорания // ЦНИИТЭИтяжмаш, 4-80-31 (6001). — М., 1980. — 41 с.

А. И. Погодаев,
д-р техн. наук, проф., СПГУВК;

А. А. Кузьмин,
канд. техн. наук, доц., СПГУВК

МОДЕЛИРОВАНИЕ КАВИТАЦИОННОЙ ЭРОЗИИ МАТЕРИАЛОВ В СВЯЗИ С МЕТОДАМИ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ СУДОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

MODELING OF CAVITATION EROSION OF MATERIALS FOR ESTIMATION OF MARINE TECHNICAL EQUIPMENT RELIABILITY

Изложена сущность структурно-энергетической модели кавитационной эрозии материалов и судовых технических средств (ТС), подвергающихся в процессе эксплуатации интенсивному коррозионно-эрозионному изнашиванию (КЭИ). Показан характер разрушений деталей двигателей внутреннего сгорания и лопастей судовых гребных винтов. Рассмотрены кинетические особенности КЭИ ТС и предложены аналитические зависимости, позволяющие оценить относительную износостойкость и долговечность судовых ТС. Впервые разработана алгоритмическая последовательность расчетного определения долговечности судовых гребных винтов (ГВ), учитывающих свойства материалов лопастей ГВ и условия эксплуатации движителей.

The article covers the essence of structural & energetic model of pitting erosion of marine technical equipment (TE) and materials that deteriorate intensively by corrosion & erosion wear. The internal combustion engines parts and propeller blades destruction pattern is shown. The authors review the kinetic features of technical equipment corrosion & erosion wear and offer analytical dependences that allow to measure the comparative wear resistance and working life of marine technical equipment. It is for the first time that an algorithmic pattern for estimation of marine propellers working life is generated on the basis of characteristics of propeller blades materials and the engines operation conditions.

Ключевые слова: кавитационная эрозия, кавитационно-эрозионное изнашивание, относительная износостойкость, долговечность судовых гребных винтов

Key words: pitting erosion, cavitation-erosion wear, relative wear resistance, useful life of propeller blades

ЧРЕЗВЫЧАЙНО сложная и многоплановая проблема повышения надежности различных весьма ответственных технических средств, детали которых в процессе эксплуатации подвергаются эрозионному воздействию со стороны неоднородных жидких сред, еще далека до своего законченного решения. Интенсивной гидроэрозии подвергаются детали гидротурбин высоконапорных ГЭС, лопатки влажно-паровых турбин атомных энергетических установок, разнообразное насосное оборудование, детали двигателей внутреннего сгорания, подшипники скольжения и качения, детали летательных аппаратов, судовые движители и многое другое оборудование.

Специалисты различных стран предпринимали неоднократные попытки мате-

матически смоделировать общие процессы гидроэрозии, а также разработать физические модели кавитационного изнашивания перечисленных выше ответственных объектов в отдельности. Анализ результатов исследований в области кавитационной эрозии, выполненных за последние сто лет, указывает на довольно скромные успехи по теории эрозии по сравнению с результатами борьбы с эрозией отдельных деталей на практике, полученными на основе чисто эмпирических подходов, лабораторных и стендовых испытаний образцов из различных материалов.

Однако во многих случаях результаты борьбы с эрозией технических устройств на практике и принимаемые решения далеки от оптимальных. Так, например, мероприятия по защите деталей гидротурбин ГЭС, распо-

ложенных в горных районах, от совместного кавитационно-гидроабразивного изнашивания паводковыми водами до настоящего времени не дали положительных результатов ни в странах СНГ, ни за рубежом.

Сложность решения проблемы борьбы с эрозией оборудования заключается не только в чрезвычайной сложности процессов, протекающих как в жидкости, так и в твердом теле, большой длительности и затратности испытаний объектов на весьма дорогостоящих стендах, особенно в натурных условиях, но и в том, что для успешной борьбы с эрозией оборудования необходимо объединение усилий специалистов разных профилей, прежде всего специалистов в области механики жидкости и газа, материаловедов, конструкторов и технологов.

Несмотря на глубокие и обстоятельные исследования известных ученых в области гидроэрозии различного оборудования, такие актуальные вопросы, как разработка обобщенной (на жидкую и твердую неоднородные среды) модели кавитационной эрозии, адекватно натурным условиям отражающей: стохастический импульсный многократный характер внешнего нагружения, структуру и важнейшие свойства жидкой среды с одной (внешней) стороны; структуру и комплекс физико-механических свойств изнашиваемых материалов с учетом: жесткости их напряженно-деформированного состояния, изменяющихся при масштабных переходах с одного структурного уровня деформирования (изнашивания) на другой; изменения важнейших критериальных физико-механических и временных параметров изнашиваемых сплошных гетерогенных твердых сред с другой (внутренней) стороны до конца не решены, да и в указанной комплексной постановке пока еще не рассматривались.

Отсутствуют достаточно обоснованные физически и экспериментально критерии эрозионной стойкости и долговечности материалов и покрытий, методики сравнительной оценки материалов по этим критериям, а также новые перспективные способы подавления кавитационной эрозии путем изменения свойств жидких сред и способы повышения износостойкости и долговечности материа-

лов за счет повышения физико-механических свойств в результате оптимизации характеристик микроструктуры. Перечисленные вопросы рассматриваются в данной работе на основе единого структурно-энергетического подхода.

При выполнении работы использовались теоретические и экспериментальные методы. При анализе динамического и эрозионного воздействия кавитации на твердые материалы применялись приемы теории вероятности и математической статистики.

При моделировании поведения материалов в условиях динамического внешнего нагружения использовались уравнения механики сплошных сред, преобразованные для случая деформирования и эрозии твердых материалов с неоднородной (двухфазной) структурой. При оценке усталостной долговечности материалов была использована линейная модель накопления повреждений.

Частные результаты, вытекающие из теоретических моделей, сопоставлялись с экспериментальными данными авторов и других исследователей по эрозионной стойкости широкого круга материалов, полученными при их испытании на стендах, воспроизводящих процессы гидродинамической (кавитационные трубы и ударно-эрозионные стенды со свободной и затопленной струей) и вибрационной кавитации (магнитострикционные установки). Сравнительные испытания материалов на стойкость при гидроабразивной эрозии и коррозии производились на установке лоткового типа в обычной (вода с абразивом) и коррозионноактивной среде (вода с добавлением хлорида натрия).

При оценке эрозионного воздействия неоднородных жидких сред на поверхность материалов применяли легкоразрушаемые покрытия; в большинстве опытов определяли потери массы или объема образцов, а также линейный износ. Изменение состояния поверхности материалов исследовали рентгеноструктурным и металлографическими методами, измерением микротвердости по глубине деформированного слоя и методом ферромагнитного резонанса. Для оценки энергоемкости и эрозионной стойкости изнашиваемых объемов использовали физико-механические

характеристики материалов с учетом масштабных уровней изнашивания, а также метод вдавливания конических инденторов с различными углами при вершине с последующим построением соответствующих диаграмм изменения твердости в зависимости от степени деформации.

В начале статьи дана общая характеристика эрозионного воздействия неоднородных жидких сред на поверхность материалов. При этом используются термины: эрозия (от *лат.* *erosion* — разъедание), кавитационная эрозия и кавитационно-эрозионное изнашивание материалов. Все термины взаимосвязаны и характеризуют сложный процесс разрушения поверхности материалов. Более общим является термин «эрозия»; так как он характеризует эрозию под воздействием одно-, двух- и трехфазных жидких сред (вода, вода с пузырьками, вода с пузырьками и твердыми частицами). Термин «кавитационно-эрозионное изнашивание» принято употреблять в связи с известной классификацией разновидностей изнашивания в трибологии. В связи с этим все результаты исследований в работе, названные эрозией, в равной степени относятся к условиям воздействия на материалы жидких сред любой неоднородности. Под термином «структурно-энергетическая модель эрозии» подразумеваются результаты моделирования поведения как жидких, так и твердых сред с учетом их структуры и энергоемкости, обусловленной переносом энергии в обеих средах волнами деформаций.

Анализ накопленных статистических данных показывает, что интенсивность эрозии судовых гребных винтов (рис. 1, *а, б*) двигателей внутреннего сгорания (рис. 1, *в*); рабочих колес центробежных насосов, гидротурбин и других деталей достаточно высока, что требует проведения специальных исследований по установлению природы, основных закономерностей эрозии и разработки способов ее устранения или уменьшения до допустимого уровня. Усилиями многих исследователей к настоящему времени выявлены основные виды кавитации, условия их возникновения и установлены способы возбуждения кавитации на различных лабораторных стендах. Ученые пришли к единому мнению о том, что наибольшим эрозионным воздействием

на материалы обладают кумулятивные струи жидкости, возникающие при несимметричном замыкании кавитационных субстанций.

С. П. Козырев экспериментально определил скорость кумулятивных струй в пределах от 30 до 90 м/с при пульсациях кавитационных каверн с частотой 7000...9000 Гц. Нами показано [1], что скорость пульсирующей кумулятивной струи может увеличиться в 1,43 раза и составить примерно 40...130 м/с. Такие скорости можно считать достаточными для разрушения многих материалов и покрытий, особенно при многократных динамических воздействиях кумулятивных струй.

При динамическом воздействии кавитации поверхность материалов подвергается стохастическим импульсам давления разной интенсивности при кооперативном замыкании парогазовых пузырьков. При этом для прогнозирования интенсивности эрозии важно знать характер вероятностных кривых распределения импульсов давления (рис. 2, *а*) и характер изменения интенсивности эрозии (рис. 2, *б*). Нетрудно убедиться, что распределения на рис. 2, *а* и *б*, построенные по опытным данным Богачева, Тирувенгадама, Эйзенберга, Сюезавы и Погодаева, имеют одинаковый характер, что позволяет рассматривать оба вероятностных процесса во взаимосвязи. Снижение интенсивности эрозии на рис. 2, *б* при $N^* > 15 \cdot 10^6$ по экспоненте соответствует аналогичному экспоненциальному снижению интенсивности импульсов давления на рис. 2, *а* (кривая 1 при $x_1 \geq 0$). Распределение 2 на рис. 2, *а* учитывает не общее число импульсов, а только эрозионно способные микроудары. Поэтому процесс эрозии в большей степени соответствует экспоненциальному распределению, что будет теоретически и экспериментально подтверждено в дальнейшем для условий эрозии материалов при гидродинамической кавитации.

Толстостенные детали при вибрационной кавитации, в отличие от тонкостенных, эродируют лишь на определенную глубину, определяемую положением нейтральной оси при изгибе пластины под действием рабочих макроусилий (рис. 3). Разновидность эрозионного разрушения втулки цилиндра двигателя, показанную на рис. 3, *а*, можно представить как результат суперпозиции трех видов изна-

шивания (рис. 3, б) в виде кривой в форме интеграла вероятностей (рис. 3, в). Аналогичные кинетические зависимости интенсивности кавитационных импульсов и скорости эрозии нетрудно получить после интегрирования распределений (близких к нормальным) на рис. 2, а и б соответственно.

При моделировании капельной эрозии материалов было получено выражение для глубины лунки h_π , возникающей при соударении капли с твердой поверхностью в виде:

$$h_\pi = \text{const}_1 (E_{\text{вн}} / 2\pi R_k E_{\text{уд}})^{m=1/3 \dots 1/2}, \quad (1)$$

где $\text{const}_1 b(1)$ и в дальнейших соотношениях — опытный коэффициент;

$E_{\text{вн}}$ — энергия капли;

$E_{\text{уд}}$ — удельная энергия образования лунки;

R_k — радиус капли;

$m = 1/2$ — для неглубоких $m = 1/3$ — для более глубоких лунок.

После перехода от линейных повреждений (1) к объемным V_π получим:

$$V_\pi = \text{const}_2 (E_{\text{вн}} / E_{\text{уд}})^{n=1,0 \dots 1,5}, \quad (2)$$

где const_2 — опытная константа.

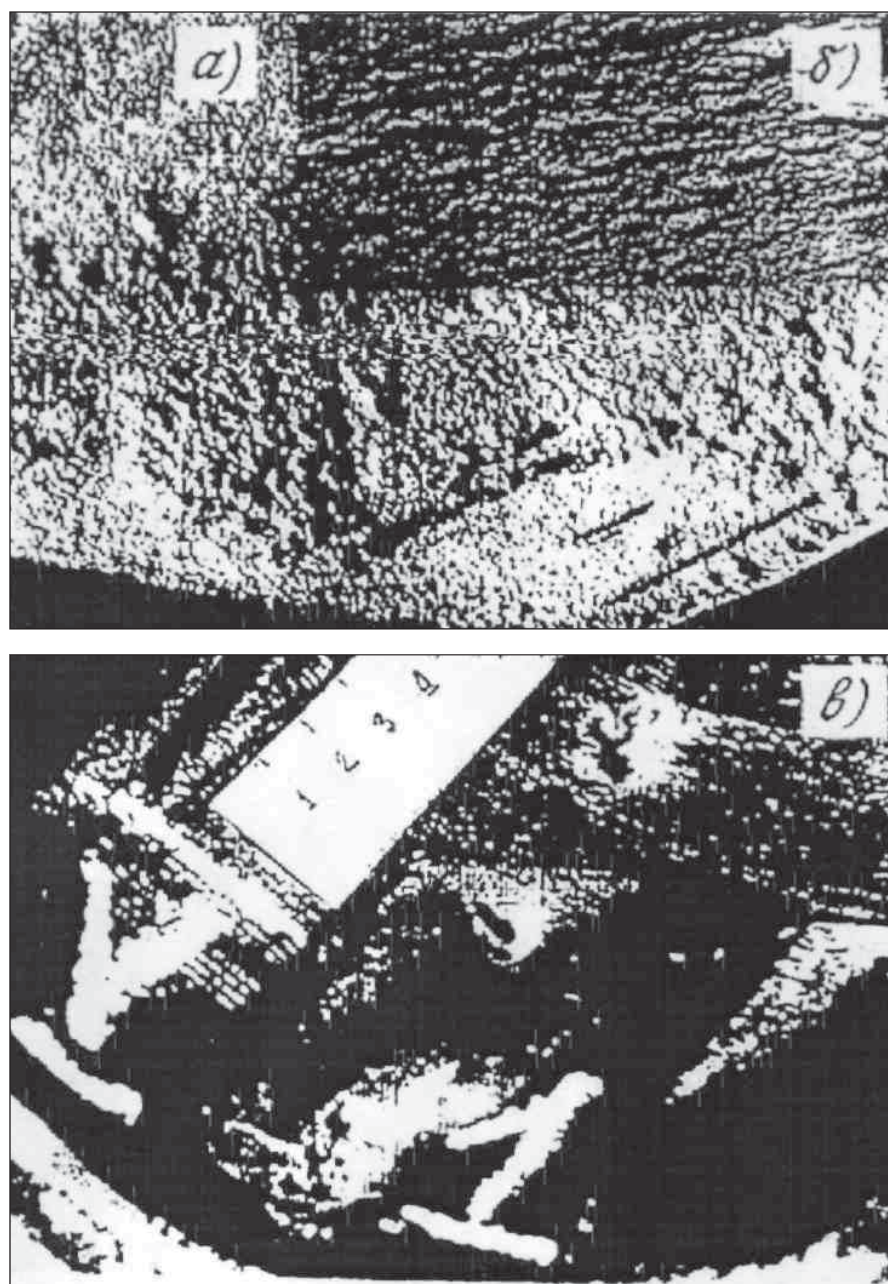


Рис. 1. Кавитационная эрозия лопастей гребных винтов из бронзы (а) и нержавеющей стали (б); эрозия блока цилиндров двигателя ЗДб (в)

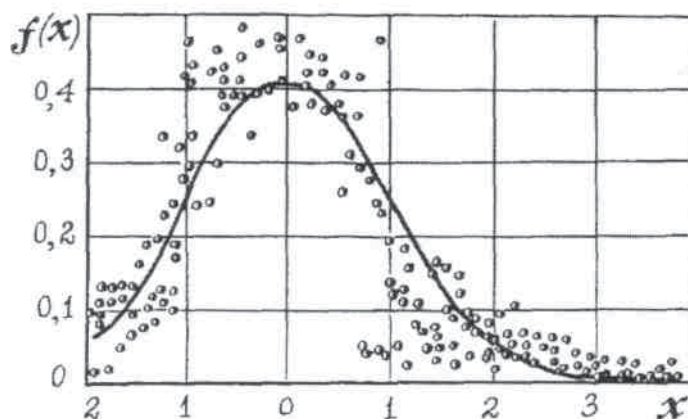


Рис. 2, а. Аппроксимация распределения кавитационных пульсаций давления нормальным законом при ультразвуковой кавитации (частота 20 кГц; амплитуда 22 мкм; экспозиция 10,5 мин; число импульсов $13,42 \cdot 10^6$)

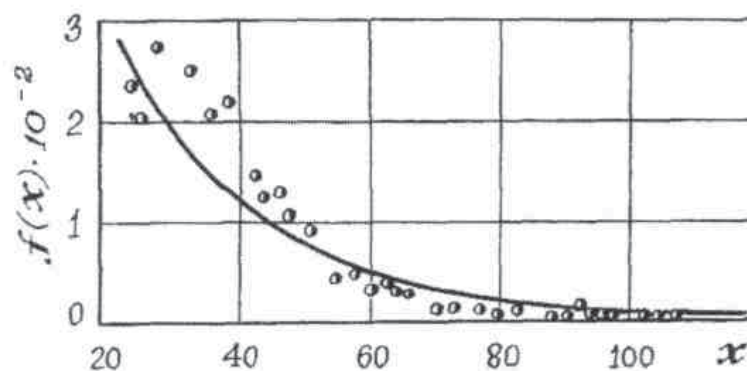


Рис. 2, а*. Аппроксимация распределения кавитационных импульсов экспоненциальным законом. Давление импульсов не менее чем в 1,5 раза превышает среднее значение давления

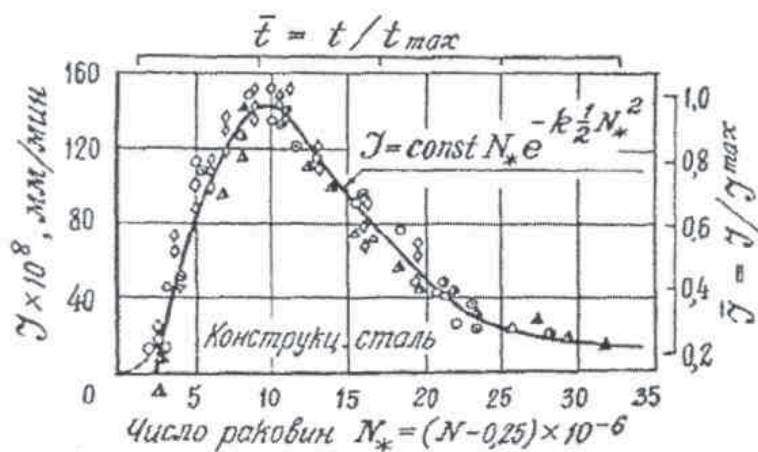


Рис. 2, б. Зависимость интенсивности эрозии стали от числа раковин на поверхности образцов, испытанных на дисковой установке и МВ

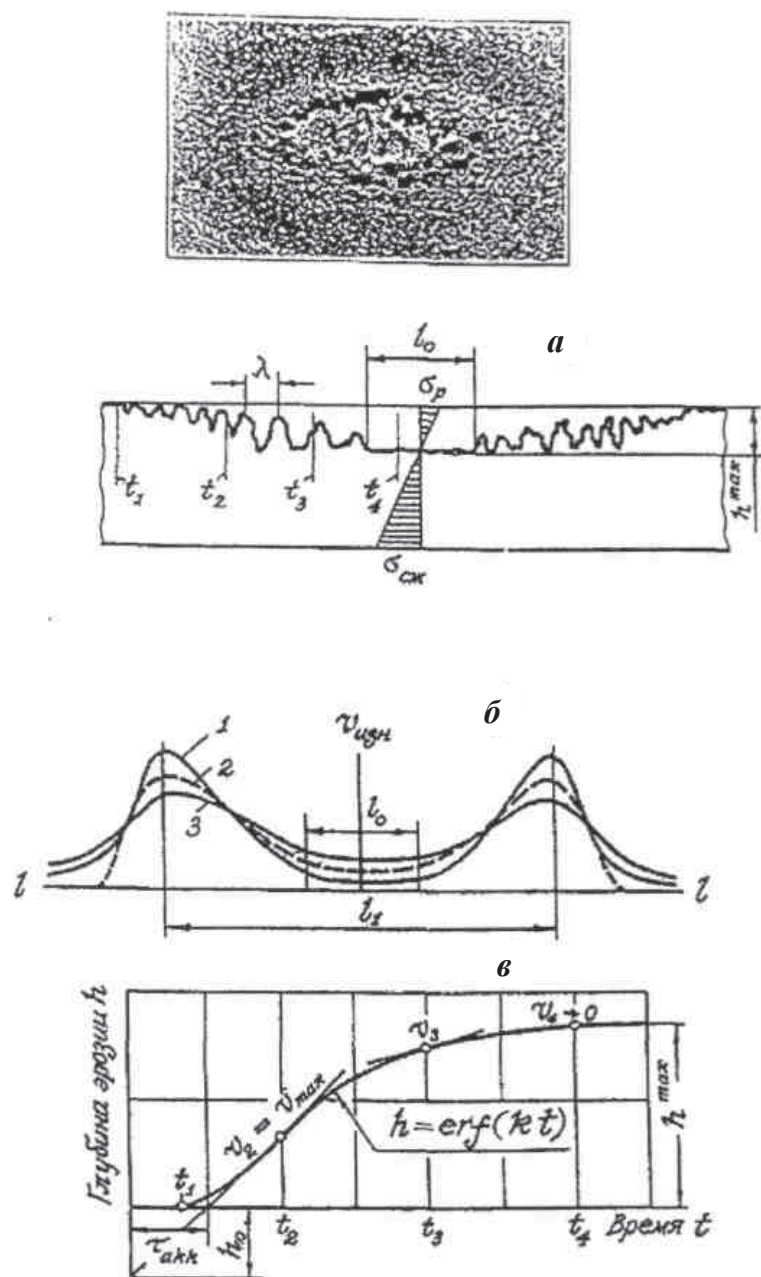


Рис. 3. Взаимосвязь эрозионного рельефа (а) со скоростью изнашивания материала втулки (б) и с кинетической кривой общего изнашивания (в) 1 — скорость изнашивания засчет механического фактора; 2 — скорость изнашивания от водородного охрупчивания; 3 — скорость коррозионного изнашивания

Справедливость результата (2) подтверждена опытами. Изменение показателя степени n в (2) связано с масштабными переходами при ударном внедрении индентора в поверхность материала.

Продолжительность аккумуляционно-го периода накоплений повреждений $\tau_{ак}$ или критическое число ударов $N_{кр}$ (рис. 3, в) характеризуют усталостную долговечность по-

верхности материала при повторном внешнем нагружении.

Анализ характера эрозионных разрушений показывает, что основным механизмом, контролирующим интенсивность образования продуктов эрозии, является зарождение и рост трещин в циклически деформируемых объемах материалов. На рис. 4, а приведена эвристическая схема образования трещин в

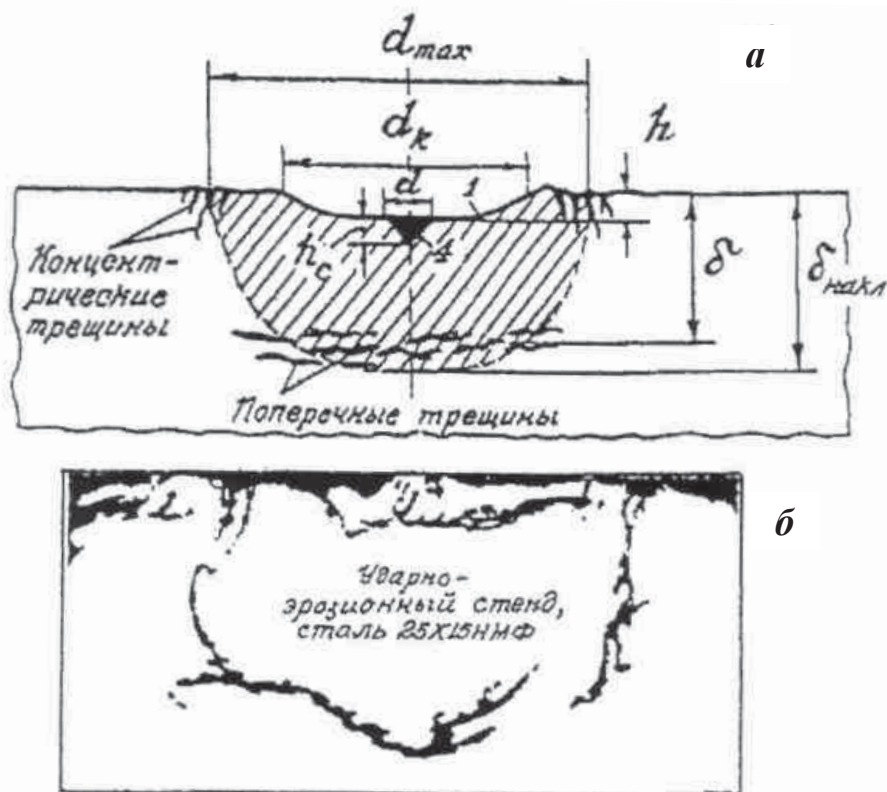


Рис. 4. Морфология повреждений в зоне кратера от единичного удара микроструи (капли) жидкости: а — эвристическая схема; б — разрушение стали 25X15НМФ

образце при ударном деформировании, а на рис. 4, б — реальная картина повреждений в стали 25X15НМФ при испытании на эрозионноударном стенде. Между схемами трещинообразования на рис. 4, а и б имеется определенное сходство. Можно полагать, что продукты эрозии образуются в результате зарождения, роста и слияния кольцевых трещин Рэлея и поперечных трещин, расположенных на расстоянии от поверхности, сопоставимом с глубиной наклепанного слоя.

В теоретической модели поверхностной усталости материалов, представленной в виде соотношения

$$\tau_{ak}(N_{кр}) = const_3 (V_{кр}/V_l)^n, \quad (3)$$

показатель степени при отношении критической скорости разрушения $V_{кр}$ (при $N_{кр} = 1$) к текущей скорости нагружения V_l равен 5,5...6,0. Соотношение (3) согласуется с (2) при $V_{лп} \sim V_{лзноса} \sim 1/\tau_{ak}^{0,5}$. Однако $n = 5,5...6,0$ характеризует лишь один масштабный уровень усталостной долговечности (предположительно мезоструктурный), чаще всего реа-

лизуемый на практике, которая указывает на более широкий диапазон возможных значений n в (3): от 2,6 до 17 при среднем значении, равном примерно 7. При $n < 5,5...6,0$ реализуется преимущественно макроуровень, а при $n > 5,5...6,0$ — микроуровень деформирования и последующей эрозии материалов. В наших опытах на МСВ n в (3) оказался равным 2,6; 4,5 и 5,5 при $\omega = 22$ кГц [1–4].

Масштабы деформирования R_j характеризуют дискретные переходы с одного уровня нагружения на другой. В общем случае

$$R_j(t) = \int_0^t \langle V_j^{ii}(t) V_j^{ii}(\tau) \rangle d\tau, \quad (4)$$

где V_j^{ii} — локальные скачки скорости деформации при микросдвигях;

τ — продолжительность деформирования.

Скорости в (4) связаны с микроперемещениями $u_j^{ii} = \partial u_j^{ii} / \partial t = c_j (\partial u_j^{ii} / \partial x_j)$, в которых c_j — скорости распространения поперечных и продольных волн напряжений в деформируемых материалах, равные соответственно:

$$c_{\text{нон}} = \left(\frac{\mu}{\rho_0} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{G}{\rho_0} \right)^{\frac{1}{2}}$$

и

$$c_{\text{прод}} = \left(\frac{\lambda + 2\mu}{\rho_0} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{E_\gamma}{\rho_0(1+\nu)(1-2\nu)} + \frac{2G}{\rho_0} \right)^{\frac{1}{2}},$$

где ρ_0 — плотность невозмущенной среды;
 G и E — модули сдвига и нормальной
 упругости;

λ и μ — коэффициент Лямэ;

$\nu = \mu / \rho_0$.

Объемный износ V_γ при кавитационной эрозии связан с масштабами $R_f(t)$ через глубину наклепанного слоя δ_n , интенсивность импульсов давления и акустическое сопротивление материала. При этом объем эрозии $V_\gamma \sim \delta_n^n$ при n , изменяющимся в пределах от 1 до 15 в зависимости от частоты колебаний концентратора магнитострикционной установки от 1 до 44 кГц.

При моделировании процессов динамического воздействия кавитации на твердые поверхности и кавитационно-эрозионного изнашивания материалов как случайных процессов в качестве меры интенсивности внешнего воздействия принята плотность потока мощности импульса давления 3. При этом частота эрозионно-активных ударов по материалу $\omega_\gamma = NV_\kappa f P_{\gamma\phi}$ (N — удельная концентрация ядер кавитации в жидкости; V_κ — объем кавитационной зоны вблизи твердой поверхности; f — частота пульсации кавитационной каверны; $P_{\gamma\phi}$ — вероятность воздействия на поверхность материала эрозионно-опасных ударов; $P_{\gamma\phi} = \psi P(\mathfrak{Z})P(F)$; ψ — вероятность наличия в жидкости эрозионно-опасных ядер; $P(\mathfrak{Z})$ — закон распределения ядер по их энергии; $P(F)$ — вероятность захлопывания пузырьков на некоторой площадке F).

При эрозионно-опасных импульсах давления плотность потока мощности $\mathfrak{Z} = (\rho c \Delta t)^{-1} \int_t \rho^2 dt$ (ρc — акустическое сопротивление материала; Δt — длительность импульса, ρ — давление импульса), а частота ударов, вызывающих эрозию поверхности, $\omega_\gamma = N_\gamma V_\kappa f \psi P(\mathfrak{Z})P(F)$. (5)

Результаты анализа, выполненного авторами, а также профессором, доктором техн. наук Ю. А. Гривным, указывают на перспективность структурно-энергетического подхода при моделировании процессов кавитационной эрозии материалов. При этом динамическое воздействие кавитационных импульсов на материалы целесообразно моделировать на основе методов теории вероятности и математической статистики, а износостойкость и долговечность материалов — на основе учета их структуры и комплекса физико-механических свойств, изменяющихся при масштабных переходах [3; 5].

Важным фактором, объединяющим обе стороны сложной самоорганизующейся системы (внешняя среда — активный пограничный слой — твердый гетерогенный материал) в обобщенную структурно-энергетическую модель эрозии материалов, является использование потоковых энергетических характеристик; плотности потока мощности импульсов давления — для описания динамического воздействия внешней среды и критической плотности потока мощности деформации — для оценки поведения материала при изнашивании.

Более подробный анализ обобщенной структурно-энергетической модели кавитационно-эрозионного изнашивания материалов в теоретическом и прикладном аспектах явился предметом дальнейших исследований [1; 5].

Эрозионные испытания материалов проводили в условиях гидродинамической и вибрационной кавитации, а также на ударно-эрозионных стендах с высоконапорной затопленной струей (рис. 5) и с открытой струей, ударно воздействующей на поверхность вращающихся образцов.

Для испытаний образцов при вибрационной кавитации использовали магнитострикционную установку, позволяющую проводить опыты при амплитудах вибрации до 55 мкм при частоте колебаний концентратора 18–22 кГц. На магнитострикционной установке типа УЗД-1М материалы испытывали при амплитудах от 5 до 33 мкм при частотах 22 и 44 кГц.

Ударно-эрозионный стенд, схема которого приведена на рис. 5, позволяет испытывать материалы на кавитационно-эрозионное изнашивание путем динамического воздействия на поверхность образцов затопленной высоконапорной струи жидкости. Испытания материалов проводили при следующих режимных параметрах: давление струи на срезе сопла $p_c = 5...40$ МПа, давление в камере $p_k = 0,1...2,0$ МПа, диаметр сопла $d_c = 1,5...5,0$ мм, длина струи $L_c = 10...200$ мм. Наиболее важным параметром, определяющим интенсивность эрозии образцов $I_э$, оказалось отношение $P = P_k/P_c$. Установлена зависимость $I_э = \kappa_1 \exp(\kappa_2 - 0,5p^{-2})$, позволяющая оценить скорость эрозии от режимных параметров, а также соотношения между $I_э$ и d_c , характеризующие дискретные масштабные уровни эрозии I–II в виде

$$I_I / I_I^2 / I_{III}^4 \sim (d_c)_I / (d_c)_{II} / (d_c)_{III}, \quad (6)$$

полезные при исследовании структурных изменений в материалах при масштабных переходах [1].

Установка позволяет испытывать образцы в виде жестко закрепленных круглых пластин на сопротивление двухсторонней эрозии: сверху — от ударного воздействия затопленной струи, снизу — от вибрации пластины в неподвижной жидкой среде.

При необходимости в пульсирующую струю можно добавлять абразивные частицы для оценки стойкости материалов при воздействии жидкой среды, содержащей абразивные частицы.

Несмотря на сложность конструкции, установка с затопленной струей (рис. 5) позволяет изменять интенсивность эрозионного воздействия кавитации в очень широком диапазоне и в промышленном варианте изготовления может быть использована для эффективной очистки поверхностей от всевозможных наслоений разного происхождения. При истечении струи в затопленное пространство возникают ее пульсации, частота которых, неодинаковая по длине струи, зависит от давления окружающей среды (P_k) (рис. 6, а, б).

При любых P_k зависимость $\bar{f}(\bar{x})$ при $\bar{x} = 6...9$ переходит через максимум, который используется в опытах для реализации наибольшей интенсивности кавитационно-эрозионного изнашивания материалов (рис. 6, в). Взаимодействие струи с окружающей неподвижной средой сопровождается интенсивным вихреобразованием на ее внешней поверхности, пульсациями давлений, скоростей и энергетическими ротациями локальных объемов жидкой среды в переходной зоне. При этом относительная энергия ротаций совпадает с относительной частотой пульсаций внешней поверхности струи (рис. 6, г). Важно отметить, что характер распределения энергии турбулентных пульсаций вихревой переходной зоны, показанный на рис. 6, г в виде зависимости $E_{rot}^{omn}(\bar{x})$, полностью совпадает с морфологией эрозионной зоны на поверхности исследуемых материалов (рис. 6, в). Существует аналогия в поведении жидкой и твердой среды при воздействии на них внешних динамических импульсов давления.

Основные теоретические закономерности эрозий для оценки их достоверности сопоставлялись с весовым, объемным или линейным износом материалов и покрытий (в том числе и легкоразрушаемых). В результате этих сопоставлений выявлялась оптимальная микроструктура изучаемых сред и пригодность совокупности физико-механических свойств материалов, синтезированных затем в наиболее работоспособные комплексы, для использования в качестве критериев оценки их износостойкости и долговечности и в итоге — для разработки на их основе расчетных методов прогнозирования ресурса технических средств, подвергающихся при эксплуатации гидроэрозионному воздействию со стороны неоднородных жидких сред [1–5].

Одним из наиболее важных является вопрос о критериях эрозионной стойкости и долговечности материалов и покрытий. Выполненный анализ показал, что наиболее работоспособными критериями при любых разновидностях эрозии широкого круга материа-

лов и покрытий являются их энергетические характеристики. Относительная износостойкость сталей различных классов и сплавов цветных металлов в жестких условиях от кавитационной и гидроабразивной эрозии, независимо от их структуры, определяется соотно-

шением $k_{\Delta G} \sim E^{n=1,5}$. При ударном воздействии свободных и закрепленных абразивных частиц показатель степени при E_{y0} изменяется в пределах от $3/2$ до $1/2$, а при скользящем воздействии абразива в условиях царапания и микрорезания n снижается до 0,2.

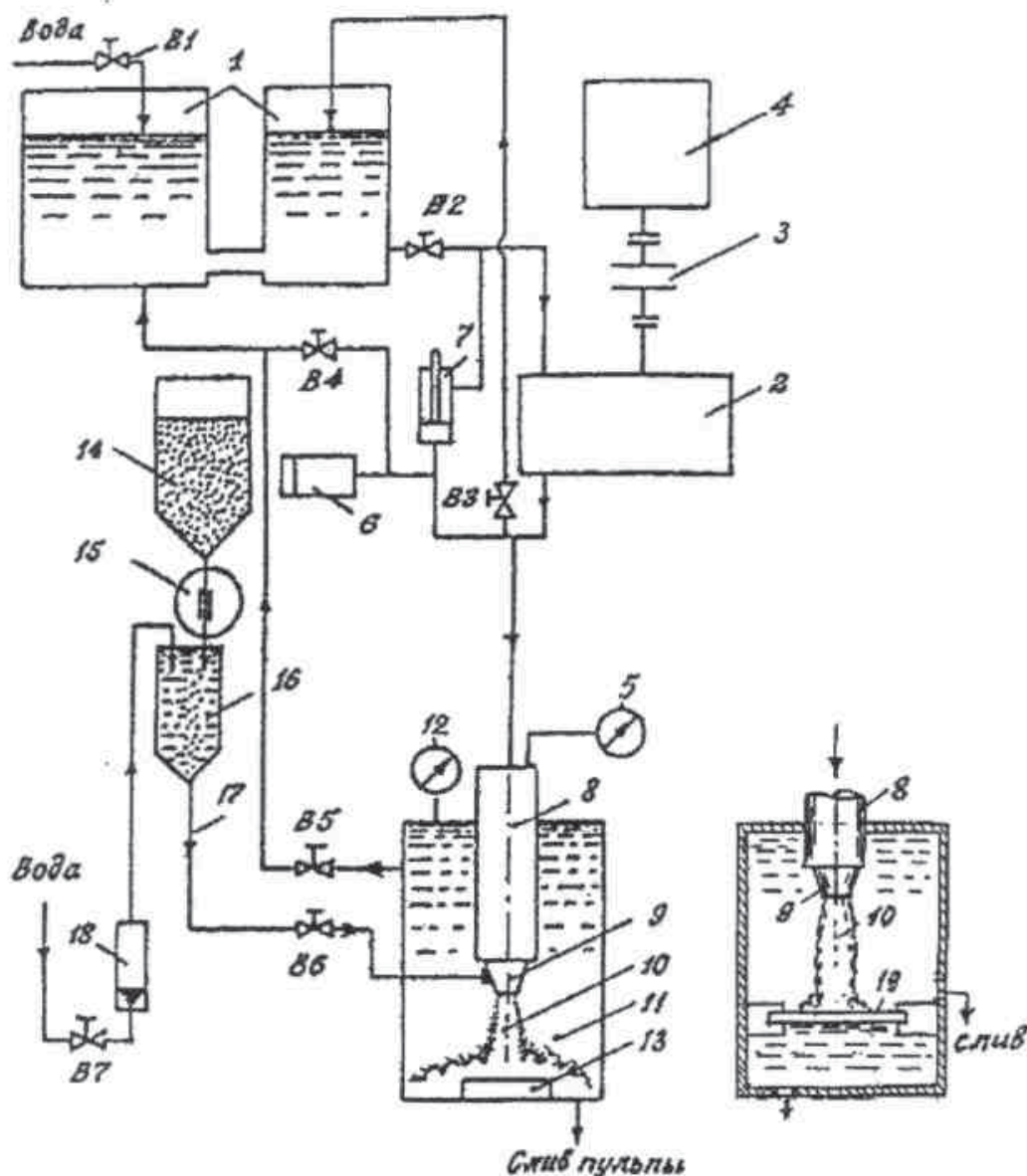


Рис. 5. Гидравлическая схема установки для испытаний материалов на кавитационное и гидроабразивное изнашивание:

- 1 — баки с водой; 2 — плунжерный насос; 3 — коробка скоростей; 4 — двигатель внутреннего сгорания; 5 — манометр; 6 — компенсатор; 7 — предохранитель; 8 — стабилизатор жидкости; 9 — сопло; 10 — высоконапорная затопленная кавитационная струя; 11 — камера с водой; 12 — манометр для измерения p_k ; 13 — образцы; 14 — бункер с абразивом; 15 — комбинированное отверстие; 16 — смеситель; 17 — пульпопровод; 18 — расходомер; 19 — мембрана для испытаний на двухстороннюю эрозию

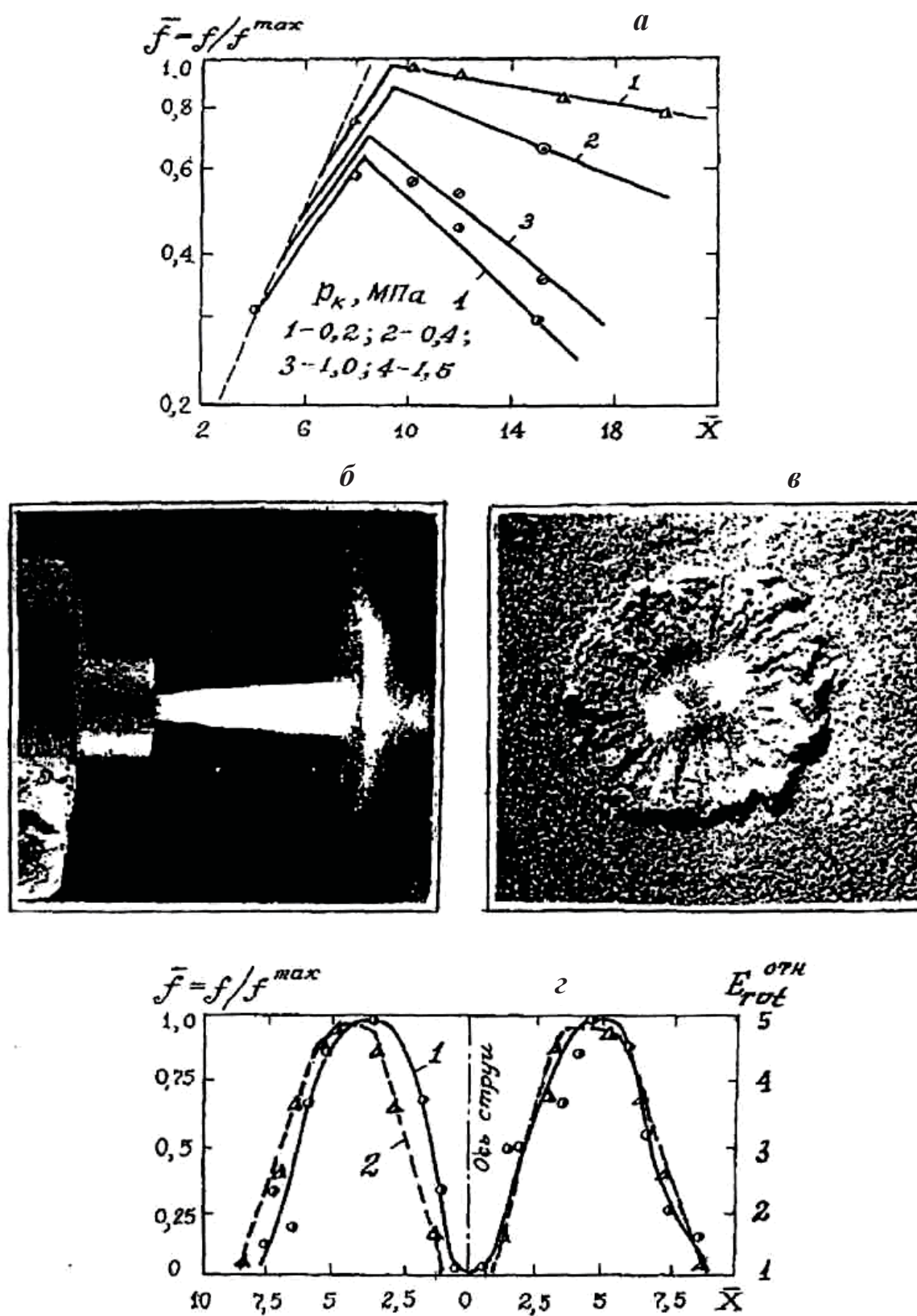


Рис. 6. Некоторые закономерности испытаний материалов на ударно-эрозионном стенде с затопленной струей: а — изменения частоты пульсации по длине струи при различных давлениях p_k ; б — вид затопленной струи при соударении с преградой; в — характер эрозии стального образца; г — изменение частоты пульсации в сечении струи в плоскости соударения (1) и относительной энергии пульсации

В общем случае показатель степени n при гидроэрозии материалов в зависимости от жесткости внешнего воздействия может принимать значения от 1,5 до 12. Чаще всего $n = 1,5$ и $3,0$, что соответствует зависимости эрозионной стойкости материалов от скорости микроудара соответственно в кубе и в шестой степени. Ступенчатое изменение n связано с масштабными переходами и с изменением схемы напряженно-деформированного состояния изнашиваемых объемов материалов. Каждому масштабному переходу соответствует дискретное изменение энергии активации ведущих процессов атомно-молекулярных перегруппировок в деформируемых объемах.

Модель КЭ материалов в виде объемного износа ΔV в более подробной интерпретации запишется:

$$\Delta V \sim \frac{E_{\text{вн}} V_i f(t)}{(E_{\text{уд}} V_{\text{кр}})_{\text{упр}} + (E_{\text{уд}} V_{\text{кр}})_{\text{пл}}} \sim \frac{w_{\text{вн}} f(t)}{(W_{\text{кр}}^*)_{\text{общ}}} \sim \frac{w_{\text{вн}} f(t)}{W_{\text{кр}}^{\text{упр}} + W_{\text{кр}}^{\text{пл}}}, \quad (7)$$

где $f(t)$ — функция, определяющая характер кинетической кривой кавитационно-эрозионного изнашивания материалов;

$W_{\text{общ}}^*$ — универсальный критерий эрозионной стойкости материалов и покрытий, представляющий собой критическую плотность потока мощности деформации, достаточной для начала эрозии материалов при переносе энергии в них волнами упругих и пластических деформаций;

$(V_{\text{кр}})_{\text{упр}}$ и $(V_{\text{кр}})_{\text{пл}}$ — упругая и пластическая составляющие критической скорости удара $V_{\text{кр}}$ [1–2].

В общем случае модель эрозии должна учитывать масштабные переходы с одного уровня изнашивания на другой, а критерий

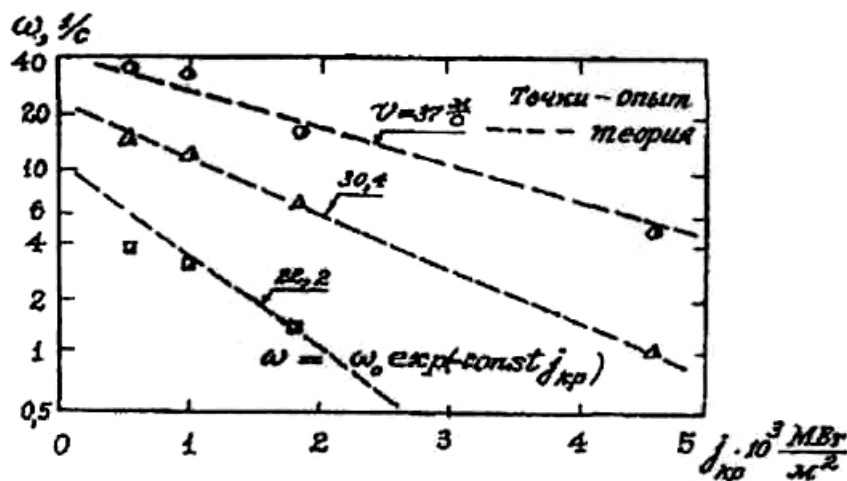


Рис. 7. Зависимость частоты воздействия эффективных ударов от критической плотности потока мощности деформации в диффузоре

$W_{\text{общ}}^*$ должен определяться с учетом осреднения энергии, запасенной в объеме продуктов изнашивания, и схемы напряженного состояния. Уточненную модель эрозии можно представить следующим образом

$$\Delta V = \Delta V_0 \left(\frac{w_{\text{вн}}}{W_{\text{кр}}^*} \right)^{m_2} \text{erf}(kt), \quad (8)$$

где ΔV_0 и k — опытные коэффициенты, а показатель степени m_2 дискретно изменяется при масштабных переходах;

* — знак осреднения внутренней энергии в изнашиваемых объемах материалов.

Продолжительность $\tau_{\text{ак}}$ в последней формуле пропорциональна отношению $(W_{\text{кр}}^* / w_{\text{вн}})^{m_2}$. Поэтому с увеличением частоты эрозионно способных кавитационных импульсов критерий $W_{\text{кр}}^*$ уменьшается, а износ ΔV увеличивается. Теоретическая зависимость ω ($W_{\text{кр}}^*$) при $v_i = \text{const}$ оказалась экспоненциальной (рис. 7).

$\omega = N_{\text{я}} V_{\text{к}} P(F) P(N_{\text{я}}) P(I) = \text{const}_4 \exp(-\text{const}_5 W_{\text{кр}}^*)$, (9)
где $P(N_{\text{я}})$ — вероятность наличия в потоке эрозионно-опасных ядер;

const_5 — опытные константы.

Испытания сталей и сплавов цветных металлов в гидродинамической трубе (рис. 7) позволили получить при трех различных скоростях потока воды три частных зависимости ω ($W_{\text{кр}}^*$), полностью совпадающие с теоретической. Из частных соотношений $\omega(W_{\text{кр}}^*)_i$ была

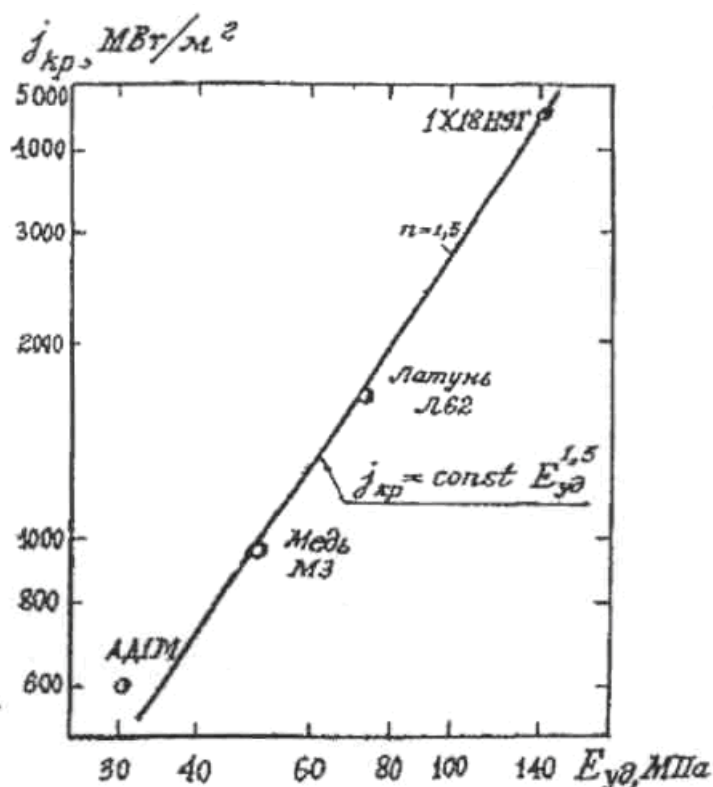


Рис. 8. Сопоставление импульсов критической плотности с удельной энергоемкостью металлов при кавитационном воздействии

получена зависимость $\tau_{ак} = const_6 / v^{m_1}$, в которой $m_1 = 4,4...4,7$ при изнашивании меди и дюралюминия на макроуровне и $m_1 = 5,2...7,7$ при эрозии латуни и нержавеющей стали на мезоструктурном уровне. Кроме этого, были получены опытные зависимости: $W_{кр}^* \sim E_{yd}^{1,5}$ и $k_{\Delta V} = (\tau_{ак}^{омн})^{1/2}$, справедливость которых для условий гидродинамической кавитации показана впервые (рис. 8).

Таким образом, теоретическая модель кавитационной эрозии получила убедительное экспериментальное подтверждение, а частные зависимости $\Delta V(W_{кр}^*; \omega)$ и $k_{\Delta V} = (\tau_{ак}^{омн})$ могут служить основой для разработки ускоренных расчетно-экспериментальных методов оценки износостойкости и долговечности материалов при кавитационно-эрозионном изнашивании.

Кинетическим кривым развития эрозии в форме интеграла вероятностей (8) соответствуют многочисленные опытные данные, полученные на разнообразных лабораторных стендах при испытании весьма широкого круга металлических материалов и покрытий, а

также в условиях эксплуатации судовых гребных винтов, деталей гидротурбин, двигателей внутреннего сгорания (цилиндровых втулок и опор скольжения) и другого оборудования (рис. 9, 10) [1–6].

Впервые установленные количественные закономерности, имеющие универсальный характер [1–8], позволяют расчетным путем прогнозировать надежность различных материалов, покрытий и весьма ответственных технических средств, в частности: судовых двигателей, цилиндровых втулок двигателей, опор трения и качения.

В качестве примера, ниже изложена методика расчета надежности судовых гребных винтов (ГВ) по кинетической кривой эрозии лопастей. Разработка методики оказалась возможной в результате моделирования надежности деталей [1–7] и статистической обработки результатов около 2000 актов докования транспортных судов Балтийского и Азово-Черноморского пароходств [8]. Характер повреждений ГВ показан на рис. 11.

Исходные данные для расчета долговечности ГВ:

1. Материал лопастей ГВ (сталь, бронза, латунь);
2. Частота вращения гребного вала n , об/мин;
3. Диаметр винта $D_{зв}$, м;
4. Расположение зоны эрозии r_3 на относительном радиусе $\bar{r}_0 = r_3 / r_{зв}$.

Последовательность расчета (рис. 12):

1. Продолжительность приведенного аккумуляционного периода $\tau_{ак}$ (ч) к частоте вращения ГВ $n = 120$ об/мин [8; 9]:

$$\tau_{ак} = const_1 / \left(\frac{\pi}{60} n \bar{r} D_{зв} \right)^{5,5}, \quad (10)$$

где $const_1$ равна $8 \cdot 10^{11}$ для бронзы и $2,4 \cdot 10^{11}$ для латуни.

2. Наибольшая скорость эрозии v^{max} мм/ч [8]:

$$(dn/d\tau)^{max} = const_2 / \tau_{ак}^m, \quad (11)$$

где — при $\tau_{ак} \leq 6000$ ч: $const_2 = 0,44$ и $m = 0,7$

— при $\tau_{ак} \geq 6000$ ч: $const_2 = 2510$ и $m = 1,7$.

3. Наибольший износ:

$$h^{max} = const_3 / \tau_{ак}^k. \quad (12)$$

В табл. 1 $\tau_{ак}^*$ — аккумуляционный период, соответствующий точке пересечения отрезков $h^{max} = const_3 / \tau_{ак}^{0,5}$ и $h^{max} = const_3 / \tau_{ак}^{1,7}$ на графике зависимости h^{max} от $\tau_{ак}$, построенном в координатах с двой-

ными логарифмическими шкалами; τ — продолжительность работы ГВ. Значения $const_3$ и показателей степени k в (12) зависят от $\tau_{ак}$ и τ , для которой определяется h^{max} . При $\tau \rightarrow \infty$ наибольший износ стабилизируется, т. е. $h^{max} \rightarrow h_{стаб}^{max}$, и кавитационная эрозия лопастей практически прекращается (рис. 3, в и 13). Значение h^{max} можно определять по формуле (12) или по заранее построенным графикам зависимости $h^{max}(\tau_{ак})$, соответствующим вариантам 3.1–3.5 табл. 1 [9].

Таблица 1

№ п/п	$\tau_{ак}, \text{ч}$	$const_3$	k	$\tau, \text{ч}$	$\tau_{ак}^*, \text{ч}$
3.1	$\tau_{ак} \leq \tau_{ак}^*$	810	0,5	∞	$8 \cdot 10^3$
3.2	$\tau_{ак} \geq \tau_{ак}^*$	$3,76 \cdot 10^7$	1,70	∞	$8 \cdot 10^3$
3.3		$1,95 \cdot 10^7$		$2 \cdot 10^4$	$4,5 \cdot 10^3$
3.4		$1,15 \cdot 10^7$		$1,5 \cdot 10^4$	$2,9 \cdot 10^3$
3.5		$0,7 \cdot 10^7$		10^4	$1,8 \cdot 10^3$

4. Действительная продолжительность аккумуляционного периода:

$$\tau_{акд} = \tau_{ак} / n, \quad (13)$$

где n и 120 — заданная и эталонная частоты вращения ГВ; $\tau_{ак}$ определяется по формуле (10).

5. Действительная наибольшая скорость эрозии:

$$v_o^{max} = v^{max} n / 120, \quad (14)$$

где v^{max} определяется по формуле (11).

6. Кинетическая кривая эрозии ГВ.

6.1. На графике зависимости $h(\tau)$, откладывается $\tau_{ак}^0$.

6.2. Из конца $\tau_{ак}$ проводится наклонная линия, соответствующая v_o^{max} , определенная по формуле (14).

6.3. Проводится линия, параллельная оси абсцисс, соответствующая $h_{стаб}^{max}$ при $\tau \rightarrow \infty$ формулы (12) (п. 3.1 и 3.2 в табл. 1).

6.4. Для произвольного отрезка времени τ_i , (п. 3.3–3.5 в табл. 1) по формуле (2) определяется h_i^{max} и точка $C(h_i^{max}; \tau_i)$ наносится на график $h(\tau)$.

6.5. Определяется окончательный вид кинетической кривой как плавное продолжение отрезка с v_o^{max} , проходящее через точку C и заканчивающееся в точке D .

