

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



ЖУРНАЛ УНИВЕРСИТЕТА ВОДНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Выпуск 2

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

Е. Н. Климов
М. А. Колосов
Г. М. Курошева
О. А. Лиходей
С. Н. Некрасов
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**

Журнал университета водных коммуникаций. — СПб.: СПГУВК, 2009. — 214 с. (Вып. 2).

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!

Для транспортной отрасли России 2009 год является юбилейным. Двести лет назад 20 ноября 1809 года вышел Манифест императора Александра I, которым было учреждено Управление водяными и сухопутными сообщениями и Институт корпуса инженеров путей сообщения. По сути этим были созданы первый орган государственного управления на транспорте и первое инженерное транспортное учебное заведение, которое просуществовало вплоть до 1930 года, когда оно было преобразовано в самостоятельные вузы по видам транспорта. Таким образом, наш университет ведет свою историю с тех давних времен.

Юбилейный год будет широко отмечаться всеми транспортниками страны. Подписано соответствующее распоряжение Правительства Российской Федерации, создан Оргкомитет, который возглавил министр транспорта России Игорь Евгеньевич Левитин. Министерством транспорта разработан обширный план мероприятий, целый ряд из которых будет проводиться в вузах транспорта — это конференции, выставки, спартакиады, фестивали и многие другие массовые студенческие мероприятия.

Праздничные мероприятия будут завершены 20 ноября в Москве, в Большом Кремлевском дворце, где планируется провести представительный транспортный форум. А в университете водных коммуникаций 2 декабря пройдет расширенное заседание Ученого совета вуза с повесткой дня: «200 лет подготовки кадров для водного транспорта России».

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

1809



2009

транспортному ведомству
и образованию на транспорте

200 ЛЕТ

ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА РОССИИ

**Институт Корпуса инженеров водяных
и сухопутных сообщений
1809**

**Институт инженеров путей сообщения
1864**

**Ленинградский институт инженеров
водного транспорта
1930**

**Ленинградский институт водного
транспорта
1959**

**Санкт-Петербургский государственный
университет
водных коммуникаций
1993**

СПГУВК

СОДЕРЖАНИЕ

ВОДНЫЕ ПУТИ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ПОРТЫ 7

<i>Колосов М. А.</i> «Веерный» способ защиты территорий от затопления в речных бассейнах	7
<i>Кононов В. В.</i> Выдающийся русский гидротехник-самородок М. И. Сердюков (1678–1754)	12
<i>Копалиани З. Д., Католикова Н. И., Жук М. М., Долженко Н. П.</i> Транспорт наносов, руслоформирующие условия и деформации русел рек бассейна Кубани	23
<i>Кхарел Б.</i> Влияние твердого стока рек Южной Азии на эксплуатацию гидротехнических сооружений	42
<i>Мишин А. С.</i> Анализ нагрузок, действующих в металлоконструкциях нижних двустворчатых ворот судоходных шлюзов	49
<i>Giri Sanjay.</i> Обзор последних достижений по компьютерному моделированию изменений русла с использованием гидродинамики	56
<i>Talmon Arno.</i> Двухфазная модель пограничного слоя, протестированная с помощью потока Куэтта	69

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТА 76

<i>Безюков О. К., Жуков В. А., Жукова О. В.</i> Математическая модель старения охлаждающих жидкостей судовых дизелей	76
<i>Бизюков О. К., Кордаков А. А.</i> Средства для контроля теплового состояния деталей остова судовых дизелей	83
<i>Гаврилов В. В.</i> Моделирование процесса распыливания топлива в судовом дизеле	91
<i>Дмитриенко Д. В.</i> Вейвлеты как средства повышения эксплуатационной надежности объектов водного транспорта	96

ЭКОНОМИКА И ФИНАНСЫ 101

<i>Пантина Т. А., Королева Е. А.</i> Обоснование стратегических направлений развития водного транспорта Новгородской области	101
<i>Санжарова С. В.</i> Методический подход к определению численности работников бассейновых управлений водных путей	108
<i>Скобелева И. П., Малиновская О. В., Калашник Н. Е.</i> Учет риска инвестиционных проектов, реализуемых в форме концессионных соглашений	119
<i>Пантина Т. А., Тимофеев В. В.</i> Оценка эффективности инвестиционных проектов создания и развития объектов инфраструктуры внутреннего водного транспорта на основе концессионных соглашений	126

УПРАВЛЕНИЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ПРАВО	131
<i>Арзамасцев М. В.</i> Споры о правовой природе условного осуждения: исторические предпосылки и современность	131
<i>Бурков А. В.</i> Концепция эффективного управления активами на основе оценки сроков полезного использования и контроля затрат за жизненный цикл	135
<i>Голинев В. И., Щурова Е. В.</i> Методология определения нормативов численности инспекторов портового контроля морских портов	144
<i>Марат И. К.</i> Социально-психологические особенности управления персоналом изолированных коллективов	154
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	158
<i>Марлей В. Е.</i> Алгебра многокомпонентных потоков на основе долевого структур	158
<i>Ныркин А. П., Сикарев И. А.</i> Безопасность информационных каналов автоматизированных систем на водном транспорте	165
<i>Расторгуев И. Е.</i> Использование программного продукта «Альт-Инвест» для оценки экономической эффективности строительства шлюза	170
<i>Соколов С. С.</i> Модель угроз информационной безопасности организаций	176
<i>Фомина И. К.</i> Решение проблем, связанных со сложной системотехнической структурой предметных областей при интеллектуальном анализе данных	180
ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ВОДНОЙ СРЕДЫ	185
<i>Зубрилов С. П.</i> Обеспечение питьевой водой большого города	185
ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ УЧРЕЖДЕНИИ	194
<i>Андреанов Е. Н.</i> Исторические вехи развития факультета портовой техники и электромеханики	194
<i>Евланников В. П.</i> Высшее социально-политическое образование в синергетической парадигме	198
ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ	206
<i>Бабурин В. А.</i> Первый ректор университета	206

ВОДНЫЕ ПУТИ, ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ И ПОРТЫ

М. А. Колосов,

д-р техн. наук, проф., СПГУВК

«ВЕЕРНЫЙ» СПОСОБ ЗАЩИТЫ ТЕРРИТОРИЙ ОТ ЗАТОПЛЕНИЯ В РЕЧНЫХ БАССЕЙНАХ

“FAN” METHOD OF TERRITORY PROTECTION FROM FLOWAGE IN RIVER BASINS

В статье рассматривается способ защиты территорий от дождевых паводков посредством задержки стока в зоне формирования паводка. Предложено на притоках реки установить плотины, создающие временные водохранилища-«ловушки». Конструкция плотин имеет водосбросы, пропускающие безопасный («дозированный») расход, а после прохождения паводка обеспечивающие полное опорожнение водохранилища.

The article considers the method of territory protection from rainfall floods by holding back the flow in the area of flood formation. It is suggested to erect dams on the river tributaries to make temporary reservoirs-“traps”. The dams have spillways for safety water discharge, after the flood they provide complete reservoir emptying.

Ключевые слова: паводок, дамба, противопаводковое водохранилище, водохранилище-«ловушка», водосброс.

Key words: flood, dam, flood-control reservoir, reservoir-“trap”, spillways.

ИЗВЕСТНЫЕ инженерные способы защиты территорий от затопления речными паводками включают систему дамб обвалования, ограждающих защищаемые территории (город, поселок, сельскохозяйственные угодья и т. п.).

Недостатком систем с дамбами обвалования является высокая стоимость сооружений из-за значительной длины дамб, необходимость устройства на защищаемой территории дренажных систем для сбора фильтрующейся через дамбы воды и насосных для ее откачки, большие эксплуатационные издержки.

Кроме того, ограждаемая дамбами обвалования защищаемая зона сужает паводковый поток, протекающий по долине, что приводит к увеличению скоростей течения и дополнительным размывам берегов и поймы, а также усилению крепления самих дамб.

Известны способы защиты территорий от затопления путем строительства выше зоны затопления противопаводковых водохранилищ многолетнего регулирования.

Такое водохранилище используется как для улавливания паводка, так и для последующего использования накопленных вод для хозяйственных целей (орошения, выработки электроэнергии). Именно таким способом защищена от паводков земля в районе реки Зеи после строительства Зейского гидроузла и образования Зейского водохранилища. Для этой же цели строится Бурейский гидроузел (река Бурей).

Недостатками такого способа инженерной защиты являются: высокая стоимость гидроузла, большие площади затопляемых земель и исключительно низкая эффективность их создания на малых водотоках. Обусловлено это тем, что любые водотоки (ручьи, овраги) только в паводковой период имеют высокие расходы воды. В остальной период времени расходы воды имеют минимальное значение, что исключает возможность получения энергетических мощностей.

Предлагаемый «веерный» способ защиты от затопления предназначен в основном

от кратковременных дождевых паводков, который характерен для рек, притоки которых формируются на горных склонах (рис. 1, 2).

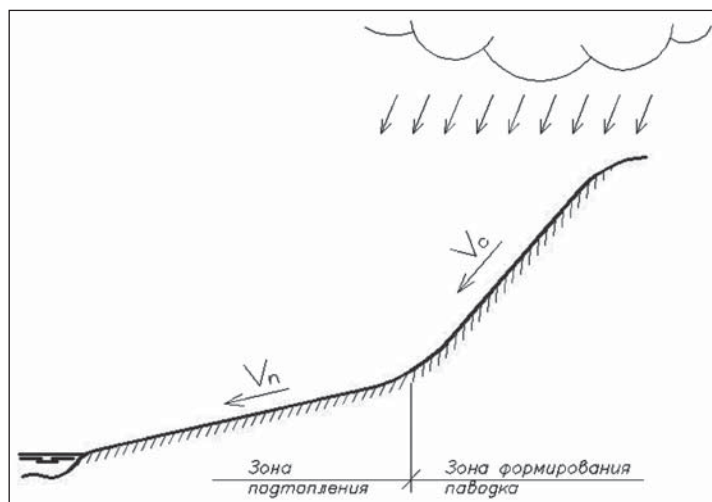


Рис. 1. Формирование дождевого паводка на горных склонах

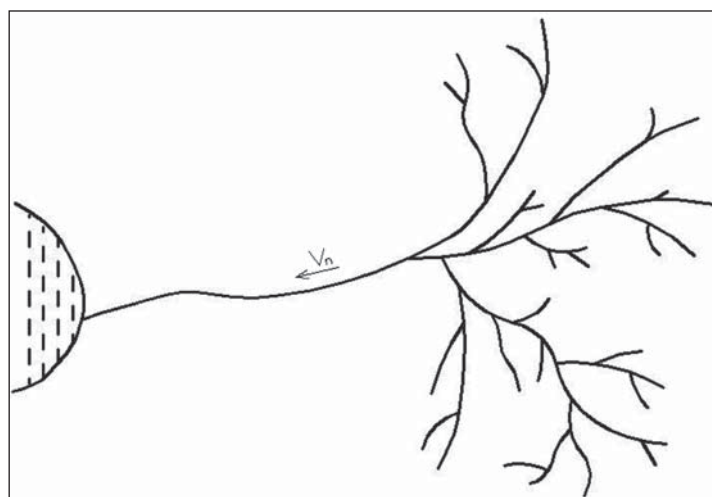


Рис. 2. Бассейн реки, формирующий дождевой паводок

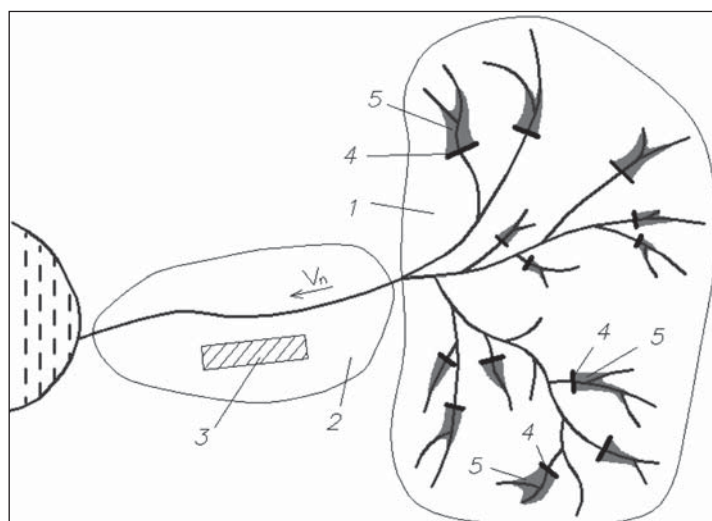


Рис. 3. Веерная схема расположения водохранилищ-«ловушек»

Выпадение дождевых осадков на горный склон, способствует быстрому сбросу воды в пойму, где и происходит подтопление местности.

На расход и высоту паводкового уровня влияют следующие характеристики склона:

- залесенность поверхности склоновых участков;
- разветвленность притоков реки, расположенных на склоне;
- характер русла притоков, его извилистость, шероховатость, вызванная структурой грунта (камень, гравий), а также наличие в русле природных препятствий потоку (плавник, топляки);
- продольный уклон русла притоков.

Скорость течения воды можно оценить по известной формуле Шези

$$V_{\phi} = C\sqrt{RI}, \quad (1)$$

где: C — коэффициент Шези, зависящий от шероховатости русла;

R — гидравлический радиус;

I — уклон.

Наблюдениями по рекам Дальнего Востока установлено, что после проведения вырубок леса на склонах в зоне формирования дождевого паводка высота паводковых уровней заметно увеличивается.

Для задержки паводка в зоне формирования паводка предлагается построить систему плотин, удерживающих временно часть стока на склоне (рис. 3).

Учитывая, что плотина устанавливается на всех или большинстве притоков, схема имеет форму веера.

Защищаемая часть территории 3 располагается в зоне подтопления 2. Для защиты от паводков в каждом речном притоке в зоне формирования паводка 1 строят дамбы-запруды 4 с временным сухим водохранилищем 5. Дамбы-запруды 4 на каждом притоке располагаются одна за другой, что позволяет создать каскад малых водохра-

нилищ 5, улавливающих основной объем стока. Ступенчатое расположение водохранилищ позволяет сооружать дамбы-запруды 4 любой высоты с любым объемом водохранилища и после «срезки» пика паводка в короткие сроки опорожнить их, используя в последующем временно подтопленные земли для хозяйственного использования.

Каждая дамба-запруда, образующая временное водохранилище-«ловушку» (рис. 4, вариант 1) состоит из грунтовой насыпи 1, в основании которой уложена одна или несколько труб 2. Площадь сечения трубы 2 или нескольких труб определяется исходя из предельно-допустимого «дозированного» расхода, который является безопасным для ниже-расположенных участков местности.

Площадь сечения трубы рассчитывается по формуле

$$\omega = \frac{Q_p}{\mu \sqrt{2gH}}, \quad (2)$$

где: Q_p — расчетный (безопасный) расход воды;

μ — коэффициент расхода;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$ — ускорение силы тяжести;

H — напор воды на дамбу-запруду.

Дамба-запруда может выполняться из однородного камня или камня переменной крупности (рис. 5), при этом расчетный расход, пропускаемый через плотину, обеспечивается за счет фильтрации воды через поры между камнями.

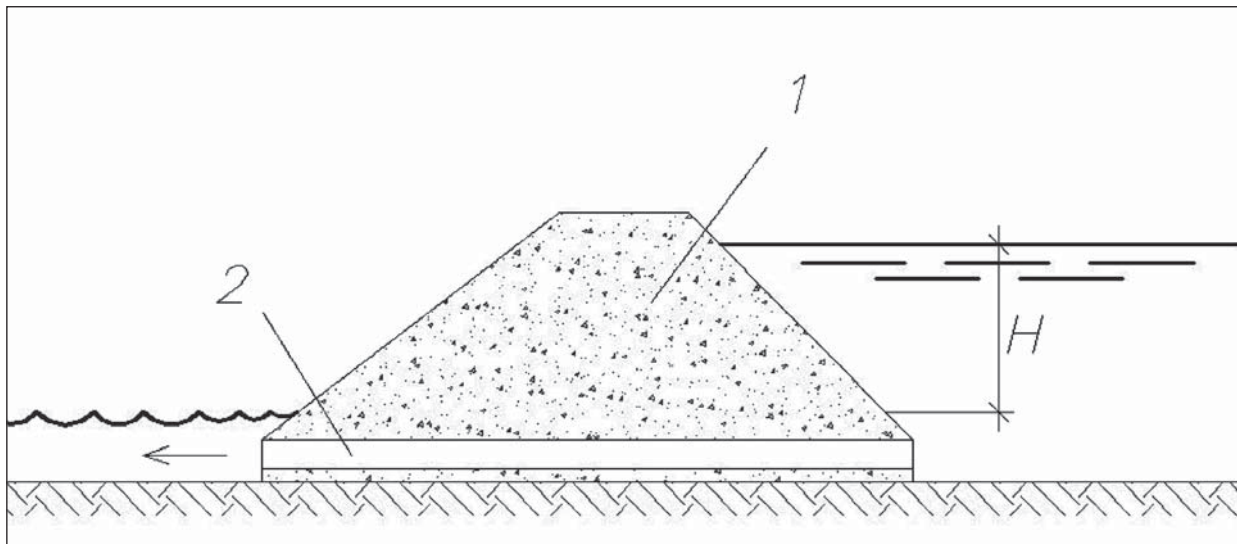


Рис. 4. Дамба-запруда с трубчатым водосбором

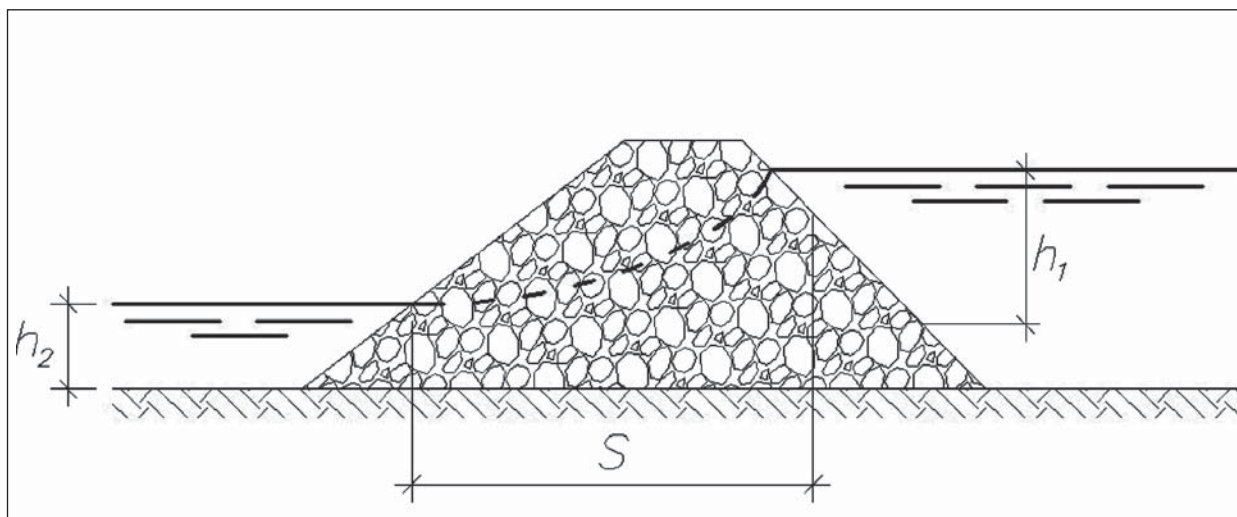


Рис. 5. Фильтрующая дамба из каменной наброски

Величину расхода, проходящего через 1 п. м. длины дамбы, можно определить по формуле Н. П. Пузыревского:

$$\left(\frac{g_{\Phi}}{K}\right)^2 = \frac{(h_1^3 - h_2^3)}{3S}, \quad (3)$$

где: g_{Φ} — удельный фильтрационный расход;

K — коэффициент фильтрации (зависит от размеров камня);

h_1 — глубина воды перед дамбой (в верхнем бьефе);

h_2 — глубина воды за дамбой (в нижнем бьефе);

S — средняя ширина поперечного сечения каменной дамбы.