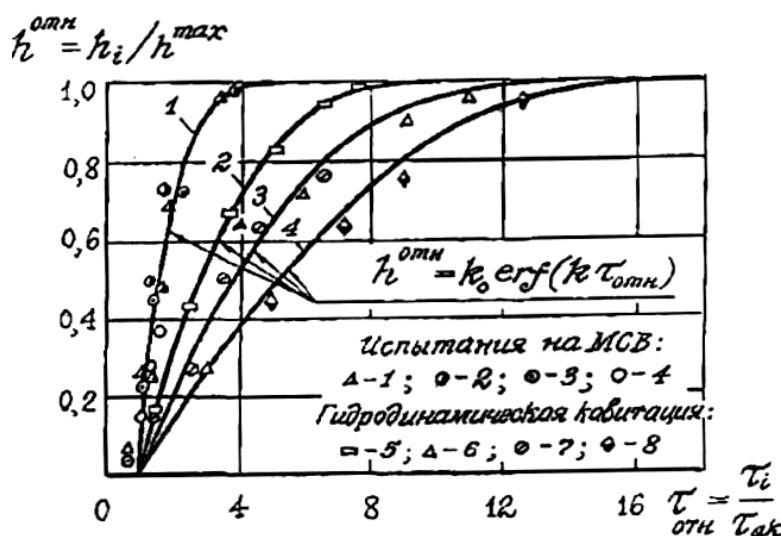


Рис. 9. Развитие кавитационной эрозии во времени: 1 — наирит на стали 45; 2 — наирит на чугуна СЧ18; 3 — гальваническое хромирование (блестящее); 4 — то же (матовое); 5 — песчаник (опыты в кавитационной трубе); 6 — гребной винт т/х «Ракета»; 7 — сталь, испытанная на дисковой установке при $v = 46$ м/с; 8 — то же при $v = 42,4$ м/с. Точки 5, 6 и 7–8 заимствованы из работ Говинда Рао, Георгиевской и Тирувенгадама соответственно

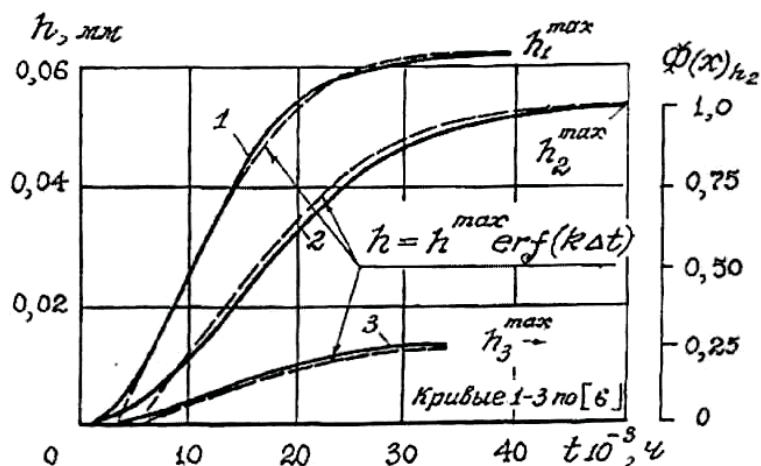


Рис. 10. Линейный износ вкладышей опор скольжения коленчатого вала двигателя 16ЧН 40/48 т/х «Скульптор Голубкина» при работе на моторном топливе: 1 — рабочий слой: А06 (основа); гальваническое Pb-Sn-Cu покрытие — приработочный слой; 2 — бронза Cu-Pb-Sn-Ni (основа); гальваническое Pb-Sn-Cu покрытие; 3 — сплав Al-Zn-Cu-Ni (основа); гальваническое Pb-Sn-Cu покрытие; сплошными линиями проведены зависимости, заимствованные из опыта эксплуатации т/х; пунктир — теоретические кривые

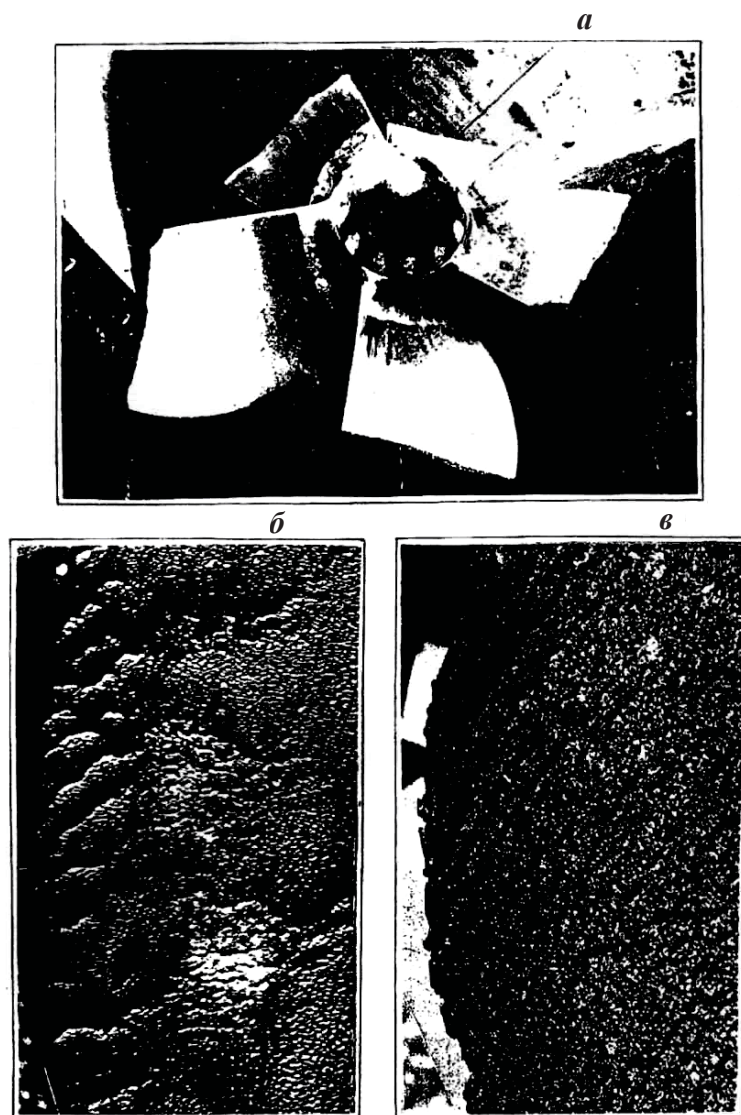


Рис. 11. Характер разрушений судовых движителей: а — хрупкое разрушение лопастей ГВ из нержавеющей стали т/х «Профессор Визе»; б — эрозия лопастей ГВ из Бр. «Новостон» т/х «Каспийск» после ~ 35 тыс. ч работы; в — эрозия ГВ из Ст. 35 т/х «Барабинск»

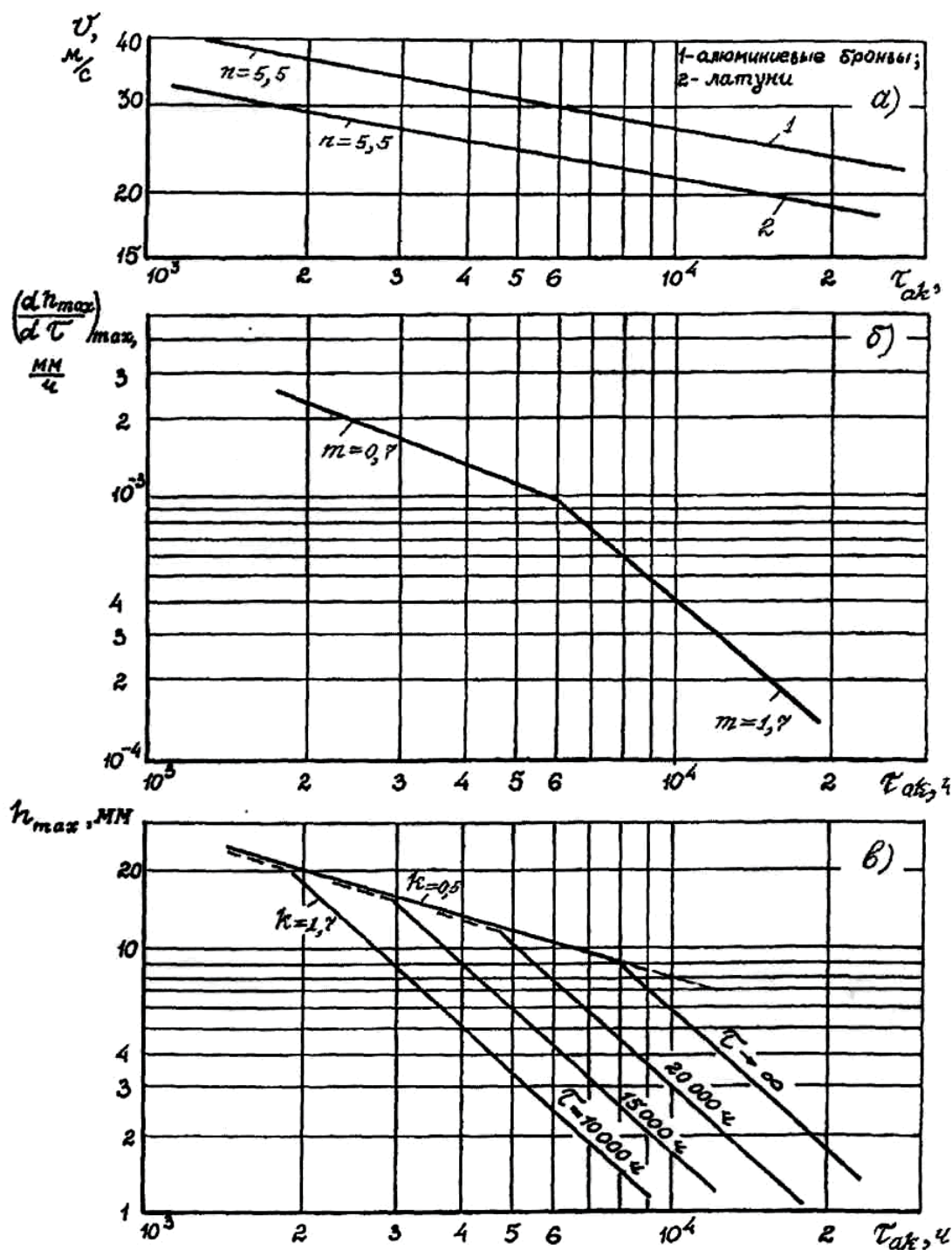


Рис. 12. Закономерности кавитационной эрозии гребных винтов:

а — зависимости $\tau_{ak}(v_{\infty})$; б — $v_{\text{эрозия}}^{\text{max}}(\tau_{ak})$ и в — $h_{\text{эрозия}}^{\text{max}}(\tau_{ak})$

Опыт показал, что кинетическая зависимость эрозии материалов может быть представлена степенным соотношением, согласно которому $h \sim \tau^{0,5 \dots 0,6}$ или кривой в форме интеграла вероятностей, что более обосновано результатами моделирования и многочисленными опытными данными, в частности: моде-

лью (8), рис. 9 и 10, а также результатами исследований, опубликованных в работах [1–5; и др.].

Затухающий характер кинетической кривой эрозии материалов в форме интеграла вероятностей $h \sim \text{erf}(kt)^*$ обусловлен видом функции распределения интенсив-

ности кавитационной эрозии (рис. 26) и соотношение * является результатом интегрирования этой функции по времени. В итоге имеем:

$$h = k_1 \int_0^{\tau} e^{-1/2(kt)^2} dt = k_1 \operatorname{erf}(k\tau), \quad (15)$$

где k и k_1 — опытные коэффициенты;
 t — моменты действия импульсов давления.

Пример расчета надежности ГВ:

Исходные данные: $D_{ГВ} = 5,0$ м; $\bar{r} = 0,8$; $n = 130$ об/мин; материал — Ni-Al бронза; $const_1$ в (1) равна $8 \cdot 10^{11}$ — для бронзы; $2,4 \cdot 10^{11}$ — для латуни и $5 \cdot 10^{11}$ — для нержавеющей стали ОХ14НДЛ.

$$1. \tau_{ак} = const_1 / \left(\frac{\pi}{60} n \bar{r} D_{гв} \right)^{5,5} =$$

$$= 8 \cdot 10^{11} / \left(\frac{3,14}{60} 130 \cdot 0,8 \cdot 5 \right)^{5,5} = 10^4 \text{ ч}.$$

$$2. v^{\max} = const_2 / \tau_{ак}^{1,7} =$$

$$= 2510 / 10^{1,7 \cdot 4} \cong 0,0004 \text{ мм/ч}.$$

$$3. h_{смаб}^{\max} = const_3 / \tau_{ак}^{0,5} = 810 / 10^{0,5 \cdot 4} = 8,1 \text{ мм}.$$

После коррекции по n окончательно получено:

$$\tau_{ак}^{\partial} = 9200 \text{ ч } v_{\partial}^{\max} = 0,00043 \text{ мм/ч}$$

$$\text{и } h_{смаб}^{\max} = 8,45 \text{ мм}.$$

Кинетическая кривая лопастей ГВ, построенная в соответствии с зависимостью (15), показана на рис. 13. При этом оказалось возможным избежать неопределенность, присутствующую в п. 6.4 и 6.5 при определении положения точки C и особенно точки D на графике $h(\tau)$.

Положение точек A и A' на рис. 13 соответствует значениям $\tau_{ак}$ и h до и после их коррекции по n соответственно. Положение точки A'' уточняет наклон линии $A''E$; точка B делит горизонтальную линию, соответствующую $h^{\max}$, на два отрезка, равных примерно половине полного периода эксплуатации ло-

пастей T до полного износа, точнее на два отрезка: $0,55T$ и $0,45T$.

По известной длине отрезка GB , равного $\sim 0,55T$, нетрудно определить положение точки D , отложив на горизонтальной оси от точки B отрезок BD , равный $\sim 0,45T$, и тем самым ограничить диаграмму справа, определив при этом долговечность ГВ T к моменту достижения $h^{\max}$.

Положение и конфигурацию кривой на участке $A''D$ нетрудно определить по известной графической форме интеграла вероятности $\Phi(x)$, т. е. по зависимости ординаты Φ от абсциссы x (табл. 2), имеющейся в большинстве справочников по математике. Для этого следует соотнести значения h от 0 до $h^{\max}$ со значениями $\Phi(x)$ в диапазоне от 0 до 1,0 (рис. 13). Затем разделить горизонтальную ось на участке FH на три отрезка и, пользуясь табл. 2, нанести на график примерно 5 точек (на рис. 13 имеется только одна точка C); по которым нетрудно установить положения кривой эрозии на участке $A''CD$.

Для контроля достоверности построений можно использовать соотношения $DE \cong (1,15 \dots 1,2)DH$ и справочные координаты точки A'' ($\Phi \cong 0,5$ и $x \cong 0,65$).

Несмотря на часто наблюдаемые на практике весьма серьезные кавитационно-эрозионные разрушения поверхности лопастей ГВ (рис. 1 и 11) судовладельцы стараются не допускать эксплуатации движителей до предельного состояния по эрозии.

При этом документально ограничивается средняя глубина эрозионных повреждений до некоторой допускаемой величины $[h]$, которая не очень заметно снижает ходовые качества судна. Если, например, $[h] = 6$ мм, то в соответствии с кинетической кривой эрозии на рис. 13 ремонт или замену ГВ следует производить примерно после 23 тыс. ч эксплуатации. В связи с этим $T = 23\,000$ ч можно считать межремонтным периодом.

Аналогично расчетные методики разработаны так же для оценки надежности цилиндрических втулок и выпускных клапанов судовых двигателей внутреннего сгорания [1; 2; и др.].

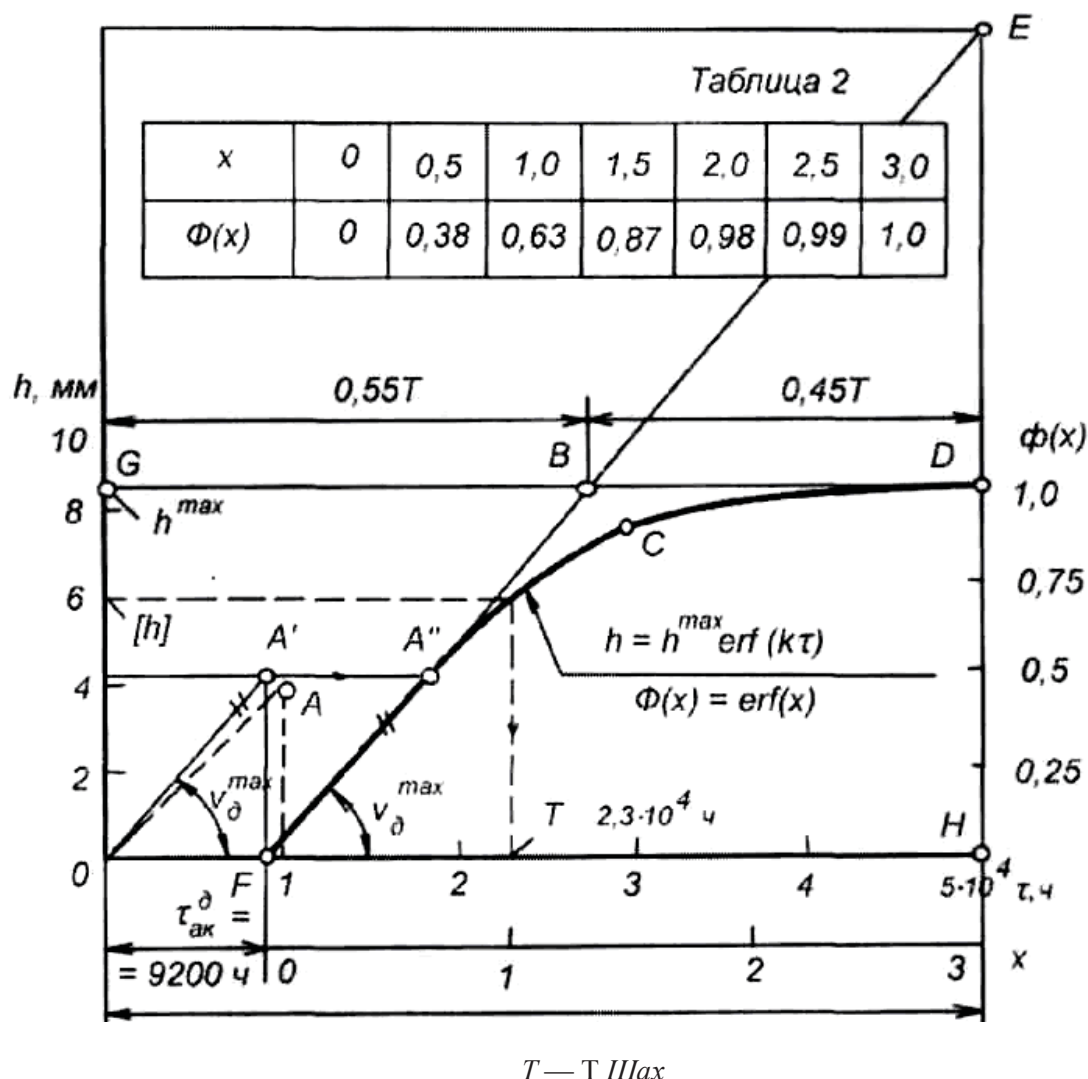


Рис. 13. Схема построения кинетической кривой кавитационной эрозии лопастей ГВ из бронзы $h(\tau)$, уточненной аналогичной зависимостью в форме интеграла вероятностей $\Phi(x)$.
При $x = 3,0$, $DE \cong (1,15 \dots 1,2)h^{\max}$. Координаты точки С ($h \cong 7,7$ мм; $\tau \cong 29\,000$ ч)

Список литературы

1. Погодаев Л. И., Кузьмин А. А. Эрозия материалов и судовых технических средств в неоднородных жидких и газообразных средах. — СПб.: Университет водных коммуникаций, 2004. — 378 с.
2. Погодаев Л. И., Кузьмин В. Н. Структурно-энергетические модели надежности материалов и деталей машин. СПб.: Академия транспорта РФ, 2006. — 608 с.
3. Погодаев Л. И., Гривнин Ю. А. Математическая модель эрозии материалов при кавитации // Проблемы машиностроения и надежности машин. — 2000. № 3. — С. 49–57.
4. Погодаев Л. И., Пимошенко А. П., Капустин В. В. Эрозия в системах охлаждения дизелей. — Калининград: Академия транспорта РФ, 1993. — 325 с.
5. Гривнин Ю. А., Зубрилов С. П., Погодаев Л. И. Проблемы кавитации и кавитационной эрозии. — СПб.: Университет водных коммуникаций, 1993. — 647 с.

6. *Кривощенков В. Е.* Оценка надежности и восстанавливаемости тонкостенных подшипников судовых дизелей // Судостроение. — 1992. — № 10. — С. 15–19.

7. *Погодаев Л. И., Протопопов А. С.* Исследование закономерностей каплевой эрозии материалов // Трение и износ. — 1989. — Т. 10. — № 1. — С. 13–23.

8. *Цветков Ю. Н., Погодаев Л. И.* Прогнозирование кавитационной эрозии гребных винтов транспортных судов // Ремонт речных судов. — Л.: ЛИВТ, 1989. — С. 101–107.

9. *Цветков Ю. Н., Погодаев Л. И.* Прогнозирование кинетической кривой кавитационного изнашивания лопастей гребных винтов: метод. указ. — СПб.: СПГУВК, 1994. — 11 с.

В. В. Сахаров,

д-р техн. наук, проф., СПГУВК

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ КОМПЕНСАТОРОВ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ
МЕТОДОМ ПСЕВДОИНВЕРСИИ МУРА–ПЕНРОУЗАESTIMATION OF PARAMETERS OF REACTIVE POWER COMPENSATORS USING
THE MOOR-PENROSE PSEUDOINVERSE METHOD

В статье предлагаются алгоритм и компьютерная программа для оценки параметров компенсатора реактивной мощности в трехфазных цепях. Оценка оптимальных параметров статического компенсатора основывается на концепции псевдоинверсии Мура–Пенроуза. Для параметрической оценки представляется программа, составленная в кодах MatLAB.

In this paper we suggest algorithm and a computer program to estimate the parameters of reactive power compensators for 3-phase circuits. Optimal parameters estimation for static compensator is based on the Moore-Penrose pseudoinverse concept. The MatLAB codes are used for solving this problem.

Ключевые слова: компенсаторы реактивной мощности, реактивные токи, псевдоинверсия, метод Мура–Пенроуза

Key words: reactive power compensators, reactive currents, pseudoinversion, Moor-Penrose method

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ на судах статических преобразователей различного назначения с нелинейными элементами и накопителями энергии, а также потребителей электроэнергии, создающих несимметричную нагрузку по фазам трехфазной системы с линейными токами, содержащими в своем составе, кроме основной гармоники, ряд высших гармоник, связано с необходимостью улучшения рабочих параметров сети [1]. Наличие повышенных значений токов электрической сети, вызванных реактивным характером нагрузки, приводит к увеличению плотности тока и, как следствие, к повышению вероятности возникновения локальных источников нагрева в местах контактных соединений и повреждений сети.

Реактивные токи могут быть существенно уменьшены за счет компенсаторов реактивной мощности, фактически представляющих собой параметрические оптимизаторы, содержащие реактивные элементы, величины которых должны выбираться в зависимости от конкретного стационарного режима [1; 2].

Наиболее просто статический компенсатор может быть выполнен в виде соединения реактивных элементов по схеме «треугольник». В этом случае процесс оптимизации должен состоять в оценке величин трех элементов,

доставляющих минимум целевой функции (критерий качества) в форме суммы квадратов линейных токов трехфазной системы.

Остановимся на данном вопросе более детально. Рассмотрим трехфазную систему, представленную на рис. 1.

Токи нагрузки i_A , i_B и i_C , кроме основной гармоники, содержат высшие гармоники и могут быть представлены уравнениями:

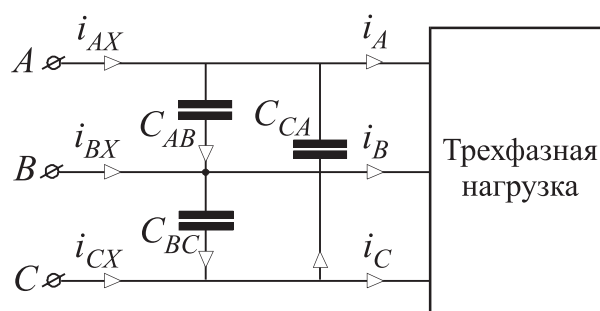


Рис. 1. Трехфазная система

$$i_A = i_{A1} + \sum_{k=2}^m i_{Ak}, \quad (1)$$

$$i_B = i_{B1} + \sum_{k=2}^n i_{Bk}, \quad (2)$$

$$i_C = i_{C1} + \sum_{k=2}^p i_{Ck}, \quad (3)$$

где m , n , и p — целые числа.

С учетом токов через элементы компенсатора (рис. 1), линейные токи можно представить системой уравнений:

$$i_{AX} = i_A + C_{AB} \frac{d}{dt}(u_{AB}) - \frac{d}{dt} C_{CA}(u_{CA}), \quad (4)$$

$$i_{BX} = i_B + C_{BC} \frac{d}{dt}(u_{BC}) - \frac{d}{dt} C_{AB}(u_{AB}), \quad (5)$$

$$i_{CX} = i_C + C_{CA} \frac{d}{dt}(u_{CA}) - \frac{d}{dt} C_{BC}(u_{BC}). \quad (6)$$

Получив мгновенные значения линейных токов с помощью системы уравнений (3, 4, 5), мы можем вычислить их квадраты в любой момент времени и ввести интегральный квадратичный критерий качества:

$$J = \frac{1}{T} \int_0^T (i_{AX}^2 + i_{BX}^2 + i_{CX}^2) dt, \quad (7)$$

отнесенный к периоду основной гармоники.

Очевидно, независимо от формы кривых токов i_{AX} , i_{BX} и i_{CX} , мы можем выбрать такие значения емкостей (индуктивностей) компенсатора, которые доставляют минимум (7).

Заметим, что в систему уравнений (3, 4, 5) параметры C_{AB} , C_{BC} и C_{CA} входят линейно и, следовательно, могут быть оценены по экспериментальным данным с помощью статистических методов оценки. Поскольку задача параметрической оптимизации не содержит ограничений на переменные состояния, она может быть решена путем взятия частных производных от (7) по переменным C_{AB} , C_{BC} и C_{CA} и приравнивания их к нулю. После преобразований результирующие уравнения для оценки численных значений емкостей будут равны:

$$\omega V_m (4C_{AB} + C_{BC} + C_{CA}) = -(\sqrt{3} I_{A1m} \sin \psi_1 - I_{A1m} \cos \psi_1 + \sqrt{3} I_{B1m} \sin \psi_1 + I_{B1m} \cos \psi_1), \quad (8)$$

$$\omega V_m (C_{AB} + 4C_{BC} + C_{CA}) = -(\sqrt{3} I_{B1m} \sin \psi_1 - I_{B1m} \cos \psi_1 + \sqrt{3} I_{C1m} \sin \psi_1 + I_{C1m} \cos \psi_1), \quad (9)$$

$$\omega V_m (C_{AB} + C_{BC} + 4C_{CA}) = -(\sqrt{3} I_{C1m} \sin \psi_1 - I_{C1m} \cos \psi_1 + \sqrt{3} I_{A1m} \sin \psi_1 + I_{A1m} \cos \psi_1), \quad (10)$$

где I_{A1m} , I_{B1m} и I_{C1m} — амплитудные значения

токов первых гармоник токов нагрузки i_A , i_B и i_C соответственно;

ψ_1 , ψ_2 и ψ_3 — фазовые углы между векторами токов и векторами соответствующих напряжений.

Решение системы уравнений (8, 9, 10) относительно искомых параметров может быть получено средствами символьной математики и имеет вид:

$$C_{AB} = -\frac{1}{2\omega V_m} \left(\frac{1}{\sqrt{3}} I_{A1m} \sin \psi_1 - I_{A1m} \cos \psi_1 + \frac{1}{\sqrt{3}} I_{B1m} \sin \psi_1 + I_{B1m} \cos \psi_1 \right), \quad (11)$$

$$C_{BC} = -\frac{1}{2\omega V_m} \left(\frac{1}{\sqrt{3}} I_{B1m} \sin \psi_1 - I_{B1m} \cos \psi_1 + \frac{1}{\sqrt{3}} I_{C1m} \sin \psi_1 + I_{C1m} \cos \psi_1 \right), \quad (12)$$

$$C_{CA} = -\frac{1}{2\omega V_m} \left(\frac{1}{\sqrt{3}} I_{C1m} \sin \psi_1 - I_{C1m} \cos \psi_1 + \frac{1}{\sqrt{3}} I_{A1m} \sin \psi_1 + I_{A1m} \cos \psi_1 \right). \quad (13)$$

Если любая из оцениваемых с помощью системы уравнений (11, 12, 13) величин будет иметь отрицательные значения, это означает, что в качестве соответствующего элемента компенсатора должна использоваться индуктивность.

Если теперь рассчитанные по уравнениям (11, 12, 13) емкости установить между линейными проводами (рис. 2), можно получить линейные токи исследуемой трехфазной системы:

$$i_{AX} = I_{cm} \sin(\omega t), \quad (14)$$

$$i_{BX} = I_{cm} \sin\left(\omega t - \frac{2}{3}\pi\right), \quad (15)$$

$$i_{CX} = I_{cm} \sin\left(\omega t + \frac{2}{3}\pi\right), \quad (16)$$

$$\text{где } I_{cm} = \frac{1}{3}(I_{A1m} \cos \psi_1 + I_{B1m} \cos \psi_2 + I_{C1m} \cos \psi_3).$$

Представляет интерес процедура минимизации критерия качества (7), основанная на

последовательном анализе тока каждой линии. С этой целью основная задача подразделяется на ряд простых подзадач, решение которых сопряжено с меньшим объемом вычислений, что важно для реализации компьютерного управления судовым электроэнергетическим комплексом. Значения искоемых параметров компенсатора на конечном этапе вычислений определяются по промежуточным расчетам с помощью простых соотношений.

Рассмотрим трехфазную систему с раздельной компенсацией линейных токов, представленную на рис. 2. Такое разделение возможно согласно соотношениям (11, 12, 13). Исходя из рис. 2, а и уравнений (1, 2, 3), линейный ток i'_{AX} :

$$i'_{AX} = i_{A1} + \sum_{k=2}^m i_{Ak} + C'_{AB} \frac{d}{dt}(V_{AB}) - C''_{CA} \frac{d}{dt}(V_{CA}). \quad (17)$$

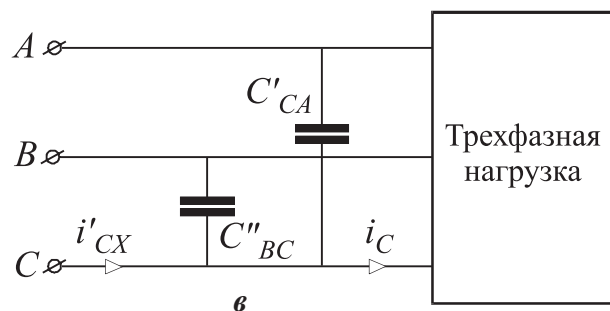
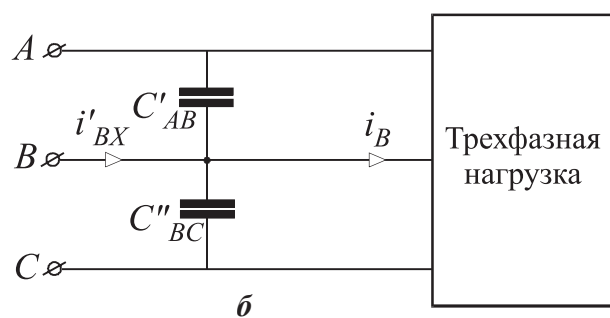
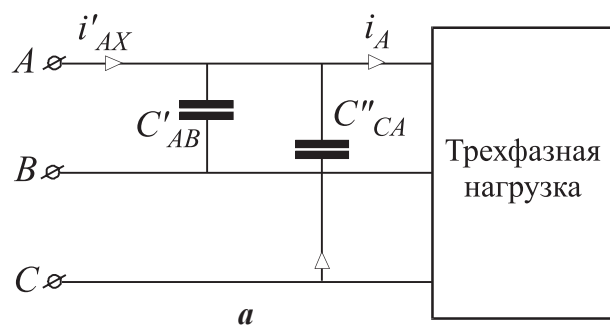


Рис. 2. Трехфазная система с раздельными компенсаторами токов нагрузки

Предположим, напряжения V_{AB} , V_{BC} и V_{CA} равны:

$$V_{AB} = V_m \sin(\omega t + \phi_1) \quad (18)$$

$$V_{BC} = V_m \sin(\omega t + \phi_2) \quad (19)$$

$$V_{CA} = V_m \sin(\omega t + \phi_3) \quad (20)$$

Тогда параметрическая минимизация квадрата тока (17) приводит к необходимости решения следующей системы уравнений:

$$\omega V_m (2C'_{AB} + C''_{CA}) = -2I_{A1m} \sin(\phi_1 - \phi_1) \quad (21)$$

$$\omega V_m (C'_{AB} + 2C''_{CA}) = -2I_{A1m} \sin(\phi_1 - \phi_3) \quad (22)$$

Пусть $\phi_1 = 30^\circ$, $\phi_2 = -90^\circ$ и $\phi_3 = 150^\circ$. Тогда составляющие компенсатора можно записать следующим образом:

$$C'_{AB} = -\frac{I_{A1m}}{\omega V_m} \left(\frac{1}{\sqrt{3}} \sin \psi_1 - \cos \psi_1 \right), \quad (23)$$

$$C''_{CA} = -\frac{I_{A1m}}{\omega V_m} \left(-\frac{1}{\sqrt{3}} \sin \psi_1 - \cos \psi_1 \right). \quad (24)$$

Если теперь подключить C'_{AB} и C''_{CA} согласно рис. 2, а, нетрудно убедиться в равенстве нулю первой гармоники i'_{AX} .

Аналогично можно получить компенсирующие емкости, требуемые для минимизации среднеквадратичных значений токов i_B и i_C . Для цепей, представленных на рис. 2, б и в, с они определяются с помощью формул:

$$C'_{BC} = -\frac{I_{B1m}}{\omega V_m} \left(\frac{1}{\sqrt{3}} \sin \psi_2 - \cos \psi_2 \right), \quad (25)$$

$$C''_{AB} = \frac{I_{B1m}}{\omega V_m} \left(-\frac{1}{\sqrt{3}} \sin \psi_1 - \cos \psi_1 \right), \quad (26)$$

а также:

$$C'_{CA} = -\frac{I_{C1m}}{\omega V_m} \left(\frac{1}{\sqrt{3}} \sin \psi_3 - \cos \psi_3 \right), \quad (26)$$

$$C''_{BC} = \frac{I_{C1m}}{\omega V_m} \left(-\frac{1}{\sqrt{3}} \sin \psi_3 - \cos \psi_3 \right). \quad (27)$$

Сравнивая уравнения (8)–(10) и (23)–(27), мы видим, что

$$C_{AB} = (C'_{AB} + C''_{AB})/2, \quad (28)$$

$$C_{BC} = (C'_{BC} + C''_{BC})/2, \quad (29)$$

$$C_{CA} = (C'_{CA} + C''_{CA})/2. \quad (30)$$

Эти значения обеспечивают сбалансированность линейных токов трехфазной системы и напряжений, определенных системой уравнений (14)–(16).

Для получения значений параметров (28)–(30) предлагается вычислительный алгоритм оценки оптимальных параметров по результатам измерений (экспериментальным данным). Задача параметрической оптимизации фактически состоит в оценке параметров модели, полученной для переопределенной системы уравнений методом Мура–Пенроуза. Система уравнений составляется следующим образом.

Разделим период основной частоты T на N интервалов. Тогда интегральный критерий качества (7) для тока i'_{AX} может быть представлен в виде суммы:

$$J_g = \sum_{j=1}^N \left[i_{Aj} + C'_{AB} \frac{d}{dt}(V_{ABj}) - C''_{CA} \frac{d}{dt}(V_{CAj}) \right]^2, \quad (31)$$

где под знаком суммы в (31) согласно (17) содержатся значения тока i'_{AX} в дискретные моменты времени $j = 1, 2, \dots, N$.

Обратим внимание на то, что i'_{Aj} , V_{ABj} и V_{CAj} являются известными величинами для всех $j = \{1, N\}$. Кроме того, исключая $j = 0$, мы можем определить значения производных для напряжений и, таким образом, записать переопределенную систему уравнений в векторно-матричной форме:

$$\tilde{U}_A = \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} U_{AB1} & U_{AB2} & \dots & U_{ABN} \\ -U_{CA1} & -U_{CA2} & \dots & -U_{CAN} \end{bmatrix}^T, \quad (32)$$

$$\tilde{C}_A = [C'_{AB} \quad C''_{CA}]^T, \quad (33)$$

$$\tilde{I}_A = [i_{A1} \quad i_{A2} \quad \dots \quad i_{AN}]^T. \quad (34)$$

Тогда $\tilde{I}_A = \tilde{U}_A \cdot \tilde{C}_A$ и, следовательно, оптимальная оценка $\hat{C}_A$ определится с помощью формулы:

$$\hat{C}_A = (\tilde{U}_A^T \cdot \tilde{U}_A)^{-1} \cdot \tilde{U}_A^T \cdot \tilde{I}_A = \begin{bmatrix} \hat{C}'_{AB} \\ \hat{C}''_{CA} \end{bmatrix}. \quad (35)$$

Аналогично можно записать оценки параметров, относящихся к линейным токам $\tilde{I}_B$ и $\tilde{I}_C$:

$$\hat{C}_B = (\tilde{U}_B^T \cdot \tilde{U}_B)^{-1} \cdot \tilde{U}_B^T \cdot \tilde{I}_B = \begin{bmatrix} \hat{C}'_{BC} \\ \hat{C}''_{AB} \end{bmatrix}, \quad (36)$$

$$\hat{C}_C = (\tilde{U}_C^T \cdot \tilde{U}_C)^{-1} \cdot \tilde{U}_C^T \cdot \tilde{I}_C = \begin{bmatrix} \hat{C}'_{CA} \\ \hat{C}''_{BC} \end{bmatrix}, \quad (37)$$

которые на заключительном этапе позволяют получить параметры компенсатора C_{AB} , C_{BC} и C_{CA} согласно системе уравнений (28)–(30).

Для реализации процедуры оценки параметров компенсатора с помощью соотношений (35)–(37) рассмотрим следующий пример [2].

Предположим, что токи нагрузки равны:

$$i_A = 11,695 \cdot \sin(t - 86,07^\circ) - \sin(5t),$$

$$i_B = 9,580 \cdot \sin(t + 154,8^\circ) + 2 \cdot \sin(5t + 120^\circ),$$

$$i_C = 10,999 \cdot \sin(t + 43,97^\circ) + 3 \cdot \sin(5t - 120^\circ),$$

а напряжения определяются уравнениями:

$$u_{AB} = \sqrt{2} \times \sqrt{3} \cdot \sin(t + 30^\circ),$$

$$u_{BC} = \sqrt{2} \times \sqrt{3} \cdot \sin(t - 90^\circ),$$

$$u_{CA} = \sqrt{2} \times \sqrt{3} \cdot \sin(t + 150^\circ).$$

Разделим период $T = 1$ на $N = 50$ равных частей, и для решения задачи составим скрипт-файл sah222.m в среде *MatLAB*:

```
% sah222.m
% Parameter estimation for 3-phase circuit
compensator.
N=50;
t1=1:N;
t=(2*pi/50)*t1;
% Data for estimation:
Ia=11.695*sin(t-86.07*(pi/180))+sin(5*t);
Ib=9.580*sin(t+154.8*(pi/180))+2*sin(5*t+120*(pi/180));
Ic=10.909*sin(t+43.97*(pi/180))+3*sin(5*t-120*(pi/180));
I=Ia+Ib+Ic;
plot(t,Ia,t,Ib,t,Ic,t,I,'*'),grid
pause
Vca=sqrt(2)*sqrt(3)*sin(t+150*(pi/180));
Vab=sqrt(2)*sqrt(3)*sin(t+30*(pi/180));
Vbc=sqrt(2)*sqrt(3)*sin(t-90*(pi/180));
% Voltage derivatives:
Uca=sqrt(2)*sqrt(3)*cos(t+150*(pi/180));
```

```

Uab=sqrt(2)*sqrt(3)*cos(t+30*(pi/180));
Ubc=sqrt(2)*sqrt(3)*cos(t-90*(pi/180));
% Параметрическая оценка методом
псевдоинверсии Мура–Пенроуза.

```

```

L1=[Uab' -Uca'];
a1=L1\(-Ia');
L2=[Ubc' -Uab'];
a2=L2\(-Ib');
L3=[Uca' -Ubc'];
a3=L3\(-Ic');

```

```

% Optimal parameters:

```

```

Cab=(a1(1)+a2(2))/2;
Cbc=(a2(1)+a3(2))/2;
Cca=(a3(1)+a1(2))/2;

```

```

% Modeling:

```

```

Iax=Ia'+L1*[Cab Cca]';
Ibx=Ib'+L2*[Cbc Cab]';
Icx=Ic'+L3*[Cca Cbc]';

```

```

% Graphics:

```

```

plot(t,Ia',k',t,Ib',k',t,Ic',k',t,Iax,k',t,Ibx,k',
t,Icx,k'), grid

```

```

% Cost before parametric optimization:

```

```

Jo=(sum(Ia.^2)+sum(Ib.^2)+sum(Ic.^2))/N

```

```

% Cost after parametric optimization:

```

```

Jopt=(sum(Iax.^2)+sum(Ibx.^2)+sum(Icx.
^2))/N

```

```

% Ratio:

```

```

K=Jo/Jopt

```

Величины U_{AB} , U_{BC} и U_{CA} есть производные напряжений V_{AB} , V_{BC} и V_{CA} . Принятые в файле обозначения полностью соответствуют вышеприведенным соотношениям.

В результате расчетов получены следующие параметры: $C_{AB} = 2,5001$, $C_{BC} = 1,9987$ и $C_{CA} = 2,9966$.

Кривые токов трехфазной системы приведены на рис. 1.

Критерий качества для системы без компенсации составил $J_0 = 180,7779$, а для системы с параметрической оптимизацией $J_{opt} = 9,9918$. Отношение $K = J_0/J_{opt} = 18,1$.

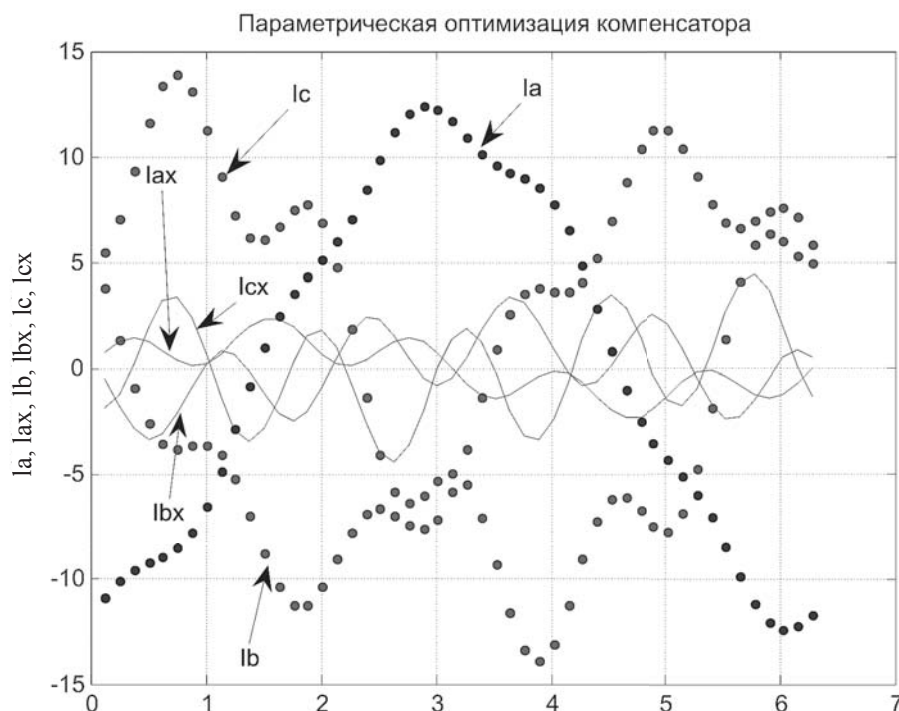


Рис. 3. Токи трехфазной системы без компенсатора (I_a , I_b , I_c) и с компенсатором (I_{ax} , I_{bx} , I_{cx})

Список литературы

1. Арриллага Дж., Брэдли Д., Боджер П. Гармоники в электрических системах: пер. с англ. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 320 с.
2. Гринкевич Я. М., Сахаров В. В. Наблюдатели и оцениватели состояния в судовых системах управления. — СПб.: СПГУВК, 2001. — 193 с.

ЭКОНОМИКА И ФИНАНСЫ

А. Н. Буянова,

д-р экон. наук, проф., СПГУВК

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ МОРСКОГО ТРАНСПОРТА РОССИИ

MAIN TRENDS OF INCREASING COMPETITIVE CAPACITY OF RUSSIAN SEA TRANSPORT

В статье описаны процессы, происходящие в международном морском судоходстве, влияющие на развитие морского транспорта России, и тенденции, характерные для современного периода его развития. Сформулированы концептуальные принципы повышения конкурентоспособности морского транспорта.

The article describes the processes taking place in the international sea navigation which influence the development of sea transport in Russia and trends indicative for the modern period of its development. The conceptual principles of increasing sea transport competitive capacity are formulated.

Ключевые слова: конкурентоспособность, морской транспорт, концептуальные принципы, структура тоннажа, грузооборот портов

Key words: competitive capacity, sea transport, conceptual principles, tonnage structure, ports cargo turnover

МОРСКОЕ торговое судоходство — особая сфера российской экономики: деятельность отечественного флота на 90% осуществляется за пределами России. В этих условиях эффективная и согласованная со стратегическими государственными интересами работа морского транспорта возможна только при высоком уровне его конкурентоспособности.

Конкурентоспособность морского транспорта — способность выдерживать конкуренцию на внутреннем рынке по сравнению с другими видами транспорта и на внешнем рынке по сравнению с иностранными конкурентами. В настоящее время эта экономическая категория находится в центре обсуждения учеными и специалистами отрасли. В проекте транспортной стратегии России на период до 2030 г. миссия и стратегическая цель развития транспортной системы направлены на повышение конкурентоспособности национальной экономики и качества жизни населения.

Обоснование направлений повышения конкурентоспособности морского транспорта России предусматривает выполнение глубокой аналитической работы по оценке его современного состояния. Ниже приведены

предварительные результаты такого исследования.

Россия, как и другие морские страны, находится под влиянием процессов, проходящих в настоящее время в международном морском судоходстве, к основным из которых можно отнести следующие.

1. Высокие темпы роста мировой торговли, а вместе с ней и сферы морского судоходства, что, разумеется, благоприятствует занятости российского торгового флота.

2. Высокий уровень фрахтовых ставок практически по всем основным типам судов (танкеры, балкеры, контейнеровозы, многоцелевые суда, паромы, круизные суда). Так, например, средняя тайм-чартерная ставка для океанского контейнеровоза вместимостью 3000 ед. за два года выросла более чем в 4 раза и сейчас составляет около 43 тыс. долл. в сутки.

3. Резкий рост заказов на строительство новых судов. Мировой портфель заказов на постройку морских транспортных судов в 2007 г. достиг ориентировочно 216 млн т дедвейта, что в 2,5 раза больше аналогичного показателя 2000 г. В этом портфеле заказов танкеры составляют 40%, контейнеровозы — 30%, балкеры — более 16%. Около 80%

заказов сосредоточены на верфях трех стран: Южной Кореи, Японии и Китая.

Следствием высокого спроса на тоннаж стало значительное повышение цен на суда — новые и бывшие в эксплуатации. Строительство крупнотоннажного балкера в период 2000–2003 гг. оценивалось на уровне 40 млн долларов США, к середине 2004 г. его цена выросла до 50 млн долл., а в настоящее время — до 60 млн долларов.

4. Ужесточение требований к безопасности судоходства.

В дополнение к новым международным требованиям ИМО в области безопасности мореплавания и охраны окружающей среды еще более жесткие условия судоходства устанавливаются в Евросоюзе, США, Канаде. Они касаются ускоренного вывода из эксплуатации однокорпусных танкеров, ответственности за загрязнение окружающей среды, использования низкосернистого судового топлива и т. д.

В 2007 г. Россия среди морских держав занимала 30 место по тоннажу флота, зарегистрированному под национальным флагом. По тоннажу, находящемуся под контролем России, наша страна, по оценкам иностранных экспертов, находилась на 13-м месте в мире, сразу после Великобритании, Дании, опережая такие страны, как Италия, Турция.

На начало 2008 г. под контролем России находилось 1474 морских транспортных судна общим дедвейтом 16,2 млн т, из которых 63,6% эксплуатируется под иностранными флагами. Структура флота по принятым в статистической отчетности группам представлена на рис. 1.

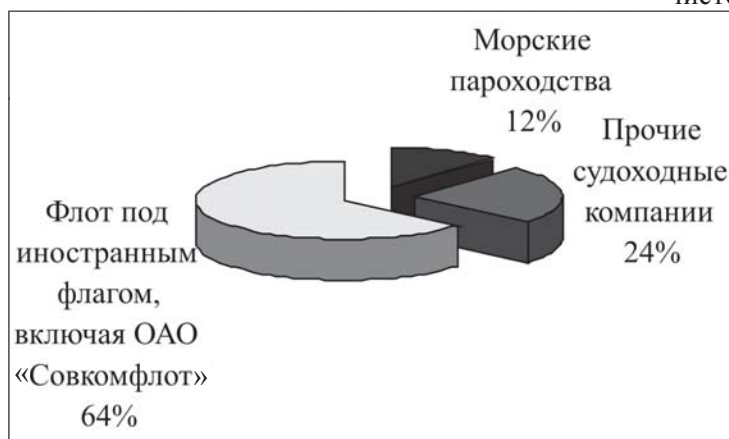


Рис. 1. Структура морского транспортного флота России по состоянию на начало 2008 г.

В Российском международном реестре судов на начало 2008 г. зарегистрировано 197 судов общим дедвейтом 890,4 тыс. т, из них: морской транспортный флот — 170 ед., рыбопромысловый флот — 3 ед., речной транспортный флот — 13 ед., прочий флот (яхта) — 1 ед., обеспечивающий флот — 1 ед.

Для современного периода развития отечественного морского транспортного флота характерны следующие тенденции.

1. Объем перевозок грузов флотом, контролируемым Россией, за последние годы постоянно увеличивается (1992 г. — 108,2 млн т, 2006 г. — 163,6 млн т), однако доля участия морского флота, контролируемого Россией, в перевозках внешнеторговых грузов России, составляет всего около 6%.

2. Объемы грузов, осваиваемые флотом под российским флагом, снижаются (1992 г. — 88,6 млн т, 2007 г. — 26,7 млн т). Флот, эксплуатируемый под отечественным флагом, практически не участвует в перевозках внешнеторговых грузов России (около 1 млн т в 2007 г.), при этом флотом под иностранными флагами перевезено 27 млн т внешнеторговых грузов (сырая нефть из портов Приморск, Новороссийск, месторождений Сахалина и др.).

3. Сокращается флот так называемых «бывших морских парохозяйств», но темпы выбытия судов снижаются. При этом темпы снижения объемов перевозок грузов выше, чем темпы сокращения флота. Это объясняется тем, что флот, оставшийся на балансе морских парохозяйств, с каждым годом становится все менее конкурентоспособным, что подтверждается ежегодным снижением объемов чистой валютной выручки.

4. Увеличивается флот прочих судоходных компаний, в основном за счет судов смешанного «река–море» плавания. Для этой группы судов характерен высокий средний возраст — 20,6 лет.

5. Не прекращается рост тоннажа, зарегистрированного под иностранными флагами, который за период 2004–2007 гг. составил 1808,1 тыс. т. Средний возраст судов этой группы — 7,4 года.

6. В связи с изменениями в мировой структуре перевозок грузов изменяется и структура флота, контролируемого Россией (табл. 1).

Таблица 1

**Структура мирового и отечественного тоннажа по назначениям судов
(по состоянию на январь 2008 г.)**

Назначение судна	Мировой флот		Российский флот	
	дедвейт, млн т	%	дедвейт, тыс. т	%
Нефтетанкеры	364	37,2	10268,5	63,2
Химовозы	10,3	1,05	740,3	4,6
Газовозы	25,6	2,6	268,3	1,7
Балкеры	346,4	35,4	973,5	6,0
ОБО	7,2	0,74	102,5	0,6
Контейнеровозы	120,5	12,3	370,5	2,3
Ролкеры	6,9	0,08	70,8	0,4
Рефрижераторы	6,6	0,07	345,1	2,1
Суда для перевозки генеральных грузов	72,7	7,4	2623,9	16,2
Специализированные суда	12,2	1,2	442,1	2,7
Пассажирские суда	6	0,61	32,3	0,2
Всего	978,5	100	16238,0	100

Наиболее интенсивно морской флот России за последние годы пополнялся за счет танкеров, при этом более 80,0% всех наливных судов зарегистрировано под иностранными флагами со средним возрастом до 10 лет. Эти данные позволяют констатировать, что Россия располагает современным конкурентоспособным наливным флотом и продолжает его развивать дальше.

7. Около 80% заказов на новые суда размещаются на зарубежных верфях. Около 92 % всех построенных для России судов зарегистрировано под иностранными флагами.

По оценкам специалистов ЗАО «ЦНИИ-ИМФ» по вышеназванным причинам Российская Федерация ежегодно несет потери от недополученного фрахта в сумме более 9 млрд долл. США.

Существуют проблемные вопросы и в развитии морских портов.

В Российской Федерации функционируют 62 торговых и специализированных морских портов, которые обеспечивают около 45% объема российской внешней торговли. В зависимости от целевых государственных индикаторов в их развитии с 1992 г. и по настоящее время можно выделить два периода:

- 1992–2001 гг. — преодоление кризисного состояния отечественного портового хозяйства, вызванного разделом морского транспорта между бывшими союзными республиками;

- 2002–2010 гг. — обеспечение потребностей российской экономики и внешней торговли в перевалке экспортно-импортных, транзитных и каботажных грузов на высоком техническом, технологическом и организационном уровнях в тесном взаимодействии со смежными видами транспорта и грузовладельцами.

Для современного периода развития морских торговых портов России характерны следующие тенденции.

1. Грузооборот российских портов растет высокими темпами. В 2007 г. объем перевалки грузов в морских портах составил 451 млн т, что в 2,5 раза превышает этот показатель начала 1990-х гг. Из общего объема на долю экспортных грузов приходится 77,8%, импортных — 8,4%, транзитных — 8,5%, каботажных — 5,3%.

2. Доля портов сопредельных стран в общем объеме перевалки российских внешне-торговых грузов продолжает сокращаться.

Однако в 2007 г. российских внешнеторговых грузов в портах Балтии и Украины было переработано 117,11 млн т, что на 12,6 % больше, чем в 2006 г.

3. Номенклатура грузов, обрабатываемых в морских портах, отражает состояние российской экономики: 90% российских грузов — это сырьевые и топливно-энергетические ресурсы.

4. Существует дефицит портовых мощностей, ориентированных на перевалку импортных грузов (контейнеры и накатные грузы), который вызван опережающим развитием в течение последних лет портовых мощностей, направленных на перевалку экспортных грузов.

5. Дальнейшее развитие портовой инфраструктуры многих портов затруднено ввиду расположения портов в границах населенных городов. Кроме того, существует правовая неопределенность в вопросах резервирования и использования земельных участков для строительства и реконструкции портов, включая вопросы установления границ территорий и акваторий морских портов и отнесения занимаемых ими территорий к категории земель транспорта.

6. Отсутствие развитой инфраструктуры и низкое техническое оснащение пунктов пропуска приводит к увеличению продолжительности оформления таможенных процедур.

7. Отсутствуют научно-обоснованные тарифы на услуги, предоставляемые судам в морских портах и на подходах к ним.

Изложенные выше тенденции свидетельствуют о недостаточном уровне конкурентоспособности отечественного морского транспорта, что подтверждает необходимость разработки системы повышения и поддержания его конкурентоспособности. Основываясь на предварительных результатах научной работы в этой области, можно сформулировать положения (концептуальные принципы) повышения конкурентоспособности морского транспорта.

1. *Направления повышения конкурентоспособности морских судов и портов по экономическим параметрам:*

- снижение цены судна за счет унификации проектов судов, увеличения судов в

серии, экономически обоснованного выбора страны постройки, развития мер государственной поддержки (льготное кредитование, погашение части кредитной ставки);

- снижение себестоимости содержания судов в эксплуатации за счет оптимизации расходов по статьям затрат, увеличения загрузки судов путем уменьшения порожних пробегов, сокращения расходов на портовые сборы и услуги, оказываемые судам в портах, снижения затрат на бункеровку судов путем выбора предпочтительного пункта бункеровки, снижения общеэксплуатационных расходов путем оптимизации управленческой деятельности судоходной компании;

- повышение качества экономической обоснованности величины тарифов на погрузочно-разгрузочные работы и другие услуги портов с учетом уровня соответствующих тарифов в конкурирующих портах;

- улучшение финансовых показателей работы компаний, оказывающих услуги судам в порту, за счет оптимизации расходов по статьям затрат, снижения общих эксплуатационных расходов путем оптимизации управленческой деятельности компании.

2. *Направления повышения конкурентоспособности морских судов и портов по техническим параметрам:*

- оптимизация основных размеров судов (дедвейт, скорость, осадка и др.) с учетом пунктов отправления и назначения грузов, ледовых условий плавания;

- проектирование судов с учетом приспособленности судна к ускоренной грузообработке;

- преимущественное приобретение специализированных судов как наиболее рентабельных и обеспечивающих высокую сохранность грузов;

- активное использование на судах средств автоматизации судовождения и связи;

- снижение норм грузообработки судов за счет повышения уровня технической оснащенности порта;

- развитие средств навигационно-гидрографического обеспечения мореплавания;

- повышение качества технико-экономических обоснований строительства новых судов и портов;

- повышение уровня безопасности мореплавания за счет внедрения глобальных и локальных систем;

- развитие и оптимизация транспортной инфраструктуры;

- учет экологической безопасности при проектировании и строительстве флота и портов.

3. *Направления повышения конкурентоспособности морских судов и портов по организационным параметрам:*

- совершенствования бизнес-планирования деятельности компаний;

- повышение качества коммерческого менеджмента;

- повышение уровня профессиональной подготовки кадров;

- расширение перечня предоставляемых услуг судам в портах;

- внедрение новых информационных технологий управления транспортными процессами;

- совершенствование технологий перевозки и перевалки грузов;

- внедрение международных стандартов качества производственной и управленческой деятельности компаний;

- разработка и внедрение систем противодействия террористическим угрозам объектам морского транспорта;

- повышение инвестиционной привлекательности морского транспорта;

- активизация деятельности по позиционированию компании на внутреннем и международном рынках транспортных услуг.

4. *Направления повышения конкурентоспособности морских судов и портов по нормативным параметрам:*

- разработка и ратификация международных конвенций в области деятельности морского транспорта;

- разработка, совершенствование и реализация нормативных правовых актов в области деятельности морского транспорта;

- организация мониторинга за принятием и исполнением нормативных правовых актов в области деятельности морского транспорта.

Представленные направления повышения конкурентоспособности морского транспорта требуют ранжирования по степени значимости в общем интегральном показателе конкурентоспособности, что возможно только после выполнения дополнительных научных исследований. Кроме того, следует отметить, что степень реализации мероприятий по повышению конкурентоспособности отечественного морского транспорта существенно зависит от участия государства в этом процессе.

Т. А. Пантина,

д-р экон. наук, проф., СПГУВК;

Н. Ф. Цанева,

Федеральное агентство
морского и речного транспорта;

И. Г. Курильченко,

канд. экон. наук, доц., СПГУВК

**ПОДПРОГРАММА «ВНУТРЕННИЙ ВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ» ФЕДЕРАЛЬНОЙ
ЦЕЛЕВОЙ ПРОГРАММЫ «РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ РОССИИ
(2010–2015 ГОДЫ)»: СОСТАВ, ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И РЕСУРСНОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ**

**SUBPROGRAMME «INLAND WATER TRANSPORT» OF THE FEDERAL SPECIAL-
PURPOSE PROGRAMME «DEVELOPMENT OF TRANSPORT SYSTEM IN RUSSIA
(2010–2015)»: STRUCTURE, THE RESULTS EXPECTED AND RESOURCES SUP-
PORT OF THE PROGRAMME EVENTS**

В статье изложены результаты научного исследования по разработке Подпрограммы «Внутренний водный транспорт» ФЦП «Развитие транспортной системы России (2010–2015 годы)».

The article demonstrates the results of the research for development of the Subprogramme «Inland water transport» FSP «Development of transport system in Russia in 2010–2015».

Ключевые слова: внутренний водный транспорт, конкурентоспособность, пропускная способность водных путей, безопасность гидротехнических сооружений, обновление флота

Key words: inland water transport, competitive capacity, waterways carrying capacity, safety of hydraulic structures, fleet renovation

В РАМКАХ федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России (2010–2015 годы)» завершена разработка подпрограммы «Внутренний водный транспорт» (далее — Подпрограмма). Общий объем финансирования программных мероприятий составляет 206,3 млрд руб. (в расчетных ценах, соответствующих годам ее реализации). Источниками финансирования являются средства федерального бюджета — 165,0 млрд руб. (80%) и внебюджетные средства — 41,3 млрд руб. (20%). При этом из общей суммы финансирования капитальные вложения в реализацию инвестиционных проектов составляют 205,3 млрд руб. (99,5%), расходы на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы — 0,6 млрд руб. (0,3%), прочие нужды — 0,4 млрд руб. (0,2%).

Цели подпрограммы «Внутренний водный транспорт» соответствуют общим стратегическим целям развития транспортной системы России:

- 1) развитие современной и эффективной транспортной инфраструктуры, обеспечивающей ускорение товародвижения и снижение транспортных издержек в экономике;
- 2) повышение конкурентоспособности транспортной системы России и реализация транзитного потенциала страны;
- 3) повышение комплексной безопасности и устойчивости транспортной системы.

Для достижения поставленных целей в Подпрограмме предполагается решение следующих задач:

- устранение лимитирующих участков, ограничивающих пропускную способность Единой глубоководной системы европейской части Российской Федерации;

- развитие портовой инфраструктуры на внутренних водных путях международного значения;

- повышение конкурентоспособности внутреннего водного транспорта на основе обновления транспортного флота;

- обеспечение надежности объектов инфраструктуры и безопасности судоходства на внутренних водных путях.

Решение перечисленных целей и задач обеспечивается реализацией в период 2010–2015 гг. совокупности программных мероприятий, представленных 16 комплексными инвестиционными проектами.

Одной из наиболее острых проблем на внутреннем водном транспорте является наличие лимитирующих участков, снижающих пропускную способность внутренних водных путей Единой глубоководной системы европейской части России на Волго-Балтийском водном пути, реке Волге в районе п. Городец Нижегородской области. Задача «Сокращение протяженности лимитирующих участков, ограничивающих пропускную способность Единой глубоководной системы европейской части Российской Федерации», в значительной степени будет решена в случае осуществления двух крупных инвестиционных проектов: строительство низконапорного гидроузла в Нижегородской области (п. Большое Козино) в период 2010–2015 гг., строительство второй нитки шлюза Нижнесвирского гидроузла в период 2010–2014 гг.

Городецкий гидроузел на реке Волге построен в 1956 г. За прошедшие десятилетия произошли необратимые изменения русла реки, связанные с повышенными (по сравнению с расчетными) расходами воды в нижнем бьефе. В результате на данном участке протяженностью 45 км, находящемся в самом центре Единой глубоководной системы, не обеспечиваются нормальные условия судоходства в связи с недостаточностью глубин: 2–2,2 м по сравнению с глубиной 4 м, гарантированной на остальных участках водных путей Единой глубоководной системы европейской части России протяженностью 6500 км. Потери провозной способности флота значительны и обусловлены недоиспользованием грузоподъемности судов и простоями

в ожидании шлюзования до 72 часов. В перспективе возможно прекращение сквозного судоходства по реке Волге, являющейся водной трассой международного значения.