Фильтрующая дамба-запруда может быть полностью выполнена из камня или может состоять из двух зон: фильтрующая зона 8 выполнена из камня и зона выполнена из слабо фильтрующего грунта (песок, супесь) (рис. 6).

Длину фильтрующей зоны в створе плотины определяют по формуле:

$$L = \frac{Q_p K}{\sqrt{(h_1 - h_2)} \frac{1}{3S}} \quad (4)$$

Для увеличения пропускной способности фильтрующую зону располагают не на всю высоту плотины, а только в нижней части в примыкании к основанию. Особенно это эффективно при сооружении дамбы из габионов (рис. 7).

В этом случае пропускную способность дамбы определяют по формуле

$$Q_p = \mu_k \omega \sqrt{2gH}, \quad (5)$$

где: μ_k — коэффициент расходов, зависящий от крупности камня и длины фильтрующей зоны;

ω — площадь поперечного сечения фильтрующей зоны;

H — напор воды на дамбе;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$ — ускорение силы тяжести.

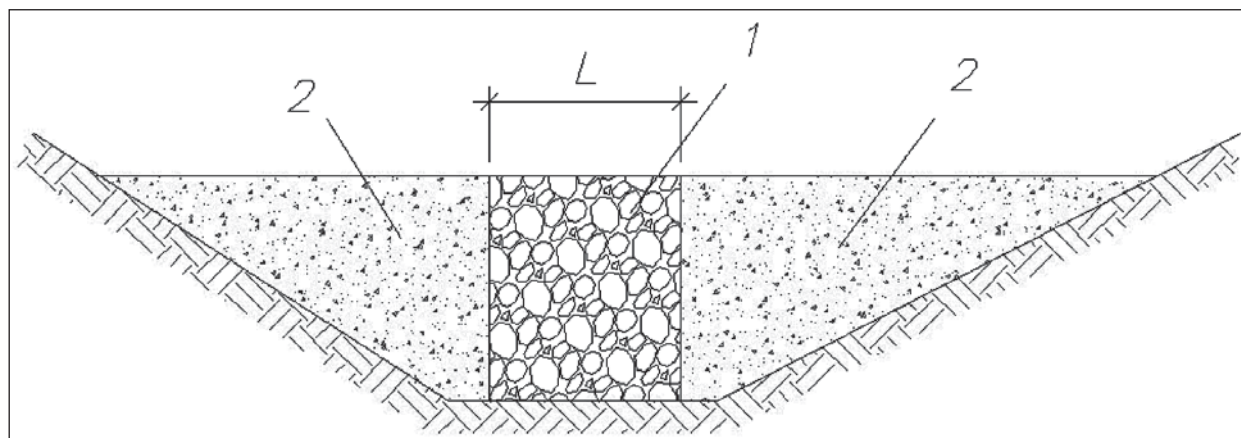


Рис. 6. Каменно-грунтовая дамба (продольный профиль);

1 — каменная наброска, 2 — грунтовая насыпь

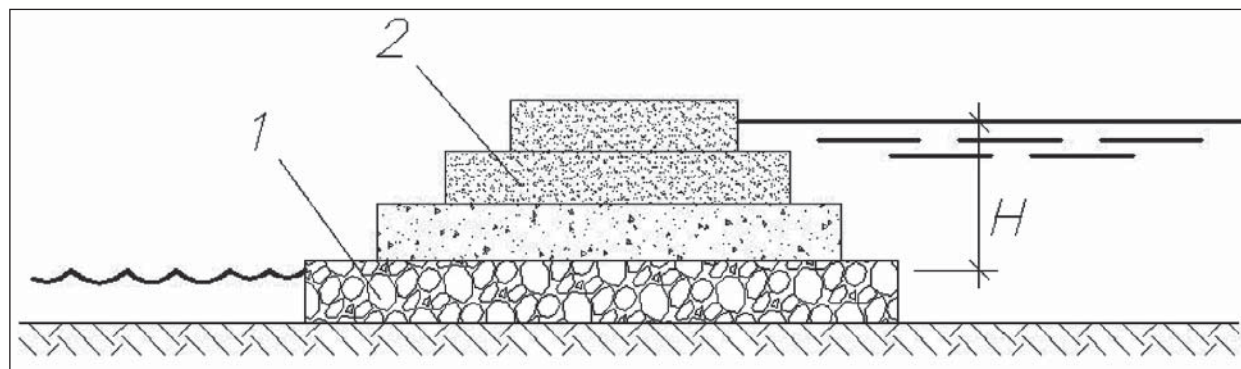


Рис. 7. Габионная плотина с фильтрующей нижней зоной;

1 — фильтрующая зона, 2 — зона габионов с плотной укладкой

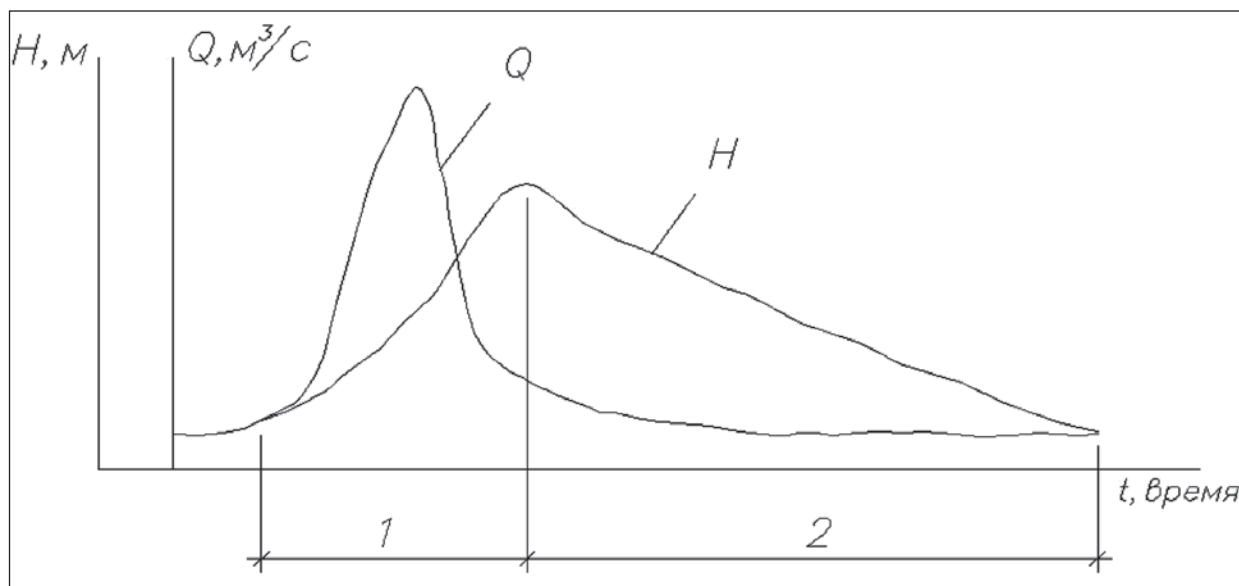


Рис. 8. График паводка (Q) и уровня в водохранилище-«ловушке» (H)

1 — зона наполнения водохранилища-«ловушки»,
2 — зона опорожнения водохранилища-«ловушки»

Работает предложенный противопаводковый комплекс следующим образом, что демонстрируется графиком (рис. 8).

В зоне, расположенной в предгорьях, выпадают с высокой интенсивностью осадки в виде дождя. Дождевые осадки попадают в сухие овраги (показаны пунктиром) и речные притоки, стекая по которым, встречаются дамбы-запруды. Так как бытовой расход Q_b значительно превышает пропускную способность (Q_p) водосбросов в дамбах (труба или фильтрационная зона), то перед каждой дамбой-запрудой образуется временное водохранилище. Чем больше построено дамб на каждом водотоке, тем больше происходит задержек паводковых вод. Учитывая, что дамбы возведены на каждом притоке и сухом овраге, можно практически осуществить полную задержку паводка.

После прекращения осадков каждое водохранилище постепенно опорожняется, и временно затопливаемые земли возвращаются в хозяйственный оборот.

Работа каждого водохранилища-«ловушки» поясняется графиком, где по горизонтальной оси показано время (t), а по вертикальной — расход воды в реке (Q) и уровень воды в водохранилище-«ловушке» (H).

График показывает, что протекающий по реке бытовой расход (Q_b), благодаря ограниченной пропускной способности водосбросов, в дамбе уменьшается до Q_p , при этом уровень воды (H) в водохранилище-«ловушке» повышается на время паводка и по окончании паводка уменьшается до бытовых значений, при этом водохранилище полностью осушается.

График позволяет определить время существования водохранилища-«ловушки».

В. В. Кононов,

канд. техн. наук, доц., СПГУВК

ВЫДАЮЩИЙСЯ РУССКИЙ ГИДРОТЕХНИК-САМОРОДОК М. И. СЕРДЮКОВ
(1678–1754)OUTSTANDING RUSSIAN HYDRAULIC ENGINEER M. I. SERDUKOV
(1678–1754)

Статья посвящена жизни и деятельности новгородского купца М. И. Сердюкова, построившего гидротехнические сооружения на первом в России искусственном Вышневолоцком водном пути.

The article is devoted to the life and activity of the Novgorod merchant M. I. Serdukov who built hydraulic structures on the first Russian artificial Vishnevolotskiy waterway.

Ключевые слова: Вышневолоцкий водный путь, шлюз, Мариинская система, судоходные условия.

Key words: Vishnevolotskiy waterway, lock, Mariinsk system, navigation conditions.

Условия судоходства на Вышневолоцком водном пути в 1709–1718 гг.¹

ПЕРВЫЙ в России искусственный Вышневолоцкий водный путь для перевозок грузов из центральных и южных районов в северо-западный район строился по указу Петра I в течение 1703–1708 гг. по трассе: р. Волга — р. Тверца — канал на водоразделе — р. Цна — оз. Мстино — р. Мета — оз. Ильмень — р. Волхов — Ладожское озеро — р. Нева — Балтийское море. Уже в первые годы эксплуатации водного пути возникли трудности в проводке судов. Построенные под руководством пяти «иноземных слюзов² мастеров» из Голландии сооружения на водораздельном участке не соответствовали техническим требованиям (рис. 1, 2). Так как уровень воды в Тверце был выше, чем в Цне, возникла необходимость строительства шлюзов. Первый шлюз был построен в 1705 г. на р. Цне на расстоянии 5,3 км ниже канала на водоразделе (рис. 2). Однако он оказался непригоден, так как был возведен на низком месте и подпор от него не позволял поднимать уровень воды в канале. Шлюз не мог пропускать расход воды в паводок, в результате чего вода размывала неукрепленный берег около шлюза и прошла мимо него. Голландские мастера пост-

роили на Цне несколько выше этого бесполезного шлюза два полушлюза, а на расстоянии 522 м ниже канала — третий полушлюз. С помощью этих полушлюзов можно было накапливать воду в Цне, а затем осуществлять попуски воды из Цны в канал и Тверцу.

На канале были построены два полушлюза: один в месте выхода канала в Цну, другой в 1766 м от первого в сторону Тверцы. Основным недостаток созданной системы состоял в том, что она не устраняла мелководья Тверцы, поскольку на водоразделе не было достаточных запасов воды. Пропуск судов через водораздельный участок осуществлялся «попосковым» способом. При движении судов верх по Тверце полушлюзы на Цне закрывали, а полушлюзы на канале открывали и спускали через них воду из Цны. На волне попуска суда двигались против течения с использованием конной или людской тяги (бурлаками) и заходили в канал; полушлюзы на нем закрывали. В течение нескольких дней в канале накапливалась вода, после чего суда выходили из канала и располагались на Цне. Затем открывали Цнинские полушлюзы, и суда на волне попуска спускались вниз по Цне и далее на Мету. Таким образом, во время движения судов по Тверце нельзя было идти по Цне и Мете из-за недостатка воды и, наоборот, при движении судов по Цне и Мете нельзя было идти по Тверце. Этот недостаток обнаружился в первый же год работы системы в меженной период 1709 г.

¹ См. также в настоящем сборнике статью А. М. Гапеева, В. В. Кононова «Водно-транспортные соединения России в XVII–XIX вв.»

² В петровские времена шлюзы именовались слюзами (от голланд. *sluis*). Цитаты в кавычках взяты из книги В. А. Горелова «Речные каналы в России (К истории русских каналов в XVIII в.)». Л.; М., 1953.

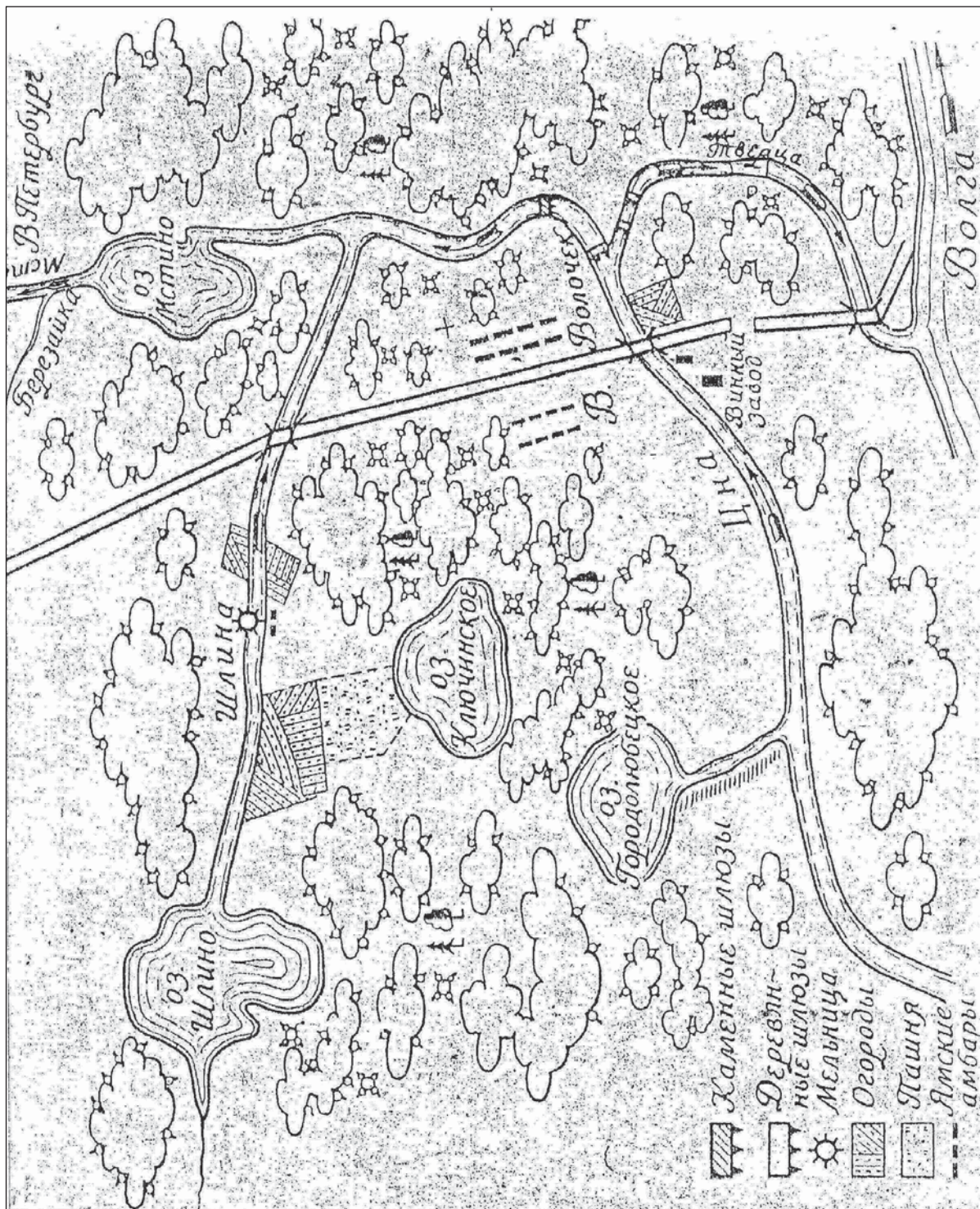


Рис. 1. План Вышневолоцкого водораздельного пункта в 1709 г. (по рисунку того времени)