Выполнение дноуглубительных работ на перекатах нижнего бьефа нецелесообразно, так как как провоцирует дальнейшее изменение уровня реки Волги и негативно отражается на режиме работы гидроэлектростанции, водозаборных сооружений и причалов. В качестве варианта решения проблемы в Подпрограмме предлагается проектирование и строительство комплексного низконапорного гидроузла на р. Волга в нижнем бьефе существующего Городецкого гидроузла, совмещенного с автодорожным мостом в районе п. Большое Козино. Стоимость строительства низконапорного гидроузла с финансированием в полном объеме за счет средств федерального бюджета составляет 39,8 млрд руб. (без стоимости строительства мостового перехода и затрат по мероприятиям, связанным с обустройством зоны водохранилища).

С вводом в 1964 г. в строй Волго-Балтийского водного пути было закончено формирование Единой глубоководной системы европейской части России. Серьезным фактором, сдерживающим рост перевозок грузов и пассажиров по Волго-Балтийскому пути в настоящий и перспективный периоды является недостаточная пропускная способность трассы. Простои судов достигают 5–6 суток, а время прохождения участка водных путей от Череповца до Санкт-Петербурга увеличилось с 3–4 до 7–8 суток. В системе Волго-Балтийского водного пути наиболее загруженным по времени является Нижнесвирский шлюз.

Для решения проблемы предлагается провести комплексную модернизацию инфраструктуры Волго-Балтийского водного пути, включая строительство второй нитки шлюза Нижнесвирского гидроузла. Протяженность реконструируемого участка равна 75 км. Общие расходы на осуществление проекта составляют 7,3 млрд руб., в том числе за счет средств федерального бюджета — 5,2 млрд руб. (71%), за счет внебюджетных источников — 2,1 млрд руб. (29%).

Ликвидация двух лимитирующих участков водных путей позволит сократить долю

внутренних водных путей, ограничивающих пропускную способность Единой глубоководной системы европейской части России с 4869 км (75%) в 2010 г. до 889 (14%) к 2015 г., сохранить целостность реки Волги как судоходной трассы, обеспечить гарантированные унифицированные габариты всех внутренних водных путей международного значения, создать условия для привлечения транзитных международных грузопотоков, увеличить пропускную способность Единой глубоководной системы европейской части Российской Федерации в 1,8 раза.

Задачу «Развитие портовой инфраструктуры на внутренних водных путях международного значения в рамках Подпрограммы планируется решать путем осуществления в период 2010–2015 гг. мероприятий по строительству специализированных портовых терминалов и объектов инфраструктуры порта Азов. Инвестиционный проект предполагает реконструкцию Азово-Донского канала, строительство специализированного терминала по перевалке продукции военного назначения, строительство терминала по перевалке сжиженного углеводородного газа. Стоимость реализации данного проекта оценивается в сумме 5,8 млрд руб., при этом основным источником финансирования служат внебюджетные средства в размере 5,8 млрд руб. (99,8%), средства федерального бюджета составят 10 млн руб. (0,2 %). Основными ожидаемыми результатами реализации проекта являются: способность обрабатывать в порту Азов все типы судов класса «река–море» без ограничения их грузоподъемности, строительство грузовых причалов протяженностью 450 пог. м, существенный рост объемов перевалки грузов за счет увеличения пропускной способности порта; переориентация российского экспорта продукции военного назначения с портов Украины; создание условий для интеграции транспортной инфраструктуры юга России в международную транспортную систему.

Задача «Повышение конкурентоспособности внутреннего водного транспорта на основе обновления транспортного флота» в рамках Подпрограммы будет решаться в период 2010–2015 гг. за счет строительства 85 единиц сухогрузных и наливных судов гру-

зоподъемностью 5 тыс. т для замены судов типа «Волго-Дон» и «Волгонефть», которые являлись основными на протяжении последних 30 лет при перевозках массовых грузов по Единой глубоководной системе европейской части России и по срокам службы требуют замены, а также строительства малотоннажного флота для восточных бассейнов (7 единиц) и пассажирских судов нового проекта «Золотое кольцо» пассажироместимостью 212 человек (5 единиц).

Стоимость проектирования и строительства 97 судов транспортного флота с финансированием в полном объеме за счет внебюджетных средств оценивается в Подпрограмме в сумме 33,3 млрд руб. В результате строительства современных грузовых и пассажирских судов ожидается рост конкурентоспособности российского речного флота и объемов перевозок грузов и пассажиров, снижение транспортных издержек, ускорение скорости доставки.

Задача «Обеспечение надежности объектов инфраструктуры и безопасности судоходства на внутренних водных путях» является приоритетной в развитии внутреннего водного транспорта в среднесрочной перспективе: из 16 инвестиционных проектов Подпрограммы 12 проектов имеют в качестве основной цели решение именно этой задачи. На реализацию мероприятий на внутреннем водном транспорте, направленных на повышение комплексной безопасности и устойчивости транспортной системы страны, из федерального бюджета выделяется 119,2 млрд руб., что составляет 58% капитальных вложений и 72,3% бюджетных средств по Подпрограмме в целом.

Наиболее серьезной проблемой является снижение уровня безопасности судоходных гидротехнических сооружений из-за ухудшения их технического состояния. На внутренних водных путях России эксплуатируются 723 судоходных гидротехнических сооружения (СГТС), являющихся федеральной собственностью, из них 335 сооружений включены в отраслевой Регистр судоходных гидротехнических сооружений, подлежащих декларированию безопасности. Данные сооружения относятся к стратегически важным

объектам Российской Федерации, а по классификации угроз — к техногенно-опасным объектам.

Большинство из действующих на внутренних водных путях Российской Федерации гидротехнических сооружений эксплуатируются 50–70 и более лет. На основе проведенного декларирования безопасности судоходных гидротехнических сооружений на 1 января 2008 г. установлено, что 20,9% сооружений имеют нормальный уровень безопасности, 60% — пониженный, 14,2% — неудовлетворительный и 4,1% — опасный.

Эксплуатация гидротехнических сооружений при неудовлетворительном техническом состоянии может привести к техногенным авариям и таким катастрофическим последствиям, как затопление нижерасположенных территорий с прохождением волны прорыва высотой до 18 м, прекращение судоходства, работы гидроэлектростанций, систем водоснабжения, нарушение экологического равновесия на обширных территориях.

Мероприятия по обеспечению безопасности гидротехнических сооружений за счет улучшения их технического состояния подразумевают осуществление в рамках Подпрограммы трех крупных инфраструктурных проектов: по реконструкции объектов инфраструктуры канала имени Москвы, комплексной реконструкции гидротехнических сооружений Единой глубоководной системы европейской части Российской Федерации, комплексной реконструкции гидротехнических сооружений и внутренних водных путей Сибири и Дальнего Востока. Финансирование мероприятий по обеспечению безопасности СГТС составляет более 45% всех средств федерального бюджета, выделенных в целом по Подпрограмме.

Большинство сооружений, эксплуатируемых ФГУП «Канал имени Москвы», построено более 70 лет назад, гидросооружения имеют пониженный уровень безопасности и по своим техническим параметрам не обеспечивают надежность поддержания напорного фронта воды и безопасность судоходства в бассейне. Проект реконструкции объектов инфраструктуры канала имени Москвы включает реконструкцию 16 гидроузлов,

техническое перевооружение его насосных станций, систем контрольно-измерительной и информационно-диагностической аппаратуры с обеспечением антитеррористической защищенности объектов, расположенных на канале имени Москвы, Москворецко-Окской шлюзованной системе, Рыбинском водохранилище и верхней части реки Волги. Общие расходы на осуществление проекта составляют 20,9 млрд руб.

Проект комплексной реконструкции гидротехнических сооружений внутренних водных путей ЕГС предполагает проведение восстановительных работ гидротехнической и строительной частей на действующих гидротехнических сооружениях, замену и обновление металлоконструкций и механического оборудования, а также электрооборудования. проведение таких работ в соответствии с поручениями Президента РФ предусматривается на объектах Беломорско-Балтийского, Волго-Донского каналов, Волго-Балтийского водного пути, на гидротехнических сооружениях Северо-Двинской шлюзованной системы, Волжского, Камского, Азово-Донского бассейнов. Общие расходы на осуществление комплексного проекта в период 2010–2015 гг. составляют 51,6 млрд руб.

Проект по комплексной реконструкции гидротехнических сооружений и внутренних водных путей Сибири и Дальнего Востока предусматривает проведение соответствующих мероприятий по Обскому, Енисейскому, Ленскому и Амурскому бассейнам, включая реконструкцию Красноярского судоподъемника и Новосибирского шлюза с подходным каналом, реконструкцию и восстановление внутренних водных путей на реке Енисей на участке Красноярск–устье Ангары протяженностью 330 км, 22 участков на реке Амур в условиях эксплуатации Бурейской ГЭС, реконструкцию выправительных сооружений Ленского бассейна. Общие расходы на осуществление проекта в период 2010–2015 гг. составят 3,0 млрд руб.

В результате реализации программных мероприятий по обеспечению безопасности гидротехнических сооружений за счет улучшения их технического состояния ожидается снижение доли судоходных гидротехнических

ких сооружений, имеющих неудовлетворительный уровень безопасности с 14,1 в 2009 г. до 9% в 2015 г., опасный уровень — с 4,1 до 0%.

Реализация мероприятий по модернизации береговых производственных объектов и сооружений, являющихся федеральной собственностью, также предполагает в качестве основной цели обеспечение безопасности транспортной системы внутреннего водного транспорта и предусматривает реконструкцию береговой инфраструктуры, включая маяки на Волго-Балтийском водном пути и Беломорско-Балтийском канале, навигационное ограждение по отдельным речным бассейнам, ремонтные технические пункты, базы отстоя флота и другие производственные сооружения и здания. Общие расходы на осуществление проекта составляют 2,4 млрд руб.

Для обеспечения безопасности судоходства также необходимо обновление флота, обслуживающего внутренние водные пути, на основе структурной и количественной оптимизации его состава по отдельным бассейнам. По состоянию на 1 января 2008 г. из 2850 судов обслуживающего флота, находящихся на балансе государственных бассейновых управлений водных путей и судоходства, подлежит обновлению (1880 единиц). Средний возраст судов составляет более 30 лет, износ — 84%. Крайне неблагоприятная обстановка сложилась с обстановочным флотом: около 60% этих судов эксплуатируется более 30 лет при нормативном сроке 22 года.

Проект «Обновление обслуживающего флота» предусматривает проектирование и строительство 352 судов, связанных с реализацией государственных функций по содержанию на внутренних водных путях, в том числе обстановочных теплоходов, обеспечивающих надежность функционирования навигационного оборудования (250 единиц); экологических судов, предназначенных для сбора и переработки отходов и утилизации нефтесодержащих вод с судов (16 единиц); судов для промерных и изыскательских работ (32 единицы); служебно-вспомогательных судов (32 единицы); земснарядов (22 единицы). Общий объем финансирования проекта составляет 33,1 млрд руб.

Подпрограмма предусматривает также приобретение в период 2010–2015 гг. 115 скоростных патрульных катеров для нужд территориальных управлений государственного речного надзора, необходимых для обеспечения контрольно-надзорной деятельности на внутреннем водном транспорте.

Обеспечение безопасности на внутренних водных путях также невозможно без реконструкции и развития сетей ведомственной технологической связи, предусматривающей внедрение коммуникационных средств нового поколения, что позволит существенно повысить эффективность систем связи, надежность, достоверность и качество передачи информации.

Начиная с 2002 г. в рамках Подпрограммы проводятся работы по реконструкции и развитию связи Волго-Балтийского, Беломорско-Онежского и Северо-Двинского речных бассейнов европейской части России. Мероприятия по реконструкции и развитию сетей ведомственной технологической связи на период 2010–2015 гг. предусматривают развитие системы управления движением судов и информационное обеспечение судоходства на всей протяженности внутренних водных путей РФ. В первоочередном порядке в период до 2012 г. необходимо завершить реконструкцию и создание речной системы управления движением судов и информационного обеспечения судоходства Единой глубоководной системы европейской части России как стратегически важного и наиболее сложного участка внутренних водных путей. Создание и развитие сетей ведомственной технологической связи на внутренних водных путях, не входящих в Единую глубоководную систему европейской части России, планируется осуществить в период 2010–2015 гг. Таким образом, обеспеченность внутренних водных путей средствами ведомственной технологической связи нового поколения к концу 2015 г. составит 100%. В целом на реконструкцию и развитие сетей ведомственной технологической связи на внутренних водных путях РФ на период 2010–2015 гг. потребуется 2,2 млрд руб., финансирование работ предусматривается за счет средств федерального бюджета.

Безопасность судоходства в современных условиях во многом определяется наличием у судоводителей навигационной информации, обновляемой в оперативном режиме. Для этого необходимо внедрение системы использования электронных навигационных карт для обеспечения безопасного судовождения и применения автоматизированной проводки судов, что особенно важно в условиях ограниченной видимости, на участках с неосвещаемой судоходной обстановкой. Актуальность этой проблемы повышается в связи с предполагаемым в среднесрочной перспективе открытием Единой глубоководной системы европейской части России для прохода судов под флагом иностранных государств.

Инвестиционный проект «Реконструкция лабораторий навигационной информации, включая монтаж программно-аппаратных средств», предусматривает создание и оснащение программно-аппаратными средствами за счет средств федерального бюджета в размере 0,6 млрд руб. 17 аккредитованных для этой деятельности лабораторий навигационной информации во всех государственных бассейновых управлениях водных путей и судоходства и федеральном государственном унитарном предприятии «Канал имени Москвы» для проверки и корректировки в кратчайшие сроки навигационной информации и оперативной ее передачи на суда по каналам связи. В результате реализации данного проекта доля внутренних водных путей международного значения, обеспеченных электронными навигационными картами, составит к концу 2015 г. 100%.

Обеспечение надежности и безопасности функционирования внутреннего водного транспорта возможно только при наличии эффективной системы подготовки, переподготовки, повышения квалификации и закрепления кадров. Решать поставленную задачу предполагается на основе создания четырех научно-образовательных комплексов в Северо-Западном, Центральном, Сибирском и Приволжском федеральных округах на базе существующих отраслевых высших учебных заведений и существенного развития их материально-технической базы, анализ состояния которой подтвердил высокую степень износа

учебных зданий и оборудования (40–100%) и необходимость реконструкции объектов социального назначения (общежития, спорт-комплексы, библиотеки), создания современных учебно-тренировочных центров и тренажерных комплексов, модернизации учебно-исследовательских лабораторий.

Общие расходы на развитие материально-технической базы высших учебных заведений составляют 3,4 млрд руб. с финансированием в полном объеме за счет средств федерального бюджета.

При подготовке Подпрограммы анализировались два варианта решения указанных проблем: при первом варианте предусматривалась самостоятельная реализация отдельных проектов; при втором варианте решение проблем рассматривалось с применением программно-целевого метода, позволяющего обеспечить оптимальное решение с координацией усилий транспортных организаций, частных инвесторов и государства. Предпочтение было отдано второму варианту.

Реализация комплекса подпрограммных мероприятий сопряжена со следующими рисками:

- макроэкономическими, которые обусловлены возможными неблагоприятными изменениями макроэкономической ситуации и, как следствие, снижением объема инвестиционных ресурсов, предусмотренных для реализации мероприятий, в том числе из внебюджетных источников, что может привести к незавершению или невозможности реализации ряда проектов, неэффективному использованию бюджетных средств;
- внешнеэкономическими, обусловленными возможностью появления неблагоприятных тенденций в развитии внешнеторговых отношений, функционировании валютных рынков, изменением геополитической позиции Российской Федерации, что может привести к снижению или изменению направлений и структуры грузопотоков;
- рыночными, связанными с конъюнктурными колебаниями рынка, падением доходности инвестиций;
- операционными, связанными с ненадлежащей технической и нормативно-правовой поддержкой реализации подпрограммы.

Вместе с тем существующие экономические предпосылки реализации крупных инвестиционных проектов по развитию инфраструктуры внутреннего водного транспорта позволяют рассчитывать на их успешное завершение в программные сроки при условии адекватной организационной и ресурсной обеспеченности. При этом конечные результаты, связанные с высокими темпами строи-

тельства объектов транспортной инфраструктуры, ускорением транспортных потоков, формированием дополнительных бюджетных поступлений за счет увеличения налоговой базы и роста объемов перевозок, обеспечивают высокую общественную эффективность мероприятий Подпрограммы, сумма ожидаемого интегрального социально-экономического эффекта составляет 106,8 млрд руб.

УПРАВЛЕНИЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ПРАВО

В. А. Бабурин,

канд. техн. наук, проф., СПГУВК;

Н. В. Бабурин,

канд. техн. наук, доц., СПГУВК

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ДОСТАВКИ ГРУЗОВPARAMETER OPTIMIZATION OF THE LOGISTIC SYSTEM IN CARGOES
DELIVERY

В статье рассмотрены подходы к оптимизации параметров логистической системы доставки груза, приведен перечень показателей оценки эффективности доставки грузов. Изложен интегрально-рейтинговый метод выбора звена логистической системы. Представлен пример обоснования структуры логистической системы с учетом фактора времени.

Approaches to optimization of parameters of the logistic system in cargo delivery are considered, the list of indices of the cargo delivery efficiency is demonstrated.

Ключевые слова: доставка груза, логистика, логистическая система, параметры, критерии, оптимизация, оператор мультимодальной перевозки

Key words: cargo delivery, logistic system, parameters, criteria, optimization, multimodal transportation operator



ПАРАМЕТРЫ любой системы определяются прежде всего ее структурой, т. е. составом входящих в нее элементов и их взаимосвязями, а также характеристиками этих элементов и их взаимодействия. Логистика теперь как понятие употребляется достаточно широко, но не всегда адекватно в контексте. Поэтому уточним также и предметную область, рассматриваемую в данной статье.

Под логистикой мы понимаем классическое ее содержание и, если исходить из истоков зарождения логистики как научного направления, то, безусловно, следует констатировать, что она формировалась как прикладная ветвь для целей оптимизации материально-технического обеспечения масштабных мероприятий, таких, например, как военные операции. Поэтому, исходя из ее сущностного содержания, можно утверждать, что основными функциями логистики являются изучение и оптимизация материальных и сопутствующих им финансовых и информационных потоков. При этом надо иметь в виду, что основополагающими и

проблемно-образующими в этом сочетании являются материальные потоки, иначе говоря — потоки материальных объектов, требующих физического (пространственного) перемещения, а в более общем смысле — доставки.

Доставка груза представляет собой сложный технологический процесс, взаимодействующие составляющие которого определяются используемыми транспортно-технологическими схемами (ТТС). ТТС представляет собой основу логистической системы (ЛС) доставки груза. В соответствии с теорией управления логистическая система рассматривается как взаимодействующая совокупность элементов, обеспечивающая достижение поставленной цели — в данном случае доставки груза с максимальным эффектом.

В общем случае основными и обязательными элементами ЛС доставки груза будут:

— грузоотправитель и грузополучатель (клиент);

— оператор или в случае смешанной перевозки оператор мультимодальной перевозки (ОМП);

- терминалы оконечные и перевалочные, в случае смешанной перевозки;
- перевозчик или перевозчики;
- агенты и посредники.

Таким образом, в ЛС доставки груза могут принимать участие большое количество физических и юридических лиц с соответствующими характеристиками и показателями эффективности их функционирования. При этом на участие в большинстве звеньев ЛС может претендовать в общем случае множество субъектов-альтернатив. И выбор конкретного субъекта из множества возможных является непростой задачей, поскольку с точки зрения того или иного клиента эффект от доставки груза может оцениваться большим

количеством разнообразных показателей: экономических, эксплуатационных, информационных. Количество таких показателей может варьироваться от 3–5 (стоимость, надежность, время) до 15–20 (табл. 1) в зависимости от пожеланий клиента. При решении задач выбора конкретная альтернатива из числа допустимых принимается на основании критериев или показателей предпочтения. Задача выбора звена ЛС относится к классу многокритериальных и имеет сложное решение, т. к. получить объективные, количественные оценки приведенных в табл. 1 показателей предпочтения не всегда возможно расчетным способом. В таких случаях часто применяются методы экспертных оценок.

Таблица 1

Перечень критериев — показателей предпочтения при выборе перевозчика

№ п/п	Наименование показателя
1	Надежность
2	Тарифы, затраты по доставке
3	Время доставки
4	Готовность (гибкость) перевозчика к переговорам об изменении тарифа
5	Финансовая стабильность перевозчика
6	Уровень сервиса
7	Наличие дополнительного оборудования (по перевалке)
8	Наличие дополнительных услуг по комплектации и доставке груза
9	Сохранность груза
10	Экспедирование отправок
11	Квалификация персонала
12	Мониторинг процесса перевозки (доставки)
13	Готовность (гибкость) перевозчика к переговорам об изменении сервиса
14	Гибкость схем маршрутизации перевозок
15	Процедура подачи заявки на перевозку (доставку)
16	Наличие специального оборудования (транспортное, перегрузочное)
17	Уровень информативности

Анализ используемых методов экспертных оценок позволил, с учетом их достоинств и недостатков, сформулировать модифицированный, назовем его интегрально-рейтинговым, метод экспертной оценки выбора элемента в звене логистической системы доставки. Суть этого метода заключается в том, что клиентом или по согласованию с ним ус-

танавливается состав показателей предпочтения, например, из перечня, приведенного в табл. 1, и определяется их ранг. Затем определяется вес каждого показателя принятой совокупности и по каждому претенденту звена ЛС, например перевозчику или терминалу перевалки, определяется экспертная оценка — рейтинг показателя по: трех- (1 — «отлично»,

2 — «хорошо», 3 — «удовлетворительно»), четырех- (1 — «отлично», 2 — «хорошо», 3 — «удовлетворительно», 4 — «неудовлетворительно»), пяти- (1 — «отлично», 2 — «хорошо», 3 — «удовлетворительно», 4 — «неудовлетворительно», 5 «плохо») или более балльной системе.

Далее рассчитывается рейтинго-весовая оценка по каждому показателю. Рейтинг субъекта (перевозчик или терминал) определяется по значению интегрально-рейтинговой оценки, которая подсчитывается по выражению:

$$R_i^f = \sum r_{pi} \cdot V_p \quad (i = 1, \bar{n}), \quad (1)$$

где r_{pi} — экспертная оценка p -го показателя i -го варианта (претендента);

V_p — вес p -го показателя предпочтения.

Вес показателя предпочтения в их совокупности в свою очередь определяется по выражению:

$$V_p = N / R_p, \quad (2)$$

где N — общее количество принятых оценочных показателей — показателей предпочтения;

R_p — ранг p -го показателя предпочтения.

Алгоритм выбора элемента звена ЛС представлен на рис. 1, а численный пример определения рейтинга перевозчика по изложенной методике — в табл. 2.

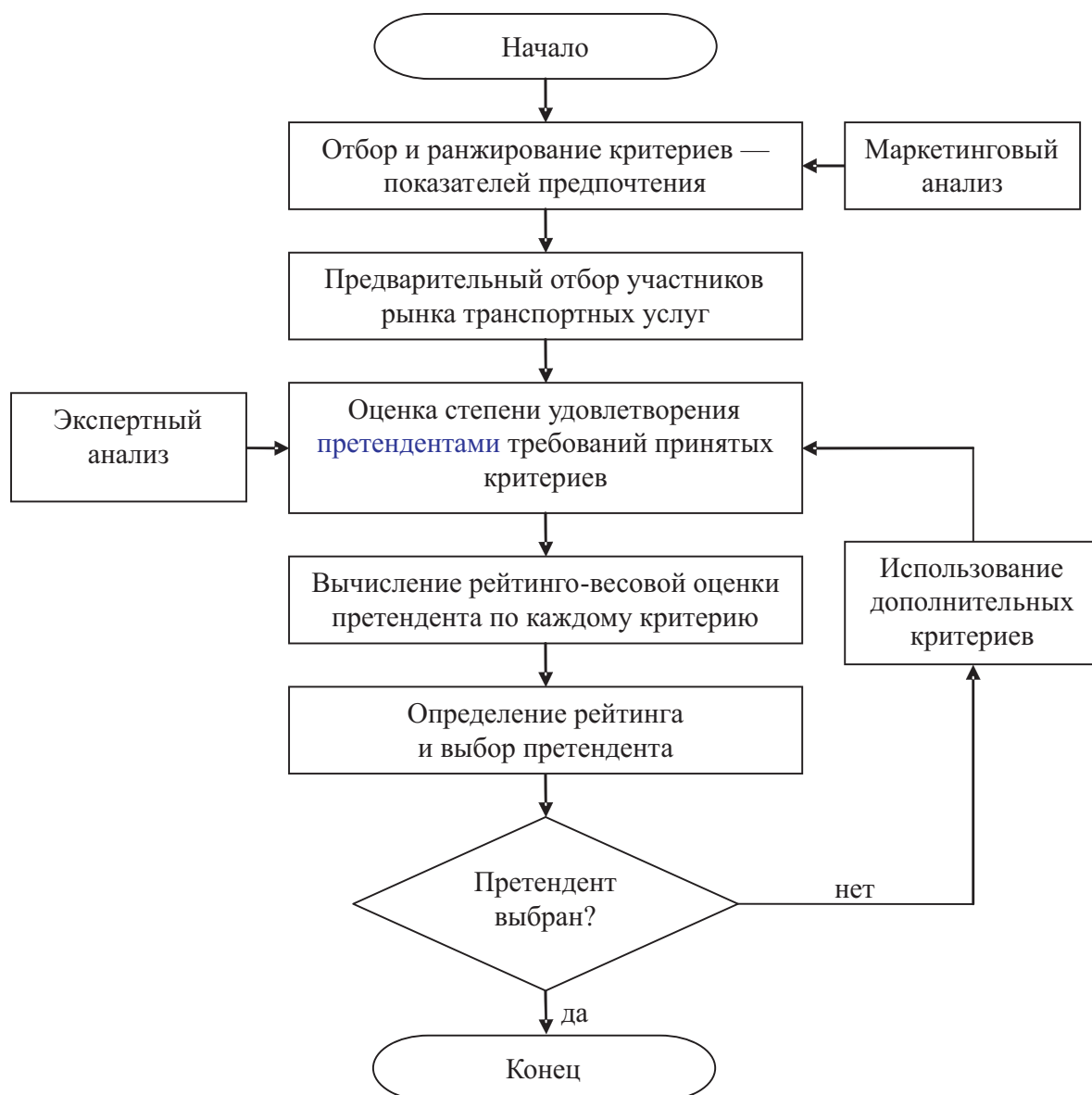


Рис. 1. Блок-схема алгоритма выбора элемента звена логистической системы

Таблица 2

Определение рейтинга перевозчика

Показатели предпочтения	Ранг показателя (R_p)	Вес показателя	Рейтинг по вариантам перевозчика (r_{pi})			Рейтинго-весовая оценка показателя ($r_{pi} \cdot V_p$)		
			I	II	III	I	II	III
Тариф	1	5,00	1	3	2	5,00	15,00	10,00
Время доставки	2	2,50	2	1	3	5,00	2,50	7,50
Финансовая стабильность	3	1,67	2	3	1	3,34	5,01	1,67
Сохранность груза	4	1,25	1	2	3	1,25	2,70	3,75
Мониторинг	5	1,00	3	1	2	3,00	1,00	2,00
Интегрально-рейтинговая оценка (R_i^f)						19,59	26,00	24,92
РЕЙТИНГ (R_i^f)						1	3	2

В основу предложенного метода положена экспертная многомерная (многокритериальная) оценка. Метод может быть использован как для одного, так и в случае группы экспертов.

В случае решения производственных задач, к которым относится и задача выбора ЛС доставки груза, в качестве критериев чаще всего используются экономические и прежде всего стоимостные показатели. При выборе варианта ЛС — это, как правило, расходы или стоимость доставки. Известно, что стоимость доставки определяется для потребителя транспортных услуг уровнем транспортных тарифов на перевозку и перевалку груза.

С развитием смешанных, мультимодальных перевозок в рыночных условиях все большее применение находят сквозные тарифы, определяющие для клиента все расходы «от двери до двери».

Как правило, организатором мультимодальных перевозок являются специализированные транспортные или экспедиторские предприятия и учреждения, которые выступают в роли оператора мультимодальной перевозки.

Для ОМП важно найти такую логистическую цепочку, которая бы максимально удовлетворяла потребности грузовладельца, в том числе по стоимостным признакам. И в этом смысле клиента практически не интересуют отдельные составляющие сквозного тарифа. ОМП же при этом свой интерес имеет в минимизации каждой составляющей или элементной ставки сквозного тарифа.

С учетом этого концептуальную модель сквозной тарифной ставки можно представить в следующем виде:

$$F(x) = \max \left\{ \min \left[\sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N \sum_{s=1}^S A_{nsi} X_{ns} \right] + \min \left[\sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{s=1}^S A_{nsj} X_{ns} \right] + \min \left[\sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N \sum_{s=1}^S A_{nsk} X_{ns} \right] \right\}, \quad (3)$$

где i — признак морской составляющей сквозного тарифа;

j — признак терминальной составляющей сквозного тарифа;

k — признак внутренней составляющей сквозного тарифа;

n — признак грузопотока;

s — признак клиента;

A_{nsi} — уровень морской составляющей сквозного тарифа, установленный для n -го грузопотока, предъявляемого s -м клиентом;

A_{nsj} — уровень терминальной составляющей сквозного тарифа, установленный для n -го грузопотока, предъявляемого s -м клиентом;

A_{nsk} — уровень внутренней составляющей сквозного тарифа, установленный для n -го грузопотока, предъявляемого s -м клиентом;

X_{ns} — доля n -го грузопотока, предъявляемого s -м клиентом в общем объеме перевозок в транспортном коридоре;

X — общий объем перевозок грузов в транспортном коридоре.

Однако не всегда стоимостные показатели полностью удовлетворяют требованиям клиента к ОМП. Довольно часто вторым по значимости выдвигается время доставки. Увеличение времени доставки груза обуславливает пропорциональный рост количества товаров в стадии транспортировки — на транспорте. Увеличение же массы и физических объемов товаров на транспорте в результате неизбежно приводит к необходимости увеличения объема производства для компенсации иммобилизуемых из общественного производства сырья и полуфабрикатов. Экономическая острота вопроса существенно усиливается с ростом стоимости перемещаемого товара, а срок доставки как показатель приобретает характер критериального.

В таком случае задача становится двухкритериальной и ее решение усложняется. С целью упрощения решения задачи можно сконструировать комплексный показатель, который бы в определенных соотношениях (пропорциях) учитывал оба критериальных показателя. Таким, например, показателем в

условиях централизованной плановой экономики при обосновании капиталоемких проектов были приведенные затраты:

$$R = \Theta + E_n K, \quad (4)$$

где Θ — эксплуатационные (текущие) расходы;

K — капитальные (единовременные) затраты;

E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Этот комплексный показатель позволял соизмерить разновременные и поэтому напрямую несопоставимые экономические затраты через коэффициент приведения E_n , отражающий нормативный срок окупаемости капвложений (t_n):

$$E_n = 1/t_n. \quad (5)$$

По аналогии с изложенным, а также учитывая, что для финансирования закупки и доставки необходимого для производства сырья и полуфабрикатов широко используются банковские кредиты, можно использовать следующий комплексный критериальный показатель:

$$C^j = (C_T + C_D) \cdot (1+i)^n, \quad (6)$$

где C^j — оценка стоимости груза и его доставки с учетом фактора времени (интегральная оценка);

C_T — закупочная стоимость товара;

C_D — стоимость перевозки;

$(1+i)^n$ — множитель наращивания процентов по процентной ставке i за n периодов.

$$n = t_{mp}/365,$$

где t_{mp} — время нахождения груза на транспорте.

Пример расчета интегрального показателя оценки стоимости и времени доставки груза при выборе логистической цепочки представлен в табл. 3.

Таблица 3

**Расчет интегрального стоимостного показателя по различным
технологическим схемам доставки синтетического каучука**

usd/feu

Транспортно-технологическая схема доставки		Петролеспорт			Русмарин-Форвардинг			Совмортранс		
		ставка, USD	транзитное время, сутки	S^f , USD	ставка, USD	транзитное время, сутки	S^f , USD	ставка, USD	транзитное время, сутки	S^f , USD
P&O	перетарка по прямому варианту	2015	29	67 764	2490	28	67 918	2210	28	67 924
UASC		1820	34	67 696	1790	33	67 626	2005	33	67 868
CSCL		1950	29	67 698	1920	28	67 639	2145	28	67 869
MSC		1835	34	67 709	1935	33	67 782	1875	33	67 722
P&O	перетарка с кратковременным хранением	2120	30	67 895	2270	29	68 033	2305	28	68 039
UASC		1930	35	67 828	1890	34	67 755	2020	33	67 973
CSCL		2055	30	67 829	2050	29	67 757	2020	28	7843
MSC		1940	35	67 840	2075	34	67 900	1975	33	67 828

Приведенные в табл. 3 расчеты выполнены для случая доставки синтетического каучука от производителя ОАО «Нижнекамскнефтехим» индийским потребителям в порт Nhava Sheva через морской порт Санкт-Петербурга. Из Нижнекамска каучук поставляется производителем-продавцом в собственных вагонах отдельными местами (в ящиках) в морской порт Санкт-Петербурга и далее переваливается с перетаркой в 40-футовые контейнеры международного стандарта ISO на одном из трех терминалов: Русмарин-Форвардинг, Петролеспорт или Совмортранс. Затем груз доставляется в контейнерах в порт назна-

чения судами одной из линий (компаний-перевозчиков): P&O Nedlloyd (P&O), United Arabian Shipping Company (UASC), China Shipping Container Line (CSCL), Mediterranean Shipping Company (MSC).

В представленных расчетах железнодорожная (безальтернативная в силу использования собственного подвижного состава) составляющая не включена в сквозную тарифную ставку, а расчеты выполнены исходя из стоимости (отпускной цены) синтетического каучука в одном 40-футовом контейнере 65 тыс. долл. США и ставки банковского кредита — 15% годовых.

Г. М. Курошева,
д-р экон. наук, проф., СПГУВК

КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ ОТРАСЛЕВОЙ ПРОГРАММЫ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

CONCEPTION OF CARRYING OUT THE BRANCH PROGRAMME FOR REORGANISATION OF WATER TRANSPORT BUSINESSES

В статье обоснована необходимость реструктуризации предприятий водного транспорта и приведена концепция формирования отраслевой программы, основанная на результатах анализа тенденций в экономике на мега- и макроуровнях.

The article proves the necessity to reorganize water transport businesses and presents a concept of the branch programme forming, it is based on the results of analysis the trends in economics on mega- and macro levels.

Ключевые слова: реструктуризация, банкротство, антикризисное управление, отраслевая реструктуризация

Key words: reorganization, bankruptcy, crisis management, branch reorganization

КОНЦЕПЦИЯ формирования отраслевой программы реструктуризации должна базироваться на результатах анализа тенденций в экономике на мега- и макроуровнях и выявлении влияния этих тенденций на микроэкономику предприятий водного транспорта, положениях Транспортной стратегии на период до 2020 г., учете целей и задач федеральных целевых программ в этой области, основных направлениях социально-экономического развития страны на долгосрочную перспективу и др.

Отраслевая программа реструктуризации предприятий водного транспорта должна включать: обоснование необходимости реструктуризации; цели, задачи, направления и меры по реструктуризации предприятий водного транспорта с учетом их отраслевой специфики.

Необходимость проведения реструктуризации на водном транспорте вызвана: системным кризисом транспортного комплекса, усилением конкуренции на рынке транспортных услуг, устареванием основных производственных фондов, особенно флота и перегрузочной техники, снижением эффективности деятельности большинства предприятий, снижением платежеспособности предприятий, недостатком финансовых ресурсов для

финансового оздоровления, наличием значительного количества убыточных предприятий, высоким уровнем эксплуатационных затрат, банкротством предприятий, высоким уровнем аварийности и негативным воздействием на экологию, недостаточной пропускной способностью внутренних водных путей, недостаточным уровнем применяемых инновационных технологий на перевозках и погрузочно-разгрузочных работах и т. д.

Мировой опыт решения неплатежеспособности и банкротства предприятий, особенно в странах бывшего социалистического блока (Словения, Германия, Польша, Венгрия, Болгария и др.), показывает, что основным средством финансового оздоровления предприятий является реструктурирование, которое позволяет в наибольшей мере учитывать отраслевую специфику корпораций и оптимизировать систему управления (активы, обязательства, собственность, ресурсы, кадры и др.). Эта проблема весьма актуальна и для российских корпораций, но использование зарубежного опыта реструктуризации невозможно без адаптации его к российским условиям. Особенностью реструктуризации российских корпораций является то, что она должна осуществляться на основе инновационного подхода. Реструктуризацию следует

рассматривать как комплексную инновацию (услуг, имущества, технологий, ресурсов, системы управления и др.).

Основные различия процессов реструктуризации в России и в зарубежных, развитых странах определяются условиями развития экономики. В странах с развитой рыночной экономикой реструктуризация является инструментом управления стоимостью бизнеса и успешно применяется как кризисными, так и финансово благополучными компаниями. Реструктуризация используется в качестве способа вывода компании на принципиально новый уровень развития (как правило, на стадии зрелости в целях недопущения перехода компании в следующую стадию жизненного цикла — стадию спада). В России, а также в странах, входивших в СССР, странах Центральной и Восточной Европы понятие «реструктуризация» тесно связано с понятием «реформирование». Реструктуризация предприятий в этих странах является неотъемлемой составной частью экономической реформы. Реформирование предприятий в России осуществляется в соответствии с Программой Правительства РФ «Структурная перестройка и экономический рост в 2007–2010 гг.» и Концепцией реформирования предприятий и иных коммерческих организаций.

Типовая программа реформы предприятия включает мероприятия, ряд из которых необходимо реализовывать в обязательном порядке в целях приведения условий их деятельности в соответствии с действующими законодательными и нормативными правовыми актами, другие мероприятия носят рекомендательный характер, и необходимость их реализации определяется органом управления корпорацией.

В рамках программ развития регионов государство должно обеспечить содействие реструктуризации предприятий-банкротов либо предприятий, оказавшихся в затруднительном финансовом положении. Объектами структурных преобразований должны стать следующие отрасли экономики: нефтегазовая промышленность, транспорт, агропромышленный комплекс, наука, информационные и коммуникационные технологии, оборонно-

промышленный комплекс, авиационная промышленность.

Помимо федерального направления поддержки структурных преобразований в экономике РФ, необходимо отметить и участие зарубежных институтов в процессах реструктуризации, но уже исключительно на микроуровне. Это относится к программе ТАСИС.

ТАСИС — это программа технической помощи Европейского Союза для стран СНГ и Монголии. Целью программы является поддержка усилий стран партнеров по созданию обществ, основанных на политических свободах и экономическом процветании. Одним из проектов ТАСИС является проект ТЕРФ.

ТЕРФ (TERF — TACIS Enterprise Restructuring Facility) — проект ТАСИС по содействию реструктуризации предприятий. Этот проект финансируется Европейским Союзом и направлен на передачу уникального европейского ноу-хау динамично развивающимся российским предприятиям с целью стимулирования их роста и совершенствования управленческих навыков в рамках проектов по реорганизации и развитию. Следует отметить, что проект ТЕРФ осуществляет консорциум из четырех крупнейших консалтинговых компаний, одна из которых российская (Группа ЦентрИнвест). Услуги по реструктуризации с 2004 г. представляют бесплатно, финансируется проект за счет средств Евросоюза. Для того чтобы участвовать в проекте, предприятие должно соответствовать следующим критериям: должно быть зарегистрировано в соответствии с российским законодательством, функционировать в течение, минимум, трех лет, иметь более 75% частной собственности, иметь от 200 до 5 тыс. работников; быть готовым оказать полную поддержку и работать в сотрудничестве с экспертами ТЕРФ, иметь твердое желание улучшить показатели работы, иметь устойчивое финансовое положение и не находиться под процедурой банкротства.

Таким образом, можно отметить, что методическая поддержка в процессах реструктуризации со стороны Евросоюза осуществляется в основном только по отношению к финансово-благополучным компаниям. Но в России 45% предприятий являются убыточ-

ными и для них наличие нормативного и методического обеспечения реструктуризации, адаптированного к российским условиям, имеет жизненно важное значение.

В экономических исследованиях широко используются понятия: «реформирование», «реорганизация», «реструктуризация организаций». При этом происходит смешение данных понятий в различных вариантах, и нет единой точки зрения в их определении.

Для организаций в странах с развитой экономикой реструктуризация является естественным и постоянным процессом противодействия снижению эффективности деятельности предприятий, изменению экономического окружения, обострению конкуренции. Для российских предприятий также свойственны приспособительные механизмы, но как предмет изучения для исследователей в нашей стране процесс реструктуризации является относительно новым и актуальным.

В последнее время данному вопросу посвящено достаточно много научных работ, в которых дано определение понятия и сущности реструктуризации.

Обобщение определений понятия «реструктуризация» и выявление особенностей и проблем функционирования предприятий водного транспорта позволили уточнить это определение следующим образом: *реструктуризация предприятия (организации) водного транспорта* представляет целенаправленный процесс взаимосвязанных преобразований, направленных на оптимизацию структур, обеспечивающих рост стоимости бизнеса предприятия в долгосрочной перспективе (для предприятий, имеющих слабые признаки кризиса) или восстановление платежеспособности и сохранение бизнеса (для предприятий, находящихся в кризисном состоянии).

При этом объектом реструктуризации могут быть структуры: организационная, финансовая, функциональная (технологическая), структура имущественного комплекса, структура бизнес-процессов. Предметом реструктуризации является совокупность элементов конкретной структуры, а также связи между ними, определяющие качество структур.

Реализация государственной политики в сфере водного транспорта осуществляется на основании положений Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г. в соответствии с основными целями Правительства Российской Федерации по обеспечению высоких темпов экономического роста, повышению уровня и качества жизни населения, повышению уровня национальной безопасности и укреплению потенциала будущего развития страны.

В рамках реализации основных положений Транспортной стратегии разработана система первоочередных мероприятий на среднесрочный период и определен объем ресурсов, который необходим для достижения запланированных результатов. Так, в 2006 г. завершена разработка Стратегии развития транспорта Российской Федерации на период до 2010 г. Документ утвержден Приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 31 июля 2006 г. № 94. Механизмом реализации стратегии транспорта на среднесрочный период является Федеральная целевая программа — «Модернизация транспортной системы России (2006–2010)», откорректированный вариант, которой утвержден постановлением Правительства Российской Федерации от 31 мая 2006 г. № 338.

На первом этапе (2005–2007) развитие транспортной системы ориентировано на более эффективное использование имеющихся мощностей.

На втором этапе (2008–2010) должно быть обеспечено развитие транспортной отрасли, направленное на ускоренную диверсификацию и решение комплекса приоритетных задач.

Модель ускоренной диверсификации включает:

- радикальное улучшение инвестиционного климата;
- преодоление тенденции нарастающего износа основных фондов транспорта;
- повышение технологического уровня транспортной системы;
- формирование и развитие на территории России международных транспортных коридоров;

— создание максимально благоприятных условий для привлечения негосударственного капитала к строительству и эксплуатации новых транспортных объектов;

— *проведение активных структурных преобразований в системе управления, имущества, капитала, кадрового потенциала.*

Анализ нормативно-правовых документов показал, что в транспортном комплексе проводится значительная работа по реструктуризации структуры управления, капитала, имущества, изменению организационно-правовой формы предприятий водного транспорта. В то же время, несмотря на то что практически во всех перечисленных документах отмечается необходимость реформирования, реорганизации и реструктуризации предприятий водного транспорта, в настоящее время отсутствует отраслевая программа реструктуризации, а также научно-обоснованные методы ее разработки, что значительно усиливает актуальность, научную и практическую значимость поставленной проблемы.

Главной целью проведения отраслевой реструктуризации должно быть повышение конкурентоспособности транспортных предприятий и обеспечение роста их эффективности (стоимости их бизнеса) в перспективе.

Основными задачами реструктуризации предприятий водного транспорта являются:

— оптимизация организационной и функциональной структур и системы управления в соответствии со стратегическими целями их развития;

— реинжиниринг бизнес-процессов, коммерческой и финансовой деятельности с целью повышения эффективности работы предприятий;

— рациональное использование всех видов ресурсов;

— оптимизация количественного и качественного состава персонала;

— эффективное использование капитала и др.

Введение института частной собственности на водном транспорте посредством приватизации предприятий происходило в условиях общего падения производства без соответствующей структурной перестройки предприятий и отраслей народного хозяйства.

Структура активов многих предприятий практически не претерпела изменений. Функционирование предприятий водного транспорта в таком состоянии привело к появлению невоспроизводимых производственных мощностей и пропускных способностей, моральному и физическому старению основных фондов, нецелесообразности использования и неэффективности содержания непроизводственных активов. В структуру активов предприятий водного транспорта входило несколько групп объектов:

— эффективно функционирующие активы в условиях рынка;

— неэффективно функционирующие активы;

— мобилизационные мощности и объекты гражданской обороны;

— объекты незавершенного строительства;

— объекты социально-культурного и бытового назначения;

— объекты, обеспечивающие энерго- и теплоснабжение предприятия и муниципальной инфраструктуры.

У большинства приватизированных предприятий водного транспорта эти активы были включены в уставной капитал вновь образованных открытых акционерных обществ.

Многие предприятия отрасли, имеющие низкий спрос на услуги и высокую степень износа основных фондов, стали неплатежеспособными и подверглись банкротству. В связи с этим реструктуризация задолженностей таких предприятий была одним из основных методов антикризисного управления.

Характерная структура задолженности большинства предприятий включает следующие виды задолженностей: бюджетам всех уровней, внебюджетным фондам, госрезерву, коммерческим банкам по кредитам, предприятиям ТЭК, предприятиям-смежникам.

Содержанием реструктуризации задолженностей является их погашение, списание, отсрочка, рассрочка, продажа, обмен, конвертация или иные процедуры, предотвращающие банкротство.

Реструктуризация задолженности приводит к реструктуризации активов, обеспечивающих имущественные права кредиторов.

Содержанием реструктуризации активов предприятия является:

- формирование системы управления предприятием, ориентированной на эффективное функционирование в условиях рынка;
- дробление имущественного комплекса на отдельные предприятия;
- ликвидация отдельных нерентабельных производств;
- продажа, сдача в аренду, передача в залог части активов;
- ввод новых производственных мощностей;
- приобретение новых судов, перегрузочной техники, аренда оборудования, освоение новых технологий (перевозки и перегрузки);
- создание рыночной инфраструктуры, обеспечивающей ликвидность производимых транспортных услуг;
- образование или вхождение в финансово-промышленные объединения;
- сокращение избыточного персонала, переподготовка или прием нового персонала;
- освобождение предприятий от содержания объектов социальной и производственной сфер и др.

Возможности государства по реструктуризации предприятий отрасли основываются на правах собственника (для государственных унитарных предприятий или акционерных обществ со значительной долей госсобственности) и правах кредитора (для предприятий, имеющих задолженности в федеральный бюджет и госрезерв). Для осуществления реструктуризации предприятий возможна национализация убыточных предприятий и последующая их приватизация.

Основными направлениями реструктуризации (без привязки к конкретным предприятиям и производствам) могут быть: выполнение национальных программ по ресурсосбережению, обеспечение экологических требований и высоких потребительских качеств производимых транспортных услуг, сертификация, внедрение современных и перспективных технологий перевозки и погрузо-разгрузочных работ, диверсификация производств, конверсия предприятий, интеграция производственного и банковского капитала.

Структурные преобразования в странах с развитой рыночной экономикой свидетельствуют об общности подходов в выборе направлений вне зависимости от масштабов и времени реструктуризации. Эти направления должны учитываться также и вне зависимости от того, кто выступает инициатором реструктуризации — государство, собственники или кредиторы.

При обосновании стратегии отраслевой реструктуризации предприятий водного транспорта можно выделить три группы предприятий, сформированные по уровню потребности в инвестиционных ресурсах, — группу базовых предприятий, производящих инвестиционные ресурсы, группу перспективных предприятий, способных производить инвестиционные ресурсы после реструктуризации, группу структурно-депрессивных предприятий, подлежащих полной или частичной ликвидации.

Свертыванию или ликвидации (частичной или полной) должны подвергаться предприятия водного транспорта, не имеющие потенциала для производства конкурентоспособных транспортных услуг даже после реструктуризации. В первую очередь, это относится к предприятиям, ликвидация которых: не создает существенных социальных проблем; не оказывает влияния на национальные интересы и безопасность страны.

Реструктуризация даже одного предприятия представляет собой сложный, длительный по времени и требующий значительных финансовых и материальных ресурсов процесс, планирование которого должно осуществляться в рамках бизнес-плана (программы).

Разработке программы реструктуризации предприятий водного транспорта должен предшествовать анализ финансового состояния и важнейших технико-экономических показателей предприятий отрасли, анализ рынков транспортных услуг, определение направлений реструктуризации с учетом специфики предприятий водного транспорта, приоритетов и перспектив развития отрасли.

Отраслевая программа реструктуризации предприятий водного транспорта должна разрабатываться с целью определения источников, механизмов финансирования, сроков,

задач и перечней предприятий, реструктуризация которых будет осуществляться силами и средствами:

- федеральных органов исполнительной власти посредством процедур приватизации, банкротства, ликвидации;
- органами власти субъектов федерации;
- местных органов исполнительной власти;
- исключительно предприятий;
- кредиторов или инвесторов предприятий;
- предприятий с привлечением средств бюджета и других источников финансирования.

Отраслевая программа реструктуризации предприятий водного транспорта должна содержать следующие основные разделы:

- цели реструктуризации предприятий;
- направления реструктуризации;
- перечни предприятий, реструктуризация которых осуществляется в соответствии с решениями федеральных и местных органов исполнительной власти, исполнительных органов предприятий, кредиторов и инвесторов;
- порядок и критерии принятия решений о выборе варианта реструктуризации;
- способы реструктуризации;
- средства, необходимые для проведения реструктуризации, и механизм финансирования;
- сроки реструктуризации;
- мероприятия по стимулированию реструктуризации предприятий;
- меры, обеспечивающие социальную защиту работников предприятий;
- порядок взаимодействия с местными органами власти в ходе реструктуризации и т. д.

Алгоритм формирования отраслевой программы реструктуризации предприя-

тия водного транспорта должен включать (рис. 1):

- анализ бизнес-процессов и реструктуризацию бизнес-единиц предприятия;
- анализ финансового и производственного состояния предприятия;
- оценку структуры имущественного комплекса, оценку бизнеса;
- разработку стратегии, оценку конкурентных преимуществ предприятия на рынке транспортных услуг;
- разработку концепции реструктуризации на основе вариантных расчетов эффективности бизнеса, различных вариантов формирования бизнес-единиц предприятия и их организационно-правового статуса;
- формирование экономической модели функционирования предприятия в процессе реструктуризации;
- разработку программы мероприятий по реструктуризации;
- практическое осуществление мероприятий по реструктуризации.

Концепция реструктуризации предприятий водного транспорта должна включать оперативную реструктуризацию с комплексом мер по восстановлению платежеспособности предприятий и сохранению стоимости их бизнеса и стратегическую реструктуризацию, обеспечивающую рост стоимости (эффективности) бизнеса предприятий в перспективе.

Таким образом, из вышеизложенного можно сделать вывод, что реструктуризацию предприятий отрасли следует рассматривать как метод антикризисного управления, обеспечивающий комплексное воздействие на хозяйствующий субъект в его правовой, экономической, организационной и технической подсистемах с целью восстановления платежеспособности и повышения конкурентоспособности (в текущем периоде) и роста эффективности (стоимости бизнеса) в долгосрочной перспективе.

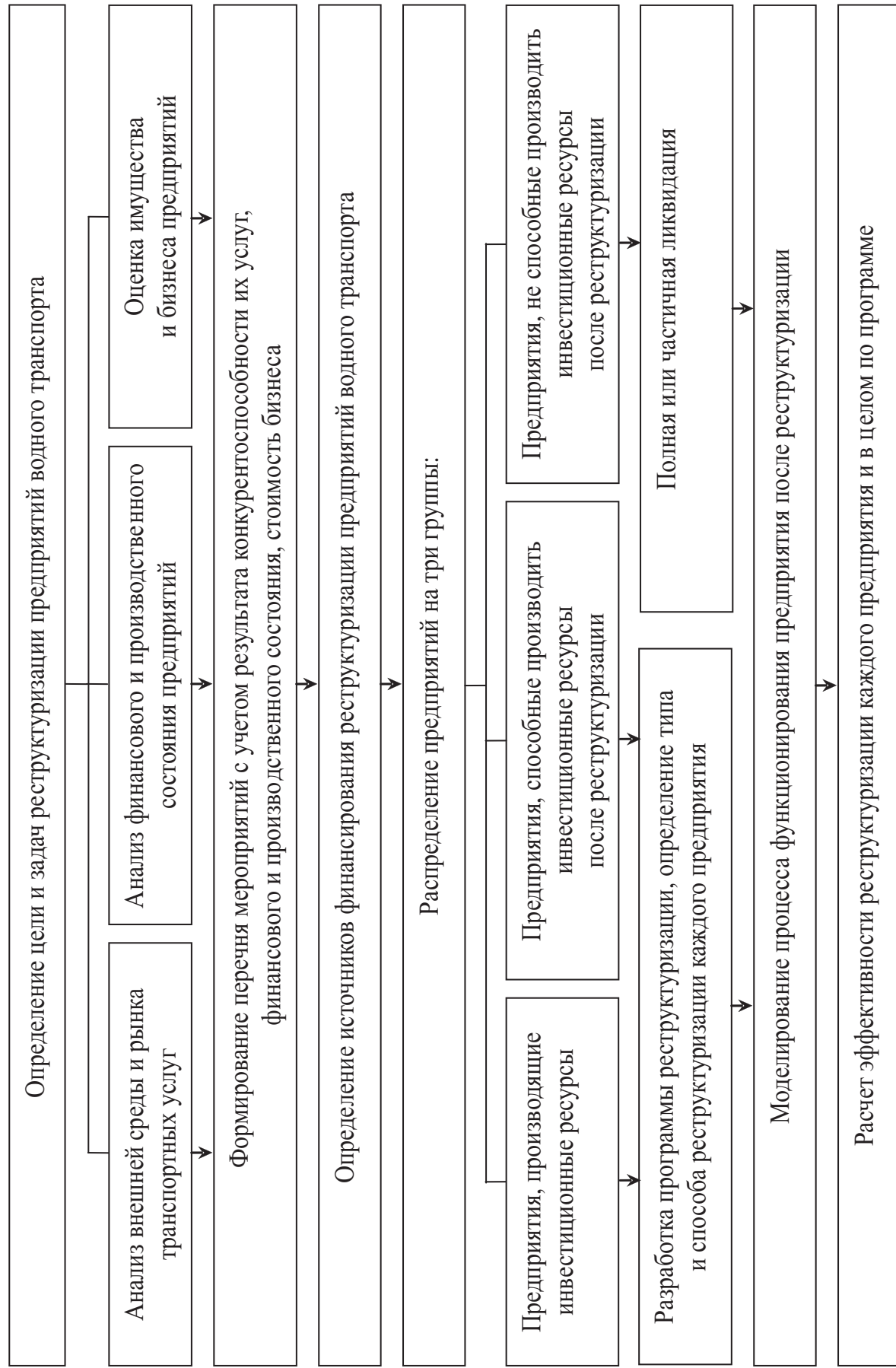


Рис. 1. Алгоритм и содержание отраслевой концепции реструктуризации предприятий водного транспорта

О. В. Малиновская,
д-р экон. наук, проф., СПГУВК;

И. П. Скобелева,
д-р экон. наук, проф., СПГУВК

УПРАВЛЕНИЕ СТОИМОСТЬЮ КОМПАНИИ — НОВЫЙ ЭТАП РАЗВИТИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

COMPANY PROPERTY MANAGEMENT — A NEW STAGE OF DEVELOPMENT OF STRATEGIC TRANSPORT CONTROL

Рассмотрен содержательный потенциал ценностно-ориентированного (стоимостного) менеджмента, его актуальность в условиях глобального экономического кризиса. Обоснованы фундаментальные принципы стоимостного менеджмента, предпосылки и особенности формирования стратегии управления стоимостью и ее структурных элементов для транспортных компаний.

The article considers total capabilities of the property management, its topical character in conditions of the global economic crisis. The fundamental principles of the property management are grounded, as well as the backgrounds and specifics of strategy formation in the field of company property management and its structure elements for transport companies.

Ключевые слова: стратегическое управление на транспорте, ценностно-ориентированный менеджмент, управление стоимостью, инвестиционный портфель, бизнес-единица

Key words: strategic transport control, property management, investment portfolio, business-unit

ПРОБЛЕМЫ развития теории и практики формирования стоимостного подхода к стратегическому управлению компании сегодня являются ключевыми в экономике, независимо от состояния экономической конъюнктуры.

Стоимостный менеджмент — это современная парадигма теории управления, основанная на системе управления ключевыми факторами, ведущими к росту стоимости компании, при этом рост ее стоимости рассматривается как основной критерий успешного функционирования и долгосрочного развития компании.

В процессе развития теории и практики управления бизнесом концепция стоимостного менеджмента сформировалась как синтез целого ряда научных школ и теорий, которые являются научными предпосылками формирования этой концепции:

- к области финансов относится главная цель ценностно-ориентированного менеджмента — создание стоимости, а также теория оценки стоимости на основе дисконтированного денежного потока;

- к области бизнес-стратегии относятся теории (школы) стратегического менеджмента, предусматривающие инвестирование в ниши рынка или возможности, обеспечивающее компании сравнительное преимущество над существующими и потенциальными конкурентами;

- из теории организационного поведения в концепции ценностно-ориентированного менеджмента используется идея «делается то, что измеряется и вознаграждается»; таким образом, для стимулирования сотрудников стоимостной менеджмент обосновывает систему измерения и вознаграждения, направленную на создание стоимости;

- из финансового учета и отчетности концепция ценностно-ориентированного менеджмента заимствовала основную структуру финансовых отчетов компании, приведя их в соответствие с целями управления стоимостью.

Создатели и сторонники концепции ценностно-ориентированного менеджмента исходят из того, что компании, ориентированные на рост стоимости, укрепляют экономику

в целом. Несмотря на то что до сих пор экономисты активно спорят относительно важности места, которое занимает стоимость бизнеса в ряду других критериев благополучия экономики в целом, таких как занятость, социальная ответственность бизнеса, качество окружающей среды, стоимостной подход стал сердцевиной интеллектуальной системы стратегического управления деятельностью компаний в современной бизнес-среде.

Глобальный экономический кризис, сопровождающийся банкротством и беспрецедентным снижением капитализации еще недавно процветающих компаний, подтверждает верность концепции ценностно-ориентированного менеджмента, поскольку данная концепция под стоимостью компании понимает ее справедливую рыночную стоимость, свободную от действия спекулятивных факторов. Это означает, что стоимость компании формируется ее *фундаментальными* факторами, т. е. факторами, определяющими, прежде всего спрос и предложение на продукцию реального сектора экономики и, следовательно, *будущие свободные* денежные потоки компании (поток денежных средств, доступный для распределения между инвесторами — акционерами и владельцами долговых инструментов компании). При этом стоимость учитывает долгосрочные перспективы ее деятельности, так как в основе оценки стоимости лежит прогнозирование денеж-

ных потоков, которые в будущем принесут активы компании. Таким образом, стоимость — всегда долгосрочный показатель, отражающий перспективы уровня и динамики фундаментальных факторов состояния реального производства и потребления в глобальной и национальной экономике.

Содержание стоимостного менеджмента формируют его принципы, являющиеся методологической основой его развития (табл. 1). В представленной таблице отражены в том числе и специфические для транспортной отрасли принципы.

Представленные принципы позволяют определить основы структуризации принимаемой в компании модели стоимостного управления. При этом следует исходить из того, что управление стоимостью компании и определение (расчет) стоимости компании — взаимосвязанные и взаимозависимые процессы, но не аналогичные: управление предусматривает реструктуризацию компании, ведущую к наращиванию ее стоимости, расчет стоимости — фиксацию достигнутого уровня стоимости компании.

Содержательный потенциал стоимостного менеджмента определяет требования к практическому инструментарию его реализации. Этот инструментарий включает две взаимосвязанные группы методов — методы формирования и реализации стоимостной идеологии и методы оценки стоимости бизнеса.