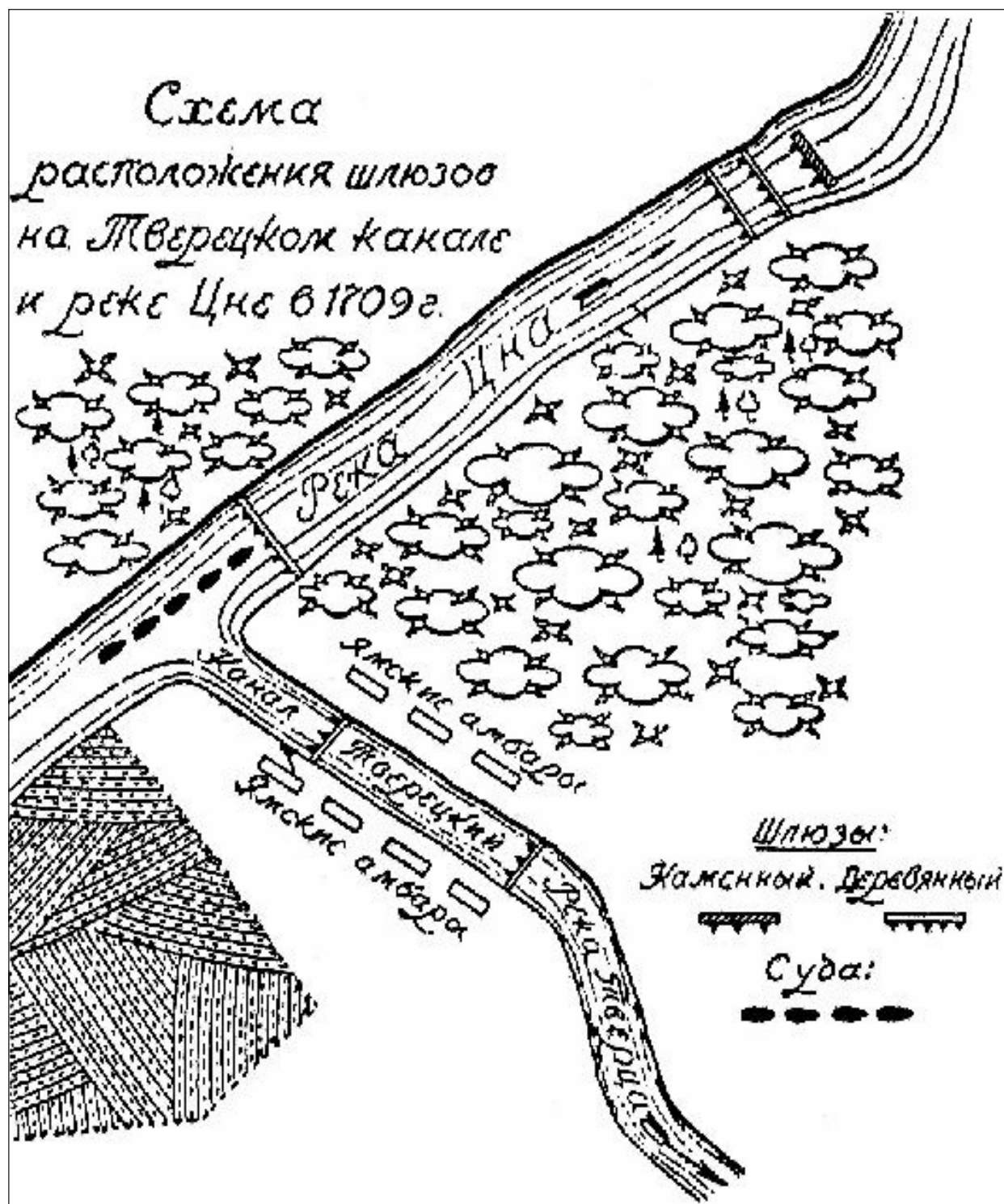


Рис. 2. Схема Тверецкого канала в 1709 г. (по рисунку того времени)

Струги¹ с лесом, шедшие с Волги в Петербург, при осадке 0,52 м вынуждены были останавливаться в верховьях Тверцы, так как здесь глубина воды была 0,26 м. Для дальнейшего движения судов пришлось применить

¹ Струги — плоскодонные суда для перевозок грузов по рекам.

«паузку» — часть грузов разместить на судах с меньшей осадкой.

Несмотря на трудности прохождения судами Вышневолоцкого водного пути, по нему с Волги в Петербург перевозили продовольствие, фураж для лошадей, корабельный лес, военное снаряжение, промышленные товары,

и др. Перевозки в обратном направлении — из Петербурга на Волгу — были невозможны из-за непроходимых порогов при движении судов вверх по р. Мете в районе г. Боровичи.

Петр I, поставленный в известность о трудностях проводки судов по Вышневолоцкому водному пути, в 1710 г. поручил английскому инженеру Джону Перри, состоявшему на русской службе, обследовать возможности создания других водных путей. Они должны были обеспечить перевозки грузов в течение всей навигации в обоих направлениях: с Волги на Петербург, и из Петербурга на Волгу. Д. Перри пишет об этом так: «К отвращению таких неудобств угодно было Его Величеству, чтобы отыскал я три разных судоходных пути от Ладожского озера до реки Волги, чтобы следовал по течению различных рек от самых тех мест, где впадает, даже до их источников, чтобы заметил я, где они более между собою сближаются и где способнее между ними должно быть устроено соединение. Итак, повинувшись Высочайшей воле, я принялся за мое дело: измерял падение, или различность оных рек, как тех, которые впадают в Волгу, так равно и впадающих в Ладожское озеро». В том же году Д. Перри обследовал водные пути по трем направлениям (рис. 3):

— р. Волга — р. Шексна — оз. Белое — р. Ковжа — водораздел — р. Вытегра — оз. Онежское — р. Свирь — оз. Ладожское — р. Нева — Балтийское море (впоследствии Мариинский водный путь);

— р. Волга — р. Молога — р. Чагода — р. Чагода — р. Горюн — оз. Вожанское — р. Соминка — оз. Сомино — р. Волчина — водораздел — р. Тихвинка — р. Сясь — оз. Ладожское — р. Нева — Балтийское море (впоследствии Тихвинский водный путь);

— Вышневолоцкий водный путь.

По мнению Д. Перри, наиболее удобный водный путь можно создать по первому направлению через Ковжу — Вытегру. Петр I в 1711 г. выезжал в Вытегру и изучил условия и возможности строительства этого водного пути. Он убедился в том, что для соединения Ковжи и Вытегры требуется «тяжкий труд, великие издержки, большое время». Начавшаяся вскоре война с Турцией вынудила Петра I отложить создание нового водного пути.

В 1712 г. Петр I вновь обратился к поиску такого варианта соединения рек, при котором будут обойдены опасные Боровицкие пороги на Мете. Это был четвертый вариант трассы водного пути: р. Волга — р. Молога — р. Меглина — каналы на водоразделах с включением р. Увери, оз. Лимандра, р. Вильгеи — р. Мета — оз. Ильмень — р. Волхов — р. Тигода — канал на водоразделе — р. Тосна — р. Нева — Балтийское море. Преимуществом этого варианта было то, что суда обходили Боровицкие и Волховские пороги и не шли через Ладожское озеро. Недостатками этого варианта были пороги на р. Мологе, Меглине, Вильгее, а также большой объем работ по строительству каналов и шлюзов на протяжении 230 км. В течение 1713–1725 гг. Петр I направил еще несколько экспедиций для обследования всех четырех вариантов водных путей.

Дважды — в 1713 и 1717 г. — на трассе четвертого варианта даже начинались строительные работы, однако в связи отсутствием проекта, большим объемом работ и отсутствием достаточных средств они были прекращены.

В то время, пока шли многолетние поиски вариантов новых водных путей, Вышневолоцкому водному пути уделялось мало внимания, и он постепенно приходил в упадок. Технический надзор за гидротехническими сооружениями оказался в руках проезжавших с судами купцов и промышленников. Они на свой страх и риск весной и осенью, запирая полушлюзы и наполняя водой канал, «...с нуждою... товары свои из Волги подымали...» Летом ввиду мелководья р. Тверцы по Вышневолоцкой системе судоходства не было. В двух полушлюзах на Цне ворота были сорваны и унесены паводком, так что приходилось закладывать отверстия досками.

Комиссия из Новгорода в 1719 г. констатировала, что «первая в канале слюза¹ весьма плоха и песком ее засыпало, и обрубы все сгнили и обвалились и через ту слюзу с нуждою превеликой судам ход».

Как раз в это время Михаил Иванович Сердюков предложил Петру I свой проект реконструкции водораздельного участка Вышневолоцкого водного пути.

¹ Обрубы — крепления берегов сваями, на которые нарубались в несколько рядов бревна в виде обвязки.

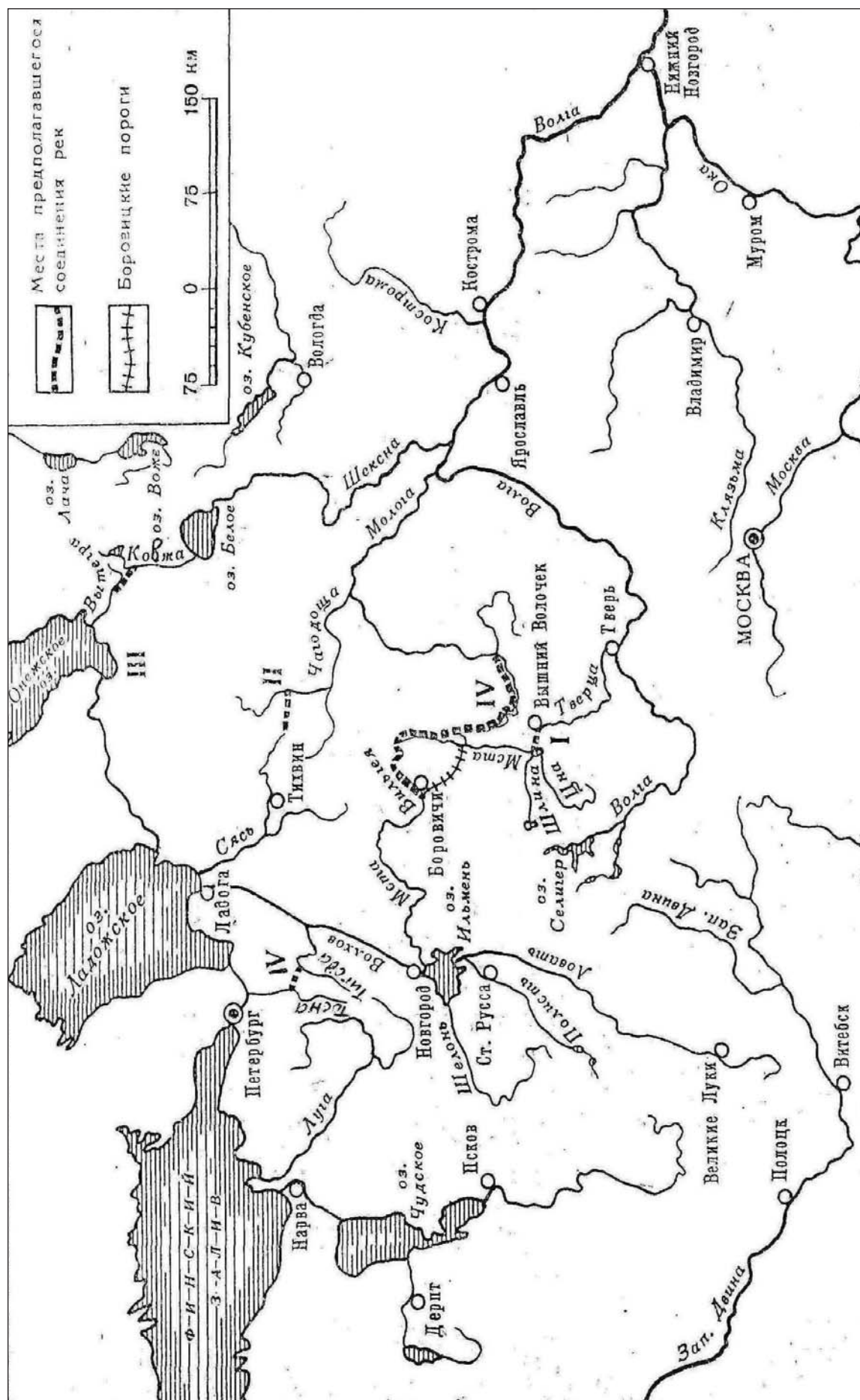


Рис. 3. Схема четырех вариантов соединения речных бассейнов Волги и Невы при Петре I:

I — Тверца — Цна; II — Сясь — Чагодоща; III — Вытегра — Ковжа; IV — Вильгея — Молога, Тосна — Тигада

Работы М. И. Сердюкова по созданию судоходных условий на Вышневолоцком водном пути

Михаил Иванович Сердюков (настоящее его имя — Бароно) родился в 1678 г. в семье монгольского мастерового — коневода Имегена. В 1691 г. на поместье Имегена напали люди черкасского гетмана, взяв в плен группу его подданных, в том числе 13-летнего Бароно. Его привезли сначала в Чекойский острог, а затем в г. Енисейск. Находившийся в это время в городе приказчик Иван Михайлович Сердюков купил пленного мальчика за 10 рублей. И. М. Сердюков стал крестным отцом Бароно. Он дал ему имя Михаил, отчество Иванович и свою фамилию. Михаил быстро выучился читать и писать и приобрелся к торговому делу. В 1695 г. И. М. Сердюков привез Михаила в Москву «для научения купечеству». В том же году И. М. Сердюков, взяв с собой Михаила, повез свои товары для продажи сначала в Астрахань, а затем за границу, в Персию. Путешествие длилось несколько лет.

После смерти его крестного отца в 1700 г., М. И. Сердюкова, к тому времени уже доверенного приказчика, его принял на работу московский купец М. Г. Евреинов, входивший в «гостиную сотню» Петра I. По воспоминаниям внука купца М. Г. Евреинова в одно из посещений в 1700 г. «лавок и анбаров» его деда Петр I встретился с М. И. Сердюковым и обратил внимание на его «не одну только расторопность и познания в торговле, но еще и природную склонность к технике». Петр I записывает Сердюкова в новгородское купечество и поручает ему разные «казенные комиссии». Они состояли в снабжении войск и строителей водных путей сообщения продовольствием, фуражом, материалами. М. И. Сердюков поселился в Новгороде, в 1705 г. обзавелся семьей.

Во время строительства гидротехнических сооружений и канала на водоразделе у г. Вышний Волочек, М. И. Сердюков был подрядчиком у руководителя стройки князя Матвея Гагарина. Он постоянно пользовался Вышневолоцким водным путем с того времени, как стал новгородским купцом, для до-

ставки грузов с волжских пристаней в Новгород, а затем и в Петербург. Будучи от природы одаренным человеком, он изучил устройство «вододействующих мельниц» и построил их для своих нужд на реках Тверце, Цне (рис. 4), участвовал в проводке судов через водораздельный участок пути и лично познал все трудности судопроезда.

Он первым пришел к мысли о том, что для питания водой водораздельного участка можно использовать воды реки Шлины, протекающей около Вышнего Волочка и впадающей в реку Цну ниже Тверецкого канала. Свои предложения о переустройстве Вышневолоцкого водного пути М. И. Сердюков направил Петру I в 1718–1719 гг. И 1 мая 1719 г. состоялась их личная встреча, а 26 июня 1719 г. Петр I издал «Указ об отдаче Вышневолоцкого канала в содержание новгородцу Сердюкову». В течение 1719–1722 гг. М. И. Сердюковым были построены и реконструированы (рис. 5): деревянная плотина с водоспусками на реке Шлине в 10 км выше ее впадения в реку Цну; прорыты каналы от водохранилища перед плотиной на реке Шлине до озера Ключинского длиной 1,7 км, от озера Ключинского до озера Городолюбского длиной 2 км, от озера Городолюбского до реки Цны длиной 5 км; выкопаны каналы, спрямляющие судовые ходы на реках Тверце и Цне; построены полушлюзы на Тверецком и Цнинском каналах (рис. 6). Комплекс сооружений позволил подать воды реки Шлины через каналы на водораздельный участок. Глубины стали судоходными не только в паводок, но и в летний период. Суда проходили водораздельный участок без остановок.

Одновременно с работами по улучшению судоходных условий на Вышневолоцком водном пути, Петр I указом от 26 сентября 1718 г. возвестил о начале строительства канала в обход Ладожского озера, на котором в период штормов гибло много судов. Ладожский канал (сейчас он называется Староладожским) был открыт для судоходства в 1731 г. Его протяженность составляла 111 км; это было крупнейшее гидротехническое сооружение в Европе того времени.