Таблица 1

Принципы стоимостного менеджмента

Принципы стоимостного менеджмента	Концептуальное содержание
<i>Общие принципы</i>	
При определении менеджментом оптимальных методов ведения бизнеса необходимо учитывать интересы инвесторов компании	Конкуренция между компаниями за инвестиции привлекает капитал к лучшим проектам. В результате выигрывает вся экономика, поскольку ресурсы направляются туда, где они будут использоваться наиболее эффективно, что приводит к увеличению количества товаров, услуг и рабочих мест
Денежный поток, генерируемый компанией — самый приемлемый и достоверный показатель, позволяющий адекватно оценить стоимость и эффективно управлять ею	Инвесторы при вложении средств руководствуются, прежде всего, ожидаемыми будущими денежными потоками. Для оценки новых инвестиционных возможностей используются традиционные методы дисконтированного денежного потока. Новое в системе управления — привносимое концепцией стоимостного менеджмента, заключается в том, что он предусматривает оценку успешности текущей деятельности на основе оценки эффективности использования существующих активов путем применения тех же стандартов, что и для оценки приобретения новых активов. Таким образом концепция стоимостного менеджмента исходит из единого подхода к оценке эффективности будущих и имеющихся активов (капитала), используя критерии эффективности, основанные на будущих дисконтированных денежных потоках. При оценке и управлении бизнесом используются различные методы (модели) денежного потока, прежде всего, они связаны с интересами участниками оценки и управления стоимостью бизнеса и кругом лиц, заинтересованных в результатах стоимостного управления. Соответственно используются несколько моделей расчета денежного потока для оценки и управления стоимостью компании: денежный поток для собственного капитала, денежный поток для инвестированного капитала, денежный поток на активы. Структурные элементы денежного потока во всех его моделях не тождественны, поэтому при оценке и управлении стоимостью бизнеса первоочередной задачей является выбор модели денежного потока, исходя из приоритетных целей стоимостного управления
При оценке и управлении деятельностью компании необходимо учитывать стоимость капитала компаний, включая альтернативные затраты на собственный капитал	Пока предприятие не получит прибыль, превышающую стоимость капитала, оно фактически работает в убыток (хотя платит налоги как прибыльное), так как расходы ресурсов компании больше, чем ее доход. Компании, норма прибыльности которых превышает стоимость капитала, — создают стоимость для акционеров; если это не выполняется, то стоимость разрушается

Таблица 1
(продолжение)

Реализация только тех коммерческих инвестиционных проектов, которые обеспечивают создание новой стоимости компании	Новые инвестиции создают дополнительную стоимость только тогда, когда рентабельность инвестиционных вложений выше затрат по привлечению капитала. Методика расчета ставки дисконта для различных моделей денежного потока различна, как и модули расчета денежного потока. При этом определение ставки дисконта в рамках одной модели расчета может осуществляться различными методами; например доходность (рентабельность) собственного капитала может рассчитываться по методу Дюпона, CAPM, методом кумулятивного построения и т. д. При реализации инвестиционных проектов стоимость компании можно увеличить одним из следующих способов: — путем инвестирования дополнительного капитала в проекты, прибыль которых будет больше, чем расходы на привлечение нового капитала; — изъятием капитала из операций, которые принесли недостаточную прибыль (или хотя бы сократить дальнейшие инвестиции в эти операции)
Динамизм инвестиционного портфеля (бизнес-портфеля) компании во времени, обеспечивающий максимальный рост ее стоимости, основанный на эффективности деятельности всех бизнес-единиц компании	Динамизм бизнес-портфеля обусловливается динамикой роста компании (горизонты роста) и возможностями внешней реструктуризации. При этом должна быть учтена специфика транспортной инфраструктуры, которая состоит в необходимости создания оправданных резервов мощности транспортных коммуникаций и объектов, обеспечивающих их работу в оптимальном режиме Динамизм инвестиционного портфеля предусматривает пересмотр портфеля по мере оценки его эффективности. При управлении стоимостью компании, основанном на управлении проектами, реализация динамики инвестиционного портфеля может осуществляться на основе использования реальных опционов в стратегии управления компанией
Ориентация стоимостного менеджмента на долгосрочный период	Создание стоимости определяется будущими денежными потоками, порождаемыми бизнесом. Денежный поток компании на долгосрочный период включает капитальные вложения «традиционного» характера и инвестиции, связанные с технологическими прорывами в отрасли и вне ее, что обеспечивает реализацию данного принципа. Развитие транспортной инфраструктуры требует учета ее специфики, состоящей в том, что объекты транспортной инфраструктуры весьма капиталоемки, обладают высокой инерционностью развития и совершенствования крупных объектов, что объективно требует учета условий их работы на достаточно длительную перспективу

Таблица 1
(продолжение)

Дифференциация видов стратегий и соответствие их всем направлениям деятельности компании	Данный принцип отражает ряд ведущих гипотез стратегического менеджмента, имманентных, прежде всего, изменчивости внешней конкурентной среды. Выделение двух видов конкурентных стратегий — лидерство по затратам и дифференциация по финансовой, операционной и инвестиционной деятельности компаний. Спецификация стратегий по стоимостным факторам, обуславливающим выбор стратегии в рамках компании
Необходимость и возможность реструктуризации (внешней, внутренней) как способа наращивания стоимости	Под реструктуризацией понимаются любые структурные изменения в деятельности компании за пределами обычных операций
Сочетание финансовых и нефинансовых ключевых показателей измерения эффективности деятельности компании	Создание стоимости компании осуществляется по всем направлениям и уровням деятельности компании, в нем принимают участие все экономические ресурсы компании. Перевод стратегии на оперативный уровень требует ее выражения в конкретных целях и показателях. Наиболее эффективная модель реализации данного принципа базируется на концепции сбалансированной системы показателей (ССП), предусматривающей представление стратегии в виде цепочки конкретных целей, основанной на причинно-следственных взаимосвязях, объединяющих четыре составляющих СПП. Эта модель обеспечивает соответствие бизнес-процессов, человеческих ресурсов компании и технологии предложению рынку потребительской ценности, отвечающей запросам клиентов, и целям акционеров по наращиванию стоимости
Наличие собственной цепочки ценностей (стоимостных факторов) по наращиванию стоимости для каждой бизнес-единицы компании и создание стратегического соответствия децентрализованных бизнес-единиц для получения дополнительной стоимости в результате синергии	Методология стоимостного менеджмента предполагает необходимость индивидуальной идентификации стоимостных факторов и ранжирования их приоритетности для каждой бизнес-единицы компании. Чтобы создать дополнительную ценность сверх суммы ценностей, создаваемых отдельными подразделениями, компания должна согласовать стратегии своих бизнес-единиц, обеспечивая стратегическое соответствие деятельности отдельных операционных и сервисных служб для создания синергии

Таблица 1
(окончание)

Специфические для компаний транспорта принципы	
Отражение в ключевых показателях эффективности и оценки инвестиционных проектов предпочтений транспортной инфраструктуры не только отраслевого, но и внетранспортного эффекта (экстерналий)	Указанные принципы отражают: — особую роль транспорта как инфраструктурной отрасли экономики, определяющей возможности и потенциал развития других отраслей; — специфические условия протекания инвестиционного процесса на транспорте, которые состоят в тесном взаимодействии всех видов транспорта, в результате которого влияние осуществляемых на каком-либо виде транспорта мер обычно распространяется на достаточном крупный полигон транспортной сети и экономики в целом
Принятие к реализации инвестиционных проектов со значительным социальным эффектом при различных видах государственной поддержки	Рациональное сочетание различных видов государственной поддержки для инвестиционных проектов на транспорте; обоснование в соответствии с этим параметром структуризации проектов

1-я группа — методы формирования и реализации стоимостной идеологии являются сегодня наименее разработанным инструментарием стоимостного управления, как в теории, так и на практике. Эффективный инструментарий стоимостного управления требует поэтапного формирования его методов. На первом этапе (разработка стратегии управления стоимостью) формируется совокупность методов обоснования целевых установок и количественных индикаторов, стоимостных факторов и ключевых показателей эффективности (КПЭ). На втором этапе (реализация стратегии) формируются методы управления бизнес-портфелем, разработки организационной структуры и корпоративной культуры компании, методы управления эффективностью деятельности компании, методы управления персоналом, направленные на долгосрочное создание стоимости компании.

2-я группа — методы оценки стоимости компании, представленные следующими концепциями:

- методы, основанные на расчете традиционного дисконтированного денежного потока (для собственного капитала, инвестированного капитала компании, денежные потоки на активы);
- методы, основанные на расчете мультипликаторов рыночной капитализации, специфичных для транспортной отрасли;
- методы, основанные на концепциях добавленной стоимости — EVA (экономической добавленной стоимости), MVA (рыночной добавленной стоимости), EBO (метод Эдвардса–Белла–Ольсона), SVA, CVA и т. д.

Методы первой группы носят персонализированный характер, они учитывают как отраслевую, организационно-правовую специфику компании, так и ее иные важные характеристики (масштабы, уровень диверсификации, конкуренция и др.), особенности ее подразделений и центров ответственности.

Методы второй группы носят унифицированный характер, применение конкретного из них определяется спецификой объекта и целей оценки, а также предпочтениями менеджмента компании.

Необходимо отметить, что оценка стоимости часто воспринимается лишь как обо-

собленная дисциплина, поле деятельности специальных экспертов. Однако сегодня оценка стоимости является приоритетным *инструментом более эффективного ведения бизнеса*. Руководителям компании, ее операционным и финансовым менеджерам необходимо владение методами стоимостной оценки и использованием ее результатов в качестве критерия для обоснования и реализации эффективных хозяйственных решений. При помощи систематического использования моделей оценки стоимости для выработки решений компании должны строить свой ценностно-ориентированный менеджмент.

В рамках методов оценки стоимости наиболее широкое применение имеет концепция экономической добавленной стоимости EVA (EVA — торговая марка, зарегистрированная компанией *Stern Stewart & Co*). EVA является краткосрочным показателем, так как используется для оценки эффективности деятельности компании *за период*, но с применением этого показателя можно рассчитать стоимость компании.

Стоимость компании — это текущая (дисконтированная) стоимость ожидаемых свободных денежных потоков, что является фундаментальным положением в управлении, основанном на стоимости:

Стоимость компании = Текущая стоимость будущих свободных потоков денежных средств.

С использованием показателя EVA стоимость компании определяется следующим образом:

Стоимость компании = Инвестированный капитал + Текущая стоимость будущих EVA.

Таким образом, стоимость компании можно определить двумя способами. Во втором случае, помимо суммарного капитала, вложенного инвесторами, учитывается поток ожидаемой инвесторами прибыли, превышающая стоимость капитала, то есть *текущая стоимость будущих EVA*.

Теоретически между двумя методами оценки стоимости компании не существует разницы. Для использования в практике оперативного управления второй метод имеет определенные преимущества.

1. Метод свободного денежного потока не предоставляет системе управления очевидного критерия эффективности ежегодной текущей деятельности. EVA теоретически является лучшим критерием эффективности за определенный период, т. е. в оперативном управлении.

2. Свободный поток денежных средств может быть отрицательным по одной из двух причин:

- высокие инвестиции в прибыльное предприятие;
- низкий уровень операционной прибыли или убыточность предприятия.

Эти факторы (причины) явно не видны при использовании первого метода. В связи с этим метод свободных денежных потоков неинформативен и даже может быть дезориентирующим при его общем рассмотрении.

Таким образом, метод дисконтированных денежных потоков, который сводит к одному числовому значению все результаты деятельности компании на протяжении будущего времени, является ценным инструментом стратегического анализа, но не пригоден для оценки прошлых результатов, а также для установления краткосрочных целевых нормативов в рамках стоимостного менеджмента, необходимых для перевода стратегии на оперативный уровень. Величина ДДП зависит от роста, рентабельности и стоимости капитала; эти составляющие формируют и EVA, которая является краткосрочным показателем и ясно высвечивает основные направления создания стоимости компании.

В настоящее время в экономике России, в том числе в транспортной отрасли созданы необходимые предпосылки для

развития полноценного управления, нацеленного на рост стоимости (табл. 2), фундаментальными из которых являются наличие потенциала фондового рынка, создание государственных корпораций и развитие института государственно-частного партнерства.

Следует отметить также, что для многих компаний реального сектора экономики, в том числе транспортных, глобальный экономический кризис высветил практическое отсутствие эффективных методов управления, базирующихся на прогнозировании фундаментальных факторов, и заставил компании заниматься этими проблемами в жестком режиме, сопровождающемся сокращением текущих затрат, замораживанием инвестиционных проектов и активным маркетингом.

В целом, можно констатировать, что востребованность стоимостного менеджмента как инструмента стратегического управления на транспорте является вполне обоснованной. Однако его практическая реализация несистемна и весьма фрагментарна. Так, в настоящее время на транспорте в той или иной степени применяют лишь различные методы оценки стоимости предприятия. В то же время здесь практически не используются методы формирования и реализации стоимостной идеологии, а, следовательно, отсутствует полноценная система управления, нацеленного на рост стоимости.

Для практической реализации современной концепции стоимостного управления на транспорте необходимо формирование структурных компонентов стоимостной идеологии (табл. 3).

Таблица 2

**Предпосылки формирования стратегии управления
стоимостью транспортных компаний**

Предпосылки, благоприятствующие формированию стратегии	Предпосылки, требующие формирования стратегии
Разработка концепции и стратегии стоимостного управления в научной литературе и деятельности консалтинговых компаний и использование методов оценки в современной деятельности предприятий транспорта. Позитивный опыт компаний и предприятий, использующих данную стратегию в практической деятельности	Ориентиры Транспортной стратегии, призванные развивать стратегическое управление на микроуровне, при этом стратегия управления стоимостью рассматривается как наиболее перспективная
Ориентиры Транспортной стратегии, призванные обеспечить конкурентоспособность развития отрасли, которая требует развития стратегии предприятия; наиболее конкурентоспособной сегодня является стратегия стоимостного управления	Применение транспортными предприятиями дополнительных видов деятельности, например аренды, которая требует при расчете величины арендной платы оценку стоимости компании
Контрциклический характер развития транспортной отрасли создает возможность для ее стратегического развития на любой фазе экономического цикла. Данная особенность наиболее активно проявляется во влиянии на такой комплексный стоимостный фактор, как ставка дисконтирования денежного потока для собственного капитала. Следовательно, данная стратегия наиболее восприимчива к этой особенности транспортной отрасли	Использование кредитных ресурсов банковского сектора, роль которых в условиях развития государственно-частного партнерства будет возрастать, также требует оценки стоимости предприятия
Методы стоимостной идеологии, направленные на гармонизацию отношений принципалов и агентов, создают возможность развития стратегии	Выход предприятий транспорта на фондовый рынок априори требует расчета стоимости предприятия и ее мониторинга
Долгосрочный характер целей деятельности транспортных предприятий, обусловленный высокими издержками входа и выхода из отрасли, которые являются результатом ее капиталоемкости и высокой доли основных средств в активах предприятия, предопределяет эффективность использования методов стоимостного управления	Реорганизационные процедуры, осуществляемые предприятием, требуют адекватных мер по оценке предприятия до и после реорганизации, при этом реорганизационные процедуры рассматриваются как техники управления стоимостью предприятия

**Структуризация стоимостной идеологии и методы ее формирования
на предприятиях транспорта**

Структурные элементы стоимостной идеологии	Методы их формирования	Адаптация методов к предприятиям транспорта
<i>Целевые установки и количественные индикаторы.</i> Особенности стоимостной идеологии состоят в том, что в арсенале целевых установок заложены как финансовые, так и нефинансовые цели деятельности по наращиванию стоимости компании, что обусловлено новым подходом к управлению стоимостью, который базируется на выделении и контроле роли каждого сотрудника компании в процессе создания стоимости. Целевые установки, сочетающие в себе жесткое требование достижения определенных финансовых показателей с более гибким инструментами эффективного управления человеческим капиталом, создают всеобъемлющую мотивацию к созданию стоимости	Концентрация в отрасли и <i>дифференциация</i> в зависимости от жизненного цикла бизнеса. По параметрам индикаторов: для АО выбираются в качестве такого курс акций, в рамках которого прописываются конкретные цифры его роста. Возможно также определение заданий по ключевым факторам создания стоимости, через выражение их в различных показателях — финансовых (допустим, экономическая прибыль) или нефинансовых (к примеру, количество клиентов, производительность труда)	Преимущественно отраслевая концентрация, обусловленная высокими издержками входа и выхода из отрасли и достаточной инертностью предприятий транспорта к изменению организационных проблем бизнес-процессов, что является специфичным для транспортной отрасли. На фазе жизненного цикла «стабильная зрелость» преобладает отраслевая диверсификация, связанная с вертикальной интеграцией, и развитие реальных инвестиций, преследующих внеэкономические цели. На фазе «старение» дезинвестирование капитала из низкорентабельных инвестиционных объектов с обеспечением минимальных его потерь
Стоимостные <i>факторы</i> и КПЭ. Фактор создания стоимости — это характеристика деятельности, от которой зависит результативность функционирования компании, т. е. результативность стратегии наращивания стоимости. Факторы охватывают все направления деятельности компании и сводятся в определенную систему, позволяющую обеспечивать постоянный процесс наращивания стоимости. Детерминированная взаимосвязь факторов позволяет рассматривать их как единую цепочку создания стоимости. При этом данная цепочка является источником создания конкурентных преимуществ компании, поскольку она, с одной стороны, отражает сильные стороны конкретной компании, а с другой — ее специфицированные стоимостные факторы (т. е. стоимостные факторы, присущие только данному предприятию). На базе факторов формируются КПЭ	<i>Определение факторов</i> для предприятия и его структурных подразделений. Основная задача — построить схемы анализа создания стоимости, показывающие систематическую связь операционных элементов бизнеса с процессом создания стоимости. <i>Установление приоритетов</i>, т. е. факторов, которые оказывают значительное влияние на стоимость. Установление приоритетов начинается с построения модели дисконтированного денежного потока, позволяющей понять, насколько чувствителен итоговый результат оценки предприятия к изменениям каждого фактора. <i>Институционализация</i>. Факторы создания стоимости включаются в совокупность целевых индикаторов и систему оценки работы предприятия, на их базе разрабатываются КПЭ	Ключевыми операционными элементами для предприятий транспорта являются операционные затраты

Стоимостная идеология, таким образом, предполагает создание системы взаимосвязанных ключевых показателей эффективности (КПЭ), отражающих факторы стоимости, влияющие на количественные индикаторы и целевые установки, по которым оценивается успешность достижения поставленных целей и определяется роль каждого сотрудника в успехе компании.

Следует отметить, что стоимостные факторы и КПЭ для разных подразделений предприятия могут быть различны, особенно это значимо, если подразделения имеют разные уровни эффективности. Так, подразделению с высокими операционными показателями и высокой операционной маржой (operating profit margin) следует руководствоваться КПЭ, относящимися к росту, тогда как подразделению с низкой операционной маржой больше подходит использование КПЭ, связанных с издержками. Поэтому столь значима спецификация стоимостных факторов, которая позволяет выявить взаимосвязь определенного КПЭ и роста стоимости компании. При этом необходимо отметить, что для правильного определения факторов создания стоимости не существует единой методики по всем направлениям и видам деятельности предприятий; предприятие должно только руководствоваться следующими принципами формирования факторов стоимости:

- факторы должны быть напрямую привязаны к созданию стоимости и с необходимой детализацией доведены до всех уровней организации — вплоть до самого нижнего;

- факторы создания стоимости следует устанавливать в качестве способов реализации целевых индикаторов и измерять, используя как финансовые, так и операционные ключевые показатели эффективности;

- факторы создания стоимости должны отображать как достигнутый на данный момент уровень эффективности, так и долгосрочные перспективы роста компании.

Следует отметить, что установка на создание стоимости компании (формирование факторов создания стоимости) не противоречит другим ее важным целям, таким как обеспечение безопасности транспорта или экологической безопасности. Напротив, эти аспекты следует использовать при определении факторов создания стоимости и ввести их в систему оценки результатов.

Таким образом, для эффективного развития методов стоимостного управления необходима кардинальная перестройка корпоративного управления транспортными компаниями. Внедрение стоимостного управления обеспечивает не только рост капитализации рынка за счет фундаментальных факторов, но и рост инвестиционной привлекательности транспортных компаний, что отвечает задачам реализации Транспортной стратегии РФ.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

А. И. Зайцев,
ООО «НПП «МАРИНЕРУС»;

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

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИДЕНТИФИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В АСУ ДВИЖЕНИЕМ МАЛОМЕРНОГО ФЛОТА НЕВСКОЙ ГУБЫ

THE EFFICIENCY OF AUTOMATED IDENTIFICATION SYSTEM OF ASC FOR SMALL BOATS FLEET IN NEVA BAY

В статье приведены результаты анализа влияния состояния информационного канала загромождающего рельефа и взаимного перемещения судовых транспондеров относительно базовых станций на дальность действия АИС в Невской губе.

The article gives the results of evaluation of influence the information canal state in obstructing relief and moving of ship conveyers against base stations on the action range of AIS in Neva Bay.

Ключевые слова: маломерный флот, безопасность транспортного процесса, подсистема позиционирования и мониторинга, береговая базовая станция АИС

Key words: small boats fleet, transportation security, subsystem of positioning and monitoring, onshore base AIS station

В ПЕРСПЕКТИВЕ организации международного яхтенного и «катерного» сообщения представляется актуальным и неизбежным развитие и унификация систем управления судоходством маломерного флота. От этого напрямую зависят безопасность и экономическая эффек-

тивность эксплуатации всего транспортного процесса.

К настоящему времени суда маломерного и мегамаломерного флота могут быть оснащены системами класса АИС-1 и АИС-2, основные технико-эксплуатационные параметры которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технико-эксплуатационные параметры АИС-1 и АИС-2

Наименование параметра	Значение параметра	
	нижнее	верхнее
Канал АИС-1 (87-й канал УКВ МПС)	161,975 МГц	161,975 МГц
Канал АИС-2 (88-й канал УКВ МПС)	162,025 МГц	162,025 МГц
Региональный канал АИС (рекомендация МСЭ)	156,025 МГц	162,025 МГц
Разнос частот между каналами	12,5 кГц	25,0 кГц
Полос пропускания канала	12,5 кГц	25,0 кГц
Выходная мощность передатчика	2,0 Вт	12,5 Вт
Чувствительность приемника при полосе пропускания канала 12,5 кГц, дБм (не хуже)	101	107

Таблица 1
(продолжение)

Чувствительность приемника при полосе пропускания канала 12,5 кГц, дБм (не хуже)	92	98
Скорость передачи	9600 бит/сек	9600 бит/сек
Модуляция	FM/GMSK (частотная модуляция/ гауссова адаптивная манипуляция)	



Рис.1. Яхта, оборудованная подсистемой АИС-2

На рис. 1 показан пример яхты, оборудованной системой АИС-2.

Технология АИС — одна из важнейших подсистем позиционирования, мониторинга и управления, впервые внедряемая в Невской губе на базе порта Кронштадт АСУ движением маломерного флота (ДМФ). В настоящей статье рассмотрены особенности применения этой технологии для решения задач контроля за местоположением яхт, мегаяхт и других маломерных судов в этом районе.

Известно [1; 3; 4], что для $P_{\text{отт}} \leq 10^{-2} \div 10^{-4}$ при передаче цифровых сообщений АИС значения потенциально-до-

стижимых радиусов зон действия береговых базовых станций АИС лежат в пределах от нескольких навигационных миль до нескольких их десятков. Наличие взаимного перемещения маломерных судов относительно базовых станций и загромождающего рельефа может существенно сказаться на уменьшении радиуса зоны действия. Выполнен количественный анализ указанных вредных стохастических факторов. Установлена возможность использования яхтенных транспондеров АИС с выходной мощностью до 2 Вт, что позволяет приступить к внедрению АИС в районе Невской губы. Использование АИС-транспондер-

ной технологии может полностью устранить такие недостатки и помочь значительно более эффективно организовывать контроль за маломерными судами, а также их поиск и спасение в аварийных ситуациях.

Рассмотрим задачу оптимизации зоны действия береговой базовой станции АИС. Важное практическое значение для использования АИС в АСУ ДМФ в районе Невской губы играет минимизация необходимого уровня передачи сигнала для яхтенных транспондеров, например до выходной мощности в пределах от 2 до 12 Ватт (класс АИС-1). Это позволит существенно снизить в УКВ-диапазоне морских частот 157–162 МГц взаимные помехи одновременно работающих радиосредств и, следовательно, повысить электромагнитную защищенность информационных каналов АИС [5].

Учитывая вероятностные характеристики передачи цифровых сообщений АИС в сегменте «яхта–берег» ограничимся далее частным, но весьма распространенным на практике случаем, когда дополнительное кодирование отсутствует и в качестве эквивалентной вероятности ошибки выступает P_{oui} — различные модификации выражений для полной вероятности ошибки поэлементного приема цифровых, сообщений. Поскольку обычно $P_{oui}(R_c)$, где R_c — среднее расстояние на трассе БС–СТ имеет монотонный характер, то задача оптимизации сводится к отысканию такого граничного значения радиуса зоны АИС, когда имеет место:

$$R_c^{onm} = \arg[P_{oui}(R) \leq P_{треб}], \quad (1)$$

где $P_{треб} = 10^{-2} \div 10^{-4}$ — требуемая вероятность ошибки.

Рассмотрим конкретные, имеющие самостоятельное значение примеры решения (1). При этом основное внимание следует уделить получившей наибольшее распространение в УКВ-радиосетях частотной манипуляции, использующей ортогональные в усиленном смысле простые сигналы двух частот (табл. 1).

Известно, что при некогерентном приеме ЧМ-сигналов выражения для полной вероятности ошибки поэлементного приема имеют вид:

$$P_{oui}(R) = \frac{1}{2} e^{-\frac{h^2(R)}{2}} = \frac{1}{2} e^{-\frac{x}{R^4}}, \quad (2)$$

$$\chi = \frac{P_u G_1 \eta_1 G_2 \eta_2 (h_1^2 + h_0^2)(h_2^2 + h_0^2)}{2P_{np \min}} \quad (3)$$

где χ — энергетический параметр канала радиосвязи, определяющий его потенциальные возможности;

P_u — мощность передатчика базовой станции,

$P_{np \min}$ — чувствительность приемника СТ;

G_2 и G_1 — к.н.д. антенн передатчика БС и приемника СТ;

η_2 и η_1 — к.п.д. их антенно-фидерных трактов соответственно;

h_2 и h_1 — высоты антенн передатчика и приемника;

$h_0 = 5 \text{ м}$ — некоторое усредненное соотношение для высот антенн, учитывающее средние электромагнитные свойства подстилающей поверхности на трассе БС–СТ.

Для (2) возможны два способа решения в (1) — графоаналитический и аналитический. При графоаналитическом решении по выражению для вероятности ошибки строится соответствующая кривая $P_{oui}(R)$, а затем на требуемом уровне $P_{треб}$ проводится горизонталь, точка пересечения которой с кривой и определяет величину R_c^{onm} . При аналитическом решении в (1) совместно с (2) имеем [3; 4]:

$$R_c^{onm} = \sqrt[4]{\frac{\chi}{\ln 2 \cdot P_{треб}}} \quad (4)$$

Результаты графоаналитического решения в (1) и аналитического по (4) для $h_1 = 5; 10; 15 \text{ м}$ и $P_{треб} = 10^{-2}$ и 10^{-4} в случае АИС-1 представлены на рис. 2 и в табл. 2.

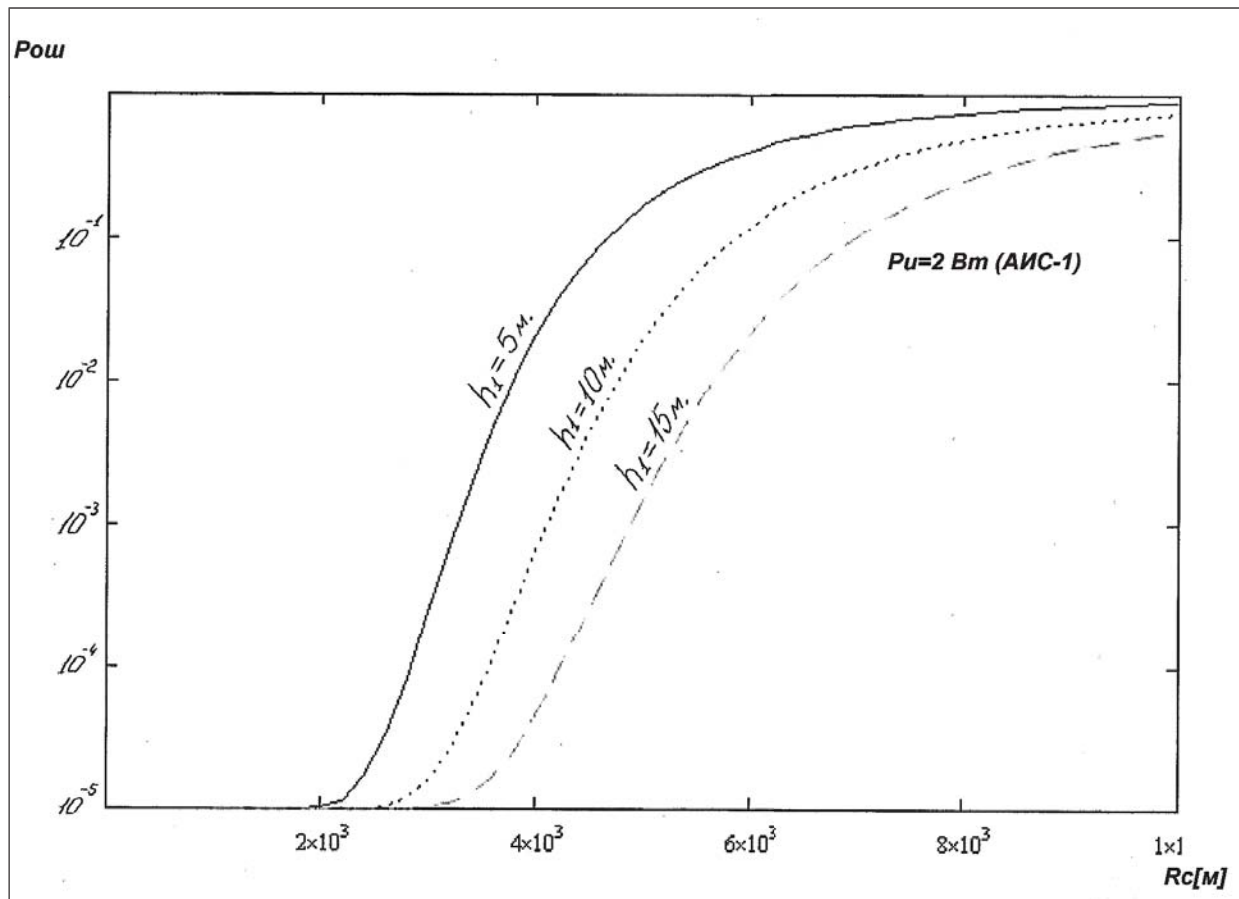
Рис. 2. Зависимость R_c^{onm} от $P_{треб}$ и h_1

Таблица 2

Потенциальный оптимальный радиус АИС-1

h_1		5 м	10 м	15 м
$P_{треб} = 10^{-2}$	R_c^{onm} [км]	4,7	5,8	6,9
	R_c^{onm} [км]	3,3	4,2	4,9

На рис. 3 представлены решения для R_c^{onm} при $h_1 = 10$ м, $P_{треб} = 10^{-2} \div 10^{-4}$ и мощностей передатчика базовой станции $P_u = 2, 7$ и 12 Вт.

Как видно из рис. 3, для случая АИС-2

имеет место существенное увеличение потенциального радиуса действия АИС. Так, для случая $P_{треб} = 10^{-2}$ и $P_u = 12$ Вт — $R_c^{onm} \approx 7,8$ км, что на 26% превышает соответствующие значения табл. 2.

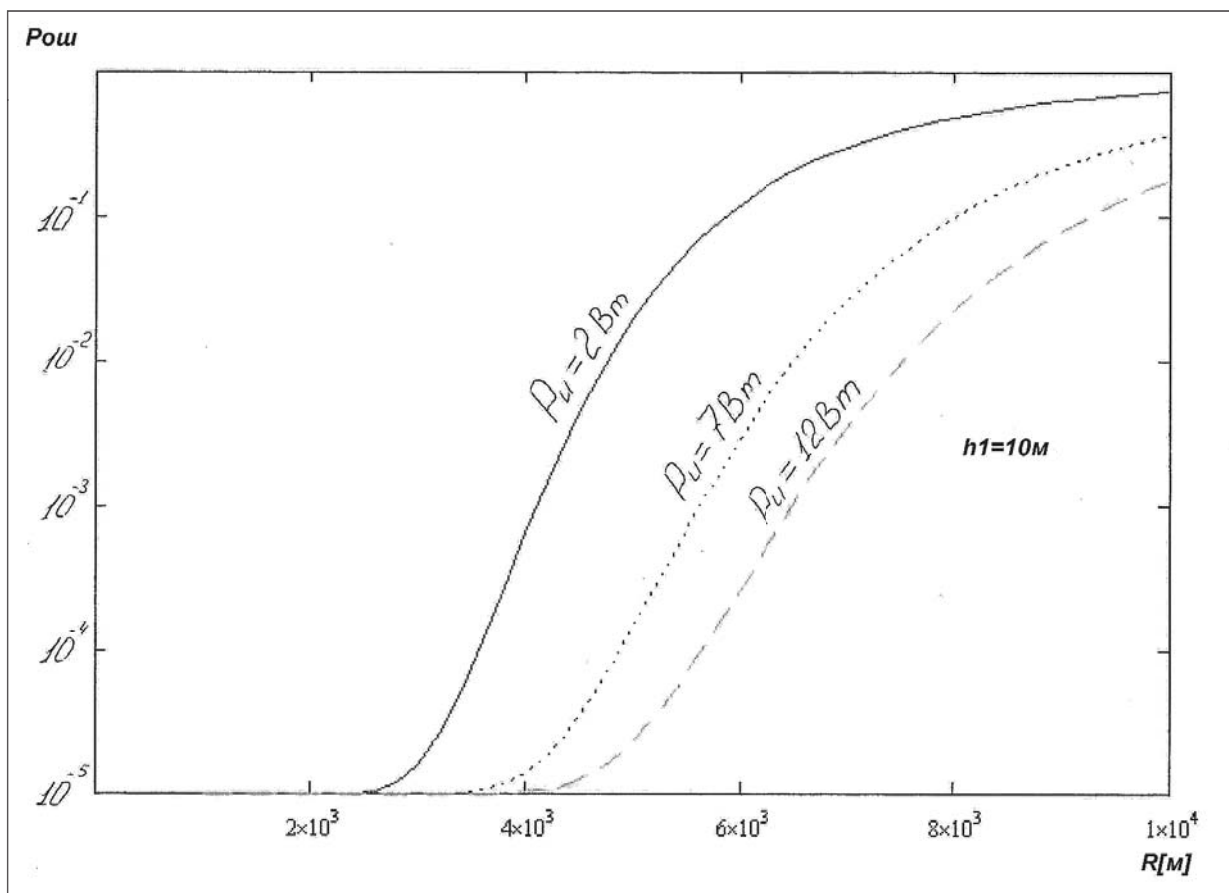


Рис. 3. Зависимость R_c^{om} от P_u

При работе системы АИС на реальных рельефах местности выражение для вероятности ошибки при некогерентном поэлементном приеме ЧМ-сигналов можно представить в виде [3; 4]:

$$P_{ош} = \frac{1}{2} \exp \left[-\frac{x}{R_c^4} \cdot 10^{0,1 F_0(\mu) \frac{H}{b_1}} \right], \quad (5)$$

где $\mu = \sqrt{\frac{\pi \cdot R_c^3}{b_1^2 \cdot \lambda}} \cdot \sqrt{K_0(1 - K_0)}$ — параметр, характеризующий форму препятствий;

$K_0 = R_1 / R_c$ — отношение расстояний до препятствия и между корреспондентами;

b_1 — радиус сферы, аппроксимирующей реальное препятствие.

Графоаналитическое решение в (1) с учетом (5) представлено на рис. 4. Для любых $P_{треб} = [10^{-2} \div 10^{-4}]$ имеет место заметное снижение радиуса зоны базовой станции АИС (сравнить табл. 2). Например, преграды высотой 40 м посреди трассы ($K_0 = 0,5$) снижают R_c^{om} до 3,8 км при $P_{треб} = 10^{-4}$ и $R_c^{om} = 8,4$ км при $P_{треб} = 10^{-2}$. Приближение преграды к передатчику ($K_0 < 0,5$) далее уменьшает R_c^{om} 14–20%.

На рис. 5 показаны потенциальные и достижимые при $K_0 = 0,5$ радиусы действия базовых станций АИС в районе Невской губы.

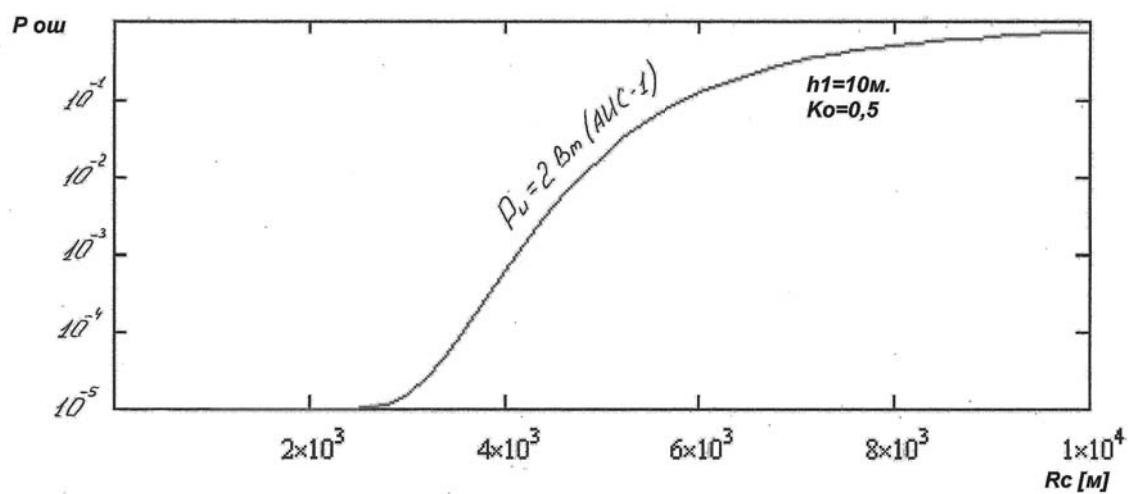


Рис. 4. Зависимость R_c^{onm} от влияния преграды

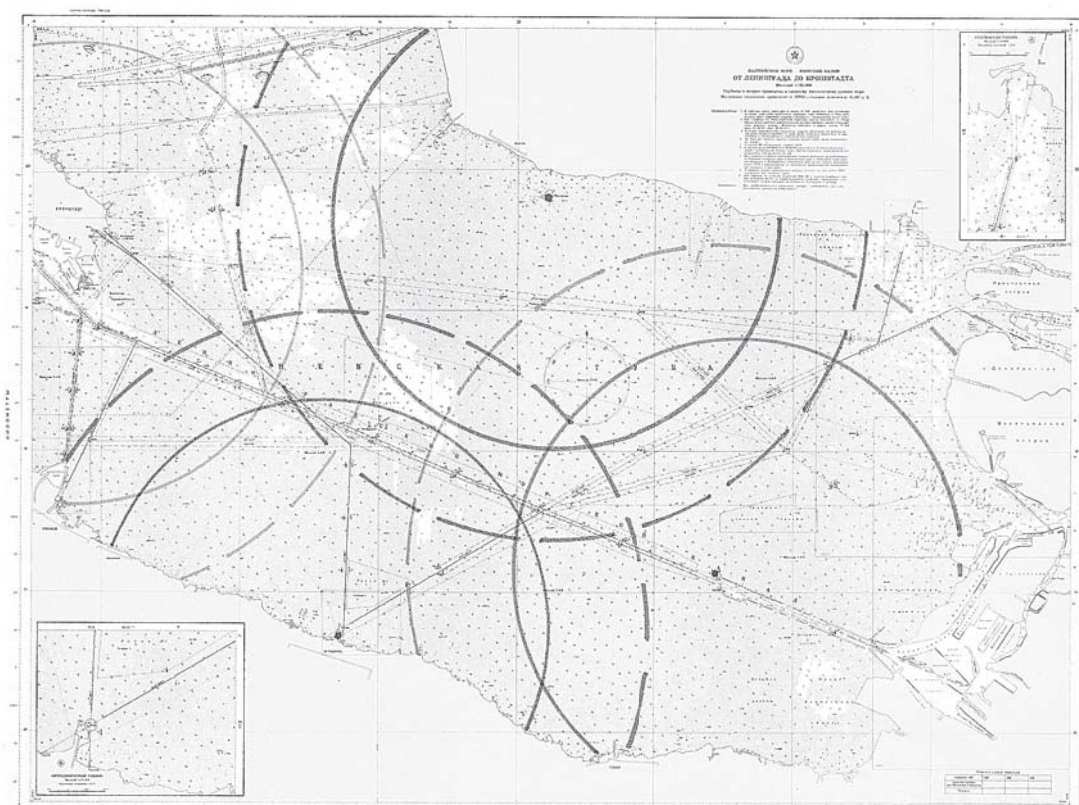


Рис. 5. Радиусы действия базовых станций АИС-2 в Невской губе

Из рисунка следует, что для приведенных в табл. 1 параметров БС и СТ АИС-1 и

АИС-2 можно обеспечить сплошное топологическое покрытие зонами действия АИС.

Список литературы

1. *Зайцев А. И.* Структурно-логическая схема автоматизированной системы управления движением маломерного флота в Невской губе и Невско-Ладожском районе водных путей // Технические средства судовождения и связи на морских и внутренних водных путях: Международный межвузовский сборник научных трудов / под ред. А. А. Сикарева. — СПб.: Судостроение, 2006. — Вып. 7. — С. 69–78.
2. *Каретников В. В., Ракитин В. Д., Сикарев А. А.* Автоматизация судовождения. — СПб.: СПбГУВК, 2007. — С. 264.
3. *Холин А. В.* Рациональная топологическая структура зон действия базовых станций автоматизированных идентификационных систем в Невско-Ладожском районе водных путей и судоходства // Морская радиоэлектроника. — СПб., 2007. — Вып. 3(21). — С. 46–47.
4. *Каретников В. В., Сикарев А. А.* Расчет зон действия базовых станций речных автоматизированных систем при замираниях сигналов // Морская радиоэлектроника. — СПб., 2008. — Вып. 1(23). — С. 30–32.
5. *Вишневский Ю. Г., Сикарев А. А.* Поля поражения сигналов и электромагнитная защищенность информационных каналов в АСУ ДС. — СПб.: Судостроение, 2006. — С. 356.

К. А. Клеванный,
д-р физ.-мат. наук,
СПб Центр по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды;

Е. В. Смирнова,
ЗАО «Ленгипроречтранс»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА CARDINAL

USING OF MODELING SYSTEM CARDINAL FOR SOLVING HYDRAULIC PROBLEMS

В статье приводится краткое описание программного комплекса CARDINAL, предназначенного для решения задач гидродинамики поверхностных вод, пример применения комплекса для выбора проектного решения строительства гидротехнических сооружений на р. Вычегда в районе г. Кораязма и Котласского ЦБК.

A short description of modeling system CARDINAL is given. The system allows to solve different problems of fluid dynamics of surface waters. An example of application of the system for design of hydraulic structures on Vychegda river near Koriazhma and Kotlas pulp-and paper mill is given.

Ключевые слова: гидродинамика поверхностных вод, гидродинамическое моделирование, проектирование гидротехнических сооружений

Key words: fluid dynamics of surface waters, hydrodynamic modeling, design of hydraulic structures

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ моделирующий комплекс CARDINAL (<http://cardinal.x-users.ru>) имеет следующие основные функциональные возможности:

- позволяет выполнять расчеты течений, уровня воды, распространения растворенных и взвешенных веществ, температуры и солености, транспорт донных наносов в произвольном водном объекте в двух- и трехмерном приближении;
- используются криволинейные гранично-зависимые или прямоугольные координаты и σ -координата в вертикальном направлении, обеспечивающая сгущение сетки на мелководье;
- уравнение переноса примеси решается с помощью неявного консервативного конечного-разностного метода высокой точности;
- предусмотрена осушка–затопление ячеек сетки;
- обладает удобным графическим пользовательским интерфейсом;
- пре-процессор, пост-процессор и блок решения объединены в одной программе;

- для совместимости с другими программами используется импорт-экспорт через текстовые файлы;

- возможность импортировать атмосферные данные из метеорологических моделей в формате GRIB, принятом для передачи метеоинформации;

- возможность задания произвольных аналитических выражений для эмпирических коэффициентов и начальных полей;

- анимация результатов.

Система уравнений, которая решается в этом программном комплексе методом конечных разностей, имеет вид:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{g}{\rho_o} \int_z^{\zeta} \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{1}{\rho_o} \frac{\partial P_a}{\partial x} + f_c v + K \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_T \frac{\partial u}{\partial z} \right), \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} - \frac{g}{\rho_o} \int_z^{\zeta} \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \frac{1}{\rho_o} \frac{\partial P_a}{\partial y} - f_c u + K \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_T \frac{\partial v}{\partial z} \right), \quad (2)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = \varpi_s, \quad (3)$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} = \omega_s, \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} = \varpi_s T_s + \\ + K_c \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_c \frac{\partial T}{\partial z} \right), \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} + v \frac{\partial S}{\partial y} + w \frac{\partial S}{\partial z} = \varpi_s S_s + \\ + K_c \left(\frac{\partial^2 S}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 S}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_c \frac{\partial S}{\partial z} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} + (w - w_0) \frac{\partial c}{\partial z} = \\ = \varpi_s c_s - \lambda c + K_c \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_c \frac{\partial c}{\partial z} \right), \end{aligned} \quad (7)$$

где u, v, w — декартовы компоненты вектора скорости течения $\bar{v}$;

$\rho_o(T, S)$ — плотность воды, определяемая по ее температуре T и солёности S по зависимости UNESCO;

ρ_o — среднее значение плотности воды (задано 999.7 кг/м^3);

g — ускорение силы тяжести;

ζ — уровень свободной поверхности;

P_A — атмосферное давление;

$f_c = 2\omega \sin \phi$ — параметр Кориолиса;

ϕ — географическая широта;

ω — угловая скорость вращения Земли;

K и v_T — коэффициенты горизонтального и вертикального турбулентного обмена соответственно;

U и V — полные потоки;

ϖ_s — объем воды, поступающий в единичный объем за единицу времени из внутренних источников (или изымаемый из него, например, при работе фрезерного землесоса);

ω_s — объем воды, поступающей из внутренних источников на единицу поверхности в единицу времени;

c — концентрация растворенных или взвешенных примесей;

w_0 — скорость осаждения взвешенных примесей (гидравлическая крупность);

c_s, T_s и S_s — концентрация примеси, температура и солёность воды, поступающей из источников;

λ — коэффициент неконсервативности;

K_c, v_c — коэффициенты горизонтальной и вертикальной диффузии.

Координата z направлена вертикально вверх.

На дне при $z = -h(x, y)$ задается касательное напряжение трения $\tau_b = (\tau_{b(x)}, \tau_{b(y)})$ с помощью квадратичного закона:

$$\begin{aligned} \tau_{b(x)} &\equiv \rho_o v_T \frac{\partial u}{\partial z} \Big|_{z=-h} = -\rho_o f_b u \mid \bar{v} \mid \\ \tau_{b(y)} &\equiv \rho_o v_T \frac{\partial v}{\partial z} \Big|_{z=-h} = -\rho_o f_b v \mid \bar{v} \mid, \end{aligned} \quad (8)$$

где f_b — коэффициент придонного трения.

Для ветровых условий касательное напряжение трения на поверхности $\tau_s = (\tau_{s(x)}, \tau_{s(y)})$ также задается с помощью квадратичного закона:

$$\begin{aligned} \tau_{s(x)} &\equiv \rho_o v_T \frac{\partial u}{\partial z} \Big|_{z=\zeta} = \rho_a C_D W_x \mid \bar{W} \mid \\ \tau_{s(y)} &\equiv \rho_o v_T \frac{\partial v}{\partial z} \Big|_{z=\zeta} = \rho_a C_D W_y \mid \bar{W} \mid, \end{aligned} \quad (9)$$

где C_D — коэффициент ветрового трения;

$\bar{W} = (W_x, W_y)$ — скорость ветра на высоте 10 м;

ρ_a — плотность воздуха (1.225 кг/м^3).

При наличии ледяного покрова касательное напряжение трения на поверхности определяется из соотношений

$$\begin{aligned} \tau_{s(x)} &= -\rho_o f_{ice} u \mid \bar{v} \mid \Big|_{z=\zeta} \\ \tau_{s(y)} &= -\rho_o f_{ice} v \mid \bar{v} \mid \Big|_{z=\zeta}, \end{aligned} \quad (10)$$

где f_{ice} — коэффициент трения о лед.

На твердых боковых границах модели нормальная компонента скорости u_n равна нулю. Для тангенциальной компоненты u_t вводится квадратичный закон трения, аналогичный придонному. Таким образом, граничное условие на твердых боковых границах имеет вид:

$$u_n = 0, \quad K \frac{\partial u_\tau}{\partial n} = -f_b u_\tau | \bar{v} | \quad (11)$$

На открытых боковых границах модели граничное условие может быть разных типов. Для первого типа задается нормальная компонента скорости как функция времени: $u_n = f(t)$. Для второго типа задается зависимость уровня воды от времени: $\zeta = \zeta(t)$.

На открытых границах, через которые вода поступает в расчетную область, задается временной ход температуры, солёности воды и концентрации примеси. На открытых границах, через которые вода вытекает из расчетной области, при условии, что адвекция доминирует над диффузией, граничных условий для c , T и S не требуется.

Для определения коэффициента вертикального турбулентного обмена ν_T возможно использование k - ε модели турбулентности, в которой он определяется из соотношения

$$\nu_T = c_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}, \quad (12)$$

где k — кинетическая энергия турбулентных пульсаций;

ε — скорость диссипации этой энергии за счет внутреннего трения;

$$c_\mu = 0.09.$$

В программном комплексе CARDINAL уравнения для k и ε решаются без учета адвективных членов, которые имеют второй порядок малости:

$$\begin{aligned} \frac{\partial k}{\partial t} &= \frac{\partial}{\partial z} \left(\nu_T \frac{\partial k}{\partial z} \right) + \nu_T (P + N) - \varepsilon, \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} &= \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\nu_T}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \right) + \frac{\varepsilon}{k} \nu_T (c_{1\varepsilon} P + c_{3\varepsilon} N) - c_{2\varepsilon} \frac{\varepsilon^2}{k}, \end{aligned} \quad (13)$$

$$\text{где } P = \left[\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 \right], \quad N = \frac{g}{Pr \rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial z},$$

$$c_{1\varepsilon} = 1.44, \quad c_{2\varepsilon} = 1.92, \quad \sigma_\varepsilon = 1.3, \quad Pr = 0.96.$$

Для коэффициента $c_{3\varepsilon}$ при численных экспериментах были подобраны значения, обеспечивающие всплывание вод пониженной плотности и погружение вод с повышенной плотностью: $c_{3\varepsilon} = 0.001$ при устойчивой стратификации и $c_{3\varepsilon} = 2$ при неустойчивой.

Для энергии турбулентности и ее диссипации задаются следующие граничные условия на дне (b) и на поверхности (s):

$$\begin{aligned} b_b &= \frac{u_*^2}{\sqrt{c_\mu}} = \frac{f_b u_b^2}{\sqrt{c_\mu}}, \quad b_s = C_D \frac{\rho_a}{\rho_0} W^2, \\ \varepsilon_b &= \frac{u_*^3}{\kappa z_b} = \frac{c_\mu^{3/4} k_b^{3/2}}{\kappa z_b}, \quad \varepsilon_s = \frac{u_*^3}{\kappa z_s} = \frac{c_\mu^{3/4} b_s^{3/2}}{\kappa z_s} \end{aligned} \quad (14)$$

где u_* — скорость трения;

$\kappa = 0.4$ — постоянная Кармана;

z_b и z_s — параметры шероховатости дна и поверхности соответственно.

Коэффициенты горизонтального турбулентного обмена и диффузии можно определять по формуле Смагоринского:

$$K_s = 0.25 \Delta x \Delta y \sqrt{\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + 0.5 \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2}. \quad (15)$$

Для расчетов эрозии дна и транспорта влекомых наносов к уравнениям системы добавляется уравнение

$$h_t = - \frac{\rho_p}{\rho_g} \left(\frac{\partial U_s}{\partial x} + \frac{\partial V_s}{\partial y} \right), \quad (16)$$

где ρ_p — плотность частиц в донных отложениях;

ρ_g — плотность донных отложений;

U_s и V_s — компоненты вектора расхода донных отложений, которые могут быть определены в CARDINAL из различных эмпирических соотношений.

Сюда входят формулы Мирцхулава–Леви, Гончарова, Эйнштейна, Ван Райна, три вида зависимостей Снисценко–Копалиани, учитывающие высоту донных гряд, Кнороза, Талмаза и Копалиани для частиц диаметром более 10 мм. Для примера приведем зависимость, полученную Ван Райном:

$$U_s = 0.053 \sqrt{\left(\frac{\rho_p}{\rho} - 1 \right)} g d^{3/2} \left(\frac{\tau}{\tau_{crit}} - 1 \right)^{2.1} D_s^{-0.3}, \quad (17)$$

где d — диаметр частиц грунта;

$$\tau = \rho f_b u, \quad \tau_{crit} = \rho \theta \left(\frac{\rho_p}{\rho} - 1 \right) g d, \quad D_s = d t_s^{1/3},$$

$$t_s = 1.44 \cdot 10^{12} \left(\frac{\rho_p}{\rho} - 1 \right);$$

$$\theta = \begin{cases} 0.24D_s^{-1}, & D_s < 4 \\ 0.14D_s^{-0.64}, & D_s < 10 \\ 0.04D_s^{-0.1}, & D_s < 20 \\ 0.013D_s^{0.29}, & D_s < 150 \\ 0.055. \end{cases}$$

Эрозия начинается при $\tau > \tau_{crit}$.

Для расчета скорости осаждения w_0 использовалась следующая зависимость, принятая к использованию в ЗАО «Ленгипроречтранс»:

$$W_0 = \frac{10.528\Delta\rho d^2}{18\mu + 0.61\sqrt{g\Delta\rho d}}, \quad (18)$$

$$\Delta\rho = (\rho_p - 1000)/1000, \mu = \frac{0.01775}{1 + 0.0337t + 0.000221t^2} 10^{-4}$$

где t — температура воды в градусах по Цельсию.

Все значения даны в системе единиц СИ. Сцепление частиц грунта, влияющее на скорость осаждения, не учитывается.

При решении задач в двумерной постановке уровень свободной поверхности воды находится из уравнения (4), а скорости — из решения осредненных по глубине уравнений (1)–(2) (уравнения мелкой воды или уравнения Сен-Венана).

Главное меню программного комплекса состоит из следующих разделов: Project (работа с файлами проектов), Agea (создание расчетной области), Depth (ввод поля глубин), Vertical (переход к трехмерной задаче, выбор модели турбулентности, задание числа слоев), Open boundaries (задание открытых границ и условий на них), Atmosphere (задание полей ветра и атмосферного давления, коэффициента ветрового трения), Dynamics (задание начальных полей уровня и скорости, задание коэффициента горизонтального турбулентного обмена), Sources & Pollution (включение расчета распространения примесей, задание источников и начального поля загрязнения), Temperature (аналогично для температуры воды), Salinity (аналогично для солености), Bottom & Ice (описание свойств дна и ледовой поверхности), Devices (установка в расчетной области различного типа «самописцев»), Time (задание шага по времени, расчетного времени и т. п.), Tools (инструменты), Results (вы-

вод на экран результатов расчетов — более 35 видов, возможен просмотр, не останавливая расчет), Window (выбор расположения окон с результатами расчета), RUN (запуск на счет), Help (интерактивная система помощи на английском языке), Print (печать результатов расчета в графический файл или на принтер).

Необходимым этапом разработки гидродинамической модели была ее верификация на аналитических тестах. Сюда входила задача о свободных колебаниях в круговом бассейне, расчет вертикальной структуры ветрового течения в бесконечном канале, расчет течения в канале, вызванном горизонтальным градиентом плотности, расчет переноса примеси в круговом бассейне и др. Все они при дроблении шага сетки дали решения, стремящиеся к точным аналитическим решениям. На рис. 1 показан результат расчета адвекции пятна примеси при нулевой диффузии в круговом бассейне, в котором задано твердотельное вращение жидкости: $u = y/R$, $v = -x/R$, где $R = 1000$ м — радиус бассейна. Начальное пятно задано соотношением $c = 100 \cdot \exp(-1.5 \cdot 10^{-5} [(x-300)^2 + y^2])$. Как видно, пятно после двух оборотов возвращается в прежнее положение, практически не изменив своей формы, как это и следует из точного решения. Расчет выполнен в двумерной постановке на сетке 200×200 узлов с шагом по времени 60 с.

На рис. 2 показано сравнение результатов расчета течения в канале с резким увеличением ширины с результатами гидравлического моделирования, выполненного во ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. При использовании формулы Смагоринского для коэффициента горизонтального турбулентного обмена (15) без дополнительных настроек модели сразу же была получена длина вихревой зоны, близкая к полученной в лотке, — 5.35 м.

Программный комплекс CARDINAL используется для решения разнообразных задач прикладной гидродинамики и гидравлики. Одна из них связана с выбором оптимального варианта компоновки гидротехнических сооружений. На рис. 3 показан пример расчета поля течений в одном из вариантов проекта строительства нового морского пассажирского терминала в С.-Петербурге.

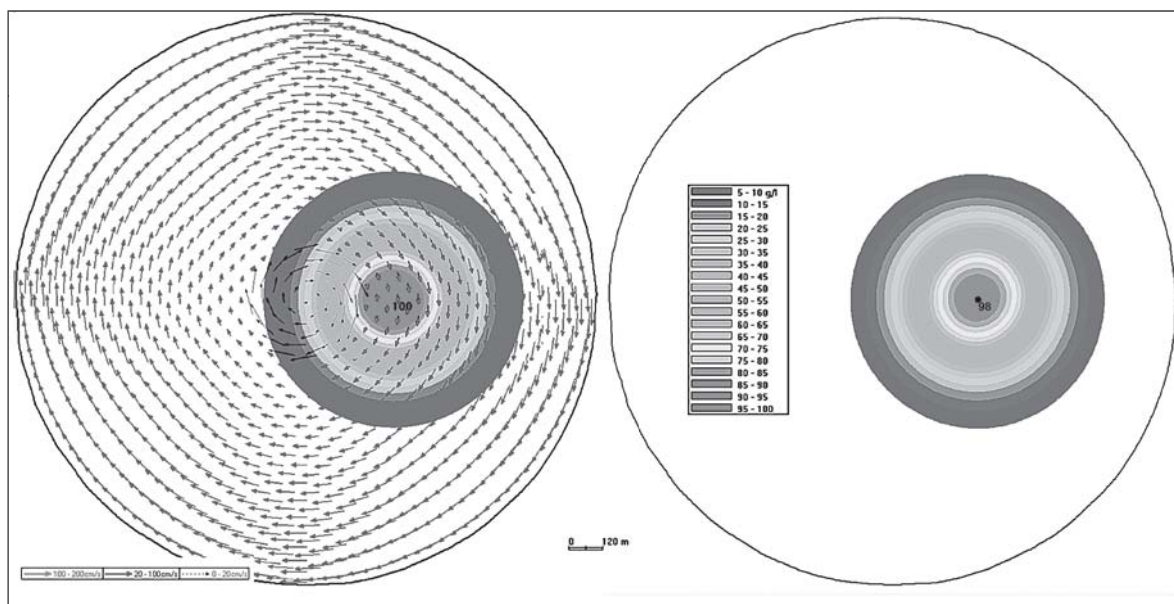


Рис. 1. Слева — поле скоростей и изолинии концентраций в начальном пятне, справа — изолинии концентраций после двух оборотов пятна в бассейне

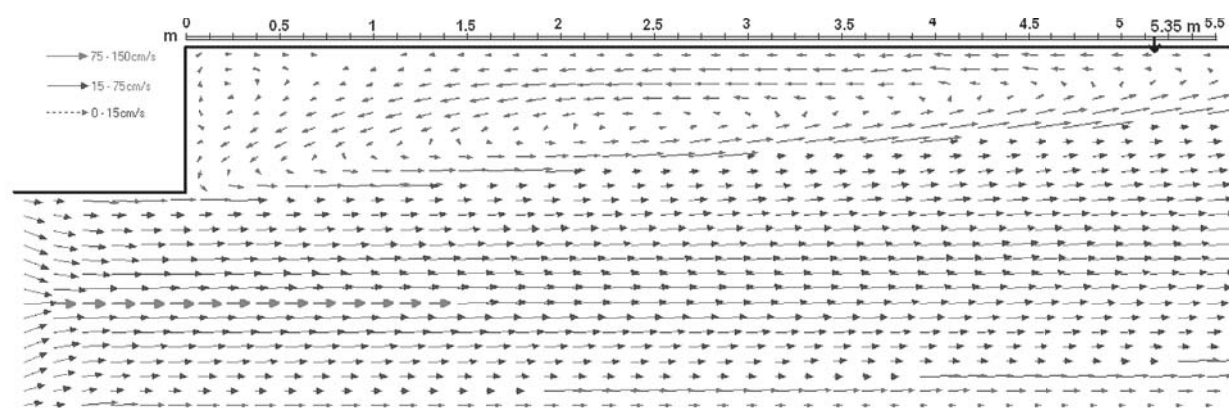


Рис. 2. Моделирование вихря в канале с резким расширением ширины

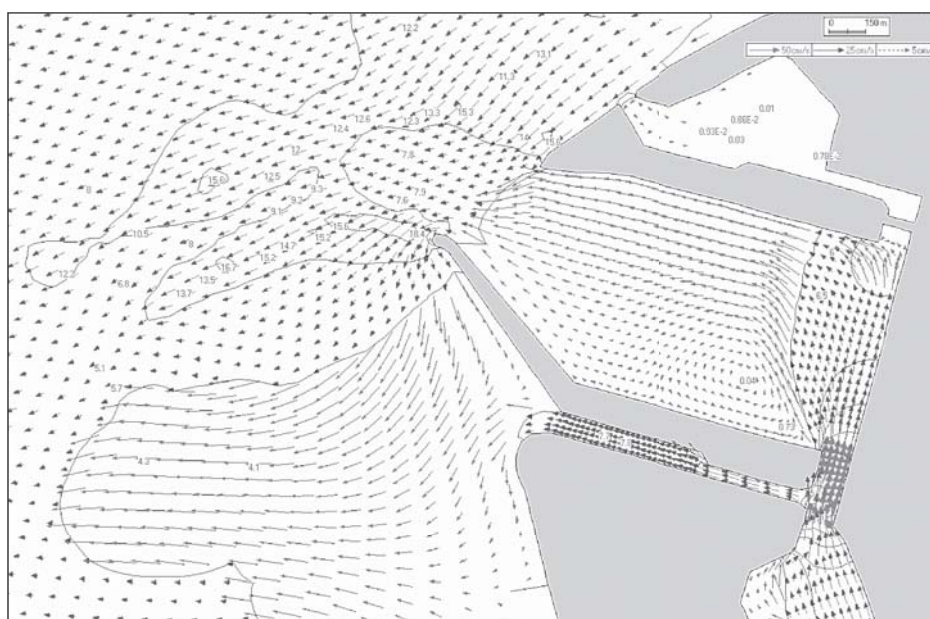


Рис. 3. Расчет течений для одного из проектов морского пассажирского терминала в Санкт-Петербурге

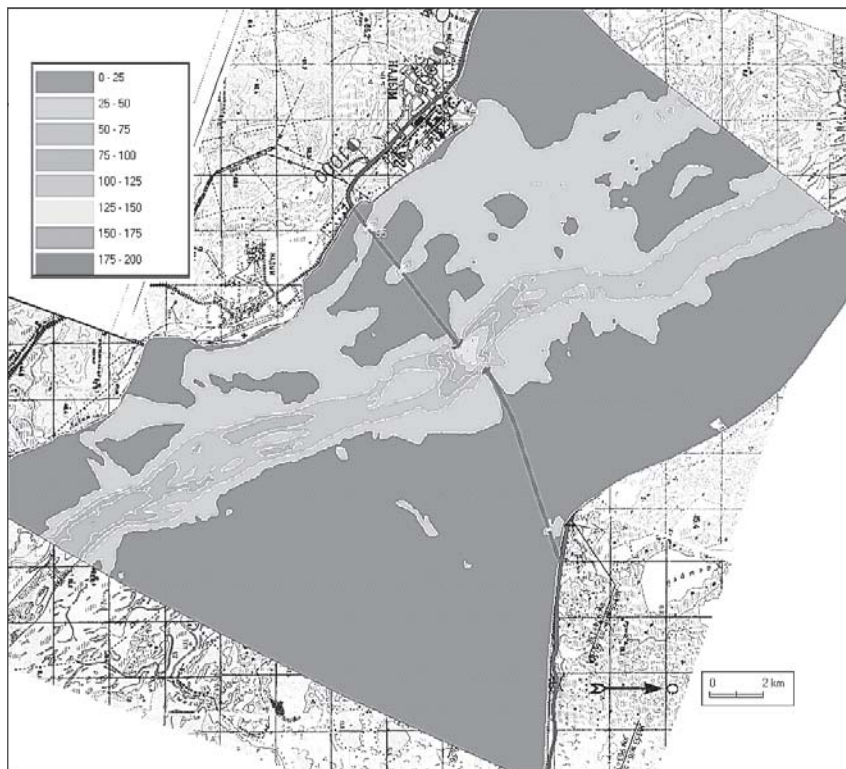


Рис. 4. Изолинии скоростей при паводке при наличии мостового перехода, струенаправляющих дамб на обоих берегах и трех пойменных отверстиях в условиях затора в районе проектируемого моста через р. Надым

На рис. 4 показан другой пример — расчетные изолинии скоростей в районе проектируемого моста через р. Надым у г. Надым и г. Старый Надым в русле и на пойме при паводке с расходом воды $14\,900\text{ м}^3/\text{с}$ обеспеченностью 0.33% (1 раз в 300 лет).

Следующим направлением использования программного комплекса CARDINAL

является расчет течений для тренажеров судоводителей фирмой TRANSAS Marine. В частности, тренажер необходим для обучения судоводителей прохождению через судопропускное отверстие С-1 шириной 200 м комплекса сооружений защиты Санкт-Петербурга от наводнений (КЗС). На рис. 5 показан пример поля течений в С-1 при нагонной си-

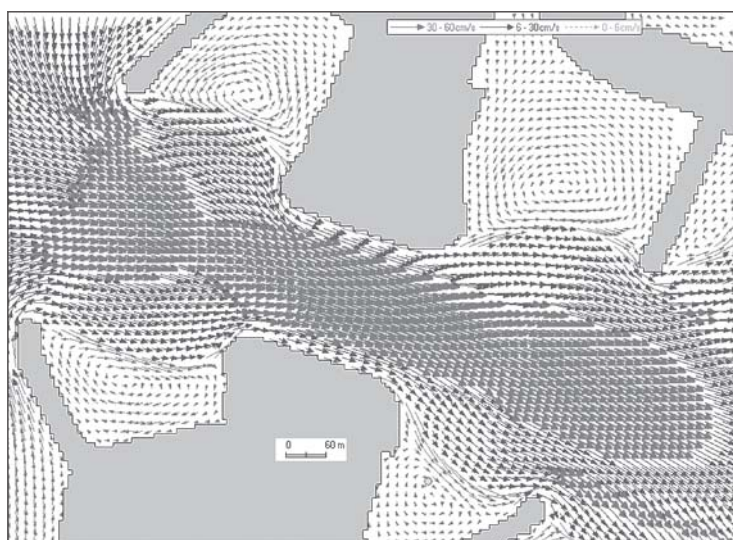


Рис. 5. Расчет течений в судопропускном сооружении С-1 Комплекса сооружений защиты Санкт-Петербурга от наводнений

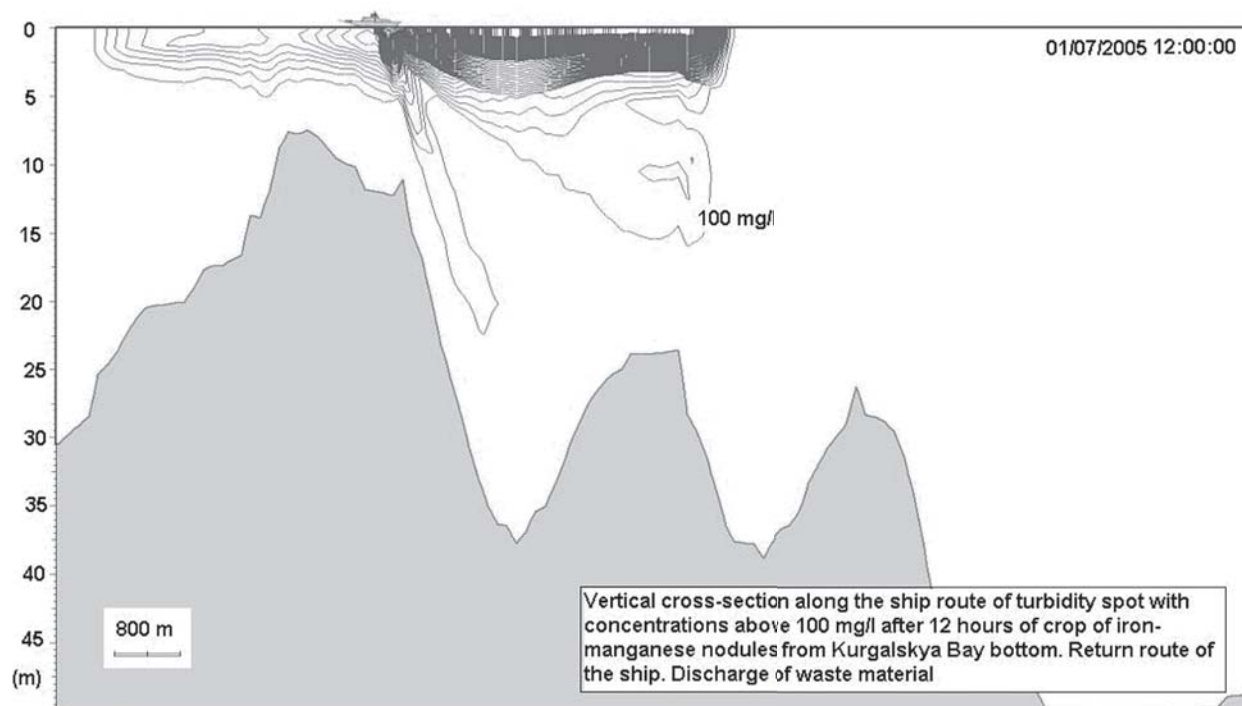


Рис. 6. Вертикальный разрез концентраций взвешенных веществ при добыче железно-марганцевых конкреций в карьере «Кургальский» через 12 часов работы землесоса. Западный ветер 0.5 м/с

туации. Расчет сделан на прямоугольной сетке с шагом 6 м.

Большое количество различных расчетов выполнялось для оценки экологического воздействия при различного типа гидротехнических работах и при прогнозе последствий от аварийных разливов и выбросов. Результаты этих расчетов (объемы воды, в которых концентрации взвешенных веществ превышают заданные значения и площади дна, на ко-

торых образуется слой осадка толще заданной величины) используются для расчета ущерба ихтиофауне. На рис. 6 — вертикальный разрез концентраций взвешенных частиц на карьере «Кургальский» в Финском заливе, к северу от о. Мощный, сбрасываемых с судна при добыче железно-марганцевых конкреций. Судно ходит по участку галсами вперед и назад, поднимая грунт с конкрециями, а пустую породу сбрасывает в залив. На рис. 6 видны

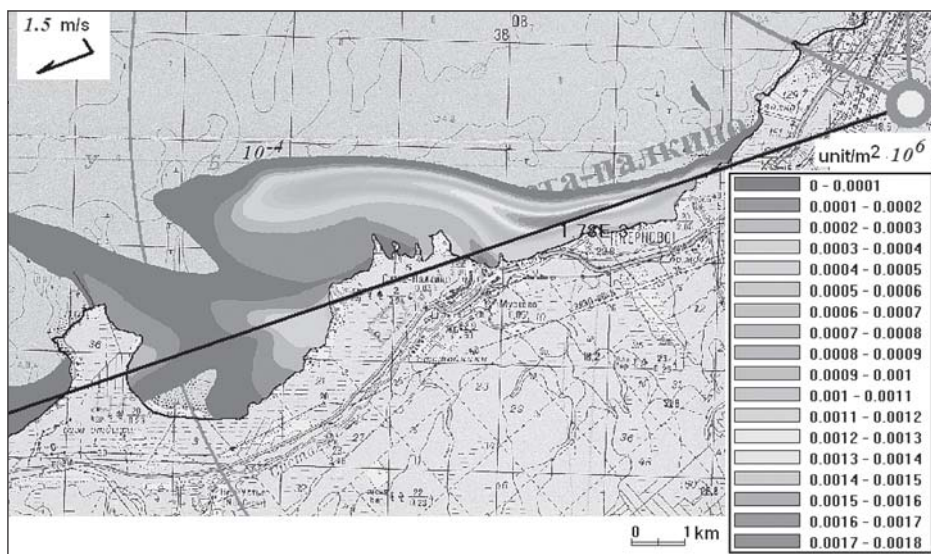


Рис. 7. Концентрации Cs-137 на дне Копорской губы через 10 суток после выброса в атмосферу при северо-восточном ветре

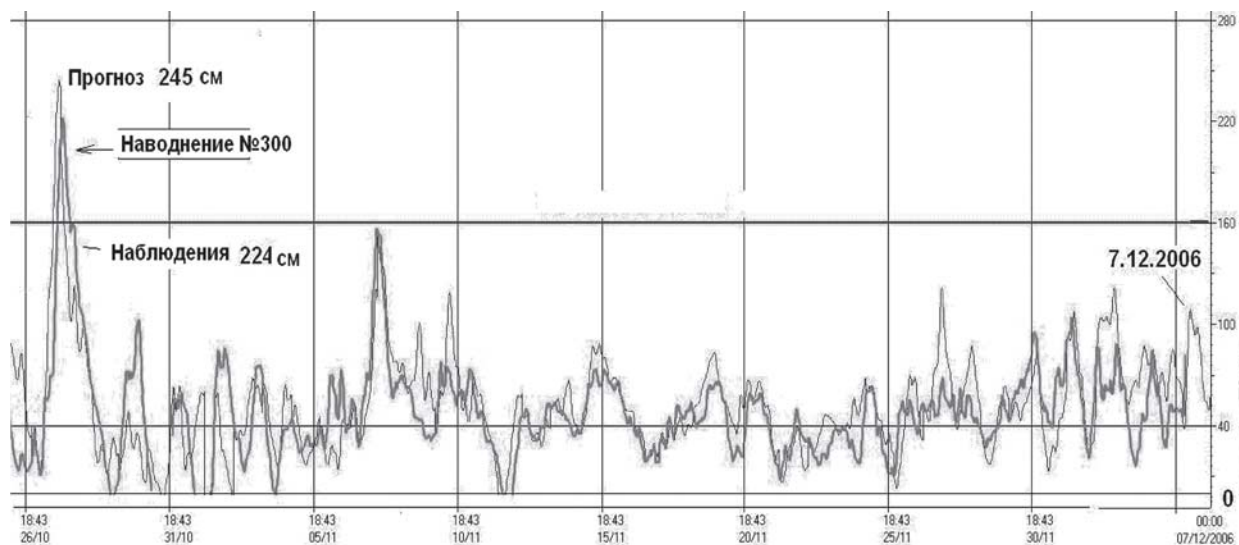


Рис. 8. Сравнение прогностического и фактического хода уровня на в/п Горный институт за период 26.10-7.12.2006 г.

поля мутности, образованные при настоящем и предыдущем галсах. Расчеты выполнялись отдельно для каждой из фракций, затем результаты складывались. Видно более быстрое выпадение тяжелой фракции.

Пример расчета оседания на дно Копорской губы радиоактивного изотопа Cs-137 после аварийного выброса в атмосферу с ЛАЭС-2 приведен на рис. 7. В данном случае в CARDINAL импортировались данные о концентрациях Cs-137 на поверхности из атмосферной программы ZONA. Учитывалась адсорбция изотопа на взвешенных частицах. На рисунке результаты расчета при северо-восточном ветре 1.5 м/с.

Пожалуй, наиболее важным является использование программного комплекса CARDINAL для оперативного прогноза

уровня воды в Балтийском море и, в частности, в Санкт-Петербурге. Система прогноза полностью автоматизирована и работает в СЗУГМС с декабря 1999 г. Прогноз метеопараметров над Балтийским морем поступает ежедневно (а с апреля 2008 г. — четыре раза в сутки) из модели HIRLAM Шведского гидрометеорологического института. Для прогноза уровня используется детальная модель Балтийского моря. Заблаговременность прогноза — 48 часов. Пример сопоставления расчетного и фактического хода уровня воды в С.-Петербурге представлен на рис. 8. Соответствие достаточно хорошее. Постоянно ведется работа по повышению точности прогноза. После завершения строительства КЗС прогноз будет необходим для управления затворами КЗС.

Список литературы

1. Аверкиев А. С., Клеванный К. А. Определение траекторий и скоростей циклонов, приводящих к максимальным подъемам воды в Финском заливе // Метеорология и гидрология. — № 8. — 2007. С. 55–63.
2. Вольцингер Н. Е., Клеванный К. А., Пелиновский Е. Н. Длинноволновая динамика прибрежной зоны. — Л.: Гидрометеиздат, 1989.
3. Клеванный К. А., Матвеев Г. В. Моделирование воздействия гидротехнических сооружений на гидрологический режим восточной части Финского залива с помощью программной системы CARDINAL // Финский залив–96: материалы Международного научно-практического симпозиума. — СПб.: Изд-во «Балтвод», 1996. — С. 51–58.

4. Клеванный К. А. Наводнения в С.-Петербурге при незавершенном комплексе защитных сооружений // Известия АН. Сер. географическая. — № 2. — 2002. С. 80–88.
5. Клеванный К. А. Прогноз изменений в режиме течений и концентрациях загрязняющих веществ в Невской губе, связанных с окончанием строительства сооружений защиты С.-Петербурга от наводнений // Акватерра: тр. V Международной конференции, 12–15 ноября 2002 г. — СПб.: Водоканал, 2002. — С. 81–83.
6. Прогностическая оценка дисперсии радионуклидов в крупных водоемах на примере озера Эворон // ЭРАС-3. Экология регионов атомных станций: сб. ст. / А. А. Апухтин [и др.]; под ред. Ю. А. Егорова. — М.: Изд-во Атомэнергопроект, 1995. — Вып. 3. С. 134–145.
7. Расчет гидрологического режима Невской губы / Н. Е. Вольцингер [и др.] // Метеорология и гидрология. — 1990. — № 1. С. 70–77.
8. Alkhimenko A., Bolshev A., Jalovlev A., Klevanny K., Liukkonen S. Modeling oil pollution under ice cover // Proc. VII-th International Offshore and Polar Engineering Conference. — Honolulu, USA: International Society of Offshore and Polar Engineers, 1997. — P. 594–601.
9. Klevanny K. A., Preobrazhensky L. Yu., Voltzinger N. E., Zolnikov A. V. Body-fitted co-ordinates for calculating long-wave disturbances and impacts of coastal engineering structures on the hydrodynamic and pollution regimes // Proc. of the III-th International Conference on Coastal & Port Engineering in Developing Countries. — Mombasa, Kenya, 1991. — Vol. 2. — P. 1311–1320.
10. Klevanny K. A., Matveyev G. V., Voltzinger N. E. An integrated modelling system for coastal area dynamics // Int. J. for Numerical Methods in Fluids. — 1994. — Vol. 19. — P. 181–206.
11. Klevanny K. A. Simulation of storm surges in the Baltic Sea using an integrated modelling system CARDINAL // Proc. of the XIX-th Conference of the Baltic oceanographers. — Sopot, Poland, 1994. — P. 328–336.
12. Klevanny K. A., Matveyev G. V. Integrated modeling system CARDINAL and its applications to estimation of environmental impacts of coastal engineering in the Gulf of Finland // Proc. of the IV-th International Conference on Coastal & Port Engineering in Developing Countries. — Rio-De-Janeiro, Brazil, 1995. — Vol. 3. — P. 2120–2134.
13. Klevanny K. A. Modelling floods for the present state of St. Petersburg Flood Protection Barrier // Proc. of Second Study Conference on BALTEX. — Juliusruh, Island of Rügen, Germany, 1998. — P. 106–108.
14. Klevanny K. A. Protection of St. Petersburg against floods with uncompleted barrier: mathematical model study // Proc. of the V-th International Conference on Coastal & Port Engineering in Developing Countries. — Cape Town, South Africa, 1999. — P. 626–637.
15. Klevanny K. A., Gubareva V. P., Mostamandi M. S. W., Ozerova L. B. Water level forecasts for the Eastern Gulf of Finland // Bulletin of the Maritime Institute in Gdansk. — 2001. — Vol. 28. — № 2. — P. 71–87.
16. Klevanny K. A., Smirnova E. V. Simulation of current and water pollution changes in the Neva Bay after completion of St. Petersburg flood Protection Barrier // Environmental and chemical physics. — 2002. — Vol. 24. — № 3. — P. 144–150.
17. Klevanny K. A. Simulation of impact of flood protection barrier on Neva Bay water regime // Sixth International Conference on Coastal & Port Engineering in Developing Countries. Colombo, Sri Lanka, Book of Abstracts, 2003. pp.137 - 138.
18. Klevanny K. A., Gliantseva O. V., Mostamandi M. S. W. Evaluation of new formulation of wind drag in the operational model of the Baltic Sea // Proceedings of the 6th HIROMB Scientific Workshop, St. Petersburg, 8–10 Sept. 2003. — St. Petersburg, 2003. — P. 21–32.

ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ВОДНОЙ СРЕДЫ

В. И. Решняк,

д-р техн. наук, проф., СПГУВК;

С. П. Зубрилов,

д-р техн. наук, проф., СПГУВК

ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОТРАСЛИ

PROBLEMS OF ENVIRONMENT-ORIENTED ACTIVITY IN THE BRANCH

В статье приведен анализ основных проблем охраны окружающей среды на водном транспорте и сформулирована система мероприятий, направленных на снижение отрицательного влияния объектов водного транспорта на природную среду.

The article gives the analysis of the main problems of the environment activity on water transport and states a system of measures to reduce the impact of water transport projects on natural environment.

Ключевые слова: водный транспорт, охрана окружающей среды, нормативно-правовые документы, комплекс организационных мероприятий, природоохранные технические средства

Key words: water transport, environment protection, normative legal documents, complex of organizational arrangements, environmental technological tools

ОБЕСПЕЧЕНИЕ экологической безопасности является одной из важнейших составляющих любой практической деятельности, в том числе и осуществляющейся на внутренних водных путях.

Природоохранная деятельность на объектах водного транспорта представляет собой систему законодательных, организационно-технических мероприятий и средств.

Деятельность отрасли зависит от наличия эффективной общей отраслевой законодательной базы, регулирующей деятельность отрасли и обеспечивающей ее неубыточное состояние. В данной фразе термин «отраслевая» означает законодательный акт любого уровня, но регулирующий деятельность отрасли. Одной из обязательных составляющих общей отраслевой законодательной базы является комплекс природоохранных нормативно-правовых актов.

К настоящему времени в отрасли сформировалась определенная законодательная база, регулирующая природоохранную деятельность. Усилиями специалистов отрасли в области охраны окружающей среды разработана нормативно-правовая база, которая

обеспечивает предотвращение отрицательного воздействия объектов отрасли на окружающую природную среду.

Однако сейчас сложилась почти острая необходимость существенной переработки и дополнения существующей природоохранной нормативно-правовой базы.

Прежде всего такая необходимость существует в области регулирования загрязнения атмосферного воздуха при эксплуатации судов и их энергетических установок, утилизации судов, упорядочивания требований к отведению очищенной судовой нефтесодержащей подсланевой и сточной воды, эксплуатации объектов, связанных с перемещением (транспортировкой и перегрузкой) и временным хранением нефти и нефтепродуктов. Однако этим не исчерпывается деятельность отрасли, требующая природоохранного регулирования.

Отсутствие нормативно-правовой базы, максимально отражающей реальность в части соответствия современным природоохранным требованиям, а также в части соответствия другим законодательным актам, затрудняет эффективную деятельность отрасли и задерживает ее развитие.

Одним из примеров, подтверждающих сказанное, являются правила отведения судовой сточной и подсланевой воды. Отраслевыми документами (Наставление по предотвращению загрязнения внутренних водных путей при эксплуатации судов) разрешается сброс очищенной до соответствующих норм сточной и подсланевой воды за борт. Однако распоряжениями других ведомств он запрещен. Такое несоответствие необходимо устранять корректировкой нормативно-правовой базы. При этом следует учесть, что существующие требования к качеству очищенной воды являются достаточно жесткими и обеспечивают защиту внутренних водных путей от загрязнения при эксплуатации судов. Запрет на сброс очищенной сточной и подсланевой воды является излишним, но заметно затрудняющим эксплуатацию водного транспорта.

Сказанное подтверждает правоту позиции авторов в том, что природоохранные нормы должны быть разумным компромиссом между необходимостью предотвращения загрязнения окружающей среды и необходимостью обеспечивать эффективную деятельность водного транспорта. Именно обе указанные цели должны обеспечиваться каждым природоохранным нормативно-правовым документом.

Формирование современной отраслевой нормативно-правовой базы в области охраны окружающей среды, на наш взгляд, является первоначальной и наиболее актуальной задачей природоохранной деятельности в отрасли.

Эффективность любой деятельности, в том числе и природоохранной, зависит от эффективности организации и управления этой деятельностью. За последние годы по сути прекратила свое существование отраслевая система управления охраной окружающей среды. На наш взгляд, необходимо восстанавливать «вертикаль управления» в этой области хотя бы потому, что многие проблемы в обсуждаемой области носят общепромышленный характер. Необходимо создать в отрасли подразделение (отдел или управление) охраны окружающей среды. В своей работе такое подразделение может опираться на советы, в состав которых будут входить специалисты в данной области. Чтобы деятельность таких советов была

продуктивной, необходимо установить его финансирование в оптимальных объемах. Специалистам таких советов можно было бы поручать первоначальную экспертную проработку возникающих природоохранных проблем, оставив отраслевому подразделению по охране окружающей среды управляющую функцию. Упомянутые советы целесообразно формировать по нескольким направлениям на базе отраслевых вузов.

Эффективность организации и управления природоохранной деятельностью во многом будет определяться информационной составляющей этой деятельности, поэтому необходимо создать отраслевую информационную систему «Охрана окружающей среды». Первоначальными задачами такой системы должны быть информационный мониторинг законодательства и мониторинг экологического состояния всех объектов отрасли. Кроме того, в ней должна храниться информация о современном природоохранном оборудовании, которое используется на объектах отрасли. Финансовое участие в создании такой информационной системы должны принять предприятия, которые осуществляют различные виды отраслевой деятельности независимо от формы собственности. Заинтересованность предприятий будет заключаться в возможности использования информации, содержащейся в системе, а также получения первичной консультации по возникающим проблемам в области охраны окружающей среды.

Задача создания такой отраслевой информационной системы может быть решена группой специалистов в сфере информационных технологий и охраны окружающей среды на речном транспорте, которые работают в отраслевых вузах.

Еще одним аспектом проблемы обеспечения экологической безопасности в отрасли является экологическое образование и формирование экологического сознания. Наш собственный опыт научно-исследовательской и педагогической работы в этой области показывает, что порой имеют место существенные пробелы в экологическом образовании руководителей высшего и среднего звена. Одна из причин носит вполне объективный характер. Немалая часть руководителей отраслевых

предприятий получала свое образование тогда, когда в вузах еще не изучались экология или охрана окружающей среды. Кроме того, современный мир быстро накапливает опыт в области защиты окружающей среды, который проще всего изучать специалистам вузов и научно-исследовательским организациям, и затем эту информацию передавать на курсах повышения квалификации для руководителей предприятий всех уровней. Такие курсы повышения квалификации должны проводиться как обязательные один раз в три-четыре года. Организацию такого повышения квалификации необходимо поручить факультетам повышения квалификации вузов отрасли.

По нашему мнению, есть еще одна проблема в области повышения квалификации специалистов отрасли. Речь идет о повышении квалификации профессорско-преподавательского состава отраслевых вузов. Необходимо шире использовать производственную (в том числе и на судах) стажировку преподавателей. Последние годы были не лучшими для отрасли в целом и для отраслевого образования в частности. Надо признать, что весь окружающий нас мир ушел вперед. Поэтому необходимо профессорско-преподавательский состав знакомить с достижениями в аналогичных отраслях и за рубежом при проведении командировок и стажировок.

Получение основного образования в вузах отрасли пока не обеспечивает соответствующего современной ситуации уровня экологического образования. Сейчас в отраслевых вузах на I курсе читается курс экологии. Для требований сегодняшнего дня этого явно недостаточно.

В целом экологическое образование должно обеспечивать достижение двух основных целей: формирование экологического сознания и собственно экологическое образование. Достижение первой цели осуществляется при чтении курса экологии. Вторая цель достигается при чтении курса охраны окружающей среды на IV или V курсе обучения, когда студенты уже знакомы с работой отрасли и ее проблемами из общепрофессиональных и специальных дисциплин, а также из опыта, полученного на производственных и плавательских практиках. Уровень полу-

ченных в вузе экологических знаний должен быть подтвержден выполнением раздела «Охрана окружающей среды» в дипломном проекте.

В начале настоящей статьи упоминался также технический аспект природоохранной деятельности в отрасли как комплекс природоохранных технических средств, которые могут находить свое применение на разных объектах отрасли. К сожалению, сейчас почти нет таких средств. Кроме того, во многом утерян опыт отраслевых организаций и предприятий, которые могли бы такие технические средства разрабатывать и изготавливать.

По мнению авторов, наиболее актуальной в этом аспекте проблемой является необходимость создания комплекса внесудовых природоохранных технических средств, обеспечивающих сбор и переработку загрязнений, которые образуются на судах. Такой комплекс должен включать разные технические средства — береговые и плавучие (самоходные и несамоходные) очистные сооружения, сооружения временного накопления загрязнений, средства для сбора и транспортировки загрязнений. Эти технические средства должны создаваться в соответствии с едиными требованиями к их конструкции, оборудованию, в том числе природоохранному, к условиям эксплуатации и ремонта. Таких требований пока тоже нет.

Не исключен и другой подход к формированию комплекса технических средств, необходимого для природоохранной деятельности объектов отрасли. Можно воспользоваться тем, что создано другими. Мировой рынок предлагает достаточный набор природоохранных технических средств. Например, судовые установки для очистки сточной и подсланевой воды выпускаются многими зарубежными фирмами. Однако, на наш взгляд, необходимо восстановить свой опыт в данной области и им воспользоваться.

В основе создания эффективного комплекса природоохранных технических средств лежат научные исследования.

Например, одной из проблем применения указанного комплекса технических средств является выбор их количества и мест расстановки на каждом участке водных путей.

Такой выбор является задачей оптимизационной, которую еще предстоит решать научным специалистам водного транспорта.

В заключение авторы настоящей статьи хотели бы сказать следующее. Мы затронули основные, хотя, возможно, не все природоохранные проблемы отрасли. Пусть не покажется читателю пессимистичным наш взгляд

на состояние природоохранной деятельности в отрасли. Наоборот, мы настроены, вполне оптимистично: есть проблемы (да!) и их надо решать. С появлением Журнала университета водных коммуникаций у нас появляется возможность участия в решении природоохранных проблем отрасли, и мы воспользуемся этой возможностью.

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ УЧРЕЖДЕНИИ

В. Г. Григорян,
доц., СПГУВК;

П. Г. Химич,
канд. техн. наук, доц., СПГУВК

РОЛЬ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ В ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

THE ROLE OF THE TEACHER IN ORGANIZATION OF INDIVIDUAL WORK OF THE STUDENTS ON THE SUBJECTS

В статье изложены основные направления работы преподавателя вуза по организации самостоятельной работы студентов, даны методические рекомендации по увеличению доли самостоятельной работы студентов при освоении основных образовательных программ высшего профессионального образования.

The article gives the main trends in the work of the university teacher in organizing the individual work, methodic recommendations to increase the share of individual work while studying the main courses of higher professional education.

Ключевые слова: вуз, студент, преподаватель, учебная дисциплина, самостоятельная работа, бакалавриат, магистратура, мотивация, практикум

Key words: higher educational institution, student, teacher, course, individual work, bachelor's programme, Master's programme, motivation, practical course

*Студент не сосуд, который надо наполнить,
а светильник, который надо зажечь.*

В САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМ государственном университете водных коммуникаций для управления процедурами обеспечения качества подготовки специалистов вводится в действие Положение о самостоятельной работе студентов (далее — Положение). Подобный документ в университете вводится впервые, хотя многие его положения давно и успешно реализуются в учебном процессе. Необходимость их систематизации и регламентации определяется предстоящим переходом образовательного процесса в вузе на двухуровневую систему образования (бакалавриат–магистратура), реализация которой, среди прочих нововведений, предусматривает усиление роли самостоятельной работы студентов при освоении образовательных программ всех форм обучения: оч-

ной, очно-заочной, вечерней. Авторы статьи принимали участие в разработке вводимого документа и считают целесообразным предложить коллегам дискуссию о роли профессорско-преподавательского состава в организации самостоятельной работы студентов, надеясь, что ее итоги будут интересны и полезны при реализации Положения.

Самостоятельная работа студентов является неотъемлемой составляющей образовательного процесса в высшем учебном заведении. Согласно требованиям ГОС ВПО на внеаудиторную самостоятельную работу студента должно отводиться не менее половины всего учебного времени, что в количественном выражении составляет не менее 27 часов в неделю. Кроме того, самостоятельная работа студента может быть организована и во время аудиторных занятий, при этом

доля самостоятельной работы студента в аудиторное время нормативными документами не определена. Таким образом, в общем объеме учебной работы студента самостоятельная работа занимает более половины всего времени, отводимого на усвоение образовательных программ — это колоссальный объем учебного времени, который необходимо эффективно использовать для достижения учебных целей. К сожалению, как правило, эта часть учебного времени профессорско-преподавательским составом для достижения учебных целей планомерно не используется, да и контроль самостоятельной работы студентов малоэффективен. Вместе с тем роль самостоятельной работы студентов при их обучении усиливается в связи реализацией в высшем профессиональном образовании Российской Федерации основных положений Болонского процесса, предусматривающих, в частности, перевод вектора из области репродуктивного образования в область познавательной активности студента при усилении индивидуальной работы с каждым студентом.

Безусловно, весь этот процесс, связанный с усилением роли самостоятельной работы студента при его обучении в вузе, должен быть управляемым, т. е. планируемым и контролируемым, что и определяет ведущую роль преподавателя при организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине.

В широком смысле под самостоятельной работой по учебной дисциплине следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов как во время аудиторных занятий, так и вне сетки расписания учебных занятий, как при участии преподавателя, так и в его отсутствие. Управление самостоятельной работой студентов со стороны преподавателя заключается в ее планировании, создании оптимальных условий для осуществления полноценной самостоятельной работы, формировании у студентов навыка самообразования и самоорганизации, необходимых для достижения высокого уровня профессиональной квалификации и дальнейшего ее повышения по мере накопления профессионального опыта.

Мотивация самостоятельной работы студентов

Активная самостоятельная работа студентов возможна лишь при наличии значимой и устойчивой мотивации. Сильнейший мотивирующий фактор — необходимость подготовки к ответственной самостоятельной профессиональной деятельности.

Приведем ряд факторов и педагогических приемов, способствующих активизации самостоятельной работы студентов:

1. *Понимание полезности выполняемой работы.* Если студент знает, что результаты его самостоятельной работы формируют его профессиональные знания и навыки, необходимые в его профессиональной деятельности, то отношение к выполнению задания существенно изменяется и качество выполняемой работы повышается. При этом важно психологически настроить студента, продемонстрировать ему реальную необходимость выполняемой работы.

2. *Участие студентов в творческой, научной и методической деятельности под руководством преподавателя.* Это может быть участие в научно-исследовательской, опытно-конструкторской или методической работе, проводимой на кафедре. Мотивация самостоятельной работы существенно возрастает, если студент знает, что ее результаты не только оценивают его учебную работу, но и будут использованы в лекционном курсе, методическом пособии, лабораторном практикуме, при подготовке публикации или иным образом, оставляя его творческий след в более высоком интеллектуальном труде, чем просто учеба.

3. *Участие в олимпиадах по учебным дисциплинам, конкурсах научно-исследовательских или прикладных работ и т. д.*

4. *Использование мотивирующих факторов контроля знаний* (накопительные оценки, рейтинг, тесты, нестандартные экзаменационные процедуры). Эти факторы при последующем публичном сравнительном анализе результатов могут вызвать стремление к состязательности в студенческом коллективе, что само по себе является сильным мотивационным фактором самосовершенствования студента.

5. *Поощрение студентов за успехи в учебе и творческой деятельности* (стипендии, премирование, поощрительные баллы) и санкции за плохую учебу. Например, за работу, сданную раньше срока, можно выставлять высокую оценку, в противном случае ее можно снижать.

6. *Положительный личный пример преподавателя*. Преподаватель как профессионал, творческая личность должен быть примером для студента, обязан помочь студенту раскрыть свой творческий потенциал, определить перспективы своего внутреннего роста. Очень важную роль при этом играют индивидуальные собеседования преподавателя и студента. Прицельно-личностное влияние преподавателя на студента является более эффективным, чем при работе преподавателя с аудиторией.

Методическое обеспечение и контроль самостоятельной работы

Осмысленная самостоятельная учебная деятельность невозможна без четкого представления студентом конечной цели своего образования. При этом обучаемый должен иметь представление о том объеме знаний, умений и навыков, освоение которых позволит ему исполнять обязанности по избранной специальности. Однако компетентность студента, особенно младших курсов обучения, не позволяет ему оценить, например, достаточность объема и глубину поданного ему на лекции теоретического материала. Именно поэтому методики чтения лекций должны предусматривать подачу структурированного преподавателем и адаптированного к данной учебной группе теоретического материала. Лектор обязан рекомендовать студентам литературу для самостоятельной проработки материала, прочитанной им лекции, отводя 50% времени на самостоятельную подготовку. Следует указать при этом, когда и каким образом будет использован самостоятельно проработанный теоретический материал, например: как дополнение (расширение или детализация) материала лекции, комментариев к материалу лекции для его углубления или улучшения понимания, базис для понимания последующих тем лекционного курса, при изучении другой дисциплины, при самостоя-

тельном выполнении расчетно-графического задания, лабораторной или практической работы, подготовке к семинару, коллоквиуму, работе над дипломным (курсовым) проектом (работой), выносятся на зачет, экзамен.

В рамках второй половины времени на самостоятельную работу рекомендуется выдавать студентам задание на подготовку к практическому занятию по изученной на лекции теме, семинару или лабораторному занятию, к которым такое задание должно быть выдано в обязательном порядке. На практических (лабораторных) и семинарских занятиях реализация элементов самостоятельной работы различного уровня повышает результативность занятия, делает процесс обучения более интересным и поднимает активность значительной части студентов группы. На практических занятиях по естественно-научным и техническим дисциплинам рекомендуется не менее одного часа из двух (50% учебного времени) отводить на самостоятельное решение задач. С этой целью практические занятия рекомендуется планировать по схеме:

Вводная часть занятия:

- объявление преподавателем основной цели занятия и отрабатываемых вопросов;
- экспресс-проверка подготовленности студентов к занятию путем тестирования или «летучего» опроса (не более 5 мин).

Основная часть:

- краткое изложение преподавателем методики решения рассматриваемых задач;
- демонстрационное решение преподавателем одной-двух типовых задач у доски;
- самостоятельное решение задач студентами под контролем преподавателя.

Заключительная часть:

- подведение итогов занятия с разбором типовых ошибок, допущенных студентами;
- выдача задания (вариантов отработанных заданий) на самостоятельную подготовку.

При завершении изучения раздела (отдельного модуля) программы целесообразно для контроля выдавать студентам домашнее задание для выполнения в часы самостоятельной работы, которое по объему также должно укладываться в рамки второй половины отведенного времени на самостоятельную под-

готовку. На последнем практическом занятии по разделу (модулю) целесообразно подвести итоги его изучения, например путем тестирования по разделу (модулю) или провести семинар по материалу данного раздела. По результатам такого итогового занятия целесообразно обсудить оценки каждого студента, выдать индивидуальные дополнительные задания студентам, пожелавшим повысить уровень своих знаний.

Наиболее подходящими формами самостоятельной аудиторной работы на старших курсах являются деловые игры. Тематика игры может быть связана с конкретными производственными проблемами или носить прикладной характер, включать задачи ситуационного моделирования по актуальным проблемам и т. д. Основная цель деловой игры — в имитационных условиях дать студенту возможность получения навыков самостоятельной оценки ситуации и принятия решения. На практических занятиях, кроме решения задач, могут быть поставлены учебные задачи по самостоятельному изучению (индивидуально или в составе микрогруппы) проектов, программ, принципиальных схем, макетов и т. п. Как правило, при этом студентам ставятся учебные проблемы или контрольные вопросы, публичное обсуждение которых планируется в заключительной части занятия.

При проведении семинаров и некоторых видов практических занятий студентам можно предложить выполнить самостоятельную работу как индивидуально, так и в составе микрогруппы (творческого коллектива). Студентам одной группы может быть выдано как одно и то же задание, так и дифференцированные по исходным данным его варианты. Результат решения студенческой группой проблемной задачи может быть предложен для рецензирования другой группе. Публичное обсуждение и защита своей задачи повышают роль самостоятельной работы и усиливают стремление как отдельных студентов, так и учебной группы в целом к ее качественному выполнению. У обучаемых появляется настоящая необходимость в практических навыках выполнения расчетов, использования вычислительных средств и справочников.

Выполнение лабораторного практикума как исследовательский вид учебной деятельности предоставляет преподавателям особенно широкие возможности внедрения активных методов обучения и организации самостоятельной работы студентов, максимально используя индивидуальный подход. При методическом планировании лабораторного практикума задача преподавателя состоит в создании условий для предельно самостоятельного выполнения лабораторных работ студентами. Самостоятельная подготовка к лабораторной работе предусматривает проработку студентами теоретического материала, изучение методик проведения и планирование эксперимента, освоение измерительных средств, способов обработки, интерпретации и представления экспериментальных данных.

Систематическое применение преподавателем такого подхода к организации и методике проведения учебных занятий позволяет установить в аудитории деловую рабочую обстановку высокопродуктивного учебного труда. В этих условиях появляется возможность дальнейшего повышения качества аудиторных занятий путем усложнения заданий, вплоть до ввода в решаемые задачи элементов научных исследований. Постепенная индивидуализация заданий студентам и их углубление могут и закономерно приводят к высоким учебным результатам в виде высококачественных курсовых, а затем и дипломных проектов (работ).

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов совсем не обязательно должна выполняться вне университета. Эта работа заключается прежде всего в выполнении плановых, т. е. предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины, заданий, выданных преподавателем. Кроме того, она включает выполнение творческих самостоятельных работ (участие в научных исследованиях, конструкторских, методических разработках студенческих научных коллективов или кафедр), однако вся подобная работа проводится студентами вне сетки аудиторных занятий, предусмотренных расписанием. Внеаудиторная самостоятельная работа студентов, как правило, теснейшим образом связана с тематикой аудиторных занятий, а по видам может быть

весьма разнообразна: подготовка рефератов, докладов и других письменных работ на заданные темы, в том числе и в рамках подготовки к семинарским занятиям, выполнения индивидуальных или групповых заданий различного характера, как, например, решение задач, перевод и пересказ текстов, подбор и изучение литературы, разработка и составление различных схем, выполнение расчетно-графических и графических работ, расчетов и тому подобного, выполнение дипломных и курсовых проектов (работ).

Преподаватель должен разработать условия реализации учебного процесса по своей дисциплине для создания реальных возможностей контроля за процессом внеаудиторной работы, при этом студенты должны знать об обязательной востребованности и оценке ее результатов.

Преподаватель должен стремиться к наполнению внеаудиторной самостоятельной работы студентов творческой составляющей, развивающей у них углубленный интерес к своим профессиональным задачам, способствующей развитию их творческого мышления, способности решать нестандартные профессиональные задачи в сложных условиях реальной жизни. Роль преподавателя в организации внеаудиторной самостоятельной работы студентов заключается в планировании,

организации, консультировании, обучении студентов методам творческого познания.

Основные цели, которые должен ставить преподаватель при организации самостоятельной работы студентов:

— создание в процессе обучения условий для развития их мышления и интеллектуальной инициативы;

— обучение осмысленной и самостоятельной работе вначале с учебным материалом, а затем и с научной информацией, нахождение и использование необходимой информации;

— формирование в их личностях основ самоорганизации и самовоспитания;

— привитие им навыков познавательной активности и самообразования;

— развитие их лучших качеств, присущих специалисту-профессионалу.

Задача сложная и многогранная, но именно она и составляет суть педагогического труда. Ведь задача преподавателя состоит не столько в передаче своих знаний новым поколениям, а, образно говоря, в умении «зажечь светильник разума в каждом из обучаемых», чтобы его свет освещал жизненный путь не только ему лично, но и всему обществу. Но в этом и заключена и высшая радость педагогического труда.

Успехов вам, уважаемые коллеги.

И. Е. Расторгуев,

канд. экон. наук, доц., СПГУВК

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В ОТРАСЛЕВОМ ВУЗЕ

ECONOMIC EDUCATION AT THE BRANCH UNIVERSITY

Статья посвящена становлению и развитию экономического образования в Санкт-Петербургском государственном университете водных коммуникаций.

The article considers arranging and development of economic education at St.Petersburg State University of Waterways Communications.

Ключевые слова: водный транспорт, инженерно-экономический факультет, преподавательский состав, профессор, декан, научная деятельность, специальности

Key words: water transport, engineer-economic faculty, teaching staff, professor, dean, research, specialities

ОСНОВАНИЕ экономического факультета в Ленинградском институте инженеров водного транспорта в 1934 г. непосредственно было связано с высокими темпами хозяйственного строительства, осуществлявшегося в СССР в предвоенный период. Для подъема народного хозяйства страны требовались квалифицированные экономисты во всех отраслях, в том числе и на речном транспорте. Позже факультет стал именоваться инженерно-экономическим.

Открытие факультета потребовало решения впервые в истории водного транспорта довольно сложных и ответственных задач: создания материально-технической базы, формирования преподавательского коллектива, призванного заложить основы и обеспечить подготовку специалистов по инженерно-экономической специальности, проведения всех видов занятий по профилю факультета. Быстрому становлению инженерно-экономического факультета способствовало функционирование в институте с момента его организации эксплуатационного факультета, где был уже сформирован высококвалифицированный преподавательский состав, который возглавляли такие транспортники, как: Василий Васильевич Звонков — основоположник эксплуатационной и экономической наук на водном транспорте, впоследствии член-корреспондент Академии наук СССР; Зосима Алексеевич Шашков —

декан эксплуатационного факультета в 1934–1938 гг. В период Великой Отечественной войны он был народным комиссаром речного флота СССР, а впоследствии — министром речного флота.

Сейчас нередко можно слышать об избыточной подготовке вузами страны «экономистов и юристов». Но это не более чем стереотип, который с конца 1990-х гг. был введен в образовательную среду. Несомненным является то, что в постперестроечный период, период массовой приватизации и образования огромного числа малых предпринимательских форм, резко возрос спрос на людей, имеющих экономическое образование. При этом сама система экономического образования значительно дифференцировалась, образовав узко профильные специальности в экономической области знаний. Все это — объективные процессы в сфере хозяйствования.

В ответ на запросы рынка практически все вузы (технические и гуманитарные, отраслевые и находящиеся в ведении Минобрнауки РФ), которые ранее не занимались подготовкой экономистов, взялись за это дело. Кроме того, в этот период стали появляться и негосударственные вузы социально-экономического, гуманитарного и юридического направлений высшего образования.

В результате прием в вузы на экономические специальности значительно возрос. Если в 1980 г. на одного экономиста приходи-

лось 7,3 техника, то в 2004 г. — уже только 2,7¹, т. е. соотношение «физиков и лириков» увеличилось в пользу последних в 2,7 раза. Такую ситуацию надо рассматривать как нормальную закономерность, вызванную не только ростом интереса молодежи к высшему образованию, но и к бизнес-образованию в частности. Так, если в 1980 г. в России насчитывалось 494 вуза, в которых обучалось 3046 тыс. студентов, то в 2007 г. — 1090 и 7310 тыс. соответственно, т. е. общая численность студентов возросла в 2,4 раза.

Однако качество подготовки специалистов в области экономики в учебных заведениях, ранее не занимавшихся такой подготовкой, не может быть на достаточно высоком уровне. В этом отношении экономическое образование в нашем университете давно и неразрывно связано с деятельностью водного транспорта, его развитием, решением основных вопросов формирования материально-технической базы: строительства шлюзов и межбассейновых соединений, строительства и распространения прогрессивных методов работы флота, создания перевалочных баз и логистических центров, организации мультимодальных перевозок, совершенствования системы государственного управления.

Важную роль в развитии факультета, формировании состава экономических дисциплин, подготовке научно-педагогических кадров сыграли профессора А. П. Ирхин, А. М. Казанцев, С. П. Бланк, стоявшие у истоков инженерно-экономического образования на речном транспорте, создавшие специальные кафедры: организации перевозок, научной организации труда, экономики водного транспорта.

Поскольку факультет с первых лет своего существования формировался как инженерно-экономический, необходимое внимание уделялось инженерной подготовке студентов, изучению ими материально-технической базы водного транспорта: флота, портов, путевого хозяйства, судостроения. Эта работа осуществлялась кафедрами технических факультетов института, крупными учеными, впоследствии заслуженными деятелями науки и техники,

такими как профессора: Н. К. Дормидонтов, В. Е. Ляхницкий — учеными технических направлений, внесшими весомый вклад в развитие эксплуатационно-экономического образования на речном транспорте.

Следует отметить, что сегодня все яснее сказывается один из существенных недостатков экономического образования в технических отраслевых вузах — это очень незначительная и явно недостаточная инженерная составляющая образовательного процесса. Существующие образовательные стандарты в части состава дисциплин учебного плана и квалификационных характеристик специалистов не позволяют вузам давать будущим управленцам в необходимом объеме производственно-технологические аспекты отраслевой деятельности.

Первым деканом инженерно-экономического факультета был Н. И. Толкачев, закончивший факультет советского права Ленинградского государственного университета. Он имел ученое звание доцента кафедры диалектического и исторического материализма, и, будучи деканом, сделал очень много для организации экономического образования в институте.

Можно с полной уверенностью сказать, что довоенные выпускники инженерно-экономического факультета составляли основной костяк экономистов речного и морского флота той поры.

В период Великой Отечественной войны ЛИИВТ был эвакуирован в г. Горький и продолжал свою работу в составе Объединенного (Горьковского и Ленинградского) института инженеров водного транспорта. Во главе факультета находились в это время: Н. К. Оганов (1941–1942) и С. И. Чехович (1943–1945), затем В. Г. Крашенинников — выпускник Ленинградского политехнического института, проработавший на факультете в общей сложности свыше 40 лет (с 1935 по 1976 г.).

С 1950 г. деканом факультета стал профессор А. П. Ирхин — заведующий кафедрой организации перевозок. Его деятельность была направлена на развитие эксплуатационно-экономической направляющей учебного

¹ Веб-сайт Федеральной службы госстатистики. URL: <http://www.gks.ru>.

цикла. Он всегда стремился связать учебную подготовку студентов с практическими навыками управления транспортными процессами. В научной и педагогической деятельности профессор А. П. Ирхин широко внедрял математические методы исследования, активно стремился к применению современной вычислительной техники в управлении работой речного транспорта. По его инициативе и под его руководством в институте была создана учебная лаборатория АСУ транспортным процессом.

В целом, в послевоенный период факультет получил значительное развитие и к середине 1950-х гг. выпуск инженеров-экономистов возрос почти до 70 человек в год.

Дальнейшая деятельность факультета с 1966 по 1973 г. проходила под руководством профессора А. М. Казанцева. Он оказался первым деканом, который получил высшее образование в нашем вузе. До 1970 г. на факультете было всего две специальных кафедры: организации перевозок и экономики водного транспорта, которые выполняли весь объем учебного процесса, а также значительные научные исследования. Впоследствии на базе научно-педагогического потенциала факультета были созданы еще две специальные кафедры — коммерческой эксплуатации и научной организации труда, что дало новый импульс развитию факультета, обогатив учебный процесс новыми дисциплинами, увеличив численность преподавателей, расширив спектр научной работы.

С начала 1970-х гг. на факультете была открыта новая специальность — экономическая кибернетика, которая позволила осуществлять подготовку специалистов для бурно развивающихся в то время вычислительных центров и отделов АСУ в парокходствах и портах. В сравнительно короткий срок был разработан и утвержден в Минвузе СССР учебный план по этой специальности. Ведущая роль в этом принадлежала коллективу кафедры управления судоходством (ранее — кафедра организации перевозок). Данная специальность существовала на факультете 10 лет, в течение которых было подготовлено около 300 экономистов-кибернетиков, которые направлялись на работу в вычислительные центры и отделы

АСУ парокходств и портов МРФ. За этот период выросли также и кадры преподавателей по новым дисциплинам: АСУ, технические средства управления судоходством, экономико-математические методы и модели и др.

Период 1980-х гг. характеризовался широкими научными исследованиями в области научно-технического прогресса и его влияния на эффективность работы речного транспорта, продления навигации на внутренних водных путях, повышения эффективности работы судов «река—море» плавания, проектирования автоматизированных систем управления флотом и портами. Результаты НИР широко использовались на практике и обеспечивали получение существенного экономического эффекта. Руководители некоторых работ были отмечены медалями ВДНХ. По данной тематике было защищено значительное количество диссертационных работ, результаты которых широко использовались в учебном процессе.

И в настоящее время научный потенциал факультета остается достаточно мощным, что проявляется в научно-методической работе профессорско-преподавательского состава и деятельности диссертационного совета. Основными направлениями научной деятельности являются следующие:

- совершенствование тарифной политики и коммерческие условия перевозок;
- управление затратами и резервы снижения себестоимости перевозок и перегрузочных работ;
- экономическая эффективность инвестиционной деятельности и оценка инвестиционного потенциала предприятий водного транспорта;
- коммерческо-правовое регулирование перевозок и экономической безопасности на транспорте;
- финансовые аспекты реструктуризации предприятий транспорта;
- использование антикризисного управления как основы экономической безопасности;
- проектирование информационных систем и моделирование экономических процессов на водном транспорте.

В течение длительного времени учебным планом специальности «Экономика и управление на водном транспорте» на III курсе после 6-го семестра обучения была предусмотрена производственная практика продолжительностью пять месяцев — с мая по сентябрь. В этот период студенты познакомились с реальными условиями работы речных и морских портов, правилами и технологиями перегрузки и перевозки грузов и документального оформления транспортных процедур. Фактически это была штатная работа студентов на должностях тальманов, приемосдатчиков, диспетчеров, которая восполняла сезонный недостаток кадров в таких крупных перевалочных речных портах, как Осетрово, Красноярск, Томск, Нижнеянский и др. Такая практика была хорошей школой для знакомства студентов с реалиями водного транспорта. Остается только сожалеть о том, что приватизационные процессы прервали тесные контакты вузов с предприятиями речного транспорта. И сегодня нам приходится заново налаживать взаимосвязь образования и производства.

В 1990-е гг. на факультете шла интенсивная перестройка в соответствии с общим реформированием государственной экономической системы и необходимостью обеспечения речного транспорта специалистами в разных сферах экономической и управленческой деятельности. В этот период высшее образование в стране перестраивалось в направлении создания многоуровневой системы обучения по схеме: «бакалавр — специалист — магистр». Факультет в течение двух лет (с 1998 по 1999 г.) последовательно осуществлял подготовку студентов по направлению «бакалавр экономики» и специальностям «Экономика и управление», «Финансы и кредит» и «Информационные системы в экономике».

В конечном счете, университет в целом взял курс на подготовку специалистов именно по тем специальностям, на которые имелся спрос на рынке транспортной отрасли. Поскольку прежний состав кафедр уже не мог обеспечить выполнение новых задач, начался динамичный процесс реорганизации существующих и создания новых кафедр и лабораторий, которые должны были соответствовать новым задачам образования.

Сегодня факультет экономики и финансов имеет в своем составе 11 кафедр и осуществляет подготовку по 9 специальностям высшего профессионального образования:

- экономика и управление на предприятии водного транспорта;
- экономика и управление на предприятии промышленности;
- финансы и кредит;
- бухгалтерский учет, анализ и аудит;
- менеджмент организации;
- антикризисное управление;
- прикладная информатика в экономике;
- налоги и налогообложение;
- организация перевозок и управление на транспорте.

Особую гордость факультета составляют его выпускники, численность которых более чем за семь десятилетий, составляет 5,5 тыс. человек, а с учетом обучения студентов без отрыва от производства — около 8 тыс. человек. Первый выпуск инженеров-экономистов состоялся в 1938 г. Тогда их было 43 человека. В послевоенный период ежегодный выпуск инженеров-экономистов постоянно возрастал с 18 в 1946 г. до 62 человек в 1953 г. К 1970-м гг. ежегодно из стен факультета выпускалось порядка 60–100 человек. Впоследствии численность выпускников стабильно составляла около 100 человек, а в 2003-м — 137 человек.

Дипломированные экономисты — выпускники факультета — работали и работают на самых высоких и ответственных должностях в центральном аппарате Министерства речного и морского флота, Министерстве финансов, Госплане СССР, Федеральном агентстве морского и речного транспорта: руководителями морских и речных пароходств и портов, начальниками вычислительных центров, начальниками служб и отделов судоводительских компаний и проектных институтов, руководителями и профессорами вузов, руководителями транспортных и других коммерческих структур.

Наиболее характерным взаимодействием факультета с предприятиями отрасли, характеризующим профильный характер под-

готовки специалистов, является связь вуза с СЗП — главным водно-транспортным холдингом Северо-Западного региона России. Один из бывших студентов факультета в своих воспоминаниях пишет «...Северо-Западное пароходство никогда не стало бы столь мощным и несокрушимым транспортным объединением и никогда бы не пережило масштабных разрушений шоковой терапии 90-х годов (что случилось с абсолютным большинством других пароходств), если бы не его специалисты — выпускники экономического факультета, несущие традиции порядочности, честности, преданности водному транспорту России». Золотыми буквами в историю Северо-Западного пароходства и входящих в его состав портов, судоремонтных заво-

дов, баз технического обслуживания флота могут быть вписаны имена таких выпускников инженерно-экономического факультета (ныне факультета экономики и финансов), как: Н. И. Семенов, В. А. Легостаев, Г. А. Васильев, А. Г. Гниренко, И. А. Тинкельман, В. В. Иванов, В. М. Челноков, С. П. Ивченков, В. С. Белов, В. П. Петров, А. Л. Мазо, Н. Ю. Каржин, Н. В. Андреев, Ю. Д. Ходунов и многих других.

Немалый исторический путь факультета экономики и финансов является поучительным, анализ событий которого дает возможность коллективу двигаться вперед, постоянно заботясь о неуклонном совершенствовании образовательного процесса во имя интересов отрасли.

ГУМАНИТАРНЫЕ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

М. В. Борисенко,
д-р ист. наук, проф., СПГУВК

ПРОБЛЕМЫ ИСТОРИИ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА И АГРАРНЫХ МИГРАЦИЙ РОССИИ XIX–XX ВВ.

PROBLEMS OF WATER TRANSPORT HISTORY AND AGRARIAN MIGRATIONS IN RUSSIA IN XIX–XX CENTURIES

В работе приведены объективные данные об общей численности построенных в Европейской России судов разных типов, использовании других типов транспортных средств. Раскрыты направленность и динамика величины миграционных потоков в России рубежа изучаемых столетий.

The paper gives objective data on the total number of different kinds of ships built in European part of Russia, as well as using of other types of vehicles. The trends and amount dynamics of migration streams in Russia at the edge of the centuries is shown.

Ключевые слова: водный транспорт, аграрные миграции, развитие колонизации, транспортные потоки

Key words: water transport, agrarian migrations, colonization development, transport streams

СОВРЕМЕННЫЙ этап развития высшего образования в транспортной сфере нашей страны характерен активной интеграцией его в мировое экономическое и информационное пространство. Существенным атрибутом этого объективного процесса является утверждение принципов отражения реального состояния как транспортных средств, так и объектов перевозок. Очевидно, что технико-экономические показатели сферы транспорта закономерно обуславливают уровень мобильности населения и грузов в географическом и социальном планах. Отсюда следует, что на протяжении разных этапов истории России миграционные процессы сыграли значительную роль, явившись формой адаптации населения к меняющимся социальным и природным условиям существования.

Важность темы данного исследования обусловлена тем существенным обстоятельством, что аграрные миграции в России являлись уникальным явлением, носившим самый широкий массовый характер. Основу таких миграций образовывало российское крестьянство, составлявшее абсолютное

большинство населения в прежней России. Наличие многомиллионных потоков сельских мигрантов обусловило масштабность и многообразие колонизационных процессов в России XIX–XX вв. В некотором отношении события того периода уместно сравнить с еще более крупными миграционными процессами рубежа XX–XXI столетий.

Бесспорно, в российской историографии имеется значительный материал по вопросам переселения (В. А. Кауфман, Н. Н. Турчанинов, И. Л. Ямзин, Л. Ф. Скляров и другие авторы). В преобладающем большинстве случаев названные тексты носят обобщенно-статистический, в лучшем случае социологический, то есть совершенно обезличенный, характер. Роль транспорта, по крайней мере водного, при переселениях в исторических трудах специально не рассматривалась. К настоящему времени созрели предпосылки для изучения тематики миграций населения с более реалистических позиций при внимании на «субъективный фактор» и другие особенности, остававшиеся незатронутыми прошлой литературой. Показательна для современного периода книга В. А. Казарезова «Крестьян-

ский вопрос в России»¹. Свойственное работе этого автора внимание к вопросам переселений, отчасти к условиям перевозок и к результатам миграционной политики при учете человеческого фактора соответствует гуманистическим подходам современной социальной истории.