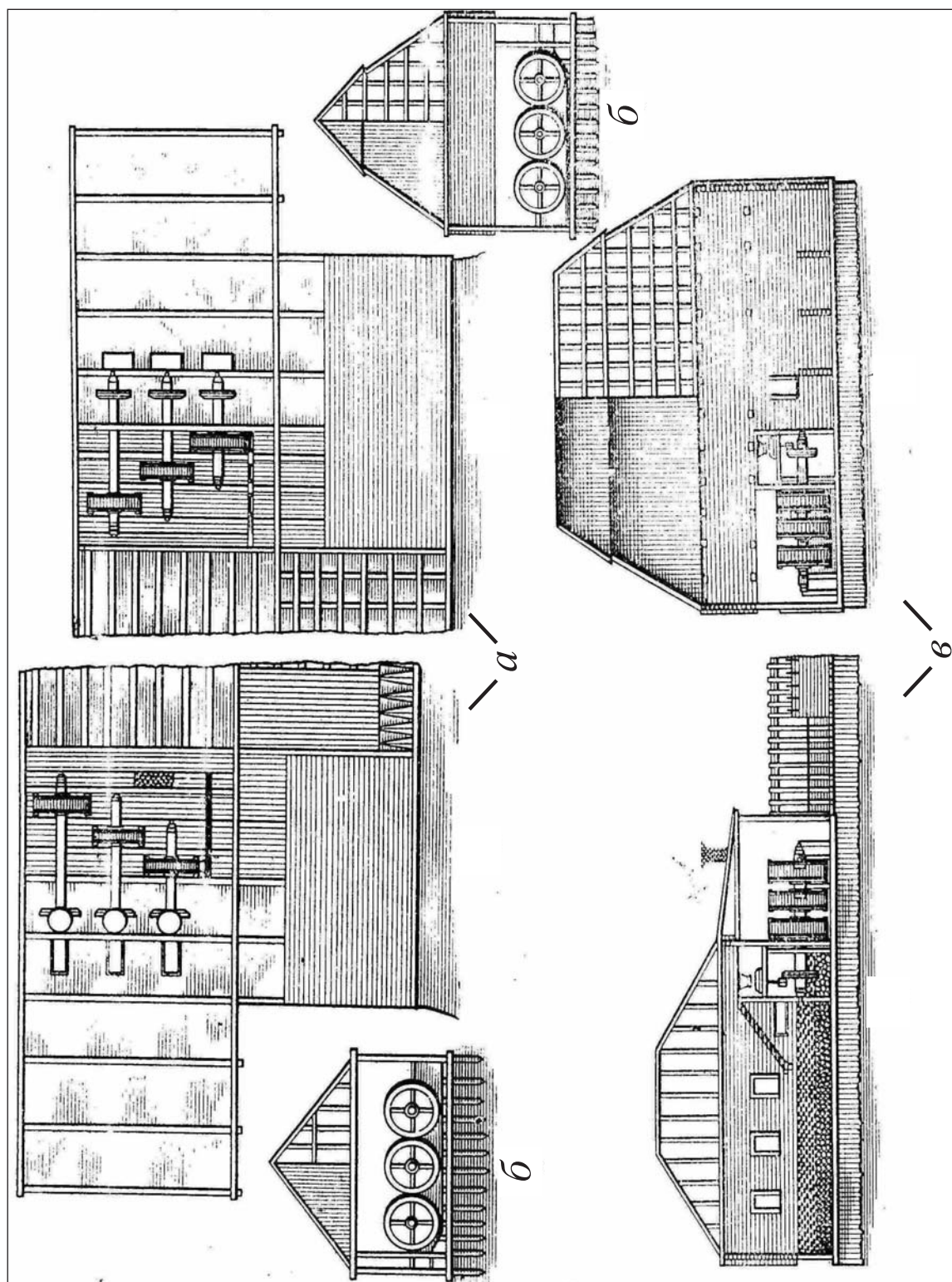


Рис. 4. «План малому Цинскому бейшлоту» (эта мукомольная мельница была построена М. И. Сердюковым в 1722 г.):
 а — планы; б — поперечные разрезы; в — схема привода мельницы

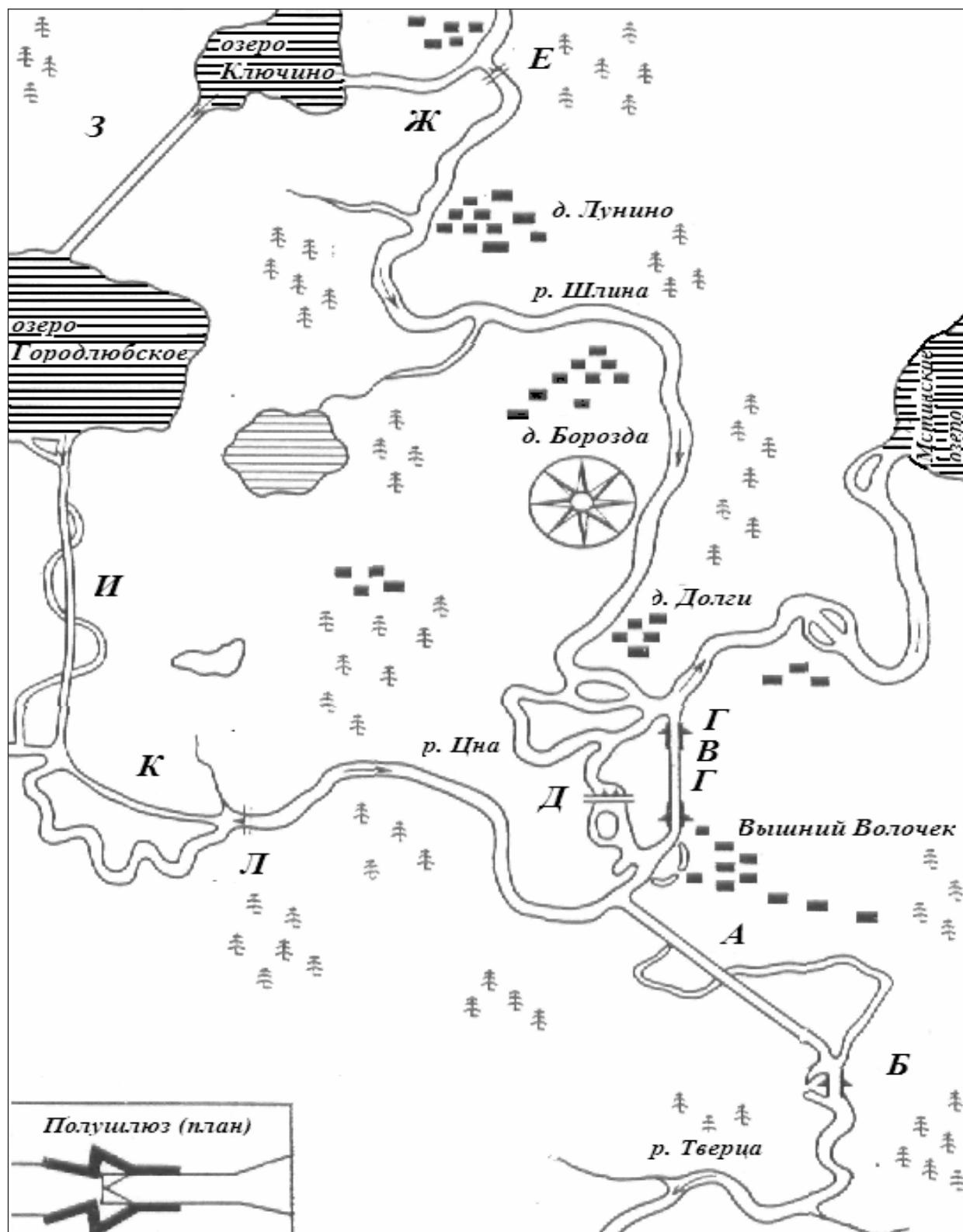


Рис. 5. Гидротехнические сооружения Вышневолоцкого разделяющего пункта, построенные М. И. Сердюковым (по рис. того времени); А — Тверецкий канал; Б — Тверецкий полушлюз; В — Цнинский канал; Г — Цнинские полушлюзы; Д — плотина на р. Цне; Е — плотина на р. Шлине; Ж, З, И, К — каналы подающие воду из р. Шлины в р. Цну; Л — плотина заводского водохранилища на р. Цне

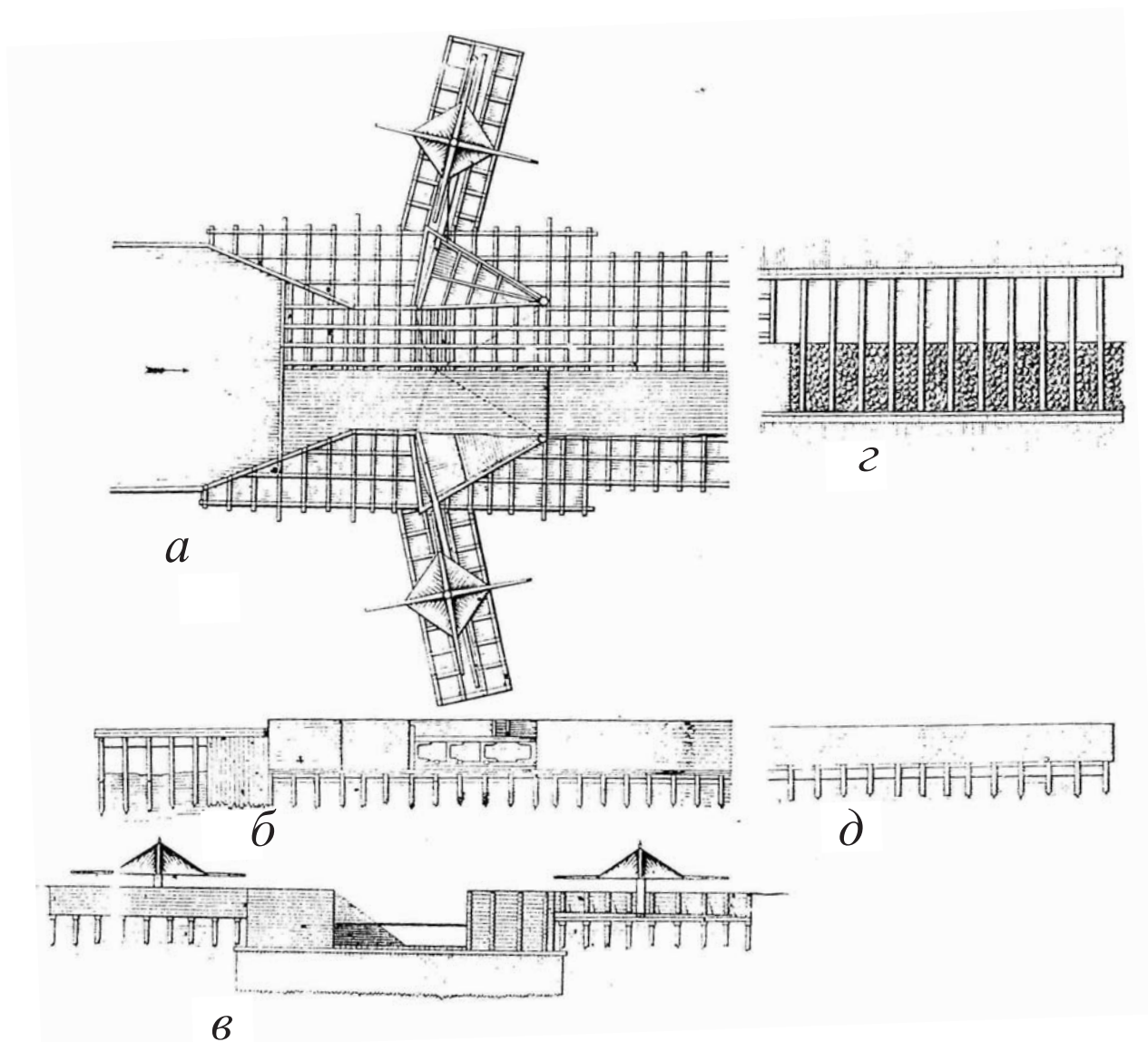


Рис. 6. Полушлюзы построенные М. И. Сердюковым; а — план; б — продольный разрез; в — поперечный разрез; г, д — фрагмент крепления дна камнем

В 1736–1741 гг. М. И. Сердюковым была проведена вторая реконструкция сооружений Вышневолоцкого водного пути. Им были построены: новая плотина на реке Шлине; перестроен Цнинский полушлюз; построена плотина с тремя водоспусками на реке Цне в трех километрах выше Вышнего Волочка у расположенных здесь заводов, в результате чего образовалось водохранилище площадью 6 км² и подпором 2 м, названное Заводским. В нем можно было накапливать воду весной в период паводка, а в период межени сбрасывать ее через водоспуски плотины в Тверецкий канал и реку Тверцу для поддержания судоходных глубин. Это был первый в России и в мире

опыт улучшения условий судоходства путем регулирования стока реки.

В 1742–1754 гг. М. И. Сердюков провел большую работу по улучшению условий судоходства на Боровицких порогах на реке Мете. Он впервые применил придуманный им способ расчистки порогов — «насухо». Для этого на крупных притоках реки Меты им были построены плотины, задерживающие воды этих рек в паводок. Уровни воды реки Меты на порогах понижались, что позволяло выполнять работы по их расчистке практически насухо. На крупных порогах им были построены каменные полузапруды и струенаправляющие дамбы, отделяющие

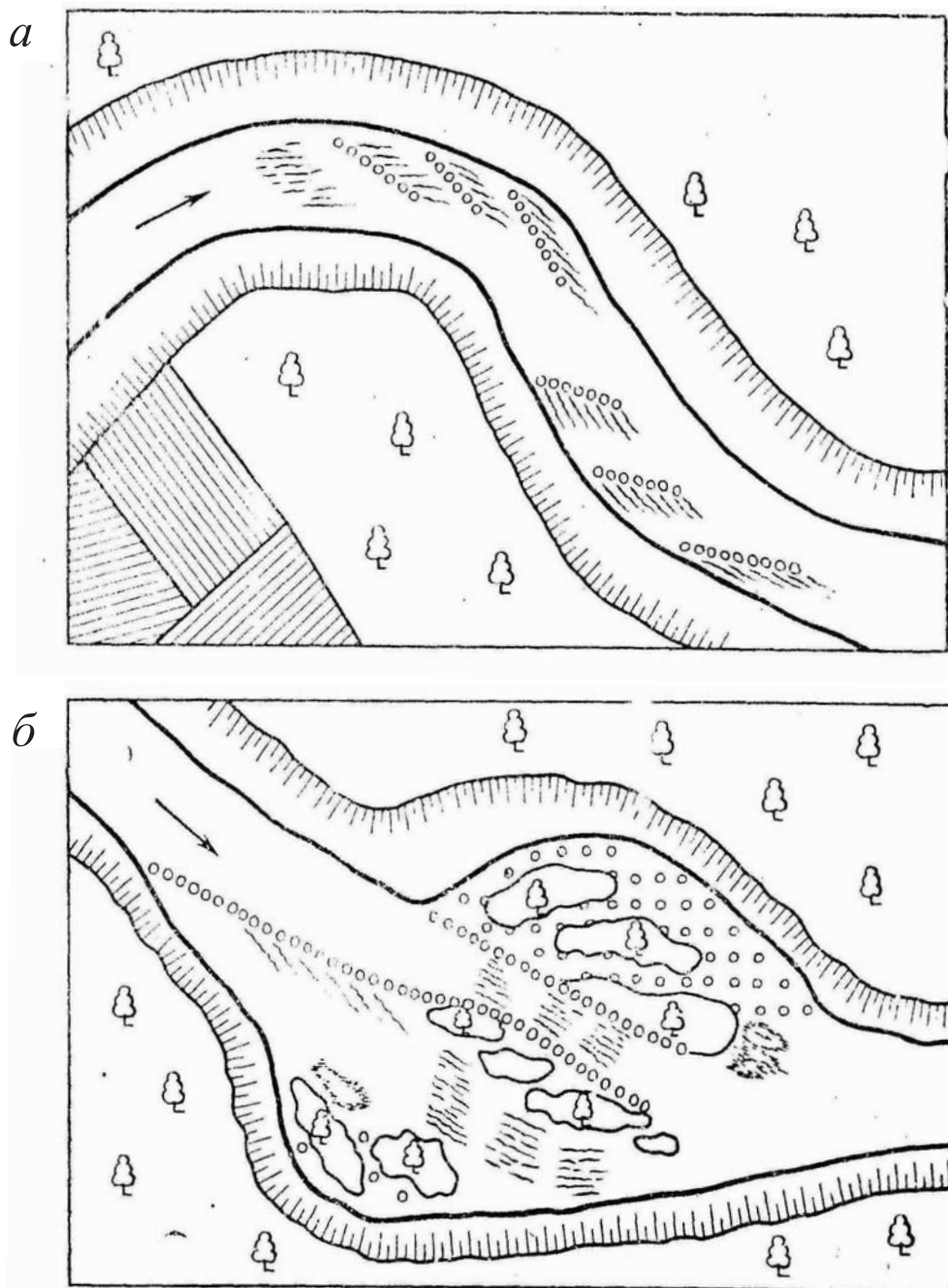


Рис. 7. Планы порогов Бели (а) и Гверетка (б) с показом дамб, постронных М. И. Сердюковым.
Вышневолоцкий водный путь после М. И. Сердюкова

пороги от основного русла, перекрывающие несудоходные рукава (рис. 7). Это были первые в России работы по улучшению условий судоходства путем строительства выправительных сооружений. После завершения работ на реках Мете и Тверце увеличились размеры и осадка судов, проходящих по водному пути: длина до 36,4 м, ширина до 8.56 м, осадка до 0,66 м, грузоподъемность

до 130 т. Вышневолоцкий водный путь с этого времени стал основной транспортной системой по доставке грузов из центральных районов России в северо-западный район и в Петербург.

После смерти М. И. Сердюкова в 1754 г. распоряжение Вышневолоцким раздельным пунктом перешло сначала к его сыну Ивану, а затем к внуку Михаилу. Ни сын, ни внук не

проводили никаких работ по строительству новых сооружений, а ограничивались поддержанием в порядке действующих.

Однако и эти работы постепенно перестали выполняться, в связи с чем сооружения ветшали и разрушались. Участились аварии с судами. В 1774 г. вся вводно-транспортная система была выкуплена государством у Сердюковых. В 1785 г. по Вышневолоцком водному пути проехала императрица Екатерина II. Она проинспектировала систему, увидела все недостатки и отдала приказ выделить деньги на ее реконструкцию. Деревянные полушлюзы были заменены на каменные, а на порогах установлены ограждения.