Целями данной статьи являются следующие:

- сформировать общую методическую направленность изучения роли транспорта в осуществлении миграций прошлой России;
- обозначить составные сюжеты в разработке данной темы;
- показать, каковы в отдельных случаях особенности воздействия транспортных средств на развитие колонизации.

Период середины XIX — начала XX столетия в России характеризовался многообразными формами технической и аграрной эволюции. Если для индустриального сектора экономики существом изменений стало завершение промышленного переворота, то для аграрного строя было характерно сохранение сельской общины при попытке ее разрушить и разрядить «земельный голод» центральных губерний страны путем организации переселений на окраины. Таков исходный угол зрения, который относится к сфере социально-экономической и демографической истории нашей страны. В то же время очевидно, что следует активно использовать профильную для Университета водных коммуникаций проблематику, которая находится на стыке нескольких разных дисциплин. Это, в первую очередь, история техники в России, судостроения, речного транспорта и водных путей (гидрография). Конкретное состояние путей сообщения и транспортных средств определенно влияли на уровень и успешность колонизационных процессов нашей страны. Кроме того, для адекватного представления о характере образа жизни мигрантов и о результатах их адаптирования необходимо применение особого понятийного аппарата с приме-

нием как статистических и демографических характеристик, так и собственно исторического описания; это включение методов генеалогических реконструкций, историко-социологического и культурологического анализа в сочетании с созданием соответствующей электронной базы данных и т. д.

В качестве исходного фактического сюжета следует отметить значение собственно географической среды нашего отечества. Развитие Российского государства с древнейших времен и в имперский период тесным образом было связано с освоением окраин страны. Этому способствовали и экстенсивный тип аграрного хозяйствования, и образование внутреннего товарного рынка, и политические интересы расширения границ, и развитие собственно системы транспортных средств. Немало ученых обращали внимание на особую роль географического фактора в России (С. М. Соловьев, В. О. Ключевский, Л. И. Мечников, Г. В. Вернадский и др.). Так, Мечников доказывал, что главная движущая сила в истории — не экономика, а «географическая среда». Реки, по Мечникову, «под страхом смерти» вынуждали массы населения к тесной местной солидарности². В то же время для «речной цивилизации» России характерны печально известные непроходимость сухопутных дорог, перебои в ямской гоньбе, опасности разбоев и другие трудности — об этом не только свидетельствует богатый фольклор нашей страны. Подтверждением тому является единогласный хор отзывов иностранных путешественников, начиная с XVI столетия...

В силу отмеченных обстоятельств главными средствами сообщения в старой России были водные пути, признанно самые большие в Европе. Тем не менее по сравнению с общими размерами страны относительная протяженность освоенных водных коммуникаций была несоизмеримо малой: 35 верст на 100 квадратных миль, тогда как в Германии — 119, во Франции — 135 и в Англии — 145 верст³. В то же время количество речных судов в нашей

¹ Казарезов В. А. Крестьянский вопрос в России: конец XIX — первая четверть XX века. — М., 2000.

² Мечников Л. Географическая теория прогресса и социального развития. — М., 1924. — С. 13.

³ Марухин В. Ф. История речного судоходства в России (XIX век, Волжский бассейн). — М., 1996. — С. 26.

стране всегда было во много раз больше, чем в остальной Европе. Согласно статистике, в 1848 г. общая численность всех построенных в Европейской России судов разных типов (парусные, несамоходные и паровые) составила 10 тыс. 604 единицы, в 1850 г. — 8 тыс. 490, в 1851-м — 8 тыс. 466 единиц⁴. По сведениям журнала «Волга», в 1840-х гг. только на этой реке ежегодно плавало около 20 тыс., а в 1850-х гг. — 30 тыс. разнообразных судов. Всего здесь имелось до 50 типов непаровых судов⁵.

В целом за дореволюционный период протяженность судоходных внутренних водных путей России составляла 64,6 тыс. км. Перевозки грузов речного транспорта достигали 49,1 тыс. т, в том числе «за тягой» 35,1 тыс. т, а остальные — самосплавом. Число перевезенных на 1913 г. пассажиров превысило 11 млн человек. Эти перевозки приходились в основном на реки европейской части страны. По мнению отдельных исследователей, «реки Сибири и Дальнего Востока в дореволюционной России для судоходства почти не использовались; по Оби, Иртышу, Енисею, Амуру плавали лишь единичные суда». Так ли это было в действительности — покажет дополнительное изучение темы.

Каковы причины и размеры потоков переселений? Обусловленность миграций в России имеет многообразные причины, среди которых были: общие духовные, социально-экономические, политика правительства, личные. В период до реформы 1861 г. развитие процесса переселений из Европейской России не могло носить массового характера в силу крепостного состояния большинства сельского населения. После 1861 г. при росте капиталистических форм хозяйствования начал наблюдаться отлив из центральных губерний малоземельных слоев, направленный почти исключительно в южные и юго-восточные степи и на Северный Кавказ. Лишь к середине 1880-х гг. постепенно начал набирать темпы поток переселений за Урал. За 1861–1885 гг. численность переехавших из Европы в Сибирь составляла в среднем около 12 тыс. че-

ловек ежегодно. После закона 1889 г. о новых правилах переселения поток возрос до 39 тыс. человек ежегодно. На снижение числа отъезжавших повлияли неурожай и голод 1891 г. Значительному повышению потока способствовало открытие Великого сибирского пути, а также пуск с конца 1890-х гг. «Обь-Енисейского соединительного пути», что позволило попадать речным судам через реку Кеть из Западной в Восточную Сибирь. За 1885–1904 гг. весьма приблизительно численность переселенцев составила 1 млн 448 тыс. 48 душ обоюбого пола (семейных) и около 30 тыс. одиноких⁶. С начала XX в. размеры людских потоков из европейских губерний России на окраины увеличивались в 4–5 раз. Неурожайный 1911 г. прервал эту тенденцию, но уже со следующего года вновь наблюдается устойчивый рост числа переезжающих. Только мировая война остановила этот поток. Изучение хода переселений в последующие периоды советской истории является уделом познания лишь немногих специалистов.

Чем характеризовались водные транспортные средства в XIX в.? На речных и водных путях сообщений, как и на сухопутных, использовалась мускульная сила людей и животных. Самым обиходным плавучим средством передвижения населения вплоть до конца XIX в. (наряду с лошадьми) являлись разнообразные гребные лодки и различные суда на реках и озерах. На судах с более высоким уровнем оснастки применялись паруса. Для переправы с одного берега реки на другой нередко можно было встретить паромы (перетяги) с применением ручной силы паромщиков или силы животных. Вплоть до конца XIX в., несмотря на появление паровых двигателей на речных судах, в Центральной России использовался труд бурлаков. Это были артели рабочих, тянувшие за канат по речному берегу против течения судно или баржу на протяженные расстояния. Русские бурлаки стали олицетворением наиболее тяжелой участи работников физического труда на водных артериях Европейской России. Тяжесть их положения отражена богатым фольклором, вос-

⁴ Марухин В. Ф. Указ. соч. — С. 33.

⁵ Волга. — 1862. — 3 нояб.

⁶ Колонизация Сибири в связи с общим переселенческим вопросом. — СПб., 1900. — С. 1.

поминаниями и многочисленными образами художественной культуры⁷.

Особенность движения непаровых судов Волжского бассейна, шедших из южных частей страны вверх по направлению к Санкт-Петербургу, заключалась в том, что они использовали, наряду с бурлаками, помощь лошадей («коноводки»). Подобные суда-«коноводки» ходили по Волге, Каме и Оке, перевоза хлеб, соль, иногда лес. Соответственно на путь от Астрахани до Нижнего Новгорода уходило 3 месяца. В 1840-х гг. таких «коноводных машин» насчитывалось около 200. С развитием пароходства их численность стала сокращаться: но существовали «коноводки» вплоть до 1880-х гг.

Развитие пароходостроения в Европейской России — новая черта развития водного транспорта. Сеть водных коммуникаций влияла на рост и совершенствование речного транспорта. В свою очередь речной транспорт находился в прямой зависимости от развития промышленного производства России и был тесно связан с ростом экономики страны. Приспособленный паровой котел, появившийся во второй половине XVIII в., позволил создать паровые самоходные суда с механическим двигателем — пароходы. Начало пароходства в России относится к 1815 г., когда в Санкт-Петербурге возникло строительство судов с механической тягой. Одновременно на великих русских реках Волге и Каме первые пароходы появились уже в 1816 г., что было результатом усилий помещика и заводладельца В. А. Всевожского. Первые русские пароходы поначалу не могли показать своего превосходства перед обычными судами. Но в последующий период технические показатели новых судов повышались. В бассейне Волги возникло большое количество пароходных обществ. С начала XX в. паровую машину на речных судах начинает вытеснять двигатель внутреннего сгорания. Впервые его использо-

вали сормовские судостроители, установившие дизель на наливном самоходном судне «Вандал» в 1903 г. По переписи внутренних водных путей России 1912 г., число пароходов и теплоходов на реках в России достигло 5 тыс. 566 и несамоходных речных судов 24 тыс. 151 единица⁸. В дальнейшем внедрение в судостроение электроэнергии в 1920-е гг. привело к появлению мощных энергетических двигательных установок, а также оснащению судов сложными приборами и комплексами автоматического контроля и регулирования, что особенно наглядно воплощено в современном корабле.

После объективных данных обратимся к субъективной стороне дела. Как в реальности восприняло появление технических новшеств на воде население провинциальной России? Жители многих местностей довольно негативно отнеслись к новому виду транспорта. Так появление в 1846 г. парохода «Волга» вызвало бурную реакцию жителей между Рыбинском и Самарой. По отзыву очевидца, «темная масса злобно бомбардировала первый пароход тучами камней... Неистовства толпы всегда сопровождалась страшным криком, чудовищным потрясением дрекольев, а также всякого рода ругательствами»⁹. Когда впервые пароход прибыл в Чердынский уезд Пермской губернии, «жители знали о его прибытии и караулили его даже по ночам. Вот раздался свисток... многие бросились бежать. Старики крестились старообрядческим крестом. Толпа созерцала пароход, редкие храбрцы осмеливались взойти на борт. Большинство держалось подальше от дьявольской машины. «Видно, уж конец миру близко, до Тулпана экой зверь дополз. Видно, правду старые люди баяли!» Когда же из машины выпускали пар, толпа с ужасом бросилась в стороны и не скоро опять подошла»¹⁰.

Для образованной части населения было ясно, что пароход — это признак разви-

⁷ См., например: Староверов Б. Бурлаки на Волге // Волго-Невский проспект. — 2007. — 23 мая.

⁸ Большая энциклопедия транспорта. — СПб., 1998. — Т. 6: Речной транспорт. — С. 69.

⁹ К 50-летию пароходства на Волге // Русское судоходство. — 1896. — № 172. — С. 104.

¹⁰ Белдыцкий Н. В Парме. Очерки северной части Чердынского уезда. — Пермь, 1901. — С. 89.

тия технического прогресса. Так, по мнению В. А. Шелгунова, рост парохозяйства должен предполагать в стране «известную степень цивилизации, когда и народ, и рабочие, и машинное производство — все должно стоять в уровень»¹¹. Тем не менее те купцы, что были владельцами непаровых судов, сознавали опасность конкуренции от нового вида транспорта, хотя и маскировали порой свои опасения заботой о бурлаках, терявших свои заработки. Сибирское купечество в своей массе также поначалу недоверчиво относилось к новым судам. Следовательно, в разных частях страны и слоях общества по-разному относились к развитию нового вида транспорта.

Развитие водных коммуникаций регионов колонизации (речь идет в основном о Сибири) имело свои особенности. Здесь, в отличие от центра России, не наблюдалось столь заметной правительственной поддержки делу развития речного транспорта. На восток от Урала периоды навигации длились с мая по октябрь. В Восточной Сибири первые пароходы во второй половине XIX в. ходили от села Усть-Кут до села Витим и до г. Бодайбо. В 1875–1880 гг. «Ленско-Витимское пароходство Сибирякова и Базанова» перевезло 3 млн 566 тыс. 497 пудов грузов и 20 тыс. 643 пассажира. Основная часть грузов направлялась в район добычи золота. После революции 1917 г. флотилию, состоявшую из 7 пароходов, барж и сплавных судов, национализировали, и она продолжала рейсы по Лене вплоть до 1930-х гг.

Объемы и частота перевозок речным транспортом Сибири во второй половине XIX в. начали все более возрастать. Составители Сибирской энциклопедии не без оснований отмечали, что на реках отдаленных районов Восточной Сибири в навигацию 1905 г. эксплуатировалось 29 пароходов и 48 непаровых судов. К концу XIX в. состояние речных перевозок уже могло удовлетворить основные транспортные потребности региона.

Наряду с тем, что общее направление в развитии водного транспорта имело позитив-

ную тенденцию к росту, в отдельных районах Сибири, особенно в губерниях Восточной Сибири, имелся ощутимый недостаток плавучих средств с механической тягой. Так на водном маршруте движения от пристаней Обь–Томск в 1907 г. курсировали лишь один казенный пароход с 3 баржами и один частный пароход¹². Между тем Томская губерния была тем регионом, куда переселенческий поток был наиболее количественно интенсивен.



Один из пароходов на реке Тура возле г. Тюмень
(начало XX в.)

Следует учесть, что по сведениям парохозяйства Е. И. Мельникова, в период ранее 1893 г. в Западной и Восточной Сибири «не было легко-пассажирского парохозяйства, а существовало буксирно-пассажирское движение. Пароходы ходили от Тюмени до Томска за 12–16 суток и за 13–17 суток — обратно от Томска до Тюмени. Это существенно затрудняло условия движения переселенцев, которые практически за все время поездки по рекам Сибири были вынуждены находиться под открытым небом. По донесению главного инспектора МПС Горчакова от 27 апреля 1907 г., при осмотре станций Обь и Омск весной 1907 г. «все помещения для публики оказались заняты переселенцами, ожидающими более месяца отплытия и навигации по рекам Иртышу и Оби... Такое положение объ-

¹¹ Русское слово. — 1863. — Янв.-февр. — С. 9.

¹² Российский гос. исторический архив (далее — РГИА). — Ф. 391. — Оп. 3, 1907. — Д. 584. — Л. 22.

ясняется неимением при указанных станциях особых помещений для переселенцев. Указанные скопления повторяются ежегодно, для устранения подобных скоплений переселенцев предполагается необходимым размещение их, например, на приспособленных Переселенческим управлением для сего баржах»¹³. Следовательно, недостаток станционных помещений являлся одной из важных причин существенной задержки переселенцев в пути. Аналогично тому в Восточной Сибири на всю Енисейскую губернию, по предварительному подсчету автора, сделанному по «Книге переселенческих участков 1893–1910 гг.», количество всех речных пароходных пристаней, связанных с переселенческими участками, составляло около 100, в то время как общее количество участков в разное время здесь исчислялось несколькими тысячами¹⁴.

С начала до августа 1910 г. на баржах томского купца Г. И. Фуксмана от г. Ново-Николаевска до Барнаула и Бийска было перевезено 6 тыс. 800 человек переселенцев на баржах по реке Оби. В последующий период общий поток ехавших по названному маршруту упал до нескольких сот человек¹⁵. Отказавшись от договора с купцом, Переселенческое управление заключило другое соглашение с Русско-китайским акционерным обществом пароходства и торговли и с Товариществом Западно-Сибирского пароходства и торговли торгового дома Плотникова и Корнилова И. Н. Из текста договора можно представить окружающие условия переселенцев, едущих водными путями. Отметим лишь, что маршрут перевозок был определен по реке Иртышу от г. Омска до Семипалатинска и от Тополевого мыса до г. Тары и села Тевриз через попутные пристани вверх и вниз по течению реки, где в период навигации установлена обязанность курсировать не менее трех пароходов в неделю. Причем в случае мелководья судовладельцы были обязаны принять меры к отправке пароходов и барж. Эта техника предназначалась для перевозки до 5 тыс. человек с багажом в 45 тыс. пудов за сезон. Посадка

переселенцев на суда проводилась организовано. Пароходство обязалось поставить, кроме пароходов, также пристани-конторки с навесом на баржах. При этом на судах для переселенцев были созданы условия для приготовления пищи, и предоставлялось от судовладельца недорогое питание¹⁶.

Возросшие объемы транспортных перевозок обусловили повышенное внимание правительственных органов к безопасному движению по рекам страны. Об этом свидетельствовала разработка и принятие соответствующего положения. В 1910 г. Департаментом водных сообщений была выпущена брошюра «Правила для плавания по внутренним водным путям» (СПб., 1910), в которой определены регламентация технического обслуживания и нормы эксплуатации транспортных средств (пароходы, баржи, маяки, бакены и др.) в ходе обслуживания и навигации.

Как оценивались результаты перевозок в одном из регионов — бассейне реки Оби? Главная контора пароходства Е. И. Мельникова (г. Барнаул Томской губернии) давала развернутую характеристику деятельности пароходства: «Перевозя большое количество переселенцев и земледельческих орудий, оно [пароходство] оказало бесспорную услугу развитию и заселению края по системе реки Оби... В плесе Томск–Барнаул–Бийск пароходы с баржами спускались лишь весной по большой воде, а в остальное время никакого сообщения не было. Между тем край этот считается одним из плодородных в Западной Сибири, надобность в удобном и дешевом сообщении чувствовалась здесь давно... Первый почин легко-пассажирского пароходства в Западной Сибири (по линии Томск–Барнаул–Бийск) принадлежал нашей фирме. С 1896 г. был поставлен легко-пассажирский пароход “Кормилец” в 180 индикаторных сил, который ходил от Тюмени до Томска за 6 и ½ суток вместо 12–16 суток. Пассажирская плата была та же, что и у буксирно-пассажирских пароходов... Развивая наше дело, в настоящее время мы имеем пароходы: “Кормилец”,

¹³ РГИА. — Ф. 391. — Оп. 3, 1907. — Д. 584. — Л. 5.

¹⁴ Там же. — Оп. 4, 1911. — Д. 1185.

¹⁵ Там же. — Оп. 4, 1911. — Д. 1005. — Л. 1–5.

¹⁶ Там же. — Оп. 4, 1911. — Д. 1075. — Л. 6–8 («О перевозках по рекам Сибири»).

“Волшебник”, “Дедушка”, “Сибиряк”... теплоход “Покорный” (110 сил)...» Далее отмечено развитие хозяйственной инфраструктуры региона. «Идя навстречу процветанию края, с развитием в Сибири маслоделия, мы первые выстроили каменные ледники на больших пристанях с целью хранения экспортного масла... Дав [новый] толчок [для развития] промышленности края, усилив товарообмен Алтая и Монголии, мы увеличили флотилию построенных пароходов и барж. Мы дали толчок развитию транспортных средств, что дало возможность перевозить как всякого рода грузы, так и большое количество переселенцев. Но за последние три года (1909, 1910, 1911) Сибирь постигли частые неурожаи и неизбежно связанные с ними прекращение переселенческого движения, отчасти упадок местной торговли и промышленности. Это поставило нас в критическое положение, терпим убытки...»¹⁷ Очевидно, что, несмотря на отдельные жалобы, деятельность частных пароходств способствовала бесспорному вкладу в экономическое развитие обширных районов Сибири.

Подведем некоторые итоги. В методическом плане изучение вклада транспорта в осуществлении миграций прошлой России определяется как органичная часть проблематики, которая находится на стыке нескольких разных дисциплин, таких как история техники в России, речного транспорта и водных путей, состояние которых существенно влияло на уровень и успешность колонизационных процессов. Безусловно, необходимую часть данной тематики образуют также вопросы социально-экономической и демографической истории.

Среди составных сюжетов при разработке данной темы уместно назвать значение природно-географических факторов, характеристику общего состояния транспортных и водных путей, причины, размеры, направленность миграционных потоков и т. д. В том же ряду следует определять и результаты воздействия транспортных потоков на региональную инфраструктуру.

Остановимся на последнем сюжете подробнее. По-видимому, оценивать влияние роста водного транспорта на районы колонизации следует неоднозначно. Вплоть до конца XIX в. потребности массовых переселений в России не могли быть достаточно реализованы в силу незавершенности создания транспортных систем с механической тягой. Речная сеть Урала–Сибири имела основную ориентацию юг-север, а потребности диктовали необходимость движения с запада на восток. С конца XIX в. и до 1916 г. это противоречие в основном было преодолено созданием сети железных дорог и водных путей, которые имели направление от Урала на Дальний Восток. В то же время значительно возросла роль водных путей сообщения при оснащении их паровыми судами, позволявших массам переселенцев добираться на свои участки с юга на север. Особого изучения требует сюжет о доставке мигрантов (в том числе морем) из Европейской России на Дальний Восток.

С 1880-х по 1915 г. для переселенческих потоков было характерно устойчивое повышение многотысячных размеров ежегодных переселений. Наряду с этим при движении отмечалась медленность движения поездов и пароходов, высокая смертность и другие трудности. Усилиями правительственных органов и некоторых частных транспортных компаний к 1910-м гг. отдельные транспортные проблемы удалось смягчить и создать условия для повышения пропускной способности железнодорожного и речного транспорта. В последующий период Первая мировая война прервала эту позитивную тенденцию.

В целом за дореволюционный период перемещение больших пассажиропотоков обеспечивалось при множестве сложностей и проблем. Частный сектор водного транспорта России, представленный 59 пароходными компаниями и 110 товариществами с более 800 типов судов¹⁸, несмотря на развитие «добровольческого флота», часто не мог разрешить всех стоящих вопросов. В таком случае включались механизмы государственного регулирования. Преимущественно это относилось к

¹⁷ РГИА. — Ф. 391. — Оп. 4, 1911. — Д. 1075. — Л. 13–18.

¹⁸ Большая энциклопедия транспорта. — СПб., 1998. — Т. 6: Речной транспорт. — С. 71.

железнодорожному и отчасти к водному подвижным составам. Тем не менее объединение разных экономических секторов помогло в целом решить задачу обеспечения транспортными средствами миллионных потоков.

В заключение уместно вернуться к вопросу о значимости изучаемой тематики для наших дней. Последствия миграционной динамики целесообразно связать с характерными особенностями демографического поведения населения в современной РФ. По статистическим данным, только за 2000–2005 гг. число прибывших на новое место мигрантов в нашей стране составило 13,6 млн чел., а за 1990–2005 гг. — более 47,5 млн чел. (из них около 9 млн — из-за рубежа)¹⁹. Действительный размер потока перемещений сверх официальной статистики еще более масштабен (увеличение приблизительно на 40%)²⁰. Бесспорно, что данные процессы переселений влекут за собой изменения в социальной и поселенческой структуре регионов, влияют на рынок труда, на требования к транспортным средствам, а также повышают уровень соци-

ально-политической напряженности, особенно в районах с более интенсивным притоком. Таким образом, объективно в прошлом имелись и ныне имеются как позитивные, так и негативные последствия миграций. Отсюда возникает очевидный интерес к ретроспективному взгляду на тот исторический опыт, что получила Россия в прошлую не менее драматическую и напряженную эпоху.

Таким образом, существование российской миграции имеет множество феноменальных сущностных признаков и особенностей. Заявленная тематика представляет серьезный интерес прежде всего для изучения в целом возможностей оптимизации транспортной сферы России. Отсюда — ее большое практическое и научное значение. При противоречивости условий современного этапа развития российской экономики и политики насущная задача историко-технической науки — понять существо произошедших изменений и помочь выработать рекомендации для исправления положения с точки зрения национальных интересов России.

¹⁹ Бойков В. Г. Социальные аспекты миграции населения // Социс. — 2007. — № 12. — С. 75–76.

²⁰ Там же.

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

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИНОМОВ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА ДЛЯ РАСЧЕТА КОЛЕБАНИЙ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛАСТИНЫ

USING OF POLINOMIALS OF SPECIAL KIND FOR CALCULATION OF A RECTANGULAR PLATE FLACTUATIONS

В статье дается решение задачи о колебаниях прямоугольной пластины методом Л. В. Канторовича с использованием полиномов специального вида, удовлетворяющих однородным граничным условиям. Приводятся формулы расчета собственных частот для анизотропной и изотропной пластины, лежащей на упругом основании.

The article gives the solving of the problem of a rectangular plate fluctuation by L. V. Kantorovich method with the use of polynomials of special kind satisfying homogeneous boundary conditions. Formulas for calculation of internal frequencies for isotropic and non-isotropic plate situated on the elastic bed are given.

Ключевые слова: полином, изгиб, колебания прямоугольной пластины
Key words: polynomial, bend, rectangular plate flactuations

КЛАССИЧЕСКАЯ задача об изгибе прямоугольных тонких плит с жестко заделанными краями продолжает привлекать внимание исследователей. Как отмечено в монографии [1], полное решение задачи об изгибе защемленной по контуру прямоугольной плиты с произвольным отношением сторон при действии равномерно распределенной нагрузки впервые в литературе было дано И. Г. Бубновым. Впоследствии эта задача рассматривалась многими отечественными учеными — С. П. Тимошенко, Б. Г. Галеркиным, П. Ф. Папковичем, Г. А. Гринбергом, Я. С. Уфляндом, Ю. В. Репманом, Я. Л. Лунцем и рядом других исследователей.

Главную трудность в практическом использовании методов, предложенных для ее решения, составляет громоздкость численных расчетов. В монографии [1] на примере задачи об изгибе прямоугольной тонкой плиты, защемленной по двум противоположным кромкам, развивается метод, позволяющий существенно уменьшить объем вычислений и получить простые приближенные формулы для определения основных величин. В настоящей статье этот метод распространяется на динамические задачи теории тонких плит.

Рассмотрим упругое равновесие плоской однородной анизотропной пластинки

постоянной толщины h , имеющей в плане размеры $-a \leq \xi \leq a$, $-b \leq \eta \leq b$. Введем безразмерные координаты:

$$x = \frac{\xi}{a}, \quad x|_{\xi=\pm a} = \pm 1, \quad y = \frac{\eta}{b}, \quad y|_{\eta=\pm b} = \pm 1.$$

Предположим, что в общем случае пластина не является ортотропной, но имеет в каждой точке одну плоскость упругой симметрии, параллельную срединной плоскости.

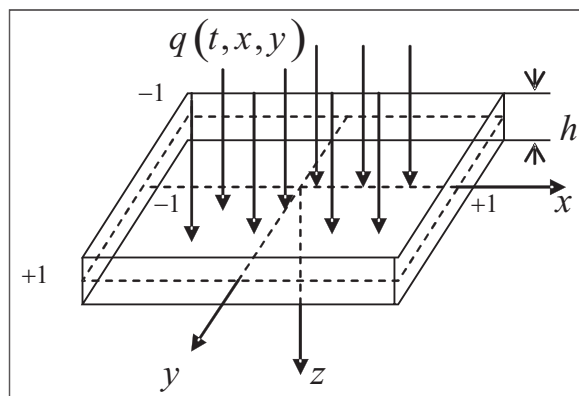


Рис. 1. Пластина постоянной толщины

Примем срединную плоскость недеформированной пластины за плоскость xy , ось z направим в сторону ненагруженной внешней плоскости, как показано на рис. 1. Интенсивность внешней нагрузки, действующей на пластину, обозначим $q(t, x, y)$. Эта нагрузка распределена по плоским поверхностям и

нормальна к срединной плоскости в недеформированном ее состоянии. Объемными силами пренебрегаем.

Обозначим через h толщину пластинки, а через $w(t, x, y)$ прогиб срединной плоскости.

Как известно, прогиб срединной плоскости $w(t, x, y)$ пластинки, лежащей на сплошном упругом основании, удовлетворяет уравнению

$$\begin{aligned} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \frac{4D_{16}}{D_{11}} \frac{a}{b} \frac{\partial^4 w}{\partial x^3 \partial y} + \frac{2(D_{12} + 2D_{66})}{D_{11}} \frac{a^2}{b^2} \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \\ + \frac{4D_{26}}{D_{11}} \frac{a^3}{b^3} \frac{\partial^4 w}{\partial x \partial y^3} + \frac{D_{22}}{D_{11}} \frac{a^4}{b^4} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + \frac{\rho h a^4}{D_{11}} \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + \\ + \frac{k a^4}{D_{11}} w = \frac{a^4}{D_{11}} q(t, x, y). \end{aligned} \quad (1)$$

где D_{11} и D_{22} — жесткости изгиба соответственно вокруг осей y и x ;

D_{16} и D_{26} — побочные жесткости;

D_{66} — жесткость кручения;

$D_{12} : D_{22} = \nu_1$ и $D_{12} : D_{11} = \nu_2$ — приведенные коэффициенты Пуассона;

$R = kw$ — реакция основания в данной точке пластины;

k — коэффициент постели;

ρ — плотность материала пластины.

Если пластина ортотропна и направления осей x и y совмещены с главными направлениями упругости, то

$$D_{11} = D_1, D_{16} = D_{26} = 0, D_{22} = D_2,$$

$$D_{12} + 2D_{66} = \nu_1 D_2 + 2D_k = \nu_2 D_1 + 2D_k = D_3,$$

$$D_1 = \frac{E_1 h^3}{12(1 - \nu_1 \nu_2)}, D_2 = \frac{E_2 h^3}{12(1 - \nu_1 \nu_2)}, D_k = \frac{G_{12} h^3}{12},$$

где D_1 , D_2 и D_k — жесткости изгиба и кручения для главных направлений упругости, или главные жесткости;

E_1 , E_2 и G_{12} — модули Юнга и сдвига для главных направлений.

В случае изотропной пластины $E_1 = E_2 = E$, $\nu_1 = \nu_2 = \nu$,

$$D = \frac{E h^3}{12(1 - \nu^2)}, G_{12} = G = \frac{E}{2(1 + \nu)}.$$

Задача определения прогибов и напряжений в однородной пластине, изгибаемой

какими-либо усилиями, сводится к интегрированию уравнения (1) при определенных граничных и начальных условиях.

Будем считать, что пластина защемлена по двум противоположным кромкам $y = \pm 1$ и любым способом закреплена по кромкам $x = \text{const}$. Тогда граничные условия на защемленных кромках имеют вид:

$$w_{y=\pm 1} = 0, \left. \frac{\partial w}{\partial y} \right|_{y=\pm 1} = 0.$$

В соответствии с методом Л. В. Канторовича приближенное решение уравнения (1) будем искать в форме

$$w(x, y) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} W_{m,n}(t) h_m(x) h_n(y), \quad (2)$$

где $h_k(y)$ — система ортонормированных полиномов, удовлетворяющих однородным условиям вида:

$$h_k(\pm 1) = h'_k(\pm 1) = 0; \quad (3)$$

$W_{m,n}(t)$ — пока неизвестные функции, определяемые из системы обыкновенных дифференциальных уравнений, которая может быть получена, например, с помощью метода Бубнова–Галеркина.

Отметим, что решение в форме (2) точно удовлетворяет всем граничным условиям на контуре пластины. Подставим выражение (2) в уравнение (1) и выполним процедуру метода Бубнова–Галеркина. В результате получим бесконечную систему обыкновенных дифференциальных уравнений для определения функций $W_{m,n}(t)$:

$$\begin{aligned} \sum_{i=0}^{\infty} \sum_{j=0}^{\infty} \left\{ \left[\delta_{j,s} b_{i,p} + \frac{4D_{16}}{D_{11}} \frac{a}{b} m_{i,p} n_{j,s} + \frac{2(D_{12} + 2D_{66})}{D_{11}} \frac{a^2}{b^2} a_{i,p} a_{j,s} + \right. \right. \\ + \frac{4D_{26}}{D_{11}} \frac{a^3}{b^3} n_{i,p} m_{j,s} + \frac{b_{j,s} \delta_{i,p} D_{22}}{D_{11}} \frac{a^4}{b^4} + \frac{k a^4}{D_{11}} \delta_{i,p} \delta_{j,s} \left. \right] W_{i,j} + \\ + \frac{\rho h}{D_{11}} \delta_{i,p} \delta_{j,s} \frac{d^2 W_{i,j}}{dt^2} \left. \right\} = \frac{a^4}{D_{11}} q_{p,s}(t), \quad p, s = 0, 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (4)$$

где:

$$a_{ks} = \int_{-1}^{+1} \frac{d^2 h_k(y)}{dy^2} h_s(y) dy, \quad b_{ks} = \int_{-1}^{+1} \frac{d^4 h_k(y)}{dy^4} h_s(y) dy,$$

$$m_{ks} = \int_{-1}^{+1} \frac{d^3 h_k(y)}{dy^3} h_s(y) dy, \quad n_{ks} = \int_{-1}^{+1} \frac{dh_k(y)}{dy} h_s(y) dy,$$

$$q_{p,s} = \int_{-1}^{+1} \int_{-1}^{+1} q(t, x, y) h_p(x) h_s(y) dx dy.$$

Отсюда как частный случай получаем:

а) для ортотропной пластины

$$\sum_{i=0}^{\infty} \sum_{j=0}^{\infty} \left\{ \left[\delta_{j,s} b_{i,p} + \frac{2D_3}{D_1} \frac{a^2}{b^2} a_{i,p} a_{j,s} + \frac{b_{j,s} \delta_{i,p} D_2}{D_1} \frac{a^4}{b^4} + \frac{ka^4}{D_1} \delta_{i,p} \delta_{j,s} \right] W_{i,j} + \frac{\rho h}{D_1} \delta_{i,p} \delta_{j,s} \frac{d^2 W_{i,j}}{dt^2} \right\} = \frac{a^4}{D_1} q_{p,s}(t), \quad p, s = 0, 1, 2, \dots; \quad (5)$$

б) для изотропной пластины

$$\sum_{i=0}^{\infty} \sum_{j=0}^{\infty} \left\{ \left[\delta_{j,s} b_{i,p} + 2 \frac{a^2}{b^2} a_{i,p} a_{j,s} + b_{j,s} \delta_{i,p} \frac{a^4}{b^4} + \frac{ka^4}{D} \delta_{i,p} \delta_{j,s} \right] W_{i,j} + \frac{\rho h}{D} \delta_{i,p} \delta_{j,s} \frac{d^2 W_{i,j}}{dt^2} \right\} = \frac{a^4}{D} q_{p,s}(t), \quad p, s = 0, 1, 2, \dots \quad (6)$$

Системы дифференциальных уравнений (4)–(6) в первом приближении можно преобразовать в системы отдельных дифференциальных уравнений, если ввести предположение об ортогональности первых и вторых производных полиномов $h_k(y)$, т. е. принять

$$a_{ks} = \begin{cases} a_{kk}, & k = s, \\ 0, & k \neq s; \end{cases} \quad b_{ks} = \begin{cases} b_{kk}, & k = s, \\ 0, & k \neq s; \end{cases}$$

$$m_{ks} = 0, \quad k \neq s; \quad n_{ks} = 0, \quad k \neq s;$$

причем равенства $m_{ks} = n_{ks} = 0$ выполняются точно при $k = s$ в силу нечетности подынтегральной функции на симметричном интервале интегрирования.

В этом случае будем иметь дифференциальное уравнение

$$\frac{d^2 W_{p,p}}{dt^2} + \omega^2 W_{p,p} = \frac{a^4}{\rho h} q_{p,p}(t), \quad (7)$$

где через ω^2 обозначен квадрат собственной частоты колебаний пластины, причем

а) для анизотропной пластины

$$\omega^2 = \frac{\left[b_{p,p} D_{11} + 2(D_{12} + 2D_{66}) \frac{a^2}{b^2} a_{p,p}^2 + b_{p,p} D_{22} \frac{a^4}{b^4} + ka^4 \right]}{\rho h},$$

б) для ортотропной пластины

$$\omega^2 = \frac{\left[b_{p,p} D_1 + 2D_3 \frac{a^2}{b^2} a_{p,p}^2 + b_{p,p} D_2 \frac{a^4}{b^4} + ka^4 \right]}{\rho h},$$

в) для изотропной пластины

$$\omega^2 = \frac{\left[\left(b_{p,p} + 2 \frac{a^2}{b^2} a_{p,p}^2 + b_{p,p} \frac{a^4}{b^4} \right) D + ka^4 \right]}{\rho h}.$$

Решение уравнения (7) легко может быть получено, например, методом вариации произвольных постоянных

$$W_{p,p}(t) = C_1 \sin(\omega t) + C_2 \cos(\omega t) + \frac{a^4}{\rho h \omega} \left[\sin(\omega t) \int_0^t q_{p,p}(\tau) \cos(\omega \tau) d\tau - \cos(\omega t) \int_0^t q_{p,p}(\tau) \sin(\omega \tau) d\tau \right].$$

Константы C_1 и C_2 находятся из начальных условий

$$W_{p,p}|_{t=0} = w_0, \quad \frac{dW_{p,p}}{dt} \Big|_{t=0} = v_0.$$

В частности, если начальные условия нулевые, т. е. $w_0 = 0$ и $v_0 = 0$, легко видеть $C_1 = 0$, $C_2 = 0$ и

$$W_{p,p}(t) = \frac{a^4}{\rho h \omega} \left[\sin(\omega t) \int_0^t q_{p,p}(\tau) \cos(\omega \tau) d\tau - \cos(\omega t) \int_0^t q_{p,p}(\tau) \sin(\omega \tau) d\tau \right].$$

Покажем теперь, как определить систему полиномов $h_k(y)$, удовлетворяющих условиям (3). Эти полиномы строятся на основе полиномов Якоби следующим образом [1]. Пусть $J_n^{(\alpha, \beta)}(y)$ — n -й ненормированный полином Якоби, который определяется по формуле Родрига

$$J_n^{(\alpha, \beta)}(y) = \frac{(-1)^n}{2n!} (1-y)^{-\alpha} (1+y)^{-\beta} \frac{d^n}{dz^n} \left[(1-y)^{\alpha+n} (1+y)^{\beta+n} \right].$$

Через $P_n^{(\alpha, \beta)}(y)$ обозначим n -й нормированный с весом $\rho(y) = (1-y)^\alpha (1+y)^\beta$, $\alpha > -1$, $\beta > -1$ полином Якоби, т. е.

$$\int_{-1}^{+1} P_m^{(\alpha, \beta)}(y) P_n^{(\alpha, \beta)}(y) \rho(y) dy = \delta_{m,n}. \quad (8)$$

Связь между нормированными $P_n^{(\alpha, \beta)}(y)$ и ненормированными $J_n^{(\alpha, \beta)}(y)$ полиномами Якоби устанавливается по формуле

$$P_n^{(\alpha, \beta)}(y) = N_n^{(\alpha, \beta)} J_n^{(\alpha, \beta)}(y),$$

$$N_n^{(\alpha, \beta)} = \left\{ \frac{(2n + \alpha + \beta + 1) \Gamma(n+1) \Gamma(n + \alpha + \beta + 1)}{2^{\alpha + \beta + 1} \Gamma(n + \alpha + 1) \Gamma(n + \beta + 1)} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

где $\Gamma(x)$ — гамма-функция, или Эйлеров интеграл второго рода [2].

Если $\alpha = \beta$, т. е. $\rho(y) = (1 - y^2)^\alpha$, то полиномы с этим весом называются ультрасферическими. Частными случаями ультрасферических полиномов при $\alpha = \beta = 0$ и $\alpha = \beta = -1/2$ являются классические полиномы Лежандра и Чебышева соответственно.

Построим систему полиномов, удовлетворяющих однородным условиям (3). Обозначим через $\{h_n^{(\alpha, \beta)}(y)\}$ систему ортонормированных полиномов с весом $\rho(y)\sigma(y)$, где $\sigma(y)$ пока неизвестно

$$\int_{-1}^{+1} h_m^{(\alpha, \beta)}(y) h_n^{(\alpha, \beta)}(y) \rho(y) \sigma(y) dy = \delta_{m,n}. \quad (9)$$

Из формул (8) и (9) непосредственно следует соотношение

$$h_n^{(\alpha, \beta)}(y) = [\sigma(y)]^{-\frac{1}{2}} P_n^{(\alpha, \beta)}(y), \quad (10)$$

устанавливающее связь между $P_n^{(\alpha, \beta)}(y)$ и $h_n^{(\alpha, \beta)}(y)$.

Очевидно, если принять $[\sigma(y)]^{-\frac{1}{2}} = (1 - y^2)^2$, то в соответствии с (10) полиномы $h_n^{(\alpha, \beta)}(y) = (1 - y^2)^2 P_n^{(\alpha, \beta)}(y)$ будут удовлетворять требованиям (3).

В нашем случае в качестве полиномов $h_k(y)$ выбираем ультрасферические полиномы $h_k^{(4,4)}(y)$ как «наилучшие». «Наилучшей системой» полиномов является та система, которая имеет наименьшие отклонения от ортогональности для своих первых и вторых производных [1].

В заключение приведем несколько первых полиномов, удовлетворяющих условиям (3):

$$h_0^{(4;4)}(y) = \frac{3\sqrt{5 \cdot 7}}{16} (1 - y^2)^2;$$

$$h_1^{(4;4)}(y) = \frac{3\sqrt{3 \cdot 5 \cdot 11}}{16} y (1 - y^2)^2;$$

$$h_2^{(4;4)}(y) = \frac{3\sqrt{7 \cdot 13}}{32} (11y^2 - 1)(1 - y^2)^2;$$

$$h_3^{(4;4)}(y) = \frac{3\sqrt{5 \cdot 7 \cdot 11}}{32} y (13y^2 - 3)(1 - y^2)^2;$$

$$h_4^{(4;4)}(y) = \frac{3\sqrt{7 \cdot 11 \cdot 17}}{128} (65y^4 - 26y^2 + 1)(1 - y^2)^2;$$

$$h_5^{(4;4)}(y) = \frac{3\sqrt{5 \cdot 7 \cdot 11 \cdot 13 \cdot 19}}{128} y (17y^4 - 10y^2 + 1)(1 - y^2)^2.$$

Список литературы

1. Голоскоков Д. П., Голоскоков П. Г. Метод полиномов в задачах теории тонких плит. — СПб.: СПГУВК, 2008. — 254 с.
2. Голоскоков Д. П. Уравнения математической физики. Решение задач в системе Maple: учебник для вузов. — СПб.: Питер, 2004. — 539 с.

О. Г. Каратаев,
д-р юрид. наук, проф., СПГУВК

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ГОСУДАРСТВА И ПРАВА

THE SYSTEM ANALYSIS OF THE THEORY OF STATE AND LAW

В настоящее время существует огромное количество учебников, учебных пособий и монографий по курсу «Теория государства и права», в которых (после крушения Советского Союза) преподаются разные, иногда абсолютно противоречащие друг другу подходы к данному предмету. Поэтому у студентов, практических и научных работников возникла острая потребность в системном обобщении и структурном анализе различных подходов с целью выработки единого взгляда, признаваемого всеми авторами, придерживаясь которого можно было бы начать разработку подлинной теории государства и права. Статья в значительной степени решает эту проблему.

At present there are a lot of text books, work-books and monographs for the course "Theory of state and law" which (after the collapse of the Soviet Union) give, sometimes absolutely dissonant approaches to the subject. Therefore there is a necessity in a system generalization and structure analysis of different approaches for elaboration of a single view for all authors which can help to start investigation of a real history of the theory of state and law. This problem is solved in the article in a significant degree.

Ключевые слова: закон, норма, формы общежития, правила поведения, социальные нормы, нормы религии и морали, естественное право, правоотношение

Key words: law, norm, forms of social life, rules of behavior, social norms, norms of religion and morality, natural law, legal relationship

1. Понятия о законе и норме.

Понятно, что всякая наука имеет дело с законами. Однако надо различать законы бытия и законы долженствования.

Законы бытия говорят о том, что в действительности есть известный порядок. Таковы не только законы математики, но и законы природы. То есть законы бытия говорят о постоянных связях, существующих в природе и обществе (в действительности). Напротив, законы долженствования говорят о тех связях и отношениях, которые должны осуществляться людьми в их жизни и деятельности. Эти законы, по существу, — правила, которые людям следует соблюдать.

Однако эти правила могут именно быть названы законами, так как они указывают постоянный и необходимый порядок, который надлежит осуществлять людям в их деятельности.

Тот, кто поступает в соответствии с законом долженствования, «не может быть не прав» — вот смысл необходимости исполнения людьми этих правил.

Такие законы правильного, надлежащего поведения мы будем называть нормами.

Итак, норма есть суждение, устанавливающее известный порядок как должный.

Норма всегда имеет общий характер, т. е. она предписывает одно и то же для всех одинаковых случаев и для всех оказавшихся в одинаковых ситуациях людей. Предписания же, относящиеся к отдельным случаям, называются императивами.

Разумный человек будет соблюдать предписанный порядок, очевидно, только в том случае если он «лучший». Поэтому, прежде чем устанавливать нормы, надо иметь четкое и ясное представление о том, что есть «лучшее». Тот, кто устанавливает правило нравственной жизни, очевидно, должен исследовать сущность «добра» как лучшего, а тот, кто устанавливает правовую норму, должен исследовать, в чем состоит сущность «справедливости» как «лучшего».

Нетрудно понять, что каждая правовая норма, установленная таким образом, сохраняет качество «лучшего» даже, если кто-то (или даже большинство) ее нарушает.

Убийство нарушает норму «не убий», но не отменяет ее!

Правоведение, тем не менее, изучает далеко не все законы должностования, а только один их вид: нормы права, которые предписывают людям известное внешнее поведение в их совместной жизни.

2. Необходимость общежития (совместной жизни) людей.

Общежитие необходимо человеку, потому что только оно может обеспечить ему полноту духовной и материальной жизни.

Возможность существования дается человеку не даром и не легко, и эта трудность имеет огромное положительное значение. Историки давно заметили, что цивилизация и культура медленнее развиваются там, где природа дает человеку возможность существовать, не прикладывая к этому больших усилий. Необходимость бороться, чтобы жить — вот главный двигатель человеческой цивилизации. Но борьба за существование должна быть человеку посильна, для того чтобы он не погиб. А это возможно только при условии объединения целей большого числа людей в общежитии.

С другой стороны, человек, будучи не в состоянии жить без удовлетворения некоторых физических потребностей, дающих ему ощущение удовольствия, должен одухотворить свои удовольствия, т. е. связать свое счастье со счастьем всех людей, убедиться, что нельзя быть счастливым наряду с несчастьем других. Однако люди, надо признаться, до сих пор еще очень далеки от выполнения такой задачи. Человек, тем не менее, живя в общежитии, становится лучше, сравнивая себя не только с идеальным, «совершенным» образом человека, о котором говорит Евангелие, но и с теми, кто окружает его, с лучшими из них.

Общежитие людей, понимаемое в такой трактовке, прочно и сильно взаимной поддержкой всех, общей солидарностью, взаимным влечением и взаимной любовью, т. е. реально может быть таковым только в качестве содержания национальной жизни конкретного народа.

3. Формы общежития.

По своему происхождению люди связуются кровным родством и семьей.

Тот строй семьи, который достоверно отмечен историей, есть строй патриархальный, т. е. основанный на власти отца.

В дальнейшем власть отца несколько ограничивается, начинает признаваться некоторая самостоятельность матери и постоянно складывается понятие обязанности родителей по отношению к детям, которая не прекращается и при обзаведении детьми собственными семьями. Такая разросшаяся семья превращается постепенно в род, т. е. гнездо семей, связанных кровным родством. Отдельные роды, связанные дальним родством, по общей территории объединяются в племя. Племя сохраняет единство управления и суда, но во главе его состоит уже не родоначальник, а старейшина, окруженный советом мудрых и опытных мужей. Власть его может быть выборной или передаваться по наследству.

Когда племена разрастаются в целые нации, объединенные в государства, то каждая нация оказывается обычно смешением нескольких племен с одним, преобладающим в этом смешении племенем.

В государстве общество разделяется уже в зависимости от хозяйственного положения и отношения к орудиям производства на классы. Классы, постепенно осознавшие общность своих интересов, объединяются и вступают в борьбу (друг с другом). Такова, например, борьба рабочих с капиталистами. Некоторые ученые на этом основании даже пытались представить историю человечества как историю борьбы классов. Понятно, что борьба за существование нередко сталкивает интересы отдельных людей и союзов, и может быть человечество распалось бы на бесконечное множество враждующих между собой ячеек, если бы самые противоположности и столкновения интересов не вызывали к жизни обширные, устойчивые организации людей, именуемые государствами.

4. Необходимость правил поведения.

Мы видели, что общественная жизнь людей наполнена столкновениями разных интересов, возникающих в общей борьбе за существование. Уже в глубокой древности люди стали понимать, что борьба, доведенная до непримиримости, вредит или даже приводит к гибели обеих спорящих сторон. Родоначальник, или старейшина, разрешая в таком случае спор, давал каждому известный императив, предписывающий определенное

поведение в спорном вопросе. Решение судьи оказывало действие благодаря, с одной стороны, его авторитету, а с другой — справедливости того, что он постановил. Эти две черты являются чрезвычайно важными — на них покоится возможность существования норм общественного поведения вообще.

Правила, определяющие взаимные отношения между людьми, мы будем называть социальными нормами.

5. Виды социальных норм.

Человек как живое существо имеет двойной состав: душевный и телесный. Поэтому и поведение человека имеет всегда двойной состав — душевно-телесный. При этом бывает так, что жизненный центр переносится в душу, и тогда тело носит второстепенный характер, но бывает и наоборот: главная роль принадлежит телу, и душа следит только за целесообразностью его движений.

Поэтому все правила человеческого поведения разделяются на две большие группы норм: к первой группе норм относятся нормы моральные и религиозные, а ко второй: нормы правовые и нормы нравов. При этом требования справедливости возникают из сочетания тех и других норм и должны рассматриваться отдельно. Каждый из указанных видов норм отличается от других в зависимости от ответа на следующие пять вопросов: кто предписывает, в каком порядке устанавливается предписание, кому предписывается, что предписывается, какова санкция нормы? Отличие дается только всеми пятью признаками это следует иметь в виду, чтобы не утратить ясность понимания.

6. Нормы религии и морали.

Религией называется живой духовный союз человека с Богом. Понятно, что религиозный человек, воспринимая волю Божию в виде правил поведения, видит в Божестве — установителя этих правил.

Естественно, что нормы религиозного характера предписывают определенное поведение только тем, кто принадлежит к данному вероисповеданию и, участвуя в церкви (т. е. организованном союзе людей, признавших откровение Божие), приемлет ее учение.

При этом, по учению большинства религиозных союзов, к вероисповеданию и церкви

могут принадлежать и такие люди, которые сами такого откровения (общения с Богом) не имели, но веруют, приняв его от других людей, почитаемых за пророческий дар и святость.

Нормы морали отличаются от норм религии в некоторых существенных отношениях.

Нормы морали каждый человек устанавливает себе сам, исходя из своих принципов и убеждений. Это не значит, что у каждого человека будут свои особые воззрения на добро и зло, так что каждый про себя всегда будет прав. При правильном исследовании голоса совести, как гласа Божьего, каждый внутренне придет к одному и тому же.

После всего сказанного понятно, каково соотношение норм религии и норм морали.

Они отличаются, во-первых, по тому, кто их устанавливает (в религии — воля Божия, в морали — голос совести), во-вторых, по порядку их созидания (в религии — откровение и соборное его восприятие, в морали — самостоятельное восприятие голоса совести), в-третьих — по санкции (в религии — суд Божий, в морали — чувство вины, муки совести). Сходство же этих норм заключается в том, что и в религии, и в морали они относятся к тем, кто их добровольно признал, и предписывают поведение, продиктованное «душевыми порывом».

7. Нормы морали и права.

Различие между нормами морали и права является еще более значительным.

Правовые нормы всегда устанавливаются в определенном порядке, они исходят от одних людей и предназначены другим людям. Это значит, что правовая норма предписывает людям определенное поведение, вне зависимости от их согласия.

Следует учесть, что по общему правилу в каждом союзе людей, объединенных единой властью, власть может издавать предписание не только для своих членов, но и для тех «пришлых» людей, которые находятся на территории, контролируемой властью.

При этом право может требовать только внешнее поведение и не может требовать внутреннего согласия. Точнее, право считается лишь с теми душевными состояниями, которые выражены во внешнем поведении.

Наконец, правовые нормы обычно (хотя и не всегда) имеют санкцию, т. е. определенное принуждение к их выполнению путем наказания за невыполнение.

Таким образом, нормы права от норм морали отличаются, во-первых, по тому, кто устанавливает правило, во-вторых, по порядку установления, в-третьих, по тому, кто получает предписание, в-четвертых, по тому поведению, которое предписывается в норме и, в пятых, по санкции.

8. Естественное право.

Несмотря на то что между нормами права и морали имеется существенное различие, между ними не порывается и не должна порываться живая связь.

Правовые нормы, стоящие в согласии с моралью и справедливостью, называются естественным правом (т. е. правом, соответствующим самому «естеству» человека как духовно-нравственного существа). Когда человек имеет дело с такими нормами, то он получает возможность повиноваться им не только за страх, но и за совесть. Такого верного соотношения норм морали и права в действительности достигнуть трудно, хотя и не невозможно. Все человечество имеет перед собой задачу — работать над моральным усовершенствованием права. Создать естественное право есть идеал, который постепенно реализуется в истории человечества, хотя и вряд ли когда-нибудь будет достигнут.

9. Цель и значение права.

Цель права, как и других социальных норм, состоит прежде всего в том, чтобы сделать возможным мирное сожительство людей. Право достигает этого тем, что указывает людям обязательные для них пределы в их внешней деятельности.

Однако, заметим, что мирные отношения между людьми состоят не в том, что каждый непрерывно судится со всеми, жалуясь и отстаивая свою выгоду. Относиться так к праву — значит употреблять его во зло, а право должно служить добру, а не злу.

Значение права состоит прежде всего в том, что оно есть могучий механизм воспитания людей к общественной жизни.

Именно в этом своем значении право оказывается преддверием морали.

В этом деле общественного воспитания праву приходят на помощь нормы нравов.

Правовые предписания не могут проникнуть во все сферы человеческой жизни и установить повсюду обязательные пределы — это значило бы убить всякую свободную жизнь, всякую творческую инициативу людей. А с другой стороны — праву и не удалось бы учесть всякое движение человека, погоня за мелочами заставила бы его упустить из виду главное. Поэтому оказывается очень важным, чтобы в жизни людей слагались добрые обычаи и морально верные нравы. Нравы народа соответствуют тому, что мы называем характером у отдельного человека — это свойственные данной нации способы внутренней жизни, которые выражаются в виде внешних обычаев.

Право должно формироваться, с одной стороны, с учетом этих нравов, а с другой — способствовать их улучшению, совершенствованию.

10. Содержание права.

Мы видели, что всякая правовая норма устанавливает известный порядок как должный, обращаясь к людям с различными предписаниями. В этом ее суть. То, что право предписывает людям, называется его содержанием.

Итак, содержание права состоит в тех позволениях, воспрещениях и повелениях, которые им устанавливаются и которые вместе слагают порядок, устанавливаемый правом в качестве должного. Это можно выразить так, что правовые нормы устанавливают правовые полномочия, запретности и обязанности. Юристы называют правовые нормы объективным правом, или правом в объективном смысле, а правовые полномочия, запретности и обязанности, принадлежащие членам союза, — субъективным правом, или правом в субъективном смысле, т. е. объективное право есть источник субъективного (действующего через субъект) права. На практике это означает, что если нет правовой нормы, то не может быть и правового полномочия, запретности или обязанности.

Здесь особо следует иметь в виду, что не всякое запрещение высказывается прямо в правовых нормах.

Обычно в них высказывается открытое запрещение только тогда, когда правовая власть считает особенно важным, чтобы такие-то поступки совсем не совершались, такие-то обязанности всегда в точности исполнялись, такие-то границы полномочий никогда не нарушались.

II. Субъект права. Лицо физическое и юридическое.

Если мы будем называть того, за кем право признает известные полномочия, запретности и обязанности, субъектом права, а всю совокупность его полномочий, запретностей и обязанностей — его правовым состоянием, то нам можно будет сказать: задача правовых норм в том, чтобы устанавливать правовые состояния субъектов, которые в таком качестве называются правоспособными.

Каждый из нас имеет определенную правоспособность от рождения и до смерти, а вообще говоря — и после смерти. Особое положение здесь занимают малолетние, душевнобольные, лишенные по суду свободы и т. д. Они, конечно же, не лишаются всякой правоспособности, но подвергаются существенным ограничениям. Во-первых, право не позволяет им совершать такие действия, которые уменьшают или увеличивают правовые состояния людей. Во-вторых, за нарушение правовых норм к ним не может быть применена общая в таких случаях санкция. Говорят, что они не имеют дееспособности и поэтому всегда бывает так, что тот, кто имеет дееспособность, имеет и правоспособность. Понятно также, что полная правоспособность включает в себя и дееспособность.

Не следует думать, что субъектом права может быть только человек — индивидуум. Юристы называют индивидуального субъекта права «физическим лицом». Наряду с физическими лицами право знает и других субъектов права — «юридических лиц». Такой субъект права организован людьми.

Юридическое лицо может при этом быть или корпорацией или учреждением.

Если несколько людей организуют юридическое лицо, чтобы самим войти в его состав, то это — корпорация. Однако юридическое лицо может быть организовано поми-

мо тех людей, интересам которых оно будет служить. Тогда оно называется учреждением.

12. Правоотношение.

Не все отношения, в которые вступают люди в процессе своей деятельности, являются правовыми, имеют правовые значения.

Отношение людей будет только тогда правоотношением, если правовые нормы предусмотрят его и укажут, какие правовые последствия оно влечет за собой.

При этом люди участвуют в правоотношениях не как простые люди, но как субъекты права.

Это значит, что объективное право устанавливает субъективные права лиц, а субъективные права лиц, встречаясь, образуют правоотношение. Если же представить себе все правоотношения между людьми, то их можно назвать правопорядком. Сущность правопорядка можно изобразить так: каждый из нас, определив свои полномочия, предоставленные ему объективным правом, может быть твердо уверен, что каждому его полномочию соответствует обязанность или запретность у других людей, и наоборот, что каждой его обязанности соответствует полномочие у кого-нибудь другого. Если я уполномочен, значит — кто-то обязан, если я обязан, значит — кто-то уполномочен.

Применить правовую норму — значит подчинить ей как правилу данное отношение людей (данный случай). Применение правовых норм происходит через три стадии: сначала происходит сравнительный анализ нормы и данного случая, затем — решение, и, наконец — принудительное поддержание его и осуществление.

Особое значение в деле применения права имеет справедливость.

Дело в том, что право не может предусмотреть всех тех особенностей и видоизменений, которые могут сложиться в действительности и потому оно дает только общие, отвлеченные, все уравнивающие указания: зато оно предоставляет многое на усмотрение судьи.

Задачей того, кто применяет право, является приспособление общего и отвлеченного предписания к особенностям единичного случая и отношения.

Справедливость требует, чтобы право не применялось без оглядки, в слепом равнодушии и без всякого снисхождения к человеческой слабости и невежеству, она требует, наоборот, чтобы всюду, где только возможно учитывались личные свойства субъектов и их намерения, она требует, далее, чтобы всюду, где только право может выступить в поддержку морали и добрых нравов, применение нормы служило бы этой доброй цели, она требует, наконец, чтобы тот, кто применяет право, имел в виду только одно — правое и верное решение и не поддавался соображениям постороннего свойства: пристрастию, лицемерию, или, тем более — корысти. Такое применение права приучает людей ценить его и уважать: оно создает в стране правосудие и мудрое правление.

13. Действие права по времени, месту и лицам.

Правовые нормы, установленные правовой властью и подлежащие применению, называются положительным правом. Нормы положительного права, естественно, могут и должны меняться в ходе исторического развития страны. Для того чтобы эти нормы подверглись сравнению, необходимо, во-первых, чтобы была потребность в реформах, во-вторых, чтобы эта потребность была осознана, в-третьих, чтобы имелся проект реформ, в-четвертых, чтобы уполномоченные создатели права реально могли осуществить реформы. Таким образом, для того чтобы появилось новое право совершенно необходимо, чтобы у народа и создателей права сложилось бы новое правосознание, т. е. представление о новом праве и чувство нового правового строя. Отсюда уже понятно, что огромное количество правовых норм прекращает свое действие не сразу. К новым событиям правовая норма перестает применяться только после своей отмены, но и после этого она умирает не сразу, а лишь когда исчезнут остатки «прежней жизни». Таким образом, действие правовых норм оказывается ограниченным во времени. Более того, оно ограничено и по пространству и кругу лиц.

Обычно правовые нормы применяются только на территории одного государства, одной его части, одного учреждения, т. е. в

пределах действия власти тех, кто уполномочен их изменять, создавать, отменять и применять.

Говорят, что закон обратной силы не имеет, т. е. новая норма применяется только к случаям, произошедшим после ее введения (кроме ситуаций, специально оговоренных в законе). Естественно, что направление норм всегда ограничено кругом подвластных: гражданами государства, города, учреждения и т. д.

Здесь полезно отметить и то обстоятельство, что часто употребляемое выражение «все равны» с юридической точки зрения абсурдно, поскольку правовое равенство людей состояло бы не только «перед законом» (когда каждая норма применяется ко всем без исключения предусмотренным его деяниям и отношениям), но и в равенстве людей «по закону» (когда ни одна норма не устанавливает ни для кого ни преимущественного полномочия, ни меньшего бремени обязанности и запретностей).

Понятно, что последнее привело бы не только к несправедливости, но и к полному разрушению правопорядка, ибо правопорядок всегда основан на том, что одни люди имеют преимущественное перед другими полномочие властвовать, творить право и суд.

14. Публичное и частное право.

Все право, как объективное, так и субъективное, разделяется на две большие части: право публичное и право частное. В основании этого деления лежат следующие различия.

Для того чтобы правоотношение было публичным, необходимо, чтобы, во-первых, одному субъекту принадлежало полномочие на власть по отношению к другому, а другой имел бы обязанность подчиняться первому. Это значит, что публичное правоотношение есть правоотношение юридически не равных субъектов.

В противоположность этому — правоотношение частное есть правоотношение юридически равных субъектов: ни один из них не является для другого правовым авторитетом.

Полномочие на власть может быть названо латинским словом «империум», и тогда окажется, что в публично-правовом отноше-

нии «империум» всегда принадлежит одному из встречающихся субъектов, а в частно-правовом отношении «империум» принадлежит не им, а правовому авторитету, возносящему над ними. Полномочие будет публично-правовым тогда, когда оно предоставляет лицу частицу той власти, которая принадлежит властвующему союзу в целом: как бы ни была эта частица мала (например, полномочие милиционера) и как бы ни была незначительна сама по себе ее повелительная сила (тот же пример с постовым милиционером). В настоящее время существуют три главные разновидности властвующих публично-правовых союзов: союзы церковные, государства и входящие в государства самоуправляющиеся общины (города, автономии, территориальные объединения — субъекты права).

15. Понятие государства.

Из всех союзов, создаваемых людьми в их совместной жизни, наибольшую разносторонность и внешнюю силу имеют, несомненно, государства.

Сразу дадим определение государства (понимая, конечно, что таких определений сейчас имеется достаточное количество, но это, на наш взгляд, — наиболее удачное!).

Государство есть союз людей, организованный на правовой основе, объединенный господством над единой территорией с подчинением единой власти. Понятно, что не всякое множество людей образует государство. Это множество людей должно иметь единый, и притом, общий интерес, а не множество отдельных, индивидуальных интересов, стоящих друг к другу в отношении конкуренции и исключения.

Таким интересом является усовершенствование совместной жизни посредством установления и поддержания справедливого правопорядка.

Этот основной интерес, действительно, един и общ для всех членов союза сразу, хотя он, конечно же, не исчерпывает собой задач и целей государства. Государство, в котором ощущение этого интереса «у всех» ослабевает, идет к своему разложению.

Естественно, что воля к реализации этого интереса вызывает потребность в длительной и прочной связи всех членов союза.

Государство — это союз, образовавшийся не на срок, это — союз бессрочный, он не предвидит конца своего существования.

Государство есть не просто союз, но правовой союз, организованный и действующий по правовым нормам, он является коллективным субъектом права, т. е. — юридическим лицом. Государство, таким образом, есть множество в виде единства.

Как юридическое лицо государство (что очень важно усвоить) есть не учреждение, а корпорация, включающая в себя всех тех, ради кого она существует. Государство существует не только ради граждан и для них, но и через граждан и в них.

Государство как единая корпорация имеет не частно-правовой, а публично-правовой характер. Это определяется тем, что основное полномочие государства есть полномочие на власть.

Государство есть союз, уполномоченный властвовать над своими членами, создавать для них правовые нормы и веления, управлять ими и судить их.

Поэтому отношения между государством и его членами являются обычно (но не всегда!) публичными правоотношениями, в которых государство выступает, властвуя по полномочию, а граждане имеют обязанность подчиняться.

Государственная власть всегда имеет свой предел в известных территориальных границах, и это определяет государство как публично-правовую территориальную корпорацию.

16. Основы государственного устройства.

Государство как правовое явление есть союз лиц. Поэтому, с точки зрения юриста, в государстве участвуют только люди, ибо право соединяет человека с человеком. Поэтому, земля, недра, вода, здания, вещи входят в так называемое «географическое государство», не входят в правовой союз людей (это просто, но очень важно для дальнейшего!). Государство не следует ни в коем случае уподоблять «колпаку», накрывающему все, помещенное на «подставке». Правильнее представлять его в виде сети незримых, но прочных нитей, связывающих всех людей в единство. По поводу

вещей люди вступают между собой в правоотношения, но сами эти вещи не могут быть лицами или же субъектами права, и в правовом отношении не участвуют.

Каждый член государственного союза, обязанный ему повиноваться, есть его подданный. Подданство приобретается и утрачивается исключительно по законам государства. Нельзя выйти из подданства и вступить в подданство самовольно.

Подданство (гражданство) обязывает не только к повиновению правовым предписаниям государственной власти, но и к личному содействию государству, подданный обязан участвовать в обороне государственного союза, т. е. нести воинскую повинность, в денежном поддержании государства, т. е. нести налоговую повинность, и, наконец, он обязан «верностью» своему государству.

Государство есть правовое установление, и поэтому оно крайне заинтересовано в творческом взаимодействии с моралью и моральной жизнью людей.

К правам и свободам, которые государственная власть не может нарушать, но лишь ограничивать, справедливым законом относятся следующие.

Во-первых, свобода передвижения и выбора места жительства на территории государства, во-вторых, свобода выбора профессии и занятий, в-третьих, неприкосновенность частного жилища, в-четвертых, тайна частной корреспонденции и семейной жизни, в-пятых, свобода совести, т. е. религиозного вероисповедания (каждый вправе выбрать себе какую-либо из исторически установленных религий или не исповедовать никакой, т. е. быть атеистом), в-шестых, свобода слова и печати, в-седьмых, свобода собраний, в-восьмых, свобода объединения в союзы. При этом государственная власть обязана следить за тем, чтобы пользование этими свободами происходило по закону и чтобы виновные в противозаконном пользовании ими отвечали по суду.

Наряду с правами свободы, граждане должны иметь и полномочия на участие в государственном союзе. Эти публичные полномочия могут быть по содержанию очень велики (например, права монарха или президента),

а могут быть и очень малы (например, «активное» избирательное право), но они являются неперенным дополнением к обязанностям гражданина (подданного). Именно право участия человека в управлении государством делает его гражданином.

Если государство невозможно без входящих в него подданных (граждан), то оно невозможно и без территории. Государство есть не кочующий, а оседлый союз людей. Связанность государства с территорией есть правовая связанность.

Однако не надо представлять себе так, что государственный союз есть собственник своей территории.

Обычно дело обстоит так, что вся земля, входящая в государство, принадлежит на праве собственности по частям отдельным гражданам, корпорациям и учреждениям, большие участки (иногда — большая часть всей земли) принадлежит на праве собственности государству как юридическому лицу (его казне).

Каждое государство есть властвующий союз. Это значит, что ему принадлежит правовое полномочие властвовать до тех пределов, которые указаны в правовой норме.

Государство не получает свою власть ни от какого другого авторитета или союза, оно всегда создает самостоятельно те правовые нормы, на основании которых оно властвует и управляет. Такой принцип независимости государства называется принципом суверенитета.

Однако суверенитет не означает полной независимости государства от других государств.

В отношении не государственного устройства, а отдельных сторон государственной деятельности, одно государство может быть подчинено другому (особенно это касается случая союза государств). Однако многие государства, особенно великие державы (США, Россия, Великобритания, Франция, Китай), являются внешне независимыми и связанными лишь теми обязательствами, которые они взяли на себя добровольно по договорному соглашению.

У государства есть много органов, реализующих функции государства (внутренние и внешние): суд, парламент, правительство

и т. д. Каждый из них имеет полномочие действовать самостоятельно от лица государства, согласуя свою деятельность и координируя ее с помощью верховного органа — главы государства.

Отсюда следует, что власть государства не следует смешивать с властью какого-нибудь отдельного органа или даже нескольких высших органов государства. Каждый орган имеет только полномочие, которое он получил от государства. Это значит, что власть государства делится и распределяется между всеми его органами, а целиком она не принадлежит ни одному органу. Тем более она не принадлежит (и это очень важно!) ни одному из тех людей, которые носят высокое и почетное звание руководителя государственного органа. Вот почему власть государства равна сумме властных полномочий всех его органов.

Государство имеет две основные задачи: во-первых, устанавливать правовые нормы и правовые императивы, во-вторых, работать над проведением в жизнь того порядка, который установлен в нормах как должный. При этом должный порядок применяется либо путем применения права, либо путем управления. Применяя право, государственные органы подводят то или иное деяние под соответствующую правовую норму, объявляя в результате такого подведения, какие полномочия, обязанности и запретности и кому принадлежат для их дальнейшего использования. Классический пример такой работы — суды. Управление же происходит так, что государственные органы, действуя от имени и лица государства сами завязывают новые публичные или частные правоотношения как со своими гражданами, так и с иными государствами и гражданами, обеспечивая этим для членов своего государства упорядоченную благоустроенную и благоприятную для их духовного роста жизнь.

В деятельности управления очень многое предоставляется творческому подходу, таланту исполнителя, так как эта деятельность менее всего может быть подчинена регламенту и зарегулированности. Здесь главное — воля, мудрость и прозорливость правящих людей.

Таковы три основных вида деятельности органов государства: создание объектив-

ного права, применение его и управление. При этом отдельные органы государства могут иметь полномочие на все три вида деятельности. Отсюда ясно, что государственные органы называются законодательными, исполнительными (правительственными) и судебными по тому делу, которое им присвоено. По общему правилу только глава государства (президент или монарх) является верховным органом во всех трех направлениях. Этим и определяется так называемый принцип разделения властей: чтобы между этими тремя видами органов (ветвей власти) поддерживалось постоянное творческое взаимодействие и живое равновесие.

17. Возникновение государства и его цели.

Государство как объединенный территориальный публично-правовой союз имеет давнюю, многовековую историю. Возникновение государства сокрыто в глубокой древности. Оно возникло как союз родов и племен для обеспечения внутреннего порядка и внешней безопасности. Этим определяется, но не исчерпывается его значение и назначение. Первая задача государства — водворение в мире (как на своей территории, так и в международных отношениях) правового порядка, т. е. борьба с произволом и господством грубой силы.

Однако такое задание государства может выполняться только при условии, что «право» будет давать людям справедливые решения, т. е. государство должно стремиться к водворению в жизни людей справедливой, свободной, равной и братской совместной жизни. Особую важность при этом приобретают заботы государства об умственном развитии народа. Развитие уже есть путь к истинному знанию, благородной воле, чистому чувству и прекрасному искусству: для государства же к этому (и через это!) прибавляется и необходимость создать развитое и твердое правосознание, невозможное среди умственно-отсталого народа.

Вместе с заботами о поддержании внутреннего порядка (министерство внутренних дел), внешних сношений (министерство иностранных дел), обороны (министерство обороны), собирании доходов и распределении до-

ходов (министерство финансов), применения права (министерство юстиции, прокуратура и т. д.) заботы о развитии народного правосознания на основании строгого следования национальным историческим традициям главного государствообразующего этноса (нации) входят всегда в основной круг государственной деятельности. Современное воззрение на государство видит его как корпорацию, привлекающую к своей деятельности широкие круги граждан и образующую для них живую школу самоуправления и самодеятельности.

18. Монархия и республика. Сложные формы.

Каждое государство имеет свое устройство, не только предписанное в законах, но и осуществленное на деле, причем, как правило, жизнь вносит существенные изменения и дополнения в предписанный правовой порядок.

Глава государства руководит всей государственной деятельностью, но далеко не во всех государствах он имеет полномочия осуществлять верховную власть единолично и самостоятельно: такое полномочие может иметь только монарх, причем только в неограниченных или абсолютных монархиях. Неограниченный монарх имеет полномочия издавать законы, назначать министров, управлять государством по своему единоличному усмотрению. Если же он привлекает к этому делу тех или иных лиц для совета, то это зависит от его личного желания, и их советы его не связывают.

В этом отношении неограниченной монархии противопоставляется конституционное государство, в котором наряду с главой государства существует еще другой орган, имеющий самостоятельное право участвовать в деле законодательства, влиять на дело управления и следить за порядком в стране. Этот орган имеется во всякой ограниченной (конституционной) монархии и во всякой республике и может быть назван по своему составу «народным представительством», ибо через него народ участвует в осуществлении верховной власти.

В огромном большинстве современных государств народ участвует во власти через выборных (депутатов). Это не исключает и не-

посредственного участия в виде плебисцита (референдума) по важнейшим проблемам, касающимся коренных основ государства. Если в выборах участвуют широкие круги народа (всеобщее, равное, прямое и тайное избирательное право), то государственное устройство называют демократическим. Если же разработаны ограничительные механизмы, в результате которых (при внешне возможной «демократии»!) участвуют лишь тесные, привилегированные круги народа (а иногда — и не основного, государствообразующего, а «пришлого»), то государственное устройство принимает характер олигархии, т. е. господства тех, кому удалось добиться власти. При многоступенчатых выборах высшие эшелоны власти формирует аристократия, т. е. лучшие представители государствообразующего народа и других коренных народов государства в национально-пропорциональном отношении. Понятно, что республика может иметь характер демократический, аристократический и олигархический. Точно так же и конституционная монархия может быть аристократической, демократической и олигархической.

Государства могут вступать между собой в различные союзные отношения, более того — сливаясь или разделяясь — образовывать новые государства.

Соединение государств будет новым государством, если объединяющиеся государства утрачивают до известной степени свою независимость и подчиняются или одни другому, или все вместе новому, высшему союзу, ограничивающему их независимость (союзное государство). Союзное государство объединено уже не международным договором (что очень важно!), а государственным законом, которому все объединившиеся государства должны подчиняться наподобие подданных так, что ни одно государство не имеет права выйти из союзного государства по своему усмотрению (а лишь по государственному закону и решению высшей власти): такой выход по международным нормам является мятежом и должен быть подавлен верховной властью!

19. Виды правовых норм.

Нормы, на которых основывается правопорядок, суть — законы, правительствен-

ные распоряжения и юридические обычаи. Первые два вида называются нормативно-правовыми актами, куда, естественно, кроме актов правительства, относится и множество других актов, издаваемых различными государственными органами. Закон является важнейшим видом положительного права. Он имеет основное и руководящее значение по отношению к подчиненным нормам права.

Каждый закон выражен непременно в устойчивых, неизменных словах и фразах, имеет строго определенный устойчивый смысл, имеющий для всех одинаковое значение. Именно поэтому он как бы специально подготовлен к тому, чтобы поддерживать в общении начала строгого равенства: равный для всех порядок, равную для всех подчиненность.

Отмена закона происходит только в законодательном порядке!

В образовании своем закон обязательно проходит четыре этапа: предложения, обсуждения, утверждения и обнародования.

Предложение закона может производиться только лицами, обладающими законодательной инициативой, — монарх, президент, министр, депутат.

В случае такого предложения обсуждение закона обязательно: инициатива создает законопроект. В обсуждении законопроекта принимают участие только члены законодательных палат (их, как правило, в современных государствах две — верхняя и нижняя). Это обсуждение ведется в строго установленном порядке: сначала — в комиссиях, потом — в общем собрании палат, таким образом, что согласие между палатами предусматривает особую процедуру.

Одна из палат называется «нижней», а вторая «верхней» потому, что в первой законопроект обсуждается вначале, а затем передается в «верхнюю».

При соглашении между палатами законопроект поступает на утверждение главе государства. Основная черта конституционного строя заключается в том, что ни один законопроект, не одобренный палатами, не может поступить на утверждение к главе государства!

Глава государства может обладать правом veto (воспрещено). При неодобрении законопроекта таким главой государства (обычно — это абсолютный монарх), дальнейшее движение его прекращается («закон не прошел»). При отсутствии права veto неодобрение главы означает возвращение законопроекта в парламент для дальнейшего обсуждения.

Утвержденный законопроект становится новым законом с момента его опубликования. Правительственное распоряжение подобно закону в том отношении, что оно создается и издается органом государственной власти, а отличается тем, что исходит от правоприменяющего (а не от законодательного) органа. Оно не может противоречить закону.

Юридический обычай отличается от закона и от правительственного распоряжения тем, что он не придумывается и не создается государственными органами, а только облекается ими в слова, признается и применяется. Юридический обычай возникает вследствие того, что законы не в состоянии предусмотреть всех отношений и подчинить их своим велениям, людям часто приходится разбираться самим в своих отношениях и спорах, решать, помимо суда и закона, кто прав, а кто неправ, что справедливо и что несправедливо, и действовать согласно своему «полюбовному» решению. И вот постепенно в сознании людей возникает уверенность, что следует (или правильно) такое-то решение, а не иное. Однако это еще не юридический обычай, а бытовое обыкновение, условие, заменяющее правовую норму (суррогат права). Юридический обычай возникает в тот момент, когда орган государства (например, судья), применяя право, убеждается, что, во-первых, спорное отношение не предусмотрено законом, во-вторых, по свидетельству сведущих граждан это отношение уже много раз успешно разрешалось по такому-то правилу, в-третьих, это правило не стоит в противоречии с действующими законами. Убедившись во всем этом, судья облагает это правило в слова и признает его. С этого момента юридический обычай становится правовой нормой и применяется к разрешению всех подобных споров.

Список литературы

1. Бабурин С. Н. Мир империй (территория государства и мировой порядок). — СПб.: Юридический центр-пресс, 2005.
2. Зиновьев А. А. Исповедь отщепенца. — М.: Вагриус, 2005.
3. Ильин И. А. Общее учение о праве и государстве / Ильин И. А. Собр. соч. — М.: Русская книга, 1994. — Т. 4.
4. Марченко М. Н. Теория государства и права. — 2-е изд. — М.: Проспект, 2005.
5. Россия и мир в 2020 году. — М.: Европа, 2005.
6. Солоневич И. Л. Народная монархия. — Минск: Лучи Софии, 1998.

А. К. Круглова,
д-р филос. наук, проф., СПГУВК

ЧЕЛОВЕКОТВОРЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ КУЛЬТУРЫ И ТУРИЗМ

CULTURE PERSON-CREATIVE FUNCTIONS AND TOURISM

В статье обосновывается положение о том, что туризм располагает уникальными возможностями гармонического развития сущностных сил человека в их разнообразии и единстве, рассматриваются вопросы подготовки кадров для культурологического обеспечения туризма, делается вывод о том, что теоретическое осмысление и реализация человекотворческого потенциала туризма является одним из плодотворных путей повышения культуры нашего общества.

The article grounds the idea that tourism has unique possibilities to develop a person's true forces in their variety and integration. The article considers the problems of the staff training for the tourism culturology. The conclusion is made: theoretical comprehension and implementation of the creative opportunities of tourism are the ways of culture promotion in our society.

Ключевые слова: туризм, функции культуры, гармоническое развитие человека, человекотворческий потенциал туризма, сущностные силы человека, телесное, духовное, объекты экологического туризма

Key words: tourism, culture functions, harmonic person development, creative opportunities of tourism, person's true forces, corporal, mental, objects of ecological tourism

С ПОСОБЫ творения человека культурой столь же разнообразны, сколь разнообразны способы творения культуры человеком. Наиболее ярко и объемно человекотворческий потенциал культуры проявляется в функционировании такой ее двуединой сферы, как воспитание и образование. Здесь происходит творение человека во всей полноте его свойств и качеств. Ни с чем не сравнима человекотворческая мощь искусства, которое своими средствами культивирует эмоциональную компоненту человеческой духовности. Уникальна роль морали как сферы культуры, формирующей отношение человека к другому человеку и таким образом делающей его способным жить среди людей. Перечисление можно продолжить. В этом ряду довольно неожиданным может показаться такой социально-культурный феномен, как туризм. Он считается обычно средством релаксации и не более того. Однако, как представляется, его роль в процессе человекотворчества гораздо значительнее.

Наиболее широкие возможности для выявления человекотворческого потенциала туризма дает антропологический подход к пониманию культуры, с позиций которого она определяется как «исторически сложившаяся

система способов и результатов развития сущностных сил человека, функционирующая в целях удовлетворения потребностей общества, отдельных социальных групп и личности» [1].

В рамках антропологического подхода понятие «сущностные силы человека» концептуализируется через парные категории «субъектное — объектное», «индивидуальное — универсальное», «личное — общественное», «телесное — духовное», «эмоциональное — рациональное», «биологическое — социальное». Каждая из этих категорий обозначает сущностное свойство человека, находящееся в отношениях противоречия с другим, ему противоположным.

Любой из исторических, региональных типов культуры так или иначе разрешает эти противоречия, создавая свой, неповторимый ансамбль сущностных сил человека, который можно назвать антропологической структурой данной, конкретной культуры. Он характеризуется не только форсированным развитием одних сущностных сил человека и блокированием других, или установкой на них гармонического развития, но и в соответствии с этим определенной иерархии среди сфер культуры, каждая из которых «специализируется» на

культивировании той или иной сущностной силы или их комплекса.

Предложенную схему структуры культуры сущностных сил человека целесообразно использовать для анализа человекотворческого потенциала туризма, который правомерно рассматривать как феномен культуры.

Наиболее часто сущностные силы человека анализируются через категории «телесное» и «духовное».

«Телесность» — это человеческое тело как физический объект, как вещь, и его свойства, например, физическая сила человека, его физическая красота, признаками которой являются определенные размеры и пропорции тела, а также определенные размеры и пропорции черт лица. Недостаток или ущербность сущностной силы человека, обозначаемой понятием «телесность», выражается понятиями «физическая слабость», «физическое безобразие».

Чтобы охарактеризовать такую сущностную силу, как «духовное», «духовность», надо прежде всего обратить внимание на то, что она, в свою очередь, является принципиально двойственной. Одна из сторон человеческого духа характеризуется через понятия «ум», «интеллект», «мысль», «знания». На них основаны такие способности человека, как умение мыслить и излагать свои мысли, рационально действовать. Эту сторону человеческого духа можно обозначить понятием «рациональное».

Другую, не менее существенную сторону духа составляют чувства, эмоции. Ей можно дать общее название — «эмоциональное». В русской философии в этом случае использовалось понятие «сердце».

Если проанализировать человекотворческий потенциал туризма сквозь призму категорий «телесное» и «духовное», то мы увидим, что туризм способствует развитию как той, так и другой жизненной силы человека. При этом надо отметить, что в туризме существует определенная специализация: одни виды туризма, например спортивный, оздоровительный, в большей мере связаны с культивированием человеческой телесности, другие, например культурно-познавательный, учебный, научный — как следует из названий — на-

правлены на культивирование человеческого духа. Однако и спортивный, и оздоровительный туризм неизменно связан и с получением новых знаний и — всенепременно — с разнообразными эмоциями. В равной степени культурно-познавательный, учебный, научный и тому подобный туризм связан с передвижением, требует немалых физических затрат, т. е. требует определенного уровня развития телесности и культивирует ее.

Общим для всех видов туризма является их эмоциональная насыщенность, которую можно считать отличительной особенностью туризма вообще, объясняющей его все возрастающую популярность.

Эмоциональная насыщенность туризма обусловлена целым рядом причин, среди которых прежде всего следует отметить то обстоятельство, что любой из видов туризма связан с активизацией всех органов чувств человека — зрения, обоняния, слуха, вкуса и т. д. и т. п. В результате те места, которые посещает турист во время своих путешествий, запоминаются ему и в качестве зрительных образов, и запахами, и звуками, и вкусом блюд, которые ему пришлось там отведать, и т. д. Таким образом, в ходе путешествия туристу дается возможность непосредственного и многостороннего чувственного контакта с большим количеством новых объектов, что объясняет яркость эмоций и их глубокую интенсивность.

Эмоциональная насыщенность туризма в значительной мере объясняется еще и тем, что все его виды предполагают встречу с подлинным, настоящим, а не кем-то придуманным, описанным или интерпретированным, будь то подлинная природа, подлинный город, подлинные люди, подлинные произведения искусства и т. д. и т. п. Ощущение и осознание подлинности многократно интенсифицирует эмоции, делает их незабываемыми и разнообразными: тут и восхищение, и удивление, и радость, и умиление и т. д. и т. п. Сохранению и многократному воспроизведению этого эмоционального фона способствуют сувениры и фотографии, особенно собственные.

Однако утверждать, что туризм — это прежде всего и только эмоции, было бы неправильно. Велика роль туризма и в культиви-

ровании сущностной силы человека, обозначаемой категорией «рациональное». И здесь речь должна идти не только о том, что туризм — это эффективный способ получения новых знаний, но и о том, что туризм — это прекрасное средство борьбы с догматизмом мышления. Так, знакомство с образом жизни разных народов и людей разных регионов своего отечества показывает, сколь неуместна однозначность в решении многих вопросов, которые ранее казались имеющими только один ответ, сколь интересным может быть не только «иное», «другое», но и то, что ранее считалось «чуждым», сколь разнообразны проблемы, с которыми сталкиваются люди в разных уголках земного шара и т. д. и т. п. Таким образом, туризм способствует развитию глубины мышления и расширению его масштабов.

Подводя итоги, можно отметить, что туризм способствует гармоничному развитию телесного и духовного в человеке, при определяющей роли духовного, а в сфере человеческого духа — гармоничному развитию эмоционального и рационального при определяющей роли эмоционального.

Содержательный анализ человекотворческого потенциала туризма возможен и на базе категорий «субъектное — объектное». Они отражают важный аспект принципиальной двойственности человека, которая выражается в том, что человек является и субъектом, т. е. сознательным источником активности, и объектом, т. е. тем, на что направлена активность других людей, тем, на что действуют природные, социальные и культурные силы и обстоятельства. Проявление свойства «субъектности» — такие качества личности, как инициатива, чувство нового, ответственность, самостоятельность. Одно из важнейших проявлений способности человека быть объектом внешних воздействий — это дисциплинированность, т. е. способность соответствовать нормам поведения, установленным для той или иной сферы деятельности.

Туризм культивирует обе эти важнейшие сущностные силы человека: и субъектное и объектное. Так, туризм требует многообразных проявлений субъектности: это прежде всего выбор цели туристического

мероприятия — релаксация, оздоровление, знакомство с новыми местами, пребывание в экстремальных обстоятельствах, изучение культуры какой-либо страны или региона и т. п. В зависимости от характера целей, времени и материальных средств, которыми располагает турист, и его личных предпочтений он выбирает территориальные контуры, средства передвижения, образ жизни и уровень жизни во время тура, наконец, определяет фирму, которой он поручает предоставление соответствующих услуг, или принимает решение действовать (заказ билетов, гостиниц, получение виз и т. д.) самостоятельно. Как видим, туристская деятельность требует активности, инициативы, самостоятельности, способности брать на себя ответственность за принимаемые решения, т. е. всего того, что входит в содержание понятия «субъектность».

И в то же время каждое из решений, принятых туристом на том или ином этапе туристской деятельности, накладывает на него определенные ограничения, он становится вынужденным действовать по определенному расписанию, графику, выполнять соответствующие нормы законодательства, учитывать в своем поведении особенности культурных норм страны пребывания и т. д. и т. п. Таким образом, туристская деятельность требует от туриста дисциплинированности, которая является важнейшим проявлением такой сущностной силы человека, как «объектность», т. е. способность быть пластичным объектом внешних воздействий, вписываться в рамки многообразных норм и правил. При этом степень и уровень человеческой объектности, требуемой и культивируемой туризмом как феноменом культуры, соразмерны степени и уровню человеческой субъектности, требуемой и культивируемой в этой сфере.

Существенные стороны человекотворческого потенциала туризма раскрываются в свете категорий «индивидуальное — универсальное». Быть индивидуальностью — значит быть непохожим на других, иметь неповторимые черты, уникальные способности и т. д. И в то же время каждый человек является частицей космоса, универсума, кроме того, он является носителем общечеловеческих, родовых качеств, свойственных всему виду Homo

sapiens и в этом смысле он есть нечто универсальное. Так, быть представителем человеческого рода — значит иметь общечеловеческие знания, умения, признавать общечеловеческие ценности, осознавать общечеловеческие интересы.

Индивидуальность человека имеет множество проявлений — от внешнего облика до убеждений, его универсальность — это совокупность знаний и умений, разносторонность деятельности. Вполне понятно, что первая величина (индивидуальность) находится в прямой пропорциональности и зависимости от второй (универсальность). Как справедливо утверждает Н. А. Бердяев, «индивидуальность задыхается везде, где нет универсальной духовной шири» [2]. Способов культивирования человеческой универсальности много, важнейший из них — образование и воспитание. Можно смело утверждать, что рядом с этой мощной сферой культуры можно поставить и туризм, поскольку он дает исключительные возможности расширения кругозора, пополнения знаний, углубления понимания происходящих в мире процессов. При этом возникает вопрос, а нельзя ли заменить путешествия работой в тиши библиотек, личных кабинетов или в лекционных аудиториях? Действительно, эффект как будто одинаковый. При этом во втором случае (библиотеки, кабинеты, аудитории) знакомство с культурой может быть даже более полным, а приобретенные знания более точными (имена, даты, названия и т. п.). Однако туризм имеет то неоспоримое преимущество, что он дает возможность непосредственного, прямого контакта с культурой прошлого и настоящего, представленной наиболее впечатляющими ее компонентами. При этом оказываются задействованными не только интеллект, но и все органы чувств человека, и таким образом достигается герменевтический эффект, который выражается в том, что человек «вживается» в культуру в полном смысле этого слова и благодаря этому глубже понимает ее [3]. В библиотечно-аудиторном варианте знакомства с культурой герменевтический эффект, конечно, тоже имеет место, но он гораздо слабее и именно в той степени, в какой опосредованный контакт отличается от непосредственно-

го контакта. Таким образом результативность процесса культивирования человеческой универсальности в сфере туризма, которая оказывается одновременно и культивированием индивидуальности, объясняется эмоциональной заряженностью туризма, его обращенностью к человеческим чувствам.

Богатые возможности дает анализ человекотворческого потенциала туризма на основе категорий «личное» (мое) — «общественное» (наше). Прежде всего надо отметить, что туризм — это эффективный способ реализации личных интересов. При этом зачастую он играет компенсаторную роль: множество людей, не вполне удовлетворяющих свои интересы в сфере труда или повседневно-бытовой жизни, восполняют этот недостаток поездками в новые места, знакомством с иными культурами. Для людей, достаточно полно удовлетворяющих свои интересы «в стационаре», туризм служит средством расширения «своего», «личного пространства» и умножения своего «богатства», каким являются яркие впечатления, приобретения, которые именуются «своя Италия», «своя Испания», «свой Париж» и т. д. Вместе с тем туризм является и прекрасным средством культивирования в человеке сущностной силы, которая обозначается категорией «общественное», что выражается в первую очередь в формировании чувства общности разного уровня — со своим народом, своей страной, с другими народами и странами, наконец, со всем человечеством. Так, знакомство с культурой и природой своей страны является богатой и плодородной почвой для воспитания чувства патриотизма. Однако и постижение смыслов иных культур в не меньшей степени способствует пониманию и проникновению в суть родной культуры и возникновению чувства общности со своим народом. Поскольку здесь срабатывают сложные психологические механизмы: многоаспектные ассоциации, контрастность впечатлений, реакции на отсутствие или наличие привычных элементов культуры, острота переживаний нового, ранее неизвестного. Знакомство с иными культурами и странами позволяет человеку лучше понять, что означает для него родная культура, родная страна, насколько они ему дороги и необходимы.

Одновременно туризм (в его внутреннем и внешнем вариантах) является и мощным средством интернационального воспитания. Так, знакомство с иными культурами есть лучший способ профилактики и лечения такой болезни души, как ксенофобия (вражда к чужакам), лучший путь к пониманию сердцем той простой истины, что многообразие культур — это общечеловеческое богатство.

Однако и знакомство с отечественной культурой и ее более глубокое постижение тоже является эффективным средством интернационального воспитания, поскольку оценить и принять другую культуру в ее самценности, понять ее значение для людей, в ней живущих, может только тот, кто любит свою культуру и понимает ее значение для себя самого.

Таким образом, туризм способствует более широкому пониманию «моего» как «нашего» и более глубокому пониманию «нашего» как «моего».

Еще одну возможность анализа человека творческого потенциала туризма дают категории «биологическое — социальное». В них отражено весьма впечатляющее проявление двойственности человека — это единство в нем биологического, животного, природного начала, с одной стороны, и социального, т. е. того, что отсутствует у животного и делает человека способным жить в обществе. Если выразить эту ситуацию короткой формулой, то она будет выглядеть следующим образом: человек есть единство организма и личности. Другой ее вариант: человек есть животное, ставшее личностью. Под личностью здесь подразумевается совокупность социально значимых черт.

Биологическое в человеке — это прежде всего его тело. В соотношении с социальным тело рассматривается несколько в ином ракурсе, чем в том случае, когда мы рассматриваем его в соотношении с духом. Тогда оно представало перед нами как физический объект, взаимодействующий с духовным началом. В соотношении с социальным тело рассматривается как носитель, средоточие естественных, природных процессов во взаимодействии с искусственными формами человеческой жизни.

Кроме тела, в понятие «биологическое в человеке» включаются нижние этажи психики, унаследованные человеком от животных. Сюда относятся в первую очередь животные инстинкты. Это инстинкт безопасности, половой инстинкт, инстинкт агрессии и т. п. Благодаря культуре общество выработало такие социально приемлемые формы проявления этих инстинктов, которые позволяют не только нейтрализовать возможный вред от их чисто животной формы проявления, но и использовать их на благо отдельного человека и общества. Культуры различаются между собой по степени «запретности» проявления биологического начала в человеке, а также по формам запретов и формам развития и использования этой сущностной силы человека. В том, что биологическое в человеке является его сущностной силой, убеждает то обстоятельство, что именно на нем базируются такие свойства человека, как энергичность или, напротив, вялость и апатия. Выносливость или слабость, развитая интуиция или отсутствие оной. В равной степени сущностной силой является и развитая культурой способность человека использовать свои биологические данные как богатство, которое надо умело приумножать. Не менее важной способностью является умение человека обуздывать свои животные инстинкты и давать им не просто социально приемлемое, т. е. не идущее во вред обществу направление, но и выстраивать на их основе свою творческую, созидательную деятельность.

Не составляет труда заметить, что туризм во всем спектре своих видов и направлений способствует гармоническому развитию как биологического, так и социального в человеке. Так, в некоторых видах туризма главной мотивацией туриста является общение с природой, т. е. удовлетворение потребности ощущать себя природным существом. На этой основе возник так называемый экологический туризм. Всемирная туристическая организация предлагает следующее определение экологического туризма: «экологический туризм — все виды и формы туризма, при которых главной мотивацией туриста к совершению путешествия является наблюдение и общение с природой и которые способствуют

сохранению окружающей среды и культурного и природного наследия, оказывая минимальное воздействие» [4].

Объектами экологического туризма являются различные феномены природы: реки, озера (озерный туризм), горы и даже болота. Так, например, в США пользуется популярностью тур по болотам Флориды, который включает в себя два дня путешествия по болотам на мелкоосидающих катамаранах на воздушной тяге. Труднодоступность этих болот обеспечила сохранность природы в первозданном виде, богатство флоры и фауны [5]. Одним из способов общения с природой в последнее время стал так называемый биоэнергетический туризм [bioenergetics tourism] [6], т. е. посещение мест, где происходят процессы, малоизученные и труднообъяснимые с позиций современной науки. Такие местности, как правило, труднодоступные, получили название биоэнергетических центров. Они находятся на Памире, в Тибете, Пиренеях, Кордильерах, на юго-востоке Крыма. Посетители этих мест утверждают, что здесь можно подзарядиться уникальной энергией. Причислить этот вид туризма к экологическому мешает то обстоятельство, что здесь не выполняется последний из признаков, имеющих в приведенном выше определении экологического туризма — минимальное воздействие на окружающую природу. Посетители биоэнергетических центров стремятся увезти с собой частичку заповедника — ветку дерева, камень, растение и тому подобное, полагая, что предметы, вывезенные из таких регионов, сохраняют свою энергетику в течение неограниченного времени. Нетрудно догадаться, что все это негативно сказывается на состоянии природы биоэнергетических центров.

Туризм дает возможность обращения человека не только к внешней для него природе, но и к своей внутренней биологической природе. Этим потребностям удовлетворяет так называемый экстремальный туризм, связанный с преодолением препятствий и, в конечном счете, преодолением себя, стимулированием древних инстинктов. В связи с этим все больший спрос находят такие варианты экстремального туризма, как «полярный туризм», различные виды сафари и т. д.

и т. п. Уникальные возможности общения с природой и испытания своих сил дают все виды водного туризма: океанические, морские и речные круизы, сплав по горным рекам (рафтинг), путешествия на байдарках и каноэ и т. д. и т. п.

Располагая уникальными средствами культивирования человека как существа природного, туризм одновременно культивирует его и как существо социальное, общественное. Так, все разновидности туризма необходимым образом включают человека в сложную систему социальных отношений — договоры с фирмой, страховки, визы, транспорт, международное право, взаимодействие с членами туристической группы и т. п. Кроме того, существуют специальные виды туризма, которые акцентируют внимание на социальных аспектах человеческой жизни. Они получили название «социальный туризм» [7]. Общим его признаком является дотирование затрат туристов и туристических организаций со стороны государства, что предусмотрено законодательными актами и уставами негосударственных организаций. Возможность участия в социальном туризме предопределена социальным положением. Наиболее распространенными вариантами этого вида туризма является детский и молодежный туризм. Кроме того, социальный туризм предназначен для таких социальных групп, как инвалиды, пенсионеры, ветераны войн, представители различных профессий и т. д.

Подводя итоги, нельзя не отметить, что туризм располагает уникальными возможностями гармонического развития существенных сил человека в их разнообразии и единстве. Выполняя человекотворческую функцию своими, только ему присущими способами, туризм в то же время является посредником в функционировании других сфер культуры и прежде всего — образования, искусства, науки.

Однако мощный человекотворческий потенциал туризма до сих пор реализуется в незначительной степени, в связи с чем можно говорить о непроизводительном потреблении культуры [8]. Причины такого положения дел разнообразны. Одни из них связаны с установками, ценностями, степенью подготовлен-

ности самого потребителя туристических услуг. Так в этой сфере, как и в других сферах культуры, имеют место виды потребления, которые получили название «статусного» и «престижного», когда люди выбирают те или иные маршруты только потому, что, как они полагают, соответствует их статусу или потому, что это «престижно». Как и в сфере искусства, образования и тому подобного такого рода потребление непроизводительно, потому что не ведет к развитию личности, ее духовному обогащению.

Непроизводительным может оказаться и потребление туристического продукта неподготовленным к этому субъектом. Эта проблема тесно связана с другой — качеством туристического продукта. Например, некоторые маршруты составлены таким образом, что вызывают у туриста так называемый «синдром Флоренции». Этот термин в психиатрии означает нервный срыв от обилия произведений искусства. Он выражается в чувстве подавленности и даже в истериках и обмороках [9].

Недостаточная проявленность и неполная реализация человекотворческого потенциала туризма порождает скепсис по отношению к туризму вообще и как к феномену культуры в частности. Особенно часто этот скепсис выражается через противопоставление туризма и паломничества, туриста и паломника. Так, например, одна из участниц научного форума «Культурное пространство путешествий» А. В. Венкова выстраивает эту антитезу следующим образом: «Интерес паломника целенаправлен, — замечает она, — его движение в пространстве и времени подчинено единой цели, внимание сконцентрировано. Туризм — облегченная, адаптированная и не травматическая форма знакомства с миром, турист — фигура праздная и одновременно суетливая. Ему не хватает времени, он стремится расширить свой опыт в количественном отношении» [10]. Эта оценка туризма может показаться вполне снисходительной по сравнению с некоторыми другими. Так, например, другой участник того же форума С. П. Гурин делает решительную констатацию: «Туризм безнадежен». И далее: «Это попытка заполнить пустоту, но

это исход в бесконечную пустыню, пустыню культурных ценностей, разнозначных, равноценных, необязательных, а следовательно, ненужных» [11].

Разумеется, для такого рода негативных оценок туризма имеются некоторые основания, о чем речь шла выше. Однако было бы неправильным в связи с этим считать весь туризм сферой непроизводительного потребления культуры. Более плодотворный путь — это решение практических задач, формулируемых на основе теоретического осмысления мощного человекотворческого потенциала туризма. Важнейшая из них — подготовка высококвалифицированных кадров, способных осуществлять культурологическое обеспечение туризма. В настоящее время на этом поприще трудятся в основном искусствоведы, литературоведы, историки. Но вполне понятно, что при разработке маршрутов искусствовед будет в основном обращать внимание на возможность знакомства с произведениями искусства, литературовед — на памятные места, связанные с произведениями литературы и их авторами, историк — на историю тех или иных территорий и т. д. и т. п. И только культуролог в силу своей квалификации способен видеть культуру как целостность в ее историческом развитии и взаимосвязи с человеком, обществом и природой и соответственно использовать свои профессиональные знания и при разработке маршрутов, и при их представлении, и в работе с туристами.

Насколько известно, подготовка культурологов со специализацией «Культурологическое обеспечение международного туризма» ведется в настоящее время только в одном вузе — Санкт-Петербургском государственном университете водных коммуникаций. Большинство выпускников (в настоящий момент состоялось 4 выпуска) успешно работают именно в направлении своей специализации. Однако это пока капля в море. Большинство вузов готовят кадры для туризма по специальности «Экономика и управление на предприятиях туризма и гостиничного хозяйства» с квалификацией «экономист-менеджер» и по направлению бакалавриата «Туризм». В программах высшего профессионального образования этих специальностей

и направлений культурологическая составляющая представлена слабо. Таким образом, получается, что в сфере туризма, имеющего дело с человеком и культурой в целом в такой степени и в таком объеме, как никакая другая сфера, работают в основном экономисты и специалисты по организации туризма. Чтобы понять, насколько это ненормально, можно представить себе, что было бы со сферой образования, если бы там трудились только экономисты и специалисты по организационно управленческой работе.

Проведенный анализ показывает, что туризм располагает уникальными возможностями гармоничного развития сущностных сил человека в их разнообразии и единстве. Кроме того, туризм является посредником в функционировании других сфер культуры — образования, искусства, науки и. п.

В соответствии с этим выявление, теоретическое осмысление и реализация человеческого творческого потенциала туризма является одним из плодотворных путей повышения культуры нашего общества.

Список литературы

1. *Круглова Л. К.* Культурология. — СПб., 2008. — С. 155.
2. *Бердяев Н. А.* Смысл творчества // Бердяев Н. А. Философия свободы, смысл творчества. — М.: Правда, 1989. — С. 379.
3. *Круглова Л. К.* Культурологически насыщенный туризм как средство воспитания // Философия детства и социокультурное творчество: материалы X международной конференции «Ребенок в современном мире. Культура и детство». — СПб., 2003. — С. 544–545.
4. *Биржаков М. Б.* Введение в туризм. — 9-е изд. — СПб., 2008. — С. 202–203, 206–207, 233.
5. *Сердобольская О. И.* Социальный туризм. Пути совершенствования государственного регулирования в России. — СПб.: Изд-во СПбГУ, 2005.
6. *Круглова Л. К.* Культурология. — СПб., 2008. — С. 492–496.
7. *Вайль П.* Гений места. — М., 2008. — С. 238.
8. *Венкова А. В.* Современный нomaдизм: метафора и стиль жизни // Культурное пространство путешествий: материалы научного форума, 8–10 апреля 2003 г. — СПб., 2003. — С. 335–336.
9. *Гурин С. П.* Туризм как антропологический феномен // Там же. — С. 319.

И. Ф. Миронов,
канд. пед. наук, доц., СПГУВК

ГНОСЕОЛОГИЧЕСКИЕ КОРНИ КРИЗИСА ЦИВИЛИЗАЦИИ НОВОГО ВРЕМЕНИ (КОРЕННАЯ ОШИБКА ТЕОРИИ ПОЗНАНИЯ)

GNOSEOLOGICAL ROOTS OF THE CIVILIZATION OF THE NEW TIME CRISIS (THE FUNDAMENTAL MISTAKE OF THE THEORY OF COGNITION)

В статье рассмотрены основные взгляды теории познания. Взгляд «Общее воспринимать чувствами не возможно» оказался глобальным отклонением от истины в теории познания. Он определил системный кризис современной цивилизации. «Всеобщее — осязаемое» — это основной взгляд и научное решение теории познания. Всеобщее осязаемое на второй ступени в развитии человеческих ощущений — «системных ощущений», когда поступающая сенсорная информация начинает детерминироваться «образом всеобщего» (всеобщим законом развития целостности системных объектов).

The article considers the main views of the theory of cognition. An opinion that “It’s impossible to perceive with feelings” turned out to be a global deviation from the cognitive theory. This view defined a system crisis of the modern civilization. “The universal is felt” — this is the main view and scientific solving of the theory of cognition. The universal which is felt is the second step in development of human perceptions — “system perceptions” when incoming sensory information is determined by “Mode of universal” (universal law of integrality of system objects development).

Ключевые слова: гносеологические корни, теория познания, кризис цивилизации, всеобщее, детерминированное отражение, принцип двойного восхождения, принцип иерархичности

Key words: gnoseological roots, theory of cognition, civilization crisis, deterministic reflection, principle of double ascension, principle of hierarchy

*Когда же придет ОН, ДУХ истины,
и направит нас на всякую истину.
Иоанн. 16:13*

ГНОСЕОЛОГИЯ (от греч. gnosis — познание) раздел философии, посвященный особенностям освоения человеком внешнего мира. Основной круг вопросов теории познания — истина и способы ее доказательства. Исходной предпосылкой познания является представление о наличии завесы, скрывающей от человека суть вещей. Поэтому познание рассматривается как способ проникновения в скрытое в вещах при взаимодействии субъекта и объекта. Субъект внутренне родствен объекту, между ними нет пропасти. Они — части единого мирового целого, поэтому процесс познания — это одновременно и один из способов установления **МИРОВОЙ ЦЕЛОСТНОСТИ**.

Человечество давно и неоднократно предупреждалось об опасности, которая заключена в человеческом познании. Опасность состоит в том, что у нас могут возникать оши-

бочные мнения и формироваться неправильные точки зрения. Практическая реализация ошибочных мнений ведет к разрушительным последствиям.

В исследовании кризиса образования в современном мире, выполненном под эгидой ЮНЕСКО, отмечено, что «научно-техническая революция XX века сопровождалась интеллектуальной деградацией человечества и завершилась информационным взрывом» [1, с. 4]. В условиях информационного взрыва (несистемное знание) человек не в состоянии освоить множество дисциплин и специализированных языков. Овладение интеллектуальным потенциалом, генетически присущим человеку, оказалось актуальнейшей проблемой современности. В то же время для решения ряда задач правил мышления, основанных на знании, оказывается недостаточным, и человек вынужден руководствоваться соображе-

ниями морали, нравственными принципами, ценностными представлениями.

Вопрос о происхождении правильного мышления, адекватного знания и истинных ценностей остается проблематичным. «С тех пор как церковь, неспособная защитить свои основные догмы от возражений науки, противопоставила веру разуму... с тех пор как наука, опьяненная своими откровениями в мире физическом, осталась без надежды... с тех пор как философия бессильно застряла между наукой и религией — глубокий разлад появился в душе общества и в душах отдельных людей» (Шюрэ, Великие посвященные).

Сейчас никто не способен к видению общего будущего и не готов даже к банальному сотрудничеству. У каждого своя точка зрения, свои фантазии, своя гипотетика. Факты приводятся только для того, чтобы обосновать свою точку зрения. Плюрализм мнений из уважения к мнению собеседника давно превратился в «Вавилонское столпотворение». Несмотря на то что все готовы демонстрировать благонамеренность друг другу, но о содержании этой благонамеренности договориться не могут. В итоге незаметно для себя люди оказались лицом к лицу со смертельной опасностью, которую они еще не видят, но которая уже вошла в их жизнь: **ИДЕТ ПРОЦЕСС РАЗРУШЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ** (знаний, мышления, этики).

Этот процесс, определяет суть современной мировой ситуации — духовное одряхление человечества. Причина одряхления — ложная антитеза, лежащая в основе теории познания, которая порождена или узким пониманием человеческих ощущений, или желанием абсолютизировать роль мышления.

Подлинно человеческое в человеческой природе заключено в том, что **«ВСЕОБЩЕЕ — ОЩУЩАЕМО»**.

Но ощущаемо не на уровне раздробленных ощущений живого созерцания, а на уровне системных ощущений — второй ступени в развитии человеческих ощущений.

Цивилизация Нового времени возникла около 400 лет назад и цели своего развития сформулировала как: «покорение природы, удовлетворение потребностей и развитие про-

изводства как средства удовлетворения потребностей» (Ф. Бэкон).

Потребительское общество, абсолютизируя роль функционирования технических систем, заблокировало развитие возможностей самого человека, например, заблокировало развитие его потенциальной способности к системным ощущениям. Люди фанатично устремились к роскоши, свободам и демократии, т. е. к тому, чтобы **ИМЕТЬ**, и не озаботились раскрытием объективных закономерностей **БЫТИЯ**. Это привело к агрессивному отрицанию духовного богатства человека и не позволило получить нового качества **БЫТИЯ**.

Разрешение социальной антитезы **БЫТЬ** или **ИМЕТЬ** связано с выяснением того, «как могут быть и как бывают (как становятся) тождествами противоположности» [2, с. 98]. Но это проблема теории познания.

Основные взгляды на познание

Высказывать мнения о природе и обществе имеет смысл только после того, как внесена определенность в понимании методов познания, на основании которых получены мнения о природе и обществе. То есть в фундаменте всякого знания лежит теория познания и сам процесс познания. Как познаем, такие знания и возникают. Любой методологический прием проецируется в итоговом образе отражаемого объекта, который неизбежно содержит «следы методологии познания».

Первый взгляд — ПРИНЦИП ДЕТЕРМИНИРОВАННОГО ОТРАЖЕНИЯ

В основе теории познания лежит понятие «ОТРАЖЕНИЕ». Одной из первых концепций отражения было учение Демокрита об образах (эйдосах). В начале XX в. В. И. Ленин формулирует идею об отражении как о всеобщем свойстве материи. Никто из философов до него не использовал понятия отражения в качестве основы теории познания. В середине 1930-х гг. идея об отражении стала систематически разрабатываться. В 1950-х гг. интерес к теории отражения усилился в связи с достижениями в области генетики, кибернетики, теории информации.

Общим свойством отражения считается наличие связи между оригиналом и его копией, а также способность сохранять **СЛЕДЫ** их взаимодействия. Накопление следов взаи-

модействия на уровне психического отражения приводит к **ДЕТЕРМИНИРОВАННОСТИ ОТРАЖЕНИЯ**.

В понятии «**ДЕТЕРМИНИРОВАННОЕ ОТРАЖЕНИЕ**» фиксируется то, что процесс отражения опосредован предыдущей историей познания, т. е. на содержание знания при отражении влияют не только чувственные образы, возникающие при взаимодействии «**ОБЪЕКТ — СУБЪЕКТ**», но и другие факторы. Получаемые «снимки» объектов выполняются как бы под диктовку образов уже присутствующих в сознании. «Для того чтобы внешний объект вызывал деятельность организма, он должен содержаться в определении последнего «**ИДЕАЛЬНО**» как внутренний образ, как потребность, как побуждение и как цель» [3, с. 718]. «Организационным фактором, определяющим способность системы к целенаправленности, адаптации, самосовершенствованию и средоформирующей деятельности, является наличие внутри системы информационной модели среды и себя самой [4, с. 120].

Второй взгляд — ПРИНЦИП ДВОЙНОГО ВОСХОЖДЕНИЯ

«Познание не может сразу, непосредственно воспроизвести все многообразие конкретного». Оно отражает его вначале абстрактно, односторонне и лишь постепенно воспроизводит конкретное, многосторонне отражая реальность» [3, т. 49, с. 727]. Поэтому в процедуре отражения реальности присутствуют два последовательных уровня познания: «Метод восхождения от конкретного к абстрактному и метод восхождения от абстрактного к конкретному» [3, т. 49, с. 726]. Принцип двойного восхождения — это есть лишь способ, при помощи которого сознание усваивает себе конкретное, воспроизводит его как духовно конкретное.

Третий взгляд — ПРИНЦИП ЦЕЛОСТНОСТИ (ВСЕОБЩЕГО)

При восхождении от конкретного к абстрактному присутствуют три последовательных этапа познания.

На первом этапе объект противопоставляется как нечто самостоятельное, целое (нерасчлененное целое) своему окружению — «**СРЕДЕ**».

На втором этапе объект расчленяется на части, выделяются его свойства, внешние признаки, части, но связи между ними не устанавливаются. В результате объект утрачивает свою конкретность и выступает как совокупность эмпирически наблюдаемых фактов.

$(\sum F_i)$ — символ совокупности фактов.

На третьем этапе объект восстанавливается как расчлененное целое из своих частей.

$[S]$ — символ расчлененной целостности.

Когда целое, всеобщее обнаруживает себя, оно позволяет представить все многообразие конкретного как развитие одного и того же начала — некоторой постоянно сохраняющейся основы.

Однако вопрос: откуда в сознание попадает знание о всеобщем? Каков способ переработки результатов поверхностного созерцания в представление, понятие? Каков механизм перехода от явлений к сущности, схематично представленных на рис. 1, остается проблематичным.

$$\begin{array}{ccc} (\sum F_i) & \Rightarrow & [S] \\ \text{(части, единичное)} & \text{(переход)} & \text{(целое, общее)} \end{array}$$

Рис. 1. Механизм перехода от явлений к сущности

Проблема всеобщего — одна из главных и труднейших философских проблем. Ее постоянно ставили и пытались решить все мыслители с самого начала возникновения философии (Аристотель, Фома Аквинский, Мах, Гегель, Кант, Маркс, Поппер, Дюгемен и др.). Если эта проблема главная в философии, то она является главной в развитии сознания и ведущей проблемой в развитии науки и образования.

«Значение общего противоречиво: оно мертво, оно не чисто, не полно, но оно только и есть ступень к познанию конкретного» [2, с. 252]. «Всеобщее не только абстрактно, но и воплощает в себе все богатство особенного, индивидуального, отдельного» [2, с. 90]. Без знания общего нет развития. Человечес-

во развивается благодаря повторению передового опыта. Повторяется только общее. Единичное, особенное неповторимо.

Четвертый взгляд — ПРИНЦИП ИЕРАРХИЧНОСТИ

При движении от абстрактного к конкретному образ отражаемого объекта возникает путем многоуровневого расширения частей целостности совокупностью эмпирически наблюдаемых фактов. При этом код сущности (образ всеобщего) выступает основанием всеобщего рассматриваемой области явлений. В свою очередь всеобщее выступает основанием общего, а общее выступает основой особенного, особенное выступает основой единичного. В результате возникает иерархически вложенная структура образа.

Пятый взгляд — ЛОЖНАЯ АНТИТЕЗА ТЕОРИИ ПОЗНАНИЯ (ГНОСЕОЛОГИЧЕСКИЕ КОРНИ КРИЗИСА)

При решении проблемы *всеобщего* исторически допущено две методологические ошибки, символично представленные формулами (1) и (2).

$$[S] \neq f(\sum F_i), \quad (1)$$

$$[S] = (\sum F_i). \quad (2)$$

То есть считается: либо сущность обусловлена внешним иррациональным фактором, и тогда она существует безотносительно к эмпирически наблюдаемым фактам — формула (1), либо части (факты) содержат все, что имеет целое, и тогда между ними нет различий — формула (2).

В формуле (1) всеобщее рассматривается как нечто приносимое извне и не обусловленное фактами (частями). Всеобщее возникает «из мышления» (придумывание идей из произвольного ума).

Формула (1) представляет собой софистическое знание и методологию эмпириокритицизма и формирует абстрактно-дедуктивное сознание, которое абсолютизирует роль мышления, а истину воспринимает как форму безумия, так как на уровне «измышлений» истина в принципе не возникает.

В формуле (2) считается, что всеобщее возникает «из поверхностных ощущений живого созерцания».

«Нет приема более распространенного и более не состоятельного, как выхватывание отдельных фактов, игра в примеры... Факты, если взять их в целом, в их связи, не только «упрямая», но и, безусловно, доказательная вещь. Взятые изолированно и случайно факты решительно ничего не могут обосновать» (В. И. Ленин).

«Не на основе фактов строятся теории, как думают представители так называемой индуктивной науки, всегда на основе теории факты укладываются в систему» (А. А. Любичев).

Формула (2) представляет эклектическое знание и методологию позитивизма, формирует прагматично-своекорыстное сознание, которое абсолютизирует роль поверхностных ощущений, а истину воспринимает как форму лжи, так как на уровне поверхностных ощущений истина в принципе не возникает.

Истина возникает на уровне системных ощущений. Обычно люди не поднимаются до уровня системных ощущений. Поэтому различные формы лжи их устраивают больше, чем правда, которая нередко настораживает и вызывает агрессивное несогласие.

Низкий уровень методологической культуры широких масс позволяет идеологам и политикам манипулировать сознанием толпы, спекулируя на узости их непосредственного опыта.

Таким образом, переход от явлений к сущности остается принципиально неясен. Однако исторически сложились два подхода к его решению:

— первый подход — всеобщее возникает «из ощущений»;

— второй подход — всеобщее возникает «из мышления».

В 1605 г. в Англии руководитель промышленности и системы образования, основатель Английской академии наук юрист Ф. Бэкон, понимание основного взгляда Аристотеля: «Ощущаемые вещи единичны и внешне» [6, с. 407], «Общее воспринимать чувствами невозможно» [7, с. 309] назвал «клеветой», которая в корне подрывает всякое знание.

В 1715 г. Петр I привез с Запада не взгляды Ф. Бэкона: «вещи скрытые в глубине приводятся к чувству» [8, с. 165], а взгля-

ды Х. Вольфа: «Наука возникает из разума» [9, с. 269].

В 1847 г. в «Тезисах о Фейербахе» К. Маркс пишет: «Надо понять предмет, действительность, *чувственность* не по Фейербаху». В «Капитале», исследуя совокупного рабочего и организаторов производств, он развивает мысль об отражении связей чувствами, т. е. человек в принципе может ощущать то, что на уровне поверхностных ощущений живого созерцания не ощущает.

«ВСЕОБЩЕЕ — ОЩУЩАЕМО» — это и есть основной взгляд философии марксизма и главное решение научной теории познания.

Мысль К. Маркса о том, что «Мы должны понять человеческую чувственность как-то иначе, не по Фейербаху», Ф. Энгельс назвал «Гениальным зародышем нового мировоззрения», но в своих работах ее не развил. «Гениальный зародыш» был загерметизирован.

В 1877 г. Ф. Энгельс предложил следующее решение основной проблемы теории познания: «Всякое действительное, исчерпывающее познание заключается лишь в том, что мы в *мыслях* поднимаем единичное из единичности в особенное, а из этой последней во всеобщее» [3, т. 20, с. 548].

Ф. Энгельс полагал, что «*единичное и конечное*» мы познаем чувствами, а «общее и бесконечное» постигаем мыслями. Тем самым он ограничил способности человеческого чувственного познания и вольно или невольно способствовал росту *методологии эмпириокритицизма*.

В. И. Ленин в 1909 г., анализируя причины разногласий в мыслях и действиях руководителей революции 1905–1907 гг., обнаружил у окружающих его «марксистов» сплошной эмпириокритицизм. Он констатировал, что его соратники (Богданов, Базаров, Луначарский и др.) извратили основной взгляд философии марксизма: «*Мысленные изображения возникают не иначе, как из ощущений*» [5, с. 34].

После смерти В. И. Ленина многие советские философы, логики, психологи и педагоги стали приверженцами эмпириокритицизма.

До 1935 г. в российской науке открытой пропаганды энгельсовского эмпириокритицизма не было.

В 1935 г. заведующий кафедрой психологии ЛГПИ им. А. И. Герцена С. Л. Рубинштейн в учебнике «Основы психологии» декларирует «В ощущениях дано только единичное, а всеобщее получаем в мыслях» [10, с. 305]. Учебник был рекомендован к печати И. В. Сталиным. Таким образом, в 1935 г. И. В. Сталин обратился в идеологии к гносеологическим взглядам Аристотеля–Энгельса, а не к взглядам Бэкона–Маркса.

В 1952 г. И. В. Сталин в работе «Экономические проблемы социализма в СССР» подверг критике марксистскую политэкономия и подверг сомнению марксистскую методологию, скорее методологию Энгельса–Рубинштейна, выдаваемую за марксизм, обвиняя товарищей по партии в попытках измышлять экономические законы социализма. Он пишет: «Необходимо откинуть некоторые понятия из “Капитала” Маркса... Я имею в виду, между прочим, такие понятия, как “необходимый” и “прибавочный” труд; “необходимый” и “прибавочный” продукт; “необходимое” и “прибавочное” время» [11, с. 10].