Результаты реконструкции незамедлительно сказались на увеличении объема перевозок. С 1787 по 1797 г. по системе проходили в среднем 3890 судов и перевозилось до 300 тыс. т грузов за навигацию. Однако этого было недостаточно для удовлетворения потребностей Петербурга и его торгового морского порта. В связи с этим, наряду с мерами по повышению пропускной способности Вышневолоцкого водного пути, были построены: в 1810 г. — Мариинский водный путь; в 1811 г. — Тихвинский водный путь по трассам, намеченным еще при Петре I. Ввод в действие двух новых водно-транспортных систем не уменьшил объема перевозок по Вышневолоцкому водному пути. Это объясняется тем, что новые водные пути приняли на себя добавочный грузооборот, превышавший возможности Вышневолоцкого водного пути.

С вводом в эксплуатацию в 1851 г. железной дороги между Петербургом и Москвой начался отток грузов с водного транспорта на железнодорожный. Транспортное значение Вышневолоцкого водного пути постепенно уменьшалось. В конце XIX в. по нему продол-

жали осуществляться сплав леса и местные перевозки. В дальнейшем Вышневолоцкий водный путь не восстанавливался. Однако сооружения и водохранилища М. И. Сердюкова на Вышневолоцком раздельном пункте оказались востребованными позже в качестве источников для подачи воды на Волжский склон. Во время Великой Отечественной войны в 1944–1945 гг. был прорыт Ново-Тверецкий канал из Вышневолоцкого водохранилища (бывшего Заводского) в реку Тверцу с пропускной способностью 100 м³/с для подачи воды в реку Волгу с целью увеличения выработки электроэнергии Ивановской, Угличской, Рыбинской ГЭС. В 1947 г. были возведены дамбы для защиты территорий от затопления при подъеме уровня воды в Вышневолоцком водохранилище, что позволило увеличить его объем в два раза. В 1949 г. построена Новотверецкая ГЭС на новом канале. Из Вышневолоцкого водохранилища вода подается в реку Волгу для водоснабжения Москвы. Таким образом, и в наши дни идеи М. И. Сердюкова о накоплении воды в водохранилищах Вышневолоцкого раздельного пункта, о регулировании стока рек, о строительстве регулирующих плотин с затворами оказались востребованными.

Заслуги выдающегося гидротехника-самородка Михаила Ивановича Сердюкова были высоко оценены его современниками и потомками. В 1742 г. императрица Елизавета Петровна подписала указ о «пожаловании М. И. Сердюкова во дворянство». Портрет М. И. Сердюкова находится в Государственном Эрмитаже. Сохранился дом на берегу Вышневолоцкого водохранилища, в котором М. И. Сердюков жил в 1719–1754 гг. Похоронен М. И. Сердюков в с. Городолюбля недалеко от Вышнего Волочка; надгробие на могиле сохранилось до наших дней.

З. Д. Копалиани,
канд. техн. наук, доц., РГГМУ;

Н. И. Католикова,
ГГИ;

М. М. Жук,
ГГИ;

Н. П. Долженко,
Кубаньводпроект

ТРАНСПОРТ НАНОСОВ, РУСЛОФОРМИРУЮЩИЕ УСЛОВИЯ И ДЕФОРМАЦИИ РУСЕЛ РЕК БАСЕЙНА КУБАНИ

SEDIMENT TRANSPORT, CHANNEL FORMING CONDITIONS AND RIVER BED DEFORMATIONS OF THE KUBAN BASIN RIVERS

Предлагается методика оценки форм транспорта наносов и подвижности руслового аллювия на реках бассейна р. Кубань. На основе данных по гранулометрическому составу донных отложений (руслового материала), измеренных расходов воды и многолетних данных по стоку воды выполнен анализ руслоформирующих условий на конкретных участках русел рек бассейна Кубани. Оценены диапазоны расходов воды с различной интенсивностью вовлечения в движение руслового материала, обеспеченность и продолжительность этих расходов за многолетний период. Представлены количественные данные о плановых и высотных деформациях русел рек бассейна р. Кубань.

Methods of the assessment of sediment transport modes and mobility on the Kuban Basin Rivers are proposed. Based on the set of data comprising granulometric composition of the bed material, discharge measurements and long-term runoff data, channel-forming conditions are investigated for the specific river reaches of the Kuban Basin Rivers. Ranges of discharges corresponding to the different rate of the involvement of the bed material to the motion, as well as probability and long-term duration of these discharges are calculated.

Ключевые слова: подвижность руслового аллювия, методика количественного анализа транспорта донных наносов, русловой процесс, высотные и плановые деформации русел.

Key words: mobility of the channel alluvium, method of the quantitative analysis of the bed load transport, channel processes, vertical and horizontal deformations of the channel.

Оценка характеристик подвижности донных наносов

В соответствии с гидролого-морфологической теорией руслового процесса основным содержанием руслового процесса является транспорт рекой наносов [1].

Самым чувствительным элементом в цепи факторов, определяющих русловой процесс, является непосредственное взаимодействие руслового потока и аллювиального грунта, слагающего дно речных русел. От характера этого взаимодействия зависят такие важные элементы руслового процесса, как размеры русловых микро и мезоформ, расход донных наносов, характер и темпы обратимых русловых деформаций, гидравлические

сопротивления и пропускная способность русел и др.

Характерной особенностью рек бассейна Кубани является то обстоятельство, что только 3 % общей протяженности (41 632 км) русловой (гидрографической) сети 14 516 рек сложено из песка. 97 % от суммарной длины гидрографической сети сложено гравийно-галечным материалом. Поэтому, в отличие от равнинных рек, в которых транспорт донных наносов (песчаный материал) имеет место с той или иной интенсивностью в течение всего года, в реках горно-предгорной зоны, каковыми являются большинство рек бассейна р. Кубань, донные, гравийно-галечные наносы активно движутся только при

высоких скоростях потока и не постоянно в течение года. Как показано на рис. 1, различные крайние фракции гравийно-галечных наносов, в отличие от песчаных, приходят в движение при резко различающихся значениях скорости потока. Диапазон скоростей потока, при котором обеспечивается подвижка всей смеси наносов, включая крупные, весьма широк.

Это является причиной частичной подвижки смеси крупных наносов, обуславливающей процессы сортировки и самоотмостки руслового материала.

Ниже предлагается метод анализа условий подвижки и вовлечения в движение донных отложений в руслах рек бассейна Кубани с целью учета в дальнейшем этого процесса в расчетах руслоформирования и динамики речных русел и пойм, сложенных из крупного аллювия.

Для оценки форм транспорта наносов предлагается использовать расчетные зависимости, рекомендуемые ГГИ [2], в соответствии с которыми для оценки форм транспорта наносов в реках (вложение, сальтация, взвешивание) следует пользоваться формулами характерных значений вертикальной компоненты пульсационной скорости:

— осредненное во времени и по глубине потока значение вертикальной компоненты

$$\bar{V}_{\text{ср.в}} = 0,41V_*; \quad (1)$$

— осредненное по глубине максимальное значение вертикальной компоненты

$$V_{\text{макс.ср.в}} = 1,28V_*; \quad (2)$$

— наибольшее возможное при данном гидравлическом режиме значение вертикальной компоненты в зоне $(0,15 \div 0,40)h$ от дна потока

$$V_{\text{макс.}} = 1,75V_*, \quad (3)$$

где: h — глубина потока;

V_* — динамическая скорость, определяемая по формуле

$$V_* = \sqrt{ghI}, \quad (4)$$

где: I — уклон дна и водной поверхности потока.

Форма движения наносов устанавливается путем сопоставления гидравлической крупности частиц с характерными значениями вертикальной компоненты, определяемыми с помощью приведенных выше зависимостей.

Если $u > V_{\text{макс.}}$, где u — гидравлическая крупность, наносы перемещаются в форме влечения по дну.

Если $V_{\text{макс.}} \geq u \geq V_{\text{макс.ср.в}}$, наносы перемещаются в форме сальтации вблизи дна.

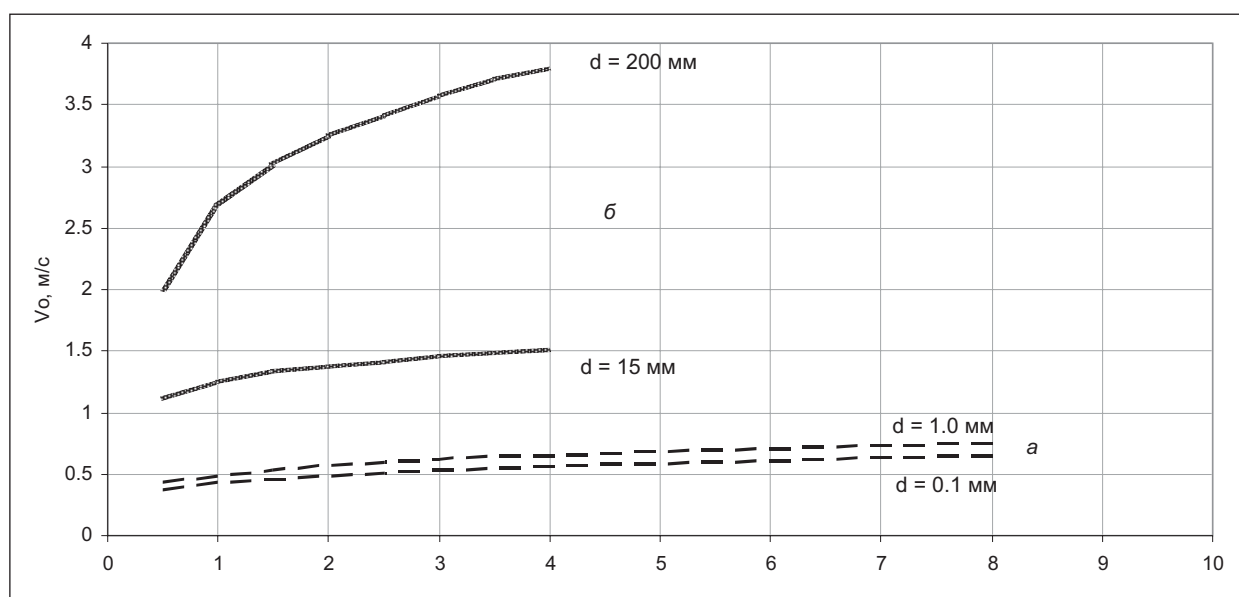


Рис. 1. Критические условия начала движения донных отложений на равнинных (а) и горно-предгорных (б) участках рек

Если $V_{\text{ср. в}} \leq u \leq V_{\text{макс. ср. в}}$, сальтирующие частицы достигают середины глубины потока.

Если $u < V_{\text{ср. в}}$, наносы переходят во взвешенное состояние и распространяются на всю глубину потока.

Для расчета начальных, неразмывающих скоростей потока использовались рекомендации КиргНИИВХ [3], хорошо зарекомендовавшие себя при практическом использовании:

$$V_o = 2 \frac{m-1.5}{m+1} \left(\frac{H}{d_{\text{отм}}} \right)^{\frac{1}{m}} \sqrt{\frac{\gamma_H - \gamma}{\gamma}} g d_{\text{отм}} \quad (5)$$

где: m — знаменатель показателя степени степенной формулы распределения скорости потока по вертикали, определяется по таблице, а $d_{\text{отм}}$ — крупность частиц, слагающих естественную отмокту русла.

Значения неразмывающих скоростей потока по указанной зависимости приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения неразмывающей скорости потока V_0 м/с для крупных наносов (по КиргНИИВХ)

Н м	Диаметр частиц d мм													
	15	20	30	40	50	70	100	150	200	250	300	400	500	600
0,5	1,12	1,23	1,41	1,52	1,62	1,75	1,88	1,97	2,0	2,0	—	—	—	—
1,0	1,25	1,40	1,60	1,76	1,88	2,07	2,30	2,50	2,67	2,74	2,78	2,8	2,80	—
1,5	1,34	1,47	1,71	1,88	2,03	2,25	2,52	2,83	3,02	3,14	3,27	3,34	3,43	3,47
2,0	1,38	1,54	1,79	1,98	2,22	2,37	2,66	3,0	3,26	3,42	3,54	3,74	3,90	3,92
2,5	1,42	1,58	1,85	2,10	2,38	2,47	2,80	3,17	3,41	3,63	3,70	4,0	4,21	4,28
3,0	1,46	1,62	1,90	2,12	2,33	2,65	2,87	3,28	3,58	3,80	4,0	4,22	4,45	4,60
4,0	1,51	1,68	1,95	2,19	2,40	2,71	3,22	3,43	3,80	4,06	4,25	4,56	4,86	5,0

Предлагаемая *Методика оценки форм транспорта наносов и подвижности руслового аллювия* на реках водосбора р. Кубань состоит в следующем. Определяются характерные диаметры донных отложений из интегральной кривой крупности донных отложений, полученной в результате полевых работ ГГИ (табл. 2) или по данным Гидрологических ежегодников. Далее, по зависимостям форм транспорта наносов, приведенных выше, строится диаграмма, разграничивающая формы транспорта наносов в зависимости от глубины потока (наполнения русла) при известном постоянном уклоне дна реки. На этой диаграмме поле

координат (динамическая скорость потока с соответствующей ему крупностью частиц в мм — наполнение русла) разграничиваются на зоны, соответствующие движению частиц в виде:

- взвешенных наносов;
- сальтации до середины глубины потока;
- сальтации вблизи дна;
- влечения частиц по дну.

Нанесение на эту диаграмму любой характерной крупности гранулометрического состава донных наносов (слева) показывает, в какой форме будет двигаться эта частица с увеличением глубины потока (рис. 2).

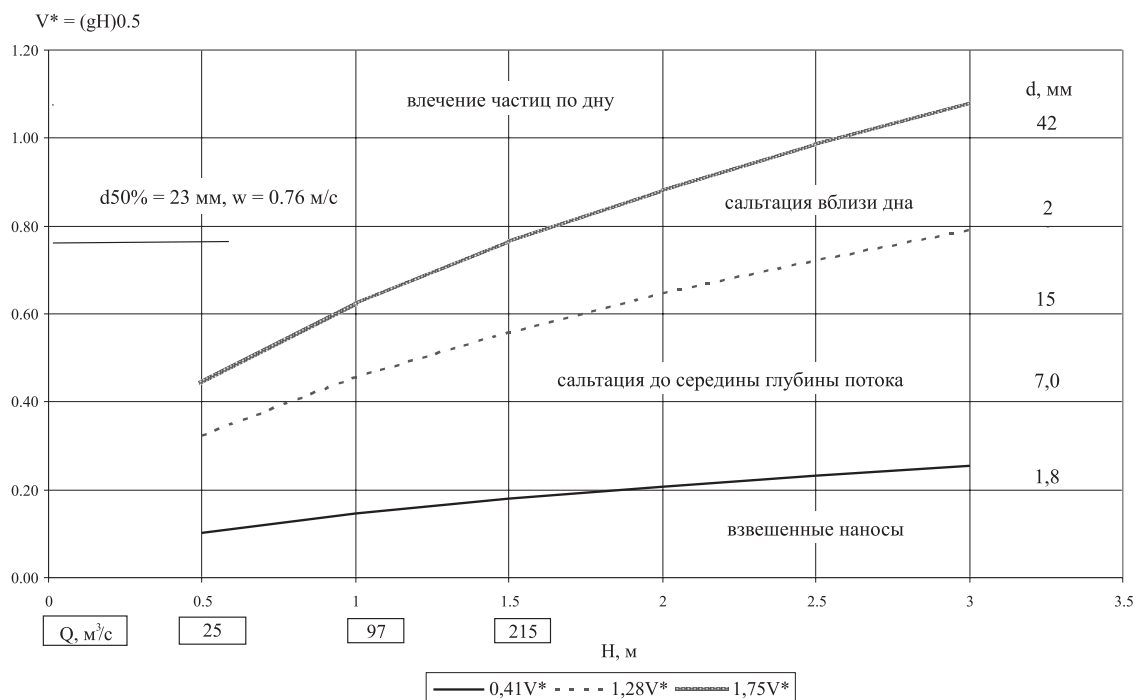


Рис. 2. Диаграмма форм транспорта донных отложений на участке поста
р. Большой Зеленчук — ст. Зеленчукская, 20.09.2007 г.

Таблица 2

**Характеристики гранулометрического состава проб донных отложений,
взятых фотографическим методом во время полевых работ ГГИ в 2007 г.**

Река, пункт	Дата	№ фото	$d_{\text{ср.вз.}}$, мм	d_{15} , мм	d_{50} , мм	d_{85} , мм	d_{max} , мм	$\frac{d_{85}}{d_{15}}$	$\frac{d_{\text{ср.вз.}}}{d_{50}}$
Адегой ст-ца Шапсугская	12.09	3	40		28	54	68		1.43
Белая х. Грозный	15.09	7	58	13	36	75	124	5.77	1.61
Пшеха с. Черниговское	17.09	10	79	20	48	110	140	5.50	1.65
Курджипс ст-ца Нижегородская	17.09	11	76		45	123	205		1.69
Б. Зеленчук пгт Архыз	19.09	12	26		18	33	57		1.44
Б. Зеленчук ст-ца Зеленчукская	20.09	13	49		23	74	186		2.13
Теберда г. Теберда	20.09	14	43	16	39	65	118	4.06	1.10
Кубань с. им. Коста Хетагурова	20.09	15	98	26	67	135	200	5.19	1.46
Аскаут с. Хасаут Греческое	21.09	16	76		36	128	250		2.11
Уруп ст-ца Удобная	22.09	19	69	15	46	84	122	5.60	1.50
Уруп ст-ца Удобная	22.09	20	22		14	30	71		1.57
Кубань х. Дегтяревский	23.09	21	26.5		17	34	84		1.56
Кубань х. Дегтяревский	23.09	22	34		22	43	100		1.55

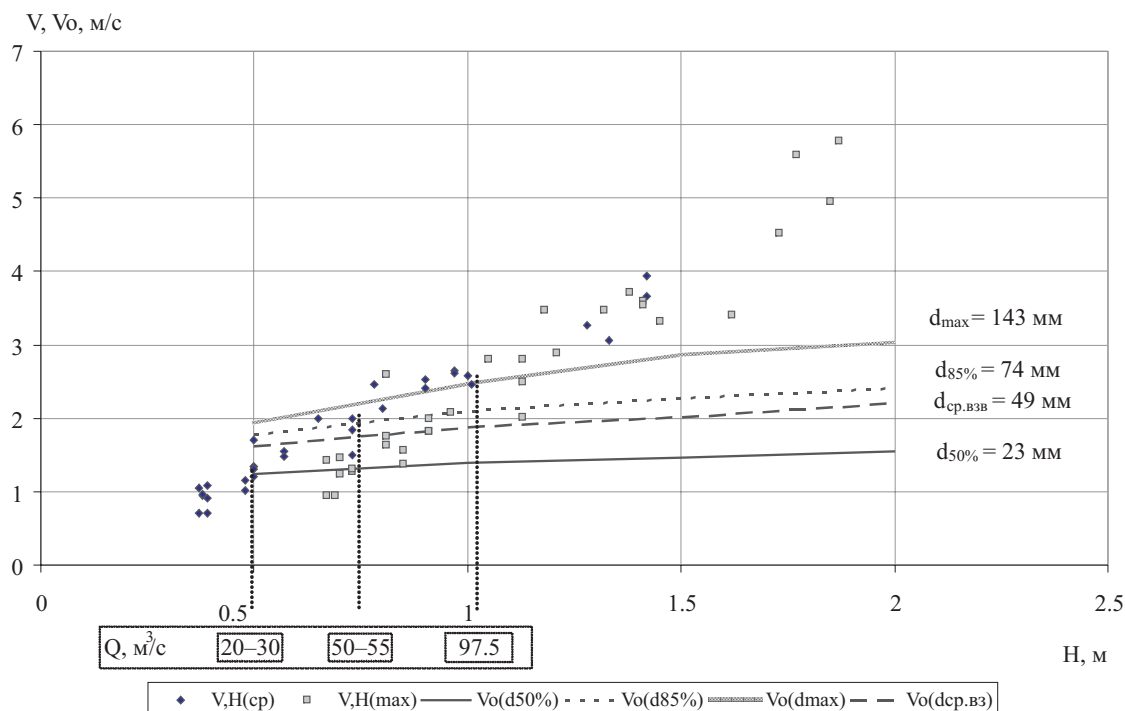


Рис. 3. Измеренные расходы воды и неразмывающие скорости потока на участке водпоста р. Большой Зеленчук — ст. Зеленчукская, 2007 г.

Река, пункт	Дата	№ фото	$d_{\text{ср.вз.}}$, мм	d_{15} , мм	d_{50} , мм	d_{85} , мм	d_{max} , мм	$\frac{d_{85}}{d_{15}}$	$\frac{d_{\text{ср.взб}}}{d_{50}}$
Кубань г. Невинномысск	23.09	23	57	19	40	70	110	3.68	1.43
Кубань с. Успенское	24.09	24	40	5	26	60	118	12.00	1.54
Кубань с. Успенское	24.09	25	23	5	20	33	66	6.60	1.15
Кубань г. Армавир	24.09	26	32	5	23	34	63	6.80	1.39
М. Лаба с. Бурное	26.09	28	39		25	60	110		1.56
М. Лаба с. Бурное	26.09	29	115	20	93	143	212	7.15	1.24
М. Лаба с. Бурное	26.09	30	64		42	97	137		1.52
Лаба ст-ца Каладжинская	27.09	31	54		29	90	129		1.86
Лаба ст-ца Каладжинская	28.09	32	72		52	105	134		1.38
Лаба ст-ца Каладжинская	29.09	33	85	15	56	122	219	8.13	1.52

Далее по данным измеренных расходов воды в створе, где отбиралась проба (обычно створы гидрологических постов Росгидромета), в координатах (скорость потока — глубина потока) наносятся точки, соответствующие средним и максимальным значениям глубины и скорости потока (рис. 3).

На этом же рисунке строятся кривые неразмывающих скоростей потока для харак-

терных значений крупностей донных отложений (d_{50} , d_{max} и т. д.), используя приведенную выше таблицу неразмывающих скоростей.

Совместное рассмотрение данных измеренных расходов воды и значений неразмывающих скоростей потока для мелких, средних или крупных частиц смеси донных отложений позволяет определить условия (глубину и скорость потока, при которых частицы той или

иной крупности начинают двигаться (измеренные скорости потока — выше неразмывающих скоростей). Расходы воды, соответствующие этим условиям, являются критическими, так как они определяют точки, когда частицы той или иной крупности вовлекаются в движение и с какой интенсивностью движутся в том или ином диапазоне расходов воды. Обеспеченности этих расходов и продолжительность диапазонов расходов воды между указанными критическими значениями расходов воды дают представления об интенсивности движения смеси донных отложений как внутри года, так и в многолетнем разрезе.

Проиллюстрируем использование изложенного метода на примере.

Река Большой Зеленчук (ст. Зеленчукская). Уклон дна $J = 0.013$.

На рис. 4 представлена фотография донных отложений, для которой производился расчет. Проба была взята во время полевого обследования участка р. Большой Зеленчук 20.09.2007 г.

На рис. 2 представлена диаграмма форм транспорта донных отложений на участке гидрометрического створа на реке Б. Зеленчук, ст. Зеленчукская. Как следует из этого рисунка, средняя крупность донных отло-

жений при значениях глубины потока менее 1.5 м движется в форме влечения по дну. Это происходит при расходах воды менее 215 м³/с. В диапазоне глубин 1.5–3.0 м частицы этой крупности будут двигаться в форме сальтации вблизи дна. Из этой же диаграммы следует, что частицы, крупнее 50 мм (d_{70}), во всем диапазоне глубин будут двигаться только в форме влечения по дну.

На рис. 3 на оси глубин потока обозначены критические точки, показывающие момент вовлечения в движение частиц d_{50} ; $d_{ср.взв}$; $d_{85\%}$ и d_{max} рассматриваемой пробы донных отложений. Из этого рисунка следует, что частицы крупностью $d_{50} = 23$ мм; $d_{85} = 74$ мм и $d_{max} = 143$ мм вовлекаются в движение соответственно при расходах воды 20–30 м³/с; 50–55 м³/с и 97.5 м³/с. Это означает, что при расходах воды менее 20–30 м³/с наносы на дне не движутся. В диапазоне расходов воды от 20–30 м³/с до 50–55 м³/с движутся только частицы крупностью 23 мм. В диапазоне расходов воды от 50–55 м³/с до 97 м³/с движутся наносы крупностью менее 143 мм, а начиная с расходов воды более 97 м³/с в русле реки движется вся смесь донных отложений.

Из таблицы измеренных расходов воды на участке р. Б. Зеленчук — ст. Зеленчукская (табл. 3) следует, что в диапазоне расходов воды 8–225 м³/с средняя глубина и средняя скорость потока варьируют соответственно в диапазоне 0.4–1.4 м и 0.7–3.9 м/с, а максимальная — в диапазоне 0.7–1.9 м и 0.9–5.8 м/с.

В этой таблице представлены также значения чисел Фруда и относительной гладкости потока — $h_{ср}/d_{50}$. Как известно, при полной подвижности руслового аллювия и значениях $(h_{ср}/d_{50}) > 30$ в реках образуются русловые микро- и мезоформы. Значения $h_{ср}/d_{50}$, рас-



Рис. 4. Пробы донных отложений на участке гидрологического поста р. Б. Зеленчук — ст. Зеленчукская

считанные для исследуемого участка р. Б. Зеленчук, свидетельствуют о возможности формирования здесь при относительно больших

расходах воды и наполнении русла структурных форм перемещения донных отложений в виде русловых микро- и мезоформ.

Таблица 3

Измеренные расходы воды на участке р. Б. Зеленчук — ст. Зеленчукская

Дата измерения	Уровень воды (см) над 0 поста	Расход воды (м³/с)	Скорость течения (м/с)		Глубина (м)		$d_{50} = 23$, мм	$d_{85} = 74$, мм	$d_{\text{макс}} = 200$, мм	Fr
			средняя	макс.	средняя	макс.	$\frac{h_{cp}}{d_{50}}$	$\frac{h_{cp}}{d_{85}}$	$\frac{h_{cp}}{d_{\text{макс}}}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14
12.02	230	7.58	0.7	0.94	0.37	0.67	16.1	5.0	1.9	0.37
9.03	254	24.9	1.35	1.82	0.5	0.91	21.7	6.8	2.5	0.61
26.03	248	17.5	1.02	1.38	0.48	0.85	20.9	6.5	2.4	0.47
3.04	259	32.5	1.54	2.08	0.57	0.96	24.8	7.7	2.9	0.65
11.04	284	65	2.14	2.89	0.8	1.21	34.8	10.8	4.0	0.76
16.04	340	164	3.07	5.59	1.33	1.77	57.8	18.0	6.7	0.85
30.04	276	50.9	1.84	2.49	0.73	1.13	31.7	9.9	3.7	0.69
1.05	275	41.3	1.49	2.02	0.73	1.13	31.7	9.9	3.7	0.56
28.05	348	208	3.66	4.95	1.42	1.85	61.7	19.2	7.1	0.98
19.06	308	97.5	2.46	3.32	1.01	1.45	43.9	13.6	5.1	0.78
2.07	336	168	3.26	4.52	1.28	1.73	55.7	17.3	6.4	0.92
8.07	350	225	3.93	5.78	1.42	1.87	61.7	19.2	7.1	1.05
29.07	304	101	2.65	3.59	0.97	1.41	42.2	13.1	4.9	0.86
2.08	295	84	2.41	3.47	0.9	1.32	39.1	12.2	4.5	0.81
9.08	301	99.5	2.58	3.71	1	1.38	43.5	13.5	5.0	0.82
27.08	276	54.9	1.99	2.81	0.73	1.13	31.7	9.9	3.7	0.74
3.09	281	72.7	2.46	3.47	0.78	1.18	33.9	10.5	3.9	0.89
6.09	268	48.8	2	2.81	0.65	1.05	28.3	8.8	3.3	0.79
20.09	244	28.1	1.7	2.6	0.5	0.81	21.7	6.8	2.5	0.77
1.01	296	87.6	2.52	3.4	0.9	1.62	39.1	12.2	4.5	0.85
16.01	246	19.9	1.21	1.63	0.5	0.81	21.7	6.8	2.5	0.55
30.01	253	24.9	1.35	1.82	0.5	0.91	21.7	6.8	2.5	0.61
5.11	305	99.8	2.62	3.54	0.97	1.41	42.2	13.1	4.9	0.85
10.11	256	31.2	1.48	2	0.57	0.91	24.8	7.7	2.9	0.63

Используя описанную выше методику, представляется возможным выполнить анализ руслоформирующих условий на конкретных участках русел рек с учетом характеристик подвижности донных отложений на этих участках. В качестве примера в табл. 4 и 5 представлены результаты расчетов для трех

участков р. Кубань и р. Б. Зеленчук, ст. Зеленчукская.

Как следует из табл. 4, начало движения наименьших фракций на исследуемых участках начинается при расходах воды меньших, чем их среднегодовые значения.

Таблица 4

Обеспеченность расходов воды, соответствующих критическим фазам движения частиц наносов

Участок реки	$Q_{\text{max, ср.}}$ м ³ /с	фракция	$Q_{\text{нач движения}}$ м ³ /с	Обеспеченность $Q_{\text{нач движения}}$	
				в ряду максимальных расходов	в ряду средних годовых расходов
Кубань с. им. Коста Хетагурова	448	d_{max}	318	64 %	
		d_{50}	210	91 %	
		d_{15}	46		
Кубань с. Успенское	631	d_{50}	334	81 %	
		d_{25}	< 80		
Кубань г. Армавир	746	d_{max}	657	47 %	
		d_{85}	250	98 %	
		d_{50}	159		60 %
Б. Зеленчук ст-ца Зеленчукская	177	d_{max}	99,8	94 %	
		d_{85}	55	$Q_{\text{ср1\%}} < P < Q_{\text{max100\%}}$	
		d_{50}	24,9		73 %

Вовлечение в движение более крупных наносов ($d_{50}-d_{85}$) наблюдается на исследуемых участках в широком диапазоне расходов от среднегодовых ($P_0 = 60-73 \%$) до максимальных ($P_{Q_{\text{max}}} = 81-98 \%$).

Вовлечение в движение всех фракций наносов, включая d_{max} , происходит при максимальных расходах воды, практически не превышающих средний максимум ($P_{Q_{\text{max}}} = 47-94 \%$).

В табл. 4 расходы, связанные с нача-

лом движения разных фракций наносов, выражены через их обеспеченности в однородных рядах максимальных и средних годовых расходов воды. Кроме такой формы представления, можно выразить их через обеспеченности за весь период наблюдений (табл. 5). Такая форма представления наглядно демонстрирует, какую часть времени за весь период наблюдений в движение были вовлечены определенные фракции донных отложений.

Таблица 5

**Продолжительность стояния суточных расходов воды, соответствующих критическим
фазам движения частиц наносов**

Участок реки	$Q_{\max, \text{ ср.}}$ $\text{м}^3/\text{с}$	фрак- ция	$Q_{\text{нач движения}}$ $\text{м}^3/\text{с}$	Продолжительность стояния $Q_{\text{нач движения}}$		
				период наблюдений, N , сут	число случаев, m , сут	частота, $P = m/N$
Кубань с. им. Коста Хетагурова	448	$d_{\max}$	318	18254	164	0,0090
		d_{50}	210		1315	0,0720
		d_{15}	46		8760	0,4799
Кубань с. Успенское	631	d_{50}	334	15885	527	0,0332
		d_{25}	< 80		5730	0,3607
Кубань г. Армавир	746	$d_{\max}$	657	18264	59	0,0032
		d_{85}	250		2130	0,1166
		d_{50}	159		4620	0,2530
Б. Зеленчук ст-ца Зеленчукская	177	$d_{\max}$	99,8	18174	284	0,0156
		d_{85}	55		3200	0,1761
		d_{50}	24,9		7700	0,4237

В табл. 5 период наблюдений выражен в сутках $N = 365n$, где n — число лет наблюдений. Число случаев m выражает количество суток за весь период наблюдений, когда наблюдался транспорт наносов той или иной фракции. А число m/N выражает частоту повторяемости активной фазы движения наносов за период наблюдений.

Особый интерес представляет число случаев m , когда наблюдался транспорт наносов и частота повторяемости m/N для фракций $d_{\max}$, соответственно для участков р. Кубани, с. им. Коста Хетагурова, с. Успенское, г. Армавир и р. Б. Зеленчук, ст. Зеленчукская.

Значения m и $P = m/N$ из табл. 5 для указанных участков русел при $d_{\max}$ определяют период, в течение которого наблюдался процесс руслоформирования (полная подвиж-

ность донных отложений) в состоянии динамического равновесия, когда поток управляет руслом, создает его общий облик (тип руслового процесса), русловые микро- и мезоформы установившегося профиля, а расход донных наносов и гидравлические сопротивления соответствуют состоянию динамического равновесия.

Разработанный метод позволяет выполнять расчеты и прогнозы характеристик транспорта наносов (подвижность наносов и динамические характеристики русловых форм, расход и сток донных наносов и др.) за любой интервал времени $T = MP$, где M — число суток расчетного (прогнозируемого) периода, а $P = m/N$ — частота повторяемости активного руслоформирования, установленная для периода наблюдений.

Для расчета расхода и стока донных наносов в реках бассейна Кубани рекомендуются использовать методы, описанные в работе З. Д. Копалиани, А. А. Костюченко (Расчеты..., 2004).

Плановые переформирования речных русел

Среди теоретических и практических задач, связанных с русловым процессом, плановые переформирования речных русел имеют важнейшее значение, прежде всего в связи с необходимостью защиты прибрежных территорий (населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий, дорог и других объектов) от размыва и затопления паводковыми водами, а также рационального проектирования и эксплуатации инженерных сооружений и их комплексов в руслах и поймах рек.

В составе настоящих НИР по комплексному исследованию бассейна р. Кубань был выполнен большой объем работ по оценке и анализу плановых переформирований речных русел в этом водосборе. На основе то-

пографических карт разного масштаба и времени съемки, лоцманских карт, аэрокосмических материалов и полевых исследований был выполнен анализ плановых переформирований русел на большом протяжении рек бассейна Кубани (в том числе Кубань, Лаба, Белая и др.).

В качестве примера приведем результаты анализа плановых переформирований русел р. Кубань, Лаба и Белая.

На рис. 5 представлен участок русла р. Кубань протяженностью 27 км ниже г. Новокубанска, на котором чередуются участки русловой и пойменной многорукавности с элементами свободного и незавершенного меандрирования в отдельных рукавах. Для анализа этого участка было выполнено совмещение топографических карт 1971 и 2000 г. масштаба 1:25000 и весь участок разбит на четыре подучастка.