И. В. Сталин понимал, что отступничество от марксизма не ограничится только политэкономией, оно затронет и методологию. Он пишет: «Мы могли терпеть несоответствие понятийного аппарата марксизма реальной жизни до известного времени, но теперь пришло время, когда мы должны, наконец, ликвидировать это несоответствие».

Незадолго до своей кончины И. В. Сталин по телефону сказал Д. И. Чеснокову: «Вы должны в ближайшее время заняться вопросами *развития теории*. Мы можем что-то напутать в хозяйстве, но так или иначе мы выправим положение. Если мы напутаем в теории, то загубим все дело. *Без теории нам смерть, смерть, смерть*. (Завтра. 1997. Дек. № 50 (211), интервью Р. Косолапова.)

О какой теории шла речь? Марксизм как мировоззренческая система включает три составных части: философию диалектического материализма, политическую экономию, учение о переходе к коммунизму. Очевидно, речь шла о диалектике как теории развития. Но было поздно.

В 1958 г. Институт марксизма-ленинизма при ЦК КПСС писал: «Антидюринг»

Ф. Энгельса и поныне является незаменимым пособием для овладения марксистским мировоззрением».

В 1991 г. распад СССР показал, что «незаменимое пособие» оказалось с изъяном. Суть изъяна заключена в коренной ошибке, допущенной Ф. Энгельсом в теории познания, воспроизводившим взгляды Аристотеля — *всеобщее возникает из мышления*.

В период перестройки антитеза БЫТЬ или ИМЕТЬ была решена в пользу ИМЕТЬ. Однако оказалось, что для того, чтобы иметь необходимо, уметь перешагивать через «трупы», не подчиняться законам и выбрать сферой своего жизнеобеспечения хаос, насилие, обман, т. е. руководствоваться идеологией преступности. В этих условиях ни о каком социальном развитии и новом качестве бытия и речи быть не может.

На вред Западу гносеологических ошибок Аристотеля–Энгельса обратил внимание Бертран Рассел в исследовании «Истории западноевропейской философии», где отметил: «Авторитет Аристотеля стал серьезным препятствием для прогресса, как в области науки, так и в области философии. В наше время его влияние враждебно ясному мышлению... Доктрины Аристотеля полностью ложны» [12, с. 163, 196, 201].

Граф Йорк Фон Вартенбург в письмах к Дильтею, на которые Хайдеггер ссылается более уважительно, чем на сочинения Гегеля, отмечает, что «силы Нового времени до крайности распылились и измельчали. Познание прогрессировало до снятия его же самого. Человек настолько оторвался от самого себя, что себя не замечает. Он одряхлел и готов для захоронения» [13].

Взгляд: «*Общее воспринимать чувствами невозможно*» оказался глобальным отклонением от истины в теории познания.

ОСНОВНЫЕ ПРИЗНАКИ ОТКЛОНЕНИЯ

1. СУБЪЕКТ.

Субъектами преступления являются: Аристотель, Энгельс, подавляющее большинство советских и западных философов.

2. УМЫСЕЛ.

Сохранение привилегий, желание упросить знания, недомыслие.

3. ОБЪЕКТ (охраняемые права).

Право на достойную жизнь, всестороннее развитие, получение объективной информации.

4. ОБЪЕКТИВНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ.

Интеллектуальная деградация, паразитическая незащитность массового сознания против манипуляций, массовая преступность, системный кризис (экономический, энергетический, финансовый, образовательный, политический, военный и т. д.), невозможность устойчивого развития.

Преодоление ложной антитезы в теории познания — это война идеологий: «идеологии рабовладения» и «идеологии человечности». Эта война за метафизические принципы, недоступные ни «живому созерцанию», ни «умозрительному постижению». Идеология рабовладения формирует криминальную психологию. Пропаганда этой идеологии приведет к тому, что скоро многие существующие учения полностью себя дискредитируют. Люди утратят веру в человеческий разум, смысл жизни, надежду на светлое будущее и впадут в глубокий духовный обморок. Затем обездоленные труженики превратятся в дико ревущую толпу, уничтожающую носителей человеческих ценностей и взаимно истребляющую друг друга. Вера в то, что бессмертие народов в какой-то мере гарантировано — ИЛЛЮЗИЯ. Многие расы как независимые целостности сошли уже с арены истории.

Шестой взгляд — ВСЕОБЩЕЕ ОЩУЩАЕМО.

Вероятно, особого механизма для восприятия всеобщего как только механизма детерминированного отражения нет. Поэтому естественно предположить, что существенно общее начинает ощущаться и становится доступным нашему восприятию и наблюдению, когда в сознании присутствует «ОБРАЗ ВСЕОБЩЕГО».

ОБРАЗ ВСЕОБЩЕГО ДОЛЖЕН ОТРАЖАТЬ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЕ ЕДИНСТВО ПРИРОДЫ И ПРЕДСТАВЛЯТЬ СОБОЙ САМУЮ ТОЩУЮ АБСТРАКЦИЮ.

Многовековой коллективный опыт познавательной и преобразующей деятельности человечества показывает, что в мире

все изменчиво и противоречиво. Поэтому образ всеобщего не может возникнуть вне двух основных принципов диалектики: принципа развития и принципа противоположности. То есть *«всеобщий принцип развития надо соединить, связать, совместить с всеобщим принципом единства мира, природы, движения, материи, etc.»* (В. И. Ленин) [2, с. 122].

В результате выполненного нами синтеза двух основных принципов диалектики открылся *всеобщий закон развития* [15, с. 138–162]. Этот закон показывает, как становятся тождествами противоположности, каков *механизм развития целостности*. Это закон связывает мир в единое целое и предает целостность каждой его части. Существование подобного закона предполагают все мировые культуры и фундаментальные религии. Например: «Ра сотворил все, что возникло из своей сущности, и он пребывает внутри в своем творении, как в своем теле» [14, с. 79].

На основании этого закона в качестве примера нами предпринята попытка выявить всеобщее в мышлении в процессах решения задач. То есть осуществлена попытка реализовать идею построения «ИСТИННОГО МЕТОДА» Лейбница, метода, свободного от субъективно-психологических моментов. В результате открылась доминантная ритмика (алгоритмика) мышления — матрица процессов решения задач [16, с. 149]. Практика решения задач показывает, что матрица регулярно проявляет себя в решениях задач, т. е. выражает собой закон развития мышления.

Исследование дореволюционного опыта организации производственных отношений Н. Н. Неплюевым показывает, что продуктивные действия коллектива возникают тогда, когда есть системно мыслящий человек (организатор), способный организовать системные действия многих людей [17].

А. С. Макаренко отмечал, что для формирования антикриминальной психологии: «Нам нужна в педагогике логика широкого опыта — диалектическая логика» [18, с. 104].

«Если предрассудки насильно с малых лет вкореняются во впечатлительной душе

ребенка, то просвещение и совершенствование целого народа надолго замедляется» (Н. А. Добролюбов).

Преодоление коренной ошибки теории познания и формирование системных ощущений позволит изменить сознание человека, раскроет его сверхспособности и приведет к появлению людей, преданных росту мудрости.

Коридор возможного развития человечества узок. Давление стенок этого коридора требует от людей строить свое поведение по типу должного, пренебрегая сиюминутными интересами и желаниями, требует соблюдения высшей меры всех вещей — закона развития целостности как необходимого условия человеческого существования и основы ноосферного мировоззрения.

Заключение

В настоящее время никто не способен к видению общего будущего, и не готов даже к банальному сотрудничеству. Хотя «Истинный общественный прогресс — в большем и большем единении людей» (Л. Н. Толстой).

«Величайшее добро, величайшая цель желаний, наибольшее совершенство и счастье заключается в единстве, которое все в себя обнимает» (Джордано Бруно).

«Отче святой! Соблуди их во имя Твое, тех, которых Ты Мне дал, чтобы они были едино, как Мы» (Иоанн. 17:11. Молитва Христа о единении своих последователей).

Основой единства в разнообразии является человеческое чувство, соответствующее ВСЕОБЩЕМУ ЗАКОНУ РАЗВИТИЯ, закону, в котором заключено все богатство человеческой и природной сущности.

На протяжении всей истории человечества, его стремлению к единению противостояло порочное желание насаждать всевозможные формы разделений и разногласий. Механизмом осуществляющим разделения и разногласия является КОРЕННАЯ ОШИБКА ТЕОРИИ ПОЗНАНИЯ. Она привела к тому, что в обществе нет должного понимания движущих сил и направления развития. Существующий в мире порядок не только не дает возможности для коренного решения назревших проблем, но и создает новые и еще более сложные и опасные проблемы.

Список литературы

1. Кубс Ф. Г. Кризис образования в современном мире. — М.: Прогресс, 1970.
2. Ленин В. И. Полное собр. соч. — Т. 29.
3. Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения. — 2-е изд. — М.: Политиздат, 1954–1981.
4. Дружинин В., Которов Д. Проблемы системологии. — М.: Сов. радио, 1976.
5. Ленин В. И. Полное собр. соч. — Т. 18.
6. Аристотель. О душе, Аналитика, Метафизика: в 4 т. — М., 1976 — Т. 1.
7. Аристотель. Сочинения: в 2 т. — М., 1978. — Т. 2.
8. Бэкон Ф. Новый Органон. / Бэкон Ф. Соч. — М., 1978 — Т. 2.
9. Вольф Х. Метафизика / Вольф Х. Философия в России. — 3-е изд. — СПб. 2001.
10. Рубинштейн С. Л. Основы психологии. — М.: Учпедгиз, 1935.
11. Сталин И. В. Экономические проблемы социализма в СССР. — М.: Политиздат, 1952.
12. Рассел Б. История западноевропейской философии и ее связи с политическими условиями от античности до наших дней. — Новосибирск: НГУ, 1999.
13. *Zwischen B. W., Dilthey W. and Wartenburg G. P. Y. von.* 1877–1897. Halle a.d.s. 1913.
14. Уваров В. Древний Египет открывает тайну, которая потрясет мир. // Журнал нового времени / Академия национальной безопасности России. — 2004. — № 1.
15. Миронов И. Ф. Методологические основания алгоритмов решения задач // Математика и ее приложения: межвузовский сборник научных трудов. — СПб., 2008. — № 1.
16. Миронов И. Ф. Матрица процессов решения задач // Физика в системе инженерного образования в России: тезисы докладов / Министерство образования РФ; Ассоциация физики технических вузов России. — М.: Атомполиграфсервис, 2004.
17. Фурсей Г. Н. Поиск Пути. — СПб.: АУРА-ИФО, 2008.
18. Макаренко А. С. Тезисы по проблемам школьного воспитания / Макаренко А. С. Соч.: в 7 т. — Т. 5.

100 ЛЕТ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ ПРОФЕССОРА ГРИШАНИНА КИРИЛЛА ВЛАДИМИРОВИЧА

8 апреля 2009 г. исполняется 100 лет со дня рождения профессора ГРИШАНИНА Кирилла Владимировича, доктора технических наук, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, выдающегося ученого и талантливого педагога.

К. В. Гришанин (1909–2002), выпускник Ленинградского гидрометеорологического института, пришел на педагогическую работу на кафедру водных путей и водных изысканий Ленинградского института инженеров водного транспорта в 1950 г. сложившимся специалистом, имея большой опыт проектной, производственной и инженерной деятельности в организациях Министерства речного флота РСФСР.

С первых дней работы на кафедре Кирилл Владимирович проявил себя в качестве прекрасного педагога и высококвалифицированного научного работника, специализируясь в области речной гидравлики, развивая теорию и практику руслового процесса и разрабатывая на этой основе научную базу и расчетное обоснование по вопросам поддержания и улучшения судоходных условий на реках. Он принимал непосредственное участие в качестве научного руководителя и ответственного исполнителя во всех значимых научно-исследовательских работах кафедры.

К. В. Гришанин широко известен как в России, так и за рубежом по учебникам, фундаментальным монографиям, многочисленным научным статьям, а также по нормативным и руководящим материалам по проектированию и осуществлению выправительных и дноуглубительных работ на судоходных реках. Профессором Гришаниным опубликовано 8 учебников и учебных пособий, 3 монографии, 5 книг руководящих технических материалов и более 50 научных статей в отечественных и зарубежных изданиях. Монографии и учебники профессора Гришанина содержат полученные им лично новые научные результаты, способствующие прогрессу речной гидротехники.

Кирилл Владимирович принимал активное участие в работе многих всесоюзных и международных научных конференций и симпозиумов, выступая с генеральными докладами. Это широко известные специалистам в области речной гидравлики всесоюзные гидрологические съезды, всесоюзные съезды по механике, международные конгрессы по судоходству, конгрессы Международной ассоциации гидравлических исследований и многие другие представительные научные форумы по речной гидротехнике.

К. В. Гришанин был признан лектором высшей квалификации: он читал лекции студентам гидротехнического факультета по четырем важным дисциплинам, таким как: гидрология и водные изыскания (автор учебника), динамика русловых потоков (автор учебника), механика сплошных сред (автор учебного пособия), водные пути (автор учебника, переведенного на китайский язык). Кроме этого, профессор К. В. Гришанин регулярно читал лекции на Международных высших гидрологических курсах, проводимых под эгидой ЮНЕСКО при МГУ им. М. В. Ломоносова, на факультетах и курсах повышения квалификации инженерно-технических работников речного флота; консультировал специалистов и докторантов, в том числе иностранных (1990 и 1992 гг. Швейцария, г. Лозанна, Политехнический институт).



К. В. Гришанин разработал много учебно-методических пособий для студентов, которые до настоящего времени широко используются при выполнении курсовых и дипломных проектов. За время работы в институте К. В. Гришанин принял участие в подготовке более 4 тыс. специалистов инженеров не только для Российской Федерации, но и для многих стран Восточной Европы, Юго-Восточной Азии, Ближнего и Дальнего Востока, Африки и Центральной Америки. Под его руководством защитили кандидатские диссертации 10 человек, из них два специалиста стали докторами наук.

В своей деятельности профессор К. В. Гришанин адаптировал теоретические разработки к интересам практики. Полученные им новые научные результаты и расчетные методики многократно проверялись на материалах натурных наблюдений на реках, что придавало им большую научную значимость. Он всегда плодотворно сотрудничал с Управлениями Волго-Балтийского и Волго-Донского судоходных каналов, бассейновыми управлениями водных путей, Ленгипроречтрансом, Государственным гидрологическим институтом и другими производственными, научно-исследовательскими и проектными организациями.

Научную и педагогическую деятельность профессор Гришанин успешно сочетал с общественной работой в институте и других общественных организациях. Он избирался депутатом Ленинградского городского Совета (1967–1969) и председателем правления общества «Знание» Кировского района г. Ленинграда (1970–1976). С 1977 по 1990 г. К. В. Гришанин был председателем секции «Русловые процессы Научного совета «Комплексное использование и охрана водных ресурсов» Государственного комитета Совета Министров СССР по науке и технике, активно и высокопрофессионально участвовал в работе двух докторских специализированных советов, работал в качестве референта реферативного журнала «Механика».

В 1994 г. Гришанин был избран почетным профессором Чунцинского университета коммуникаций КНР, а в 1998 г. ему было присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки РФ». В разные годы он избирался почетным академиком Российской академии транспорта и Российской академии естественных наук, а также академиком Академии проблем водохозяйственных наук по отделению «Русловедение и восстановление элементов речной сети»; был членом президиума Координационного совета по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов при МГУ.

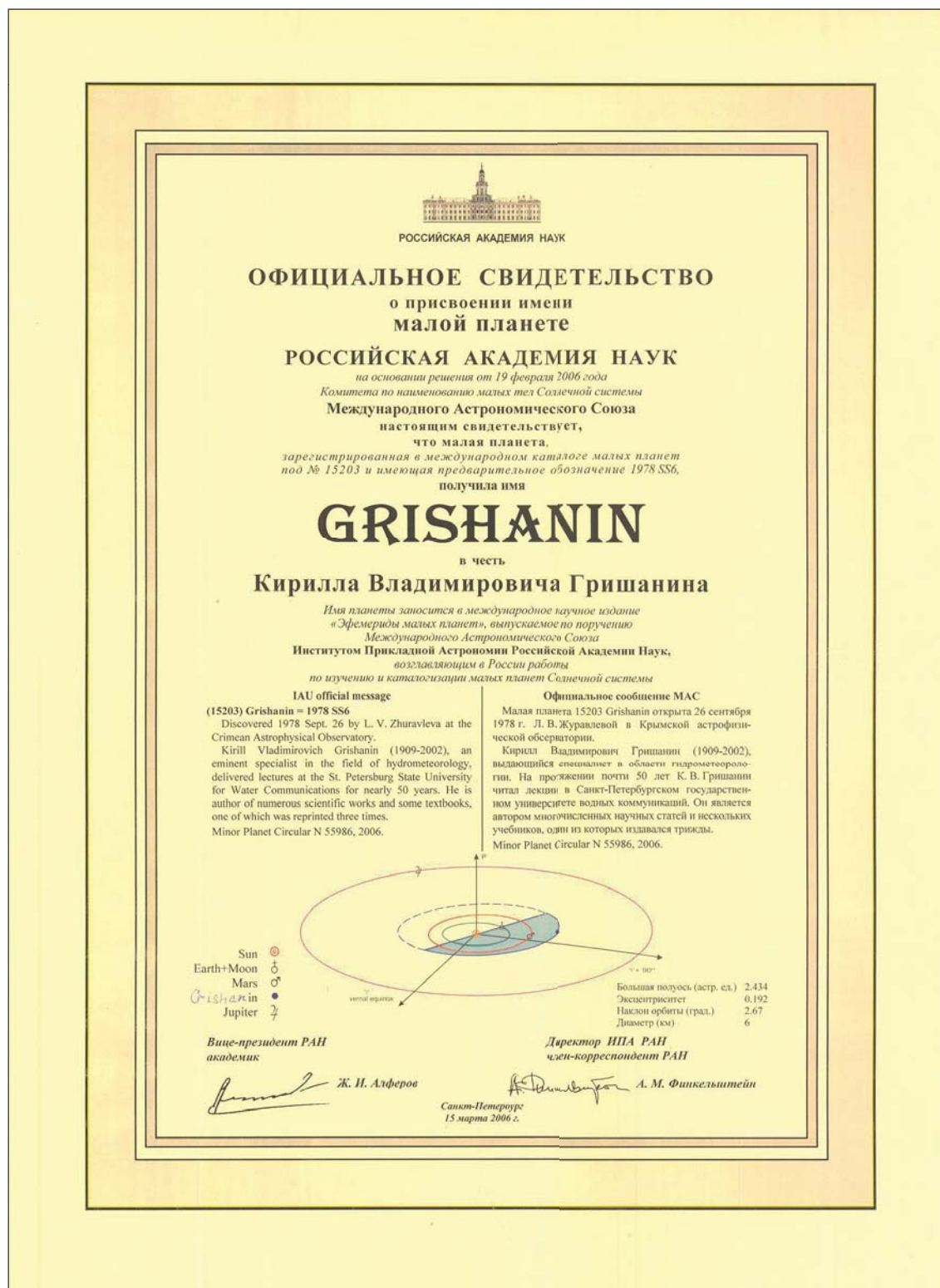
Широкую известность у российских и зарубежных специалистов в области речной гидравлики получили фундаментальные монографии К. В. Гришанина: «Устойчивость русел рек и каналов» (1974), «Динамика русловых потоков» (1969, 1979) и «Гидравлическое сопротивление естественных русел» (1992). Среди этих работ выделяется своей энциклопедичностью «Динамика русловых потоков», выдержавшая два издания. В этой монографии изложены основы динамики вязкой несжимаемой жидкости, вопросы турбулентности, пространственные и плановые задачи движения русловых потоков, особенности движения влекомых и взвешенных наносов, русловой процесс.

Результаты своих многогранных научных исследований К. В. Гришанин публиковал не только в фундаментальных трудах и научных журналах. Они находили свое отражение в учебниках, учебных пособиях и научно-методических руководствах по расчетному обоснованию путевых мероприятий на судоходных реках нашей страны, над которыми он работал совместно с сотрудниками кафедры водных путей и водных изысканий ЛИВТа. В эти работы К. В. Гришанин стремился включать самые свежие научные сведения. Разработанные руководящие материалы, такие как: «Руководство по расчету деформаций русел и прорезей на перекатах судоходных рек» (1965), «Руководство по проектированию коренного улучшения судоходных условий на затруднительных участках свободных рек» (1974), «Руководство по улучшению судоходных условий на свободных реках» (1992), на многие годы стали научной основой проектирования путевых мероприятий на водных путях России.

К. В. Гришанин является основателем целой научной школы в области теории руслового процесса, члены которой продолжают дело, которому Кирилл Владимирович посвятил свою жизнь, и с гордостью называют себя его учениками. Многие специалисты часто называют Кирилла Вла-

димировича своим учителем даже тогда, когда не знали его лично, а знакомились с его научными взглядами и теориями через многочисленные печатные работы. Но любой, кто непосредственно общался с этим незаурядным человеком, не мог не оценить грандиозного масштаба его личности, высокий профессионализм и любовь к работе, высочайший уровень культуры, тактичность и доброжелательность, свойственные многим интеллигентам старой закалки.

Поэтому не вызывает сомнений, что научная общественность России и бывших республик СССР с благодарностью вспоминает своего учителя и коллегу в канун 100-летия со дня его рождения.



Г. А. Гладков,
д-р техн. наук, проф., СПГУВК

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ РУСЛОВОГО ПРОЦЕССА В ТРУДАХ
К. В. ГРИШАНИНА (К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

DEVELOPMENT OF THEORY AND PRACTICE OF RIVERBED PROCESS
IN THE WORKS OF K. V. GRISHANIN
(TO THE CENTENARY OF THE BIRTHDAY)

В статье представлены научные результаты работы профессора К. В. Гришанина, способствующие прогрессу речной гидротехники

The article presents scientific research results of professor K.V. Grishanin which contribute to the progress of river hydrotechnics.

Ключевые слова: векторное поле скоростей речного потока, транспорт наносов, русловая деформация, условие ускорения, условие потери энергии

Key words: vector field of river flow velocities, sediment transport, river bed deformation, condition of acceleration, condition of energy loss

КИРИЛЛ ВЛАДИМИРОВИЧ ГРИШАНИН широко известен как в России, так и за рубежом по своим учебникам, фундаментальным монографиям, многочисленным научным статьям, а также по нормативным и руководящим материалам по проектированию и осуществлению выправительных и дноуглубительных работ на судоходных реках. Профессором Гришаниным опубликовано 8 учебников и учебных пособий, 3 монографии, 5 книг руководящих технических материалов и более 50 научных статей в отечественных и зарубежных изданиях. Монографии и учебники Гришанина содержат полученные им лично новые научные результаты, способствующие прогрессу речной гидротехники.

Широкую известность у российских и зарубежных специалистов в области речной гидравлики получили фундаментальные монографии К. В. Гришанина: «Устойчивость русел рек и каналов» [1], «Динамика русловых потоков» [2] и «Гидравлическое сопротивление естественных русел» [3]. Среди этих работ выделяется своей энциклопедичностью «Динамика русловых потоков», выдержавшая два издания, в которой изложены основы динамики вязкой несжимаемой жидкости, воп-

росы турбулентности, пространственные и плановые задачи движения русловых потоков, особенности движения влекомых и взвешенных наносов, русловой процесс.

Общие сведения о речном потоке

Во введении к Динамике русловых потоков К. В. Гришанин отмечает, что «*речной поток и его русло представляют, возможно, наиболее совершенную из самоуправляющихся систем неорганического мира*». Способность руслового потока «*управлять широкостью своего дна выделяет его из всех течений, известных в Природе и технике*». Эти слова, по сути, характеризуют главные научные приоритеты К. В. Гришанина и его отношение к природе водных объектов.

При проектировании путевых мероприятий на судоходных реках, а также при решении практических задач, связанных с обеспечением судоходных условий на реках, необходимо знать и учитывать законы движения воды в речном русле. Эти законы достаточно сложны и до настоящего времени еще недостаточно изучены. Главные особенности речных потоков, сформулированные К. В. Гришаниным, заключаются в следующем.

Прежде всего, нужно учитывать, что *движение воды в реках имеет неустановившийся характер*. Уровни воды в реке непрерывно изменяются в течение календарного года в связи с изменением величины стока. В результате изменяются кинематическая структура и скоростной режим потока, а также судоходные глубины на перекатах.

Вследствие сложных, неправильных форм русел *векторное поле скоростей речного потока неоднородно*, при этом линии тока представляют собой сложные пространственные кривые. Схематизируя эту картину, говорят об основном, продольном движении воды и наложенных на него вторичных (поперечных) течениях.

Речные потоки транспортируют во взвешенном состоянии большие количества частиц грунта — наносов. Наиболее мелкие частицы, поступающие в реку с поверхности бассейна, имеют размеры порядка нескольких микронов. По дну рек движутся частицы песка, гравия, гальки, а в горных реках и валуны. Объем годового стока взвешенных наносов у больших рек измеряется миллионами и десятками миллионов кубических метров.

И наконец, следует отметить *способность речного потока изменять свои твердые границы* (длину и форму смоченного периметра, шероховатость дна). Состояние потока — поле его скоростей и поле давления — определяется его твердыми границами. Под действием течения эти границы изменяются. Будучи сложенным из несвязных частиц, русло реки непрерывно деформируется. Изменение геометрии твердых границ приводит к перестройке потока и таким образом осуществляется постоянное взаимодействие между движущейся жидкостью и подстилающей твердой средой. Активную сторону в этом взаимодействии, безусловно, представляет собой речной поток.

Специалисты в области речной гидравлики и практики путевых работ и раньше обращали внимание на эти особенности, характеризующие движение воды в реках с подвижным дном. Однако именно Гришанину удалось во многом систематизировать эти данные и по ряду ключевых вопросов найти теоретическое обоснование их проявлению в реках.

Круг научных интересов профессора К. В. Гришанина был необычайно широк. Однако отдельные проблемы речной гидравлики такие как: *оценка устойчивости русел рек, оценка потерь энергии в реках, а также проблема транспорта русловых наносов и русловые деформации*, были предметом его научных интересов и особого внимания. Именно этим вопросам Гришанин посвятил свои основные научные публикации. При этом многие теоретические решения были доведены до уровня практического применения, а на их основе были разработаны многочисленные расчетные методики, успешно используемые до настоящего времени в практике проектирования и проведения путевых работ на судоходных реках.

Статистическая устойчивость естественных русловых потоков

Вопросы обеспечения устойчивости речных деформируемых русел всегда являлись предметом большой заинтересованности у специалистов в области речной гидротехники. При этом устойчивость речного русла в значительной степени связана с условиями функционирования системы «поток — подвижное русло», взаимодействие внутри которой осуществляется по принципу обратной связи. Необходимо, однако, признать, что до настоящего времени проблема устойчивости речных русел не получила строгого теоретического обоснования, и у специалистов пока не выработано единых критериев обеспечения устойчивости руслового потока с подвижным дном. При этом разные авторы затрагивали различные аспекты устойчивости и формулировали для них свои критериальные условия.

Наиболее широкий круг исследований в этой области посвящен вопросам *оценки начальной устойчивости частицы несвязного грунта на дне руслового потока*. Несмотря на то что универсального решения этой проблемы до настоящего времени не найдено, физическая природа взаимодействия турбулентного потока и частицы грунта на дне в момент начала движения по результатам выполненных экспериментов представляется достаточно изученной. На основе многочисленных экспериментальных исследований получены

критерии, позволяющие оценить критические условия сдвига частицы грунта на дне потока.

Другая группа исследований посвящена вопросам *переформирования русел рек* под действием текущей воды. С точки зрения практических приложений прогноз русловых переформирований оказывается чрезвычайно важным при проектировании инженерных мероприятий на реках. Для оценки интенсивности изменения различных морфологических элементов русла в ходе естественных переформирований К. В. Гришанин предложил понятие *временной устойчивости*. При этом под устойчивостью в данном случае понимается недеформируемость отдельного участка русла в течение ограниченного периода времени. Это позволило ему сформулировать условия подобия течения на устойчивых участках естественных русел рек.

Применительно к прямолинейным и слабоизогнутым плесовым ложинам равнинных рек Гришанин получил универсальное выражение для *локального инварианта подобия* в виде $M = H(gB)^{1/4} / Q^{1/2}$. Это позволило установить однозначную связь между геометрическими размерами речного русла — его шириной B по зеркалу воды и средней глубиной H — с величиной расхода воды Q в реке.

Данная зависимость является общей аналитической основой всех однозначных кривых расходов, где параметр M является *постоянной квазиравномерного движения*. Значение этого параметра, полученное по материалам гидрометрических измерений на устойчивых участках рек с мелкозернистыми донными отложениями, незначительно варьирует около своей средней величины $M \approx 0.9$ при переходе от одной плесовой ложины к другой и не зависит от колебания уровней воды в реке. На участках рек, где соблюдается это равенство, можно говорить о *соблюдении условия устойчивости русел, шероховатость которых создается и регулируется протекающими в них потоками*. На этой основе Гришанин разработал рекомендации по определению размеров устойчивых каналов в несвязных грунтах.

В общем случае К. В. Гришаниным были сформулированы три условия статистической

устойчивости естественных речных потоков, которые он назвал соответственно:

— *условием скоростей течения* $U_1 < U < U_2$;

— *условием ускорений* $\int_0^L \frac{\partial U^2}{\partial l} dl \approx 0$;

— *условием потерь энергии* $\frac{\partial}{\partial t} \int_0^L I_f dl \approx 0$,

где U — средняя скорость течения; U_1 и

U_2 — соответственно ее нижний и верхний

пределы; L — длина участка; I_f — уклон трения.

В соответствии с *условием скоростей* русловой поток, находящийся в устойчивом состоянии, поддерживает средние скорости течения в достаточно узком диапазоне. При этом нижняя граница скорости течения является критической величиной, при которой частицы донного материала приходят в движение. При достижении верхней границы происходит массовое взвешивание частиц грунта на дне потока. Внутри указанных пределов русловой поток регулирует условия движения воды и характеристики транспорта наносов, используя имеющиеся в его распоряжении степени свободы — изменяя гидравлические и морфометрические характеристики потока и русла. Число степеней свободы, в пределах которых осуществляется регулирование характеристик протекания процесса в естественных условиях, может быть достаточно большим.

К ним относятся такие возможности, как сортировка частиц грунта по крупности, включая образование отмостки на дне реки, способность руслового потока изменять параметры микроформ, и соответственно характеристики гидравлического сопротивления и транспорта наносов. Сюда можно отнести также взаимодействие руслового и подруслового потоков, обмен между транзитными и руслоформирующими наносами, размыв берегов, сезонные деформации перекатов и др. Все это является внешними проявлениями реакции потока на естественные или искусственные изменения условий функционирования системы «поток — подвижное русло».

Условие ускорений заключается в том, что прямолинейные потоки с деформируемым дном оказываются неустойчивыми по отношению к возмущениям с большими длинами волн. Ответная реакция потока на эти возмущения проявляется в образовании мезоформ по длине реки. Таким образом, русловой поток преобразует прямолинейное русло к извилистому, в котором с определенным шагом чередуются перекаты и плесовые ложины. Система переходит от менее устойчивого состояния к более устойчивому. При этом конвективные ускорения по длине реки становятся знакопеременными, в результате чего исключается возможность проявления однонаправленных деформаций на протяженных участках рек.

До настоящего времени в динамике русловых потоков, за исключением отдельных частных решений, нет аппарата для математического описания плановых деформаций русел. Для практических нужд гидроморфологическая теория руслового процесса предлагает систему морфометрических и гидравлико-морфометрических зависимостей, определяющих условия устойчивости руслового потока на уровнях мезоформ и макроформ при разных типах руслового процесса. Общий критерий типа руслового процесса (по Б. Ф. Сنيщенко [4]) записывается в виде $A = (I / I_0) \cdot (B_0 / B)$, где соответственно I_0 и B_0 — уклон дна речной долины и ее ширина; I и B — уклон реки и ее ширина в меженных бровках. Средние значения параметра A изменяются в пределах от $A = 1.97$ для рек с русловой многоруканностью до $A = 36.6$ для свободно меандрирующих речных русел.

Третье выражение представляет собой *условие потерь энергии*. Оно характеризует слабую изменчивость уклонов свободной поверхности при колебании величины жидкого стока. Русловой поток создает русло с такими размерами и формами, которые приспособлены для пропускания расходов воды в широком диапазоне их изменения. При этом уклоны свободной поверхности и отметки уровней воды при колебаниях расходов воды в реке изменяются в минимальных пределах.

Перечисленные условия устойчивости речных русел были получены на основе мно-

голетнего опыта изучения руслового процесса и гидроморфологии русел рек. При отсутствии антропогенного воздействия они позволяют установить статистически устойчивые характеристики потока и русла на конкретном участке реки, выявить основную направленность и тенденции развития руслового процесса в естественном состоянии речного русла. Для того чтобы понять, как происходят эти изменения в реке и какой механизм для этого используется, необходимо изучать внутреннюю структуру турбулентного взвесенесущего потока.

Преобразования в структуре потока происходят вследствие изменения величины стока воды в реке и в результате сезонных и многолетних русловых переформирований. Они заключаются в перестройке поля скоростей течения по глубине и ширине потока, изменении уклонов свободной поверхности и характеристик турбулентности. Причем все эти изменения явно или опосредованно связаны с параметрами донных волн и условиями транспорта наносов. Значительный объем научных исследований, выполненных под руководством профессора Гришанина, был посвящен изучению характеристик донных гряд в речных руслах.

Гидравлическое сопротивление естественных русел рек

Наибольший интерес с точки зрения возможного практического использования представляют результаты, полученные на основе материалов натурных наблюдений на реках. Здесь прежде всего следует отметить выполненные ранее исследования Б. Ф. Снищенко [5], в которых на основе натурных данных была получена формула коэффициента гидравлического трения в функции параметров донных гряд. Аналогичный подход встречается и у ряда других авторов, проводивших эксперименты в гидравлических лотках. Следует заметить, однако, что величина сопротивления донных гряд в естественных условиях, вследствие более сложного пространственного характера грядового дна, оказывается больше, чем это имеет место в гидравлических лотках.

На основе исследования характеристик внутренней структуры турбулентного по-

тока К. В. Гришанин получил, исходя из теоретических соображений, вывод о том, что линейный масштаб, определяющий порядок продольных расстояний между смежными крупномасштабными вихрями, равен величине $\lambda_B = h \cdot (C^2/g)^{1/3}$. С учетом установленного Б. Ф. Сنيщенко [6] по данным натурных наблюдений на реках и измерений в гидравлических лотках равенства шага цепочки крупномасштабных вихрей длине донных гряд $\lambda_B = l_r$, формула полного коэффициента Шези в русле реки с грядовым дном получила вид $C/\sqrt{g} = (l_r/h)^{3/2}$.

Физическое обоснование такой зависимости заключается в том, что основная доля потерь энергии в потоке с грядовым дном сосредоточена в вальцах, образующихся за тыловыми скатами гряд. Количество энергии, теряемой на выделенном отрезке потока, зависит не только от высоты гряд и скорости течения, но и от числа гряд на этом отрезке, т. е. от длины гряд. При этом связь потерь энергии с длиной гряд обратная: потери энергии на выделенном отрезке потока, а значит, и на единице его длины тем больше, чем чаще расположены вальцы, т. е. чем короче гряды.

Экспериментальные измерения в лабораторных лотках и натурные наблюдения на реках показывают, что длина гряд растет со скоростью течения. Это особенно заметно на подъеме весеннего половодья, когда возрастание скоростей течения сопровождается существенным увеличением средней длины гряд. Таким образом, скорость течения оказывает двоякое влияние на потери энергии в реке с грядовым дном: увеличение скорости, с одной стороны, усиливает потери энергии в отдельных вальцах, а с другой — уменьшая число вальцов, способствует снижению потерь энергии. Поэтому связь потерь энергии со скоростью течения в потоке с грядами оказывается более слабой, чем в потоке с безгрядовым дном.

Полученные данные свидетельствуют о том, что при равномерном или близком к равномерному движению воды в реках с песчаными донными отложениями коэффициент Шези является функцией скорости течения.

Этот принципиальный вывод К. В. Гришанин подтвердил по материалам натурных наблюдений на реках. Анализ гидрометрических данных, относящихся к равнинным рекам России с песчаным дном, показал, что между полным коэффициентом Шези и средней скоростью течения в этих реках существует соотношение пропорциональности в виде $C \sim v^m$, где $m = (1/2) \div (3/4)$. Отсюда, с учетом формулы Шези выражение для уклона трения записывается в виде $I_f \sim v^{2(1-m)}$. Результаты этих исследований были доведены Гришаниным до уровня практической реализации в виде расчетных зависимостей для коэффициента Шези, построенных в функции скорости течения воды.

На ранних этапах исследований автор [7] использовал в качестве аргумента коэффициента Шези величину коэффициента подвижности М. А. Великанова. Это позволило получить расчетную зависимость в виде $C/\sqrt{g} = 2.1(U/\sqrt{gd_{50}})^{3/4}$, где d_{50} — медианный диаметр частиц донных отложений. Эта формула позволяет аналитически описать эффект взаимодействия потока и подвижного русла реки с песчаным дном. Однако позднее сам автор признал, что использование параметра $U/\sqrt{gd_{50}}$ в качестве единственного аргумента потерь энергии по длине в реках с грядовым дном является недостаточным.

Анализируя материалы гидрометрических измерений на реках с песчаным руслом [8], К. В. Гришанин установил, что в области значений коэффициента Шези $C < 50 \text{ м}^{1/2}/\text{с}$, которая охватывает большинство равнинных рек России, более 90% потерь энергии по длине обусловлено сопротивлением грядового рельефа дна. Это связано с тем, что в реках с песчаными грунтами доля зернистой шероховатости существенно меньше, чем в реках с гравийно-галечным дном. При этом размеры донных гряд в песчаных руслах рек слабо зависят от изменения крупности донных отложений, а речной поток в этом случае оказывается в состоянии регулировать шероховатость своего дна практически во всем диапазоне изменения величины стока в течение года.

Таким образом, уточняя полученные ранее результаты, Гришанин исключил из формулы для коэффициента Шези диаметр донных частиц, нормировав скорость течения с помощью величины гравитационного ускорения и коэффициента кинематической вязкости воды. Расчетная зависимость в этом случае получила вид $C/\sqrt{g} = K (U/\sqrt[3]{gv})^{1/2}$, где v — кинематический коэффициент вязкости воды. В работе [9] существование этой зависимости получает подтверждение по целому ряду измерений на гидрологических постах равнинных рек России. Коэффициент пропорциональности K для использованной выборки исходных данных изменялся в пределах от 2.04 до 2.90.

Впоследствии Гришанину удалось повысить тесноту связи коэффициента Шези в зависимости от скорости течения путем введения дополнительного безразмерного параметра в виде B/H . Расчетная формула для коэффициента Шези была построена на основе анализа материалов гидрометрических наблюдений на семи реках России. Всего было использовано 725 измерений на девяти постоянных гидрометрических створах, что позволило получить по этим данным формулу полного коэффициента Шези в виде $C/\sqrt{g} = 5,25 \cdot (U/\sqrt[3]{gv})^{1/2} (H/B)^{1/6}$. Коэффициент корреляции ($r = 0.8$) в этой формуле оказался достаточно высоким для расчетной зависимости, полученной по данным натурных наблюдений на реках.

Это направление исследований под руководством профессора Гришанина получило дальнейшее развитие на кафедре водных путей и водных изысканий, где на основе новых материалов натурных и лабораторных измерений аналогичные взаимосвязи были установлены для других участков равнинных рек [10], где движение воды является неплавно изменяющимся. Анализ выполненных исследований показал, что из числа аргументов, определяющих гидравлическое сопротивление русел рек с песчаными донными отложениями, наиболее приоритетными являются параметры $U/\sqrt[3]{gv}$, $U/\sqrt{gH}$ и H/B . Результаты этих исследований позволили получить

систему зависимостей коэффициента Шези в функции скорости течения и средней глубины потока для различных морфологических элементов русел.

При этом в глубоких плесовых ложбинах рек с песчаными донными отложениями, где движение является близким к равномерному, лучшие результаты получаются по формуле вида $C/\sqrt{g} \sim (U/\sqrt[3]{gv})^{1/2}$. На перекатах рек при низких уровнях воды и в мелких плесовых ложбинах в межень влияние глубины потока усиливается, и в этом случае более тесную связь дает зависимость коэффициента Шези в функции числа Фруда в виде $C/\sqrt{g} \sim (U/\sqrt{gH})^{3/4}$. Речные излуины, включающие перекаты и плесовые ложбины, занимают в этом случае промежуточное положение, и для них реализуются оба вида зависимостей.

В дальнейшем база данных натурных наблюдений была дополнена материалами новых измерений на реках с песчаными донными отложениями. На тот момент она включала в себя данные наблюдений по 17 равнинным рекам России с песчаными грунтами объемом около 900 измерений. Это позволило дополнительно исследовать связь коэффициента Шези от скорости течения в зависимости от степени подвижности донных частиц речного аллювия. Анализ имеющихся материалов показал, что в области значений скоростей течения, превышающих величину размывающей скорости, отчетливо прослеживается связь коэффициента Шези с глубиной потока. В результате этого исследования было установлено, что *рекам с меньшими глубинами при одной и той же скорости течения отвечают большие значения коэффициента Шези. Причем при малых глубинах связь коэффициента Шези со скоростью оказалась сильнее, чем при больших.* На этой основе в работе [11] была получена расчетная зависимость коэффициента Шези в виде $C/\sqrt{g} \sim (U/\sqrt{gH})^{3/4} (H\sqrt[3]{g/v^2})^{1/8}$, где в качестве аргументов ис-

пользовались число Фруда и безразмерная глубина потока.

Анализируя полученные результаты, можно отметить следующее.

Разделение полного сопротивления русла на составляющие (зернистая шероховатость дна, грядовое сопротивление и сопротивление формы русла) применительно к потокам с деформируемым руслом является достаточно затруднительным и неточным, так как вклад каждой из составляющих изменяется как по длине реки, так и зависит от времени, а точнее — от фазы гидрологического цикла. Поэтому на реках с мелкозернистыми грунтами донных отложений рекомендуется использовать в расчетах зависимости, построенные на основе установленной связи полного коэффициента Шези от скорости течения. Их применение позволит прогнозировать изменение характеристик гидравлического сопротивления с изменением уровня воды, а также оценить реакцию потока на искусственное изменение геометрии русла в результате реализации проектных мероприятий на участке реки.

Транспорт наносов в речных руслах

Надежность русловых прогнозов, выполняемых при проектировании инженерных мероприятий на реках, определяется, с одной стороны, правильностью оценки физической природы транспорта наносов в естественных русловых потоках, с другой — качеством применяемых численных моделей. Русла большинства судоходных рек России сложены частицами несвязного грунта — песка и гравия. В инженерных расчетах, касающихся движения донных частиц и деформаций дна, наибольшее значение имеют две характеристики частиц: их *гидравлическая крупность* и *неразмывающая скорость*. В расчетных рекомендациях приводятся апробированные способы их вычисления в зависимости от диаметра частиц и вязкости воды.

Экспериментальные данные показывают, что расход наносов в реке прямо пропорционален отношению скорости течения воды к неразмывающей скорости в третьей степени, т. е. реализуется зависимость вида $q_s \sim (v/v_{np})^3$. С учетом этих данных, а так-

же в результате обработки материалов наблюдений за деформациями русла и параметрами движения донных гряд на нескольких участках больших равнинных рек России, сложенных средним и мелким песком (при относительной зернистой шероховатости $d/h < 5 \cdot 10^{-4}$), К. В. Гришанин получил расчетную формулу расхода влекомых наносов в виде $q_s = 0.015(v/v_{np})^3 d(v - v_{np})$.

Значение неразмывающей скорости v_{np} здесь рекомендуется вычислять по формуле В. Н. Гончарова (1938).

Другая расчетная формула была получена К. В. Гришаниным применительно к вычислению полного расхода наносов в реках. Проанализировав данные, полученные другими исследователями, и опираясь на большой объем натурных наблюдений на реках, он предложил простую по своей структуре формулу расхода наносов в виде $q_s = 5 \cdot 10^{-5} H U^3$, применимую для подвижных песчаных русел. Возможный диапазон ее использования в расчетной практике ограничивается пределами изменения глубин потока H в реках от 2.0 до 5.0 метров, а диапазон изменения диаметров частиц донных отложений d ограничивается песчаной фракцией — от 0,1 до 1,0 мм. В этих условиях при относительно однородных грунтах приведенная расчетная формула дает вполне приемлемые для практических целей результаты вычислений.

Понимая сложность проблемы моделирования транспорта наносов в реках, К. В. Гришанин в этом вопросе не ограничивался материалами собственных исследований, а успешно применял в научной работе и в практической деятельности современные результаты отечественных и зарубежных авторов. По результатам теоретического анализа и опытной проверки по натурным данным профессором Гришаниным рекомендованы для использования две группы расчетных формул расхода влекомых наносов на безгрядовом дне. К первой из них отнесены формулы детерминистического типа, такие как: формула А. Шильдса (1936), Э. Мейер-Петера и Р. Мюллера (1948), Л. ван Рейна (1984) и ряд других расчетных формул расхода наносов. Во второй группе

формул представлены вероятностные зависимости, такие как известная формула Эйнштейна (1942, 1950) и формула К. Б. Брауна (1950), полученная для влекомых мелкозернистых наносов. Для вычисления полного расхода рекомендуется применять формулы Р. А. Бэгнольда (1966), Энгелунда (1967) и Графа-Акароглу (1968).

Выполненный анализ результатов исследований по оценке устойчивости частиц неоднородного несвязного материала на дне реки показал, что в общем случае задача моделирования транспорта руслового аллювия под действием текущей воды является достаточно сложной. Вследствие этого до настоящего времени было получено множество различных формул расхода наносов, которые часто не согласуются между собой, и при их использовании дают расхождения в десятки и сотни процентов. Проблема в данном случае заключается в необходимости разработки модели транспорта наносов, адекватно описывающей физические процессы, происходящие на дне реки в ходе русловых переформирований.

Дальнейшие исследования, выполненные под руководством профессора Гришанина на кафедре водных путей и водных изысканий, позволили получить новые данные и расчетные рекомендации по вопросу моделирования транспорта разнотернистых наносов в реках. В работе [12] была выполнена верификация 30 различных моделей транспорта наносов по натурным данным. Тестирование формул расхода наносов осуществлялось на основе выборки данных натурных измерений, выполненных на 41 гидрометрическом створе по 29 различным рекам ряда бывших республик СССР, России и Германии с различной крупностью донных отложений. Всего на данном этапе выборка исходных данных включала в себя 296 измерений. Гидравлические и морфометрические характеристики в пределах выборки изменялись в достаточно широком диапазоне. Результаты выполненного исследования в общих чертах заключаются в следующем.

На основе проведенного анализа в дальнейшем рекомендуется развивать три основные модели, опирающиеся на исходные

формулы Мейер-Петера и Мюллера (1948), Эйнштейна (1950) и Л. ван Рейна (1984) с учетом их возможной модификации на основе результатов исследований Рибберинка (1987), Б. Зенгена (1991, 1996), В. С. Кнороза (1958) и Г. Л. Гладкова (1996). В таком сочетании указанные модели дают лучшие результаты при их верификации по данным натурных наблюдений на реках в широком диапазоне изменения гидравлических и морфометрических параметров.

Выполненные расчеты показали, что при переходе от расчета по среднему диаметру к пофракционному расчету качество моделирования повышается. Это свидетельствует о том, что используемые рекомендации для учета *ripple*-фактора и *hiding*-эффекта являются корректными; модели для их учета не противоречат общей методике вычисления и физически обоснованны. При этом результаты вычислений практически не зависят от методики обработки исходных данных — в равной мере могут быть использованы как арифметические средние, так и геометрические средние оценки фракционного состава.

На этой основе были получены обоснованные рекомендации по моделированию транспорта разнотернистых наносов в реках для их использования в расчетной практике.

Наряду с развитием и совершенствованием расчетного обоснования, необходимого для проектирования путевых мероприятий на судоходных реках, профессор Гришанин большое внимание уделял анализу русловых переформирований и изучению физических процессов, происходящих в реках под действием текущей воды. В практике путевых работ наибольшее внимание обращается на состояние судоходных глубин в меженьный период времени на перекатах. Поэтому сезонные переформирования перекатных участков рек, их физическое обоснование и прогноз всегда были объектом пристального внимания автора исследований.

При этом были выделены два основных случая: перекаты, расположенные в уширениях межени русла, и перекаты, расположенные на участках с практически постоянной шириной. Первый случай наблюдается в меандрирующих руслах, второй — в руслах с

побочным процессом. Анализируя материалы натурных наблюдений на реках, выполненных в ходе изучения переформирований перекатов на судоходных реках, К. В. Гришанин получил объяснение природы протекания этих процессов в речных руслах. Впоследствии эти данные были учтены при разработке рекомендаций по проведению путевых работ на судоходных реках.

Гидравлически допустимые судоходные глубины на реках

При проектировании работ по увеличению гарантированной глубины на судоходном плесе реки необходимо предвидеть, что по мере роста глубин на перекатах в результате дноуглубления могут возникать и прогрессировать местные понижения отметок свободной поверхности. По длине реки снизу вверх снижение уровней воды будет нарастать и приведет к неблагоприятным экологическим последствиям. При перспективном планировании габаритов пути на свободных реках такие изменения должны учитываться. Поэтому в проблеме улучшения судоходных условий важное место занимает вопрос *определения максимально возможной судоходной глубины, предельной по гидравлическим условиям потока.*

Развитие теории руслового процесса и актуальность вопросов охраны окружающей среды обусловили необходимость создания качественно нового метода расчета предельных судоходных глубин. В основу этого метода положены принципиально новые данные, полученные в результате исследования взаимодействия потока и русла в зоне влияния дноуглубительной прорези, которые заключаются в следующем.

Установленная К. В. Гришаниным зависимость коэффициента Шези в функции от скорости течения свидетельствует о том, что *в реках с подвижными донными отложениями связь между уклонами свободной поверхности и глубинами на перекатах проявляется слабее, чем в руслах с гравийно-галечным дном. Это позволяет получить на реках с подвижным дном относительно большой прирост судоходных глубин без заметного сни-*

жения бытовых (меженных) уровней воды. Данный вывод убедительно подтверждается результатами исследований влияния дноуглубительных работ на уровеньный режим судоходных рек с различными грунтами донных отложений. Таким образом, новые расчетные зависимости позволили не только выявить физическую природу происходящих процессов в русле реки, но и значительно повысить качество и надежность гидравлических расчетов, выполняемых в ходе оценки влияния проектируемых инженерных мероприятий на гидравлику речного потока.

Специфика морфологического строения естественных русел судоходных рек характеризуется чередованием по длине реки перекатов и плесовых лощин. Этот фактор *оказывается благоприятным с точки зрения возможного роста судоходных глубин на перекатах. Снижение уровней воды на перекате, вызванное разработкой дноуглубительной прорези, компенсируется в пределах вышерасположенной плесовой лощины.* При этом чем сильнее понижается уровень воды на перекате, тем сравнительно быстрее он восстанавливается в верхней плесовой лощине, а относительно более длинные и менее глубокие плесовые лощины характеризуются более высокой степенью компенсации снижения уровней воды.

На основе экспериментальных и натуральных материалов исследовалось влияние дноуглубительной прорези на кинематику потока и параметры транспорта наносов на участке ее размещения в однорукавных и разветвленных руслах. Полученные данные позволили изучить степень и характер изменений гидравлических и морфометрических характеристик потока и русла, происходящих вследствие проведения дноуглубительных работ. На основе материалов этих исследований было установлено, что *на участке разветвления русла на рукава эффект влияния прорези на гидравлику потока, вследствие перераспределения расхода воды между рукавами, сказывается слабее, чем в однорукавном русле.*

Эти научные результаты нашли отражение в виде соответствующих разделов расчетного обоснования в составе разработанной методики расчета гидравлически допустимых судоходных глубин на свободных реках [13].

В рамках данной методики были установлены связи между уклонами свободной поверхности и глубинами на перекатах; оценена компенсирующая роль плесовых ложин при дноуглублении; разработаны схематизированные модели для перекатных сечений и судоходного плеса в целом; учтены морфологические аспекты перекатов при дноуглублении и другие вопросы, необходимые для решения основной задачи.

Основные теоретические положения для построения этой методики, предложенные К. В. Гришаниным, заключаются в следующем.

1. В результате анализа факторов, ограничивающих возможный рост судоходных глубин на плесе, устанавливается, что неблагоприятные экологические последствия дноуглубления обусловлены в основном возможным снижением уровней воды. Поэтому в данной работе в качестве исходного условия при достижении предельных глубин принято требование сохранить в пределах точности измерений существующие проектные уровни путевых работ на судоходном плесе.

2. Наибольшие судоходные глубины, обеспечение которых на плесе возможно без заметного снижения отметок свободной поверхности при проектном уровне путевых работ, называются гидравлически допустимыми. Максимальная величина снижения уровней воды на опорном гидрологическом посту ограничивается точностью существующих способов промеров глубин и принимается равной 0.1 м.

3. Для оценки степени устойчивости русла и способности перекатов к саморазмыву используется параметр К. В. Гришанина $M = H(gB)^{1/4}/Q^{1/2}$. По данным натурных наблюдений значения этого параметра на перекатах рек с песчаным дном составляют в межень от 0.75 до 0.40. Причем большее значение параметра M относится к сравнительно устойчивым или слабodeформируемым речным руслам, а меньшее — к сильнодеформируемым.

4. Принимаются во внимание различия законов гидравлического сопротивления в недеформируемых и деформируемых руслах. Для первых используется формула Шези–Маннинга с коэффициентом Шези, опреде-

ляемым относительной зернистой шероховатостью русла (отношением d/H). Для вторых — коэффициент Шези считается функцией скорости течения.

5. В случае если возникает потребность увеличения глубин больше гидравлически допустимых, необходима постановка специальных изысканий и исследований и составление проекта работ с экономической и природоохранной оценками последствий такого увеличения.

Построенная на основе этих принципов методика прошла успешную апробацию при выполнении гидравлических расчетов для целого ряда судоходных участков равнинных рек России и с учетом своего дальнейшего совершенствования и развития используется в настоящее время в расчетной практике [14] при составлении разделов по оценке воздействия на окружающую среду в инженерных водно-транспортных проектах.

Учебно-методическое и нормативное обеспечение содержания внутренних водных путей

Основные результаты научной и исследовательской деятельности профессора К. В. Гришанина в Ленинградском институте водного транспорта были доведены им до уровня практического применения. Новые научные данные использовались Гришаниным, с одной стороны, в педагогической практике в виде подготовленных им учебников, учебных пособий и учебно-методических материалов. С другой стороны, эти результаты были приняты за основу при разработке новых методов расчетов, опубликованных в составе руководящих и нормативных материалов, которые применяются до настоящего времени при проектировании путевых мероприятий на судоходных реках.

Для многих поколений студентов-гидротехников в институте первое знакомство с основами будущей профессии начиналось с посещения лекций профессора Гришанина и изучения специальных курсов по его учебникам. Для изучения дисциплины «Гидрология и водные изыскания» К. В. Гришанин подготовил и опубликовал в 1982 г. учебник под одноименным названием [15].

В числе наиболее значимых учебных публикаций автора в области динамики русловых потоков следует отметить учебное пособие «Теория руслового процесса» [16], написанное Гришаниным для институтов водного транспорта в 1972 г. Это издание автор позднее переработал, существенно улучшив и дополнив новыми научными результатами, и опубликовал в 1990 г. в виде учебника «Основы динамики русловых потоков» [17].

Свои основные учебные курсы, посвященные изучению дноуглубления, выправления и навигационного оборудования внутренних водных путей, студенты изучают по учебнику «Водные пути» [18], подготовленному совместно с проф. В. В. Дегтяревым и В. М. Селезневым и опубликованному в издательстве «Транспорт» в 1986 г. Этот учебник стал классическим для инженеров-гидротехников, работающих в сфере путевого хозяйства. Он был трижды переиздан — первые два издания в 1964 и 1975 гг. были подготовлены в соавторстве с проф. А. И. Чекреневым, а также этот учебник был переведен на китайский язык.

Профессором К. В. Гришаниным по результатам собственных научных исследований, а также в результате обобщения материалов исследований, выполненных за рубежом, созданы основы расчетного обоснования путевых мероприятий на судоходных

реках. На их основе проектируются дноуглубительные прорезы на перекатах судоходных рек, оценивается их устойчивость, определяются гидравлически допустимые судоходные глубины на реках и решаются многие другие задачи с учетом интересов судоходства и требований охраны окружающей природной среды.

Разработанные Гришаниным новые методы расчета вошли в состав целого ряда нормативно-методических материалов. Такие руководящие материалы, как: «Руководство по расчету деформаций русел и прорезей на перекатах судоходных рек» (1965), «Руководство по проектированию коренного улучшения судоходных условий на затруднительных участках свободных рек» (1974), «Руководство по улучшению судоходных условий на свободных реках» (1992), на многие годы стали научной основой проектирования путевых мероприятий на водных путях СССР и России.

Именно природе руслового процесса, изучению его замечательных и во многом еще не понятных нам свойств посвящены все научные труды профессора К. В. Гришанина.

Свой учебный курс по динамике русловых потоков он заканчивает словами: *«Реки — одно из чудес нашей планеты. Мы обязаны передать его своим потомкам неповрежденным».*

Список литературы

1. Гришанин К. В. Устойчивость русел рек и каналов. — Л.: Гидрометеиздат, 1974. — 144 с.
2. Гришанин К. В. Динамика русловых потоков. — Л.: Гидрометеиздат, 1979. — 311 с.
3. Гришанин К. В. Гидравлическое сопротивление естественных русел. — СПб.: Гидрометеиздат, 1992. — 182 с.
4. Кондратьев Н. Е., Попов И. В., Сنيщенко Б. Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. — Л.: Гидрометеиздат, 1982. — 272 с.
5. Снищенко Б. Ф. Скоростной режим потока в судоходной прорези на реке // Труды ЛИВТ. — 1964. — Вып. 61. — С. 52–63.
6. Снищенко Б. Ф. К расчету длины гряд в открытых потоках // Метеорология и гидрология. — 1980. — № 2. — С. 89–96.
7. Grishanin K. V. The influence of dredging on water levels and flow velocities in rivers // Bull. — IANC, 1981. — Vol. 2. — № 39.
8. Grishanin K. V. Hydraulic resistance of sand beds // Proc. Second Int. Symp. River Sedimentation, Nanjing. — 1983. — P. 234–238.

9. Гришанин К. В. Как ведет себя речной поток? // Метеорология и гидрология. — 1984. — № 9. — С. 95–100.
10. Гришанин К. В., Гладков Г. Л., Журавлев М. В. Гидравлические сопротивления в подвижных руслах // Динамика и термика рек, водохранилищ и окраинных морей. — М.: Изд-во АН СССР, 1989. — Т. 2. — С. 87–89.
11. Gladkov G. L. Hydraulic resistance in natural channels with movable bed // Proc. of the Int. Symp. East-West, North-South Enc. on the State-of-the-art in Riv. Eng. Methods and Design Philosophies. St. Petersburg. — 1994. — Vol. 1. — P. 81–91.
12. Gladkow G. L., Sohngen B. Modellierung des Geschiebetransports mit unterschiedlicher Korngröe in Flüssen // Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau. — Karlsruhe, 2000. — Dezember. — № 82. — S. 123–130.
13. Руководство по улучшению судоходных условий на свободных реках. — СПб.: ЛИВТ, 1992. — 312 с.
14. Гладков Г. Л., Журавлев М. В., Соколов Ю. П. Оценка воздействия на окружающую среду инженерных мероприятий на судоходных реках: учеб. пособие для вузов. — СПб.: Изд-во А. Кардакова, 2005. — 241 с.
15. Гришанин К. В., Сорокин Ю. И. Гидрология и водные изыскания. — М.: Транспорт, 1982. — 216 с.
16. Гришанин К. В. Теория руслового процесса. — М.: Транспорт, 1972. — 215 с.
17. Гришанин К. В. Основы динамики русловых потоков: учебник для институтов водного транспорта. — М.: Транспорт, 1990. — 320 с.
18. Гришанин К. В., Дегтярев В. В., Селезнев В. М. Водные пути: учебник для вузов. — М.: Транспорт, 1986. — 400 с.

Научное издание

Журнал Университета водных коммуникаций
Выпуск 1

Материалы публикуются в авторской редакции

Выпускающий редактор *Е. А. Монахова*

Дизайнер *С. В. Курбатов*

Технический редактор *М. Н. Евсюткина*

Корректор *Т. А. Кошелева*

Подписано в печать с оригинал-макета 30.03.09. Формат 60х90/8
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 25. Тираж 200 экз. Заказ № 40
Отпечатано в типографии Ф ГОУ ВПО СПГУВК
198035, Санкт-Петербург, Межевой канал, 2