Из этого рисунка видно, что на подучастке 1 за период 1971–2000 гг. произошло перераспределение меженного стока между рукавами крутой излучины и спрямление этой

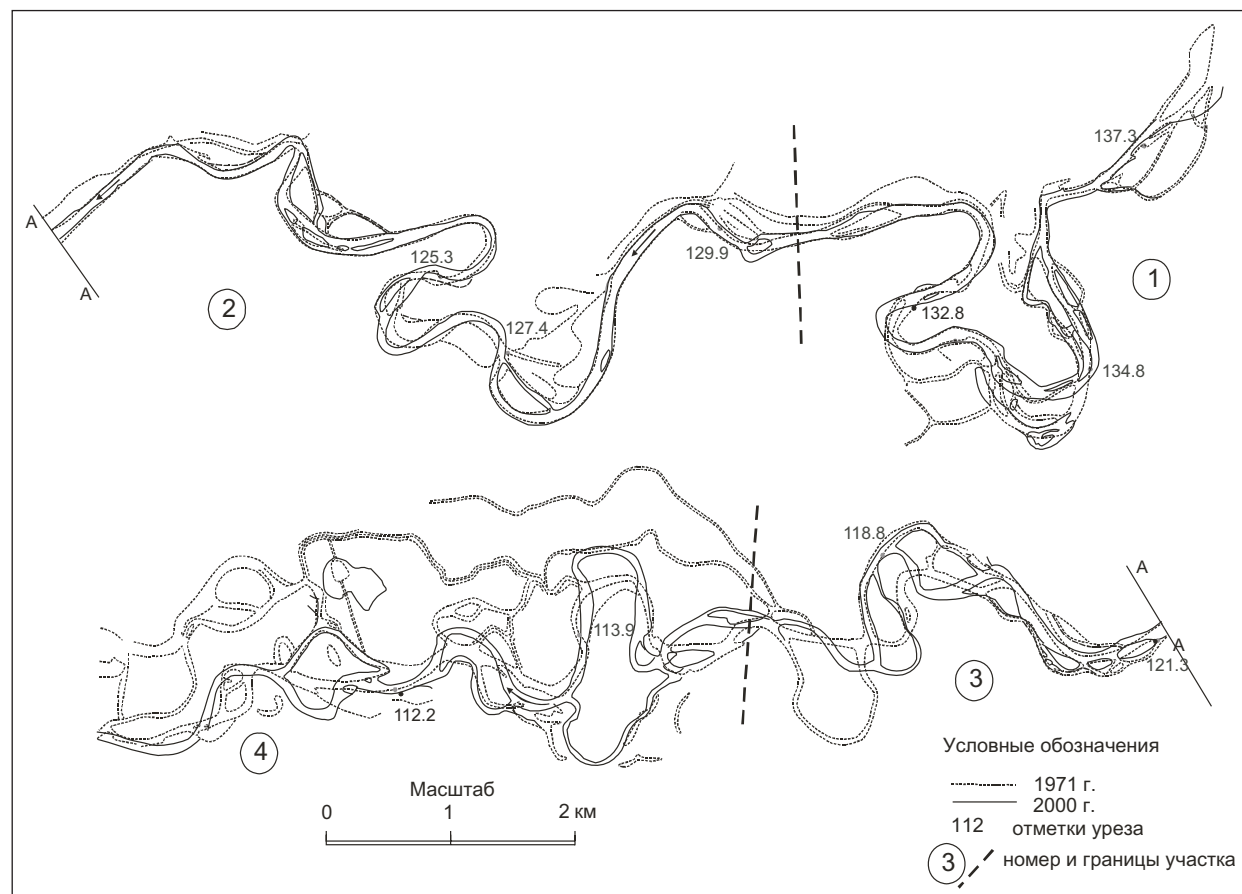


Рис. 5. Плановые переформирования русла р. Кубань ниже г. Новокубанска за период 1971–2000 гг.

излучины с отмиранием основного русла, а ниже этой излучины, левосторонняя излучина сместилась влево на 100 м (3,4 м/год).

На подучастке 2 за тот же период происходили аналогичные процессы. В средней части этого подучастка максимальное смещение вогнутого берега излучин составило также 100 м (3,4 м/год).

На подучастке 3 проходили интенсивные русловые переформирования: в верхней половине внутрирусловые, а в нижней — плановые переформирования, при которых произошло отмирание одних и развитие других рукавов русла. При этом расстояния между отмершими и действующими рукавами меженного русла составили от 450 м до 500 м.

На подучастке 4 с пойменной многорукавностью произошли наиболее значительные плановые переформирования. Меженное русло реки, из многорукавного с поясом пойменной многорукавности 1250 м, превратилось в однорукавное с чередованием излучин свободного и незавершенного меандрирования. При этом расстояние между действующим и отмершими рукавами русла в нижней части участка реки составило 1000 м.

В качестве примера приведем результаты анализа плановых переформирований русел рек Кубани, Лабы и Белой.

В результате совмещения топографических карт масштаба 1:25000 участка русла р. Кубань длиной 20 км в районе ст. Ладожская за 1970–2002 гг. было выявлено, что здесь русловой процесс развивается по схеме свободного меандрирования с элементами незавершенного меандрирования и осередкового типа (русловая многорукавность) на отдельных участках. В 10–16 км выше ст. Ладожская за этот период два русловых разветвления сменились однорукавным руслом, а в 4 км выше ст. Ладожская осередок длиной 1750 м сместился вниз по течению на 875 м (27 км/год).

Плановые смещения меандрирующего русла в 3 км ниже ст. Ладожской за период 1970–2002 гг. составили 100 м (3,1 м/год).

На рис. 6 представлен совмещенный план (по топографическим картам масштаба 1:25000) нижнего течения р. Лабы, протяженностью более 50 км, за период 1970–2002 гг.

Участок разделен на 6 подучастков. На всем протяжении, кроме подучастка 3, русло Лабы развивается по схеме свободного меандрирования. Подучасток 2 включает в себя 8 хорошо развитых излучин. Максимальное плановое смещение излучин за 32 года на этом подучастке составило 200 м (6,2 м/год). На подучастке 2 максимальные поперечные перемещения русла за период 1970–2002 гг. оказались наибольшими и для всего 50-километрового, устьевого участка реки составили 500 м (15,6 м/год).

На подучастке 3, русло реки согласно карте 1970 г., развивалось по схеме пойменной многорукавности. Левая протока русла у г. Догужиев, отстоящая от главного русла на расстоянии 1000 м, к 2002 г. перестала функционировать, и в настоящее время русло протекает одним рукавом.

Подучастки 4–6 русла р. Лабы находятся в зоне переменного подпора от р. Кубань, что отражается на интенсивности планового переформирования русла, затухании темпов планового смещения русла. За период 1970–2002 гг. на подучастке 5 произошло спрямление развитой излучины и русло ушло вправо на 740 м. Плановое, максимальное смещение русла на участках 4–6 составило 125 м (3,9 м/год).

В результате совмещения топографических карт 1968, 1986 гг. и аэрокосмических снимков 2007 г. были определены также характер и темпы плановых деформаций русла р. Белой выше г. Белореченска. На отдельных участках русла за этот период плановые деформации составили 30–50 м (1,5–2,5 м/год); 120 м (5,5 м/год) и 200 м (9,5 м/год) соответственно.

Особый интерес представляют русловые процессы и, в частности, плановые переформирования р. Кубань ниже Краснодарского водохранилища.

Река Кубань в 1972–1973 гг. на участке 246 км от устья по судовому ходу была перекрыта плотиной Краснодарского гидроузла высотой 22 м, образующей Краснодарское водохранилище длиной 46 км, шириной 8–12 км (глубина 10–16 м).

Таким образом, участок р. Кубани длиной 246 км оказался в нижнем бьефе этого

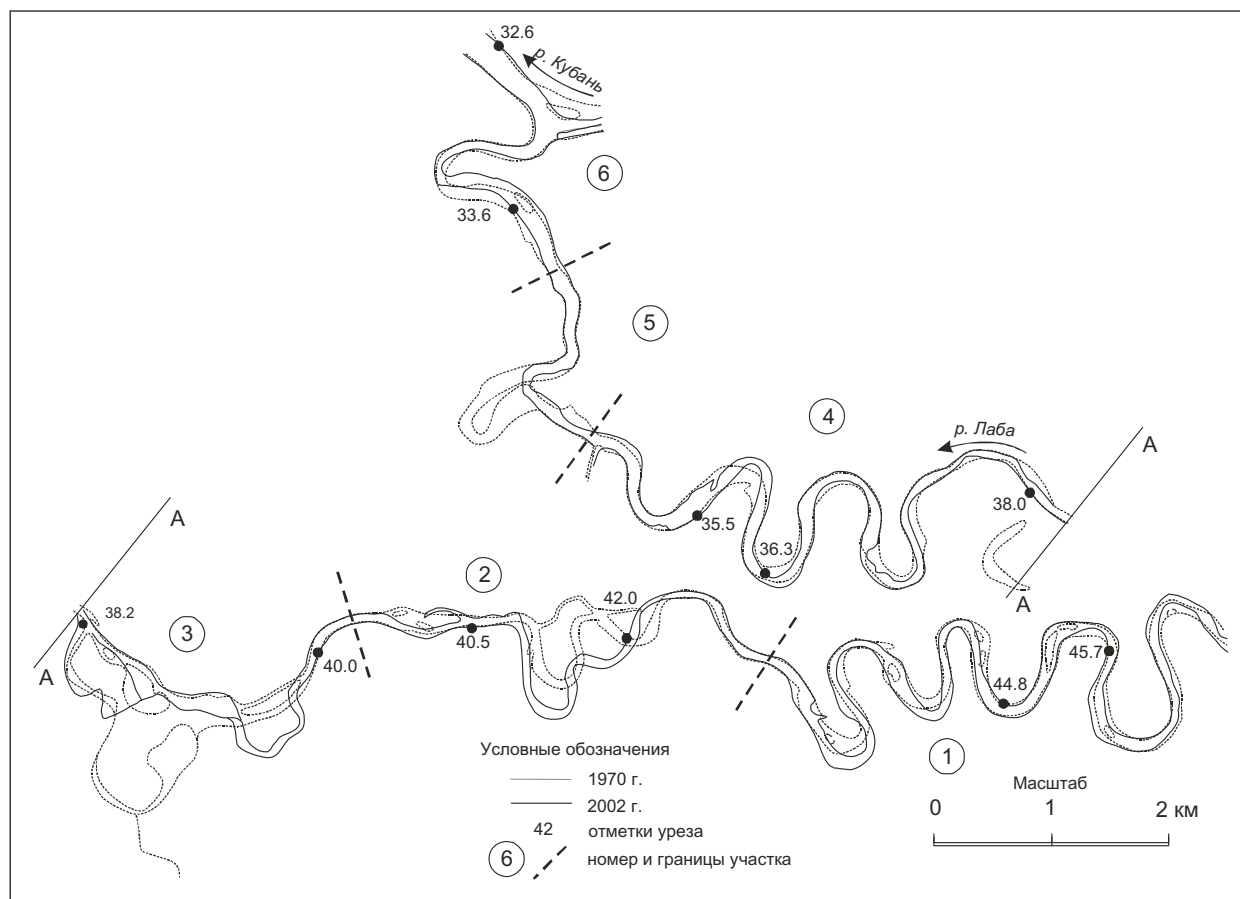


Рис 6. Плановые переформирования русла р. Лабы в нижнем течении за период 1970–2002 гг.

гидроузла, а участок реки большого протяжения выше плотины — в зоне переменного подпора от этого водохранилища.

Как известно, строительство напорных плотин на реках коренным образом изменяет естественный режим русловых деформаций на большом протяжении. Участок реки, который до возведения плотины в естественном состоянии являлся транзитным участком в состоянии динамического равновесия с обратимыми русловыми деформациями, пропускающим поступающие сверху донные и взвешенные наносы вместе со стоком воды вниз по течению, меняет свои функции. Верхний бьеф становится зоной аккумуляции поступающих со всего водосбора выше ГЭС наносов, а нижний бьеф из транзитного участка превращается в зону необратимой эрозии, источник питания наносами участка реки ниже плотины. Кроме того, после регулирования стока водохранилищем в нижнем бьефе существенно меняется режим речного стока и соответственно условия руслоформирования.

В 1980–1983 гг. в ГГИ был выполнен комплекс теоретических, натурных и лабораторных исследований по оценке руслового процесса р. Кубани на участке ниже Краснодарского гидроузла. Для оценки плановых деформаций использовались имеющиеся лоцманские карты М1:10 000 1911–1912 гг. и 1949 г. и топографические карты масштаба 1:25 000 1959 и 1989 гг.

Этот материал позволяет оценить характер и интенсивность плановых деформаций русла р. Кубани за два периода: за 1911–1948 гг. (37 лет), когда антропогенное влияние на русловой режим Кубани сводилось лишь к наличию дамб обвалования, и за период 1948–1980 гг. (32 года), отличающийся интенсивным хозяйственным вмешательством в естественный ход развития русловых деформаций (наличие Краснодарского гидроузла, массовые выемки аллювия из русла реки, русловыправительные сооружения, дночерпательные работы и т. д.).

Характер и темпы плановых деформаций русла изучались по отдельным участкам,

отличающимся между собой как естественными условиями, так и по степени хозяйственного воздействия на русло реки.

В табл. 6 представлены темпы плановых

деформаций меандрирующего участка р. Кубань ниже Краснодарского гидроузла после его ввода в действие в условиях измененного водного режима.

Таблица 6

**Темпы плановых деформаций меандрирующего участка р. Кубань
от плотины Краснодарского водохранилища до Тиховского гидроузла
и в дельтовых рукавах Кубань и Протока**

Участок русла по лоцманской карте, км	Период совмещения, годы	Величина размыва вогнутого берега русла за период совмещения, м	Среднегодовые темпы размыва берегов, м/год
Участок русла между гидроузлами			
247	1992–2007	100	6,6
246	1992–2007	45	3,0
237	1983–2007	22	0,9
232	1978–2007	10	0,7
224	1992–2007	30	2,0
220–216	1985–2000	50	2,0
208	1983–2007	20	0,8
194	1980–2007	38	1,4
190	1980–2007	40	1,5
186	1980–2007	70	2,6
179	1980–2007	34	1,2
130	1980–2007	10	0,37
119	1980–2003	10	0,43
Рукав Кубань			
113–114	1911–1980	300	4,3
100–101	1911–1980	250	3,6
96	1911–1980	60	0,9
88	1911–1980	75	0,4
58	1911–1980	50	0,7
51	1911–1980	80	1,1
23–48	1911–1980	50	0,7
0–50	1911–1980	50	0,7
Рукав Протока			
132	1911–1980	100	1,4
127	1911–1980	50	0,7
92	1911–1980	50	0,7
55–82	1911–1980	25	0,35

По данным табл. 6 среднегодовые темпы размыва берегов русла р. Кубань ниже плотины Краснодарского гидроузла в последние 15–27 лет существенно отличаются на разных участках, составляя 0,4–6,6 м/год. После деления р. Кубань на два рукава Кубань и Протоку плановые деформации русла значительно ослабевают.

По рукаву Кубань за 1911–1980 гг. наибольшие плановые смещения произошли на участках 114–113 км по судовому ходу и составили за этот период 300 м (4,3 м/год) и на участке 101–100 км — 250 м (3,6 м/год).

Ниже по течению в рукаве Кубань на участке 83–50-й км по судовому ходу плановые деформации составили 0–1,1 м/год, а по конкретным створам: 96-й км по судовому ходу за период 1911–1980 гг. — 60 м (0,9 м/год); 88-й км — 25 м (0,4 м/год); 58-й км — 50 м (0,7 м/год); 51-й км — 80 м (1,1 м/год).

На нижнем участке рукава Кубань наибольшие плановые деформации за этот же период были невысокими: 27-го км по судовому ходу — 25 м (4 м/год); 48–23-го км — от 0 до 50 м (0,7 м/год) и на участке до устья — от 0 до 50 м (0,7 м/год) в створе 9-го км по судовому ходу. Таким образом, плановые деформации в рукаве Кубань уменьшаются (затухают) от истока этого рукава к устью.

В рукаве Протока наибольшие плановые деформации (смещения) вогнутых берегов русла за период 1911–1980 гг. составили соответственно на участках: 132-й км по судовому ходу — 100 м (1,4 м/год); 127-й км — 50 м (0,7 м/год); 92-й км — 50 м (0,7 м/год); 82–55-й км — 25 м (0,35 м/год).

Плановые деформации в дельтовых рукавах р. Кубани, по данным исследований МГУ за последние 20 лет, в основном не превышали величин 3–5 м, то есть составляли в среднем 0,15–0,25 м/год, достигая на вогнутых берегах некоторых излучин 1 м/год.

На участках с крутыми излучинами за последние 7–10 лет наблюдался размыв выпуклых берегов на 10–20 м (1,0–2,8 м/год).

Все это согласуется с ранее наблюдавшимися (до 1980 г.) темпами плановых деформаций русла дельтовых протоков р. Кубань.

Высотные деформации русел рек

Наряду с плановыми высотные деформации дна также являются важной характеристикой руслового процесса. Высотные и плановые деформации речных русел взаимосвязаны и взаимообусловлены. Характер связи высотных и плановых изменений речных русел в естественных условиях определяется прежде всего типом руслового процесса, то есть конкретной схемой русловых переформирований, свойственной каждому типу руслового процесса. Режим, виды и абсолютные и относительные величины высотных деформаций дна речных русел зависят от размеров реки, речных и русловых мезо- и микроформ и их динамических характеристик.

Высотные деформации русел рек, обусловленные плановыми перемещениями русла, наиболее значительны в береговой зоне при размыве пойменных берегов русла и образовании здесь плесовых ям.

Внутрирусловые, знакопеременные, обратимые колебания отметок дна, обусловленные перемещением в реке русловых мезоформ, также существенны, достигая величин 0,6 НБ, где НБ — средняя глубина потока в бровках русла.

Колебания отметок дна, связанные с образованием и перемещением по дну русловых микроформ типа рифелей и гряд составляют (0,06–0,25)Н, где Н — глубина потока, при которой сформированы эти микроформы.

При искусственном вмешательстве в естественный ход развития русловых деформаций (регулирование русла, землечерпание и карьерные разработки, строительство струенаправляющих и берегозащитных сооружений и др.) высотные деформации дна принимают гипертрофированную форму и размеры, не подчиняясь закономерностям естественного руслового режима реки.

Для анализа высотных деформаций дна русел рек бассейна Кубани были использованы данные измерений в гидрометрических створах, выполненные на различных участках рек Кубани, Лабы, Белой, Пшиш, Псекупс, Северо-Кавказским управлением Росгидромета, Открытым акционерным обществом «Северо-Кавказский институт по проектированию водохозяйственного и мелиоративного строи-

тельства» («Севкавгипроводхоз») и Открытым акционерным обществом «Проектно-исследовательский институт «Кубаньводпроект»».

В табл. 7 представлены результаты совмещения поперечных профилей русел рек бассейна Кубани в 45 створах перечисленных выше рек.

Данные «Севкавгипроводхоза» охватывают период времени с 1998 по 2006 г. (р. Кубань ниже плотины Невинномысского гидроузла) и с 2001 по 2006 г. (р. Кубань, ст. Барсуковская). Поэтому максимальные колебания отметок дна на указанных участках, представленные в графах 4–5 отражают высотные деформации дна (размывы и намывы) во время катастрофического паводка 2002 г. Как следует из табл. 7, величины высотных деформаций весьма внушительны. Они связаны с движением мезоформ в русле реки высотой 1,4–1,3 м и размывом береговой полосы русла шириной 53 м у ст. Барсуковской на глубину 4,5 м.

Данные Северо-Кавказского управления Росгидромета выявили максимальные размывы дна в поперечных сечениях русла р. Кубань в гидрометрических створах у х. Дегтяревский и с. Успенское во время паводка 2002 г., соответственно 2,5 м и 0,94 м (табл. 7).

По данным Северо-Кавказского управления Росгидромета, величины измеренных внутригодовых колебаний отметок дна за разные годы, полученные в результате совмещения 4–8 поперечных сечений русла в каждом из них достигают: 1,2 м (р. Кубань, ст. Ладжская, 1978); 0,56 м (р. Лаба, х. Догужиев, 1987); 0,90 м (р. Белая, х. Грозный, 1987); 0,90 м (р. Шиш, аул Теучежхабль, 1967); 0,88 м (р. Псекупс, г. Горячий Ключ, 1967).

Максимальные колебания отметок дна русла р. Шиш у ст. Беджуховская в период 1990–1995 гг. составили 1,1–1,0 м (табл. 7).

Данные «Кубаньводпроекта» по 20 поперечным сечениям русла р. Кубань в нижнем бьефе Краснодарского гидроузла на участке 247,2–118,7 км от устья (табл. 7) демонстрируют явное превалирование на преобладающем большинстве этих участков размыва над намывом. Абсолютные величины максимальных размывов русла достигают 8,2 м (247,2 км от устья), а максимальный намыв 3,1 м (185,6 км от устья).

Как отмечалось, интенсивное и разнообразное инженерное вмешательство в естественный ход развития русловых деформаций на участке русла р. Кубань между Краснодарским и Тиховским гидроузлами протяженностью 128 км оказывает решающее влияние на характер, величины и темпы плановых и высотных деформаций русла на этом участке (табл. 7, графа 6).

МГУ был выполнен также анализ высотных деформаций дна рукавов дельты р. Кубани: соответственно Кубани и Протоки за период 1965–2001 гг. Были использованы лоцманские карты 1965 и 1985 гг., а также результаты полевых исследований МГУ 2001 г.

Установлено, что за период 1965–1985 гг. на участке от истока рукава Кубань до 75 км судового хода протяженностью 42 км наблюдалась тенденция к размыву дна. Далее на участке протяженностью 50 км (между 75 и 25 км по судовому ходу) наблюдалась аккумуляция. Ниже, на участке длиной 17 км (между 25 и 8 км судового хода) наблюдалась тенденция к размыву и на приустьевом участке длиной 8 км (8–0 км судового хода) преобладали аккумуляция наносов и повышение отметок дна.

В период с 1985 по 2001 гг. направленность высотных деформаций дна в рукаве Кубань существенно изменилась. На всем верхнем участке русла от истока рукава до 45 км по судовому ходу протяженностью 72 км стали преобладать процессы аккумуляции наносов с повышением отметок дна, а ниже, вплоть до морского края дельты на протяжении 45 км, преобладали процессы размыва дна.

В рукаве Протока в период с 1965 по 1985 г. по всей длине реки преобладала аккумуляция наносов. В период 1985–2001 гг. на участке от истока рукава до 100 км по судовому ходу протяженностью 33 км происходили знакопеременные деформации со слабой тенденцией аккумуляции наносов, а ниже, до морского края дельты, наблюдался размыв дна, особенно интенсивный на участке протяженностью 28 км (38–10 км по судовому ходу). По-видимому, отмеченное явилось следствием увеличения после 1985 г. водоносности рукава Протока и постепенного увеличения расходов воды в нижней части Протоки в результате поступления воды из сбросных каналов.

Таблица 7

Высотные деформации дна рек бассейна р. Кубань

№ п/п	Река пункт	Интервал времени совмеще- ния попе- речников, годы	Максимальные колебания от- меток дна в поперечнике		ПРИМЕЧАНИЯ
			РАЗМЫВ	НАМЫВ	
			абс. величи- на, м относительно уровня высо- ких вод 2002 г, м	абс. величина, м относительно уровня высо- ких вод 2002 г, м	
1	2	3	4	5	6
Данные ОАО «Севкавгипроводхоз»					
1	Кубань, 220 м ниже плотины Невинномыс- ского ГУ	1998–2006	<u>1,4</u> 0,23	<u>0,75</u> 0,12	Размыв мезоформы шириной 87 м (графа 4). Намыв рус- ловой формы шириной 21 м (графа 5)
2	Кубань, 1580 м ниже плотины Невинномыс- ского ГУ	1998–2006	<u>1,30</u> 0,22	<u>1,30</u> 0,23	Ширина полосы размыва 35 м, намыва — 30 м
3	Кубань, ст. Барсуковская	2001–2006	<u>4,5</u> 0,67	<u>4,0</u> 0,27	Размыв береговой полосы, шириной 53 м (графа 4). На- мыв русловой формы шири- ной 25 м (графа 5)
Данные Северокавказского Росгидромета					
4	Кубань, х. Дегтяревс- кий	11.07.2007 — 23.08.2002	2,50		
5	Кубань, с. Успенское	2001–2002	0,94		
6	Кубань, ст. Ладожская	1978	1,20	1,35	Сезонные, внутригодовые ко- лебания отметок дна
7		1980	0,90	1,35	
8		1982	1,30		
9		1987	0,70	0,7	
10	Лаба, х. Догужиев	1974	<u>0,31</u> 0,11	<u>0,50</u> 0,16	В знаменателе — колебания дна относительно отметок бровки русла
11		1977	<u>0,45</u> 0,20	<u>0,67</u> 0,22	

Таблица 7
(Продолжение)

12		1980	$\frac{0,53}{0,18}$	$\frac{0,59}{0,22}$	
13		1985	$\frac{0,27}{0,14}$	$\frac{0,36}{0,16}$	
14		1987	$\frac{0,56}{0,14}$	$\frac{0,80}{0,27}$	
15		1989	$\frac{0,22}{0,05}$	$\frac{0,54}{0,13}$	
16	Белая, х. Грозный	1966	0,22	0,67	
17		1970	0,44	0,95	
18		1987	0,90	0,90	За период с 10.03 по 28.09.1987 г. через этот створ прошла русловая мезоформа высотой 0,9 м и шириной 92 м
19	Пшиш, ст. Беджухов- ская	1990–1995	1,10	1,0	Максимальные колебания отметок дна русла в течение 5 лет
20	Пшиш, аул Теучежхабль	1967	0,72	0,9	Сезонные (внутригодовые) колебания отметок дна
21		1971	0,76	0,60	
22		1981	0,40	0,40	
23	Псекупс, г. Горячий ключ	1967	0,34	0,88	
24		1981	0,35	0,65	
25		1987	0,12	0,12	
Данные ОАО «Кубаньводпроект»					
26	Кубань, ниже бьефа Красно- дарского ГУ, 247,2 км от устья	1973–1992	$\frac{8,2}{0,68}$		Влияние строительных работ и карьерных разработок. В графах 4 и 5, здесь и ниже, представлены колебания отметок дна относительно уровня воды при $Q = 1500 \text{ м}^3/\text{с}$ в 2006–2007 гг.
		1992–2007		$\frac{4,5}{0,39}$	
27	246,2 км от устья	1973–1992	$\frac{5,0}{0,52}$		То же
		1992–2007		$\frac{1,5}{0,18}$	

Таблица 7
(Продолжение)

28	242,1 км от устья	1973–2007	$\frac{3,0}{0,15}$		Общий размыв русла. Влияние карьерных разработок
29	236,6 км от устья	1973–2007	$\frac{4,0}{0,52}$		Знакопеременные колебания отметок дна на фоне общего размыва. Влияние карьерных разработок
		1978–1983		$\frac{1,6}{0,22}$	
30	231,7 км от устья	1978–2007	$\frac{2,0}{0,23}$		Общий размыв. Влияние руслорегулирующих мероприятий и карьерных разработок
		1978–1983		$\frac{2,0}{0,24}$	
31	228,1 км от устья	1973–2007	$\frac{5,5}{0,58}$		Общий размыв в 18,7 км ниже плотины в черте г. Краснодара. Интенсивное антропогенное воздействие (крепление берегов), струенаправляющие дамбы, дноуглубительные, русло-выпрямительные работы, мостовые переходы
32	223,7 км от устья	1975–2007	$\frac{4,0}{0,44}$		Регулирование русла струенаправляющими шпорами, крепление правого берега
		1975–1983		$\frac{1,6}{0,24}$	
33	208,5 км от устья	1978–2007	2,8	0,27	Общий размыв, регулирование русла и карьерные разработки
34	195,6 км от устья	1980–2007	$\frac{2,0}{0,31}$		Знакопеременные колебания отметок дна на фоне общего размыва
		1980–1983		$\frac{1,3}{0,24}$	
35	193,6 км от устья	1980–2007	1,9	0,27	Общий размыв, влияние регулирования русла и карьерных разработок
36	190,2 км от устья	1980–2007	$\frac{3,8}{0,51}$	$\frac{2,6}{0,47}$	Знакопеременные колебания отметок дна
37	185,6 км от устья	1980–2007	$\frac{4,0}{0,57}$	$\frac{3,1}{0,60}$	Знакопеременные колебания отметок дна. Регулирование русла и карьерные разработки
38	179,1 км от устья	1980–2007	$\frac{0,90}{0,13}$		Слабый, общий размыв русла

Таблица 7
(Окончание)

39	165,8 км от устья	1980–2007	3,9	0,39	Общий размыв русла
40	155,8 км от устья	1980–2007	$\frac{0,3}{0,05}$	$\frac{0,5}{0,08}$	Зона переменного подпора от Федоровского гидроузла
41	149,7 км от устья	1980–2007	2,0	0,23	Общий размыв русла
42		1980–2007	1,4	0,15	Общий размыв русла, карьеры
43	139,9 км от устья	1980–2007	2,0	0,40	Общий размыв русла. Влияние противопаводковых и берегоукрепляющих работ
44	129,9 км от устья	1980–2007	$\frac{2,0}{0,18}$	0,09	Карьерные разработки
45	118,7 км от устья	1980–2003	$\frac{0,3}{0,12}$		Общий размыв русла. Влияние строительных работ Тиховского ГУ

Представленные в настоящей статье результаты исследований различных аспектов руслового процесса рек бассейна Кубани, методы анализа и количественной оценки характеристик транспорта наносов и руслового процесса, а также данные о плано-

вых и высотных деформациях речных русел могут быть использованы для организации мониторинга и учета руслового процесса с целью устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса бассейна р. Кубань.

Список литературы

1. Кондратьев Н. Е., Попов И. В., Сنيщенко Б. Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. — Л.: Гидрометеиздат, 1982. — 271 с.
2. Учет деформаций речных русел и берегов водоемов в зоне подводных переходов магистральных трубопроводов (нефтегазопроводов) ВСН 163-83. — Л.: Гидрометеиздат, 1985. — 143 с.
3. Методические указания по расчету устойчивых аллювиальных русел горных рек при проектировании гидротехнических сооружений. — М.: Колос, 1972. — 63 с.
4. Копалиани З. Д., Костюченко А. А. Расчеты расхода донных наносов в реках: сборник работ по гидрологии. — СПб.: Гидрометеиздат, 2004. — № 27. — С. 25–40.

Б. Кхарел,

канд. техн. наук, доц., СПГУВК

ВЛИЯНИЕ ТВЕРДОГО СТОКА РЕК ЮЖНОЙ АЗИИ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙIMPACT OF SEDIMENT LOAD OF SOME SOUTH ASIAN RIVERS ON
MAINTENANCE OF HYDRAULIC STRUCTURES

В статье приводятся характеристики основных рек Южной Азии с учетом их твердого стока, а также указываются конкретные примеры негативных воздействий наносов на эксплуатацию различных гидротехнических сооружений. Даются рекомендации для минимизации ущерба от влияния наносов.

The article gives characteristics of main South Asian rivers with their sediment load, illustrates certain examples of negative sediment load impact on maintenance of different hydraulic structures. Recommendations for minimization of sediment load impact are suggested.

Ключевые слова: твердый сток, истоки Ганга, мутность, гидроузел Санься, взвешенные наносы, керамическое покрытие.

Key words: sediment load, riverheads of the Ganges, turbidity, hydro-electric station, suspension sediment, ceramic covering.

РЕКИ Южной Азии протекают по территории огромных размеров и поэтому имеют большую протяженность. В то же время резкие климатические различия между отдельными частями региона определяют многообразие водного режима и типов питания рек. По величине среднего объема годового стока вся Азия стоит на первом месте среди других материков. С ее поверхности в океан стекает ежегодно 12 850 км³ воды, что составляет около 1/3 объема среднегодового мирового стока.

Ввиду огромных размеров региона, резких климатических различий, вызываемых не только географическим положением отдельных районов, но и горно-котловинным рельефом, распределение стока отличается крайней неравномерностью. Годовой слой стока достигает наибольших величин (1000–1500 мм и более) в горных районах на юго-западе Индостана, Бирмы и Юго-Восточного Китая, обильно орошаемых экваториальными и тропическими муссонными дождями, нерегулярен и поэтому в указанных странах особое значение в жизни населения приобретают подземные воды. Дебет источников нередко лимитирует размеры населенных пунктов, значительная часть которых рас-

полагается в предгорных районах, на конусах выноса и террасах, где имеются выходы грунтовых вод.

Воды многих рек поддерживали существование больших озер, которые при последующем нарастании сухости климата стали высыхать и заполняться аллювиальными наносами. Многие современные реки потеряли связь с сильно сократившимися и обмелевшими реликтовыми озерами. В настоящее время древние ирригационные сооружения, примитивные водяные колеса (нории) и запруды постепенно уступают место современным гидросооружениям, но их еще недостаточно, чтобы удовлетворить острую нужду в воде, особенно летом.

В бассейн Индийского океана почти не поступает поверхностный сток из пустынно-тропической Аравии, но Гималайские хребты, горные области Бирмы и западные склоны Гхат несут в океан огромные массы воды. В этих районах годовой слой стока достигает 1000–1500 мм. Наибольшую высоту он имеет на южных склонах Восточных Гималаев. Это объясняется большим количеством атмосферных осадков (в Черрапунджи, широко известном как одно из самых дождливых мест на Земле, абсолютный годовой макси-

мум осадков — 22 987 мм в 1860–1861 гг., средняя годовая норма — 12 660 мм), а также низкими температурами на больших высотах и, следовательно, пониженным испарением.

Горы расчленены густой речной сетью, а прилегающие к ним низменности пропитаны водой, словно губки, и в дельтах крупных рек — Ганга, Брахмапутры и Иравади («слоновая река») — сильно заболочены. На менее увлажняемых склонах Восточных Гхат, в засушливых внутренних районах Индостана и на сухих равнинах Инда, напротив, слой стока невелик (от 200 до 50 мм и менее). Короткие реки Индостана и Бирмы получают сезонное дождевое питание, но в зависимости от режима выпадения осадков максимальные расходы наступают в одних районах в летние месяцы, в других — в осенние. Имеющие преимущественно летний сток реки можно отнести к рекам с муссонным типом водного режима, реки с преобладающим осенним стоком — к рекам нигерианского типа [1]. Последние типичны для южного Индостана и острова Цейлон. Наряду с короткими и сравнительно маловодными реками в Индийский океан впадают крупные реки большой протяженности, такие как Инд, Ганг, Брахмапутра. Эти реки имеют сложный режим, поскольку протекают через различные физико-географические области и страны: их притоками являются все реки Непала.

Они имеют снежно-ледниково-дождевое питание в верховьях, дождевое — в среднем и нижнем течении, резкий летний максимум стока и сочетают в себе особенности рек альпийского и муссонного типов.

Верховья Инда и Брахмапутры лежат в Южном Тибете, сравнительно маловодны и зимой замерзают. При прорыве через Гималаи течение этих рек становится бурным, русла порожистыми, уклоны достигают 12–15 м/км, но при выходе на великие индийские равнины они становятся широкими и спокойными. Истоки Ганга питают ледники главного Гималайского хребта. Многочисленные горные притоки Ганга резко увели-

чивают объем воды в реке. На выходе из гор Ганг широко разливается в период летнего муссона и интенсивного таяния снегов и льдов в Гималаях. В устье эта река образует общую дельту с Брахмапутрой. При разливах дельта превращается в лабиринт островов и протоков, быстро меняющих свои очертания. В сухой зимний период крупные реки (особенно Ганг и Брахмапутра) не испытывают такого резкого спада воды, как реки Деккана, поскольку и зимой на южных склонах Гималаев также выпадают осадки, хотя и менее сильные.

Река Ганг длиной 2525 км транспортирует около 729 млн т наносов в год. Речные сети на севере Индии и бассейн реки Ганг показаны на рис. 1, а. Связь между уровнем воды и мутностью в створе Патны показаны на рис. 1, б.

Реки Индии, Пакистана и Непала используются для орошения, в засушливых районах с древних времен проведена ирригационная сеть. Наиболее крупные реки и каналы используются для судоходства. Ввиду горного рельефа островов реки архипелага мало пригодны для судоходства, но имеют большое значение для энергетики и орошения рисовых полей. Реки Индокитая, как и реки полуострова Индостан с дождевым питанием, имеют ярко выраженный летний максимум стока, особенно заметный на реке Меконг.

Лесс (слабосцементированная осадочная горная порода желтоватого цвета), ежегодно выносимый Хуанхэ (Желтая река) в огромных количествах, слагает ее дельтово-аллювиальную равнину площадью около 250 000 км². Современная дельта реки по сравнению с древними дельтовыми отложениями не так велика (около 2000 км²). Если Хуанхэ известна своими катастрофическими летними разливами, то сток Янцзы более равномерный. Это зависит главным образом от более равномерного распределения осадков на площади ее бассейна и регулирующих сток крупных озер (Дунтинху, Поянху и др.), связанных системой протоков с главным руслом реки.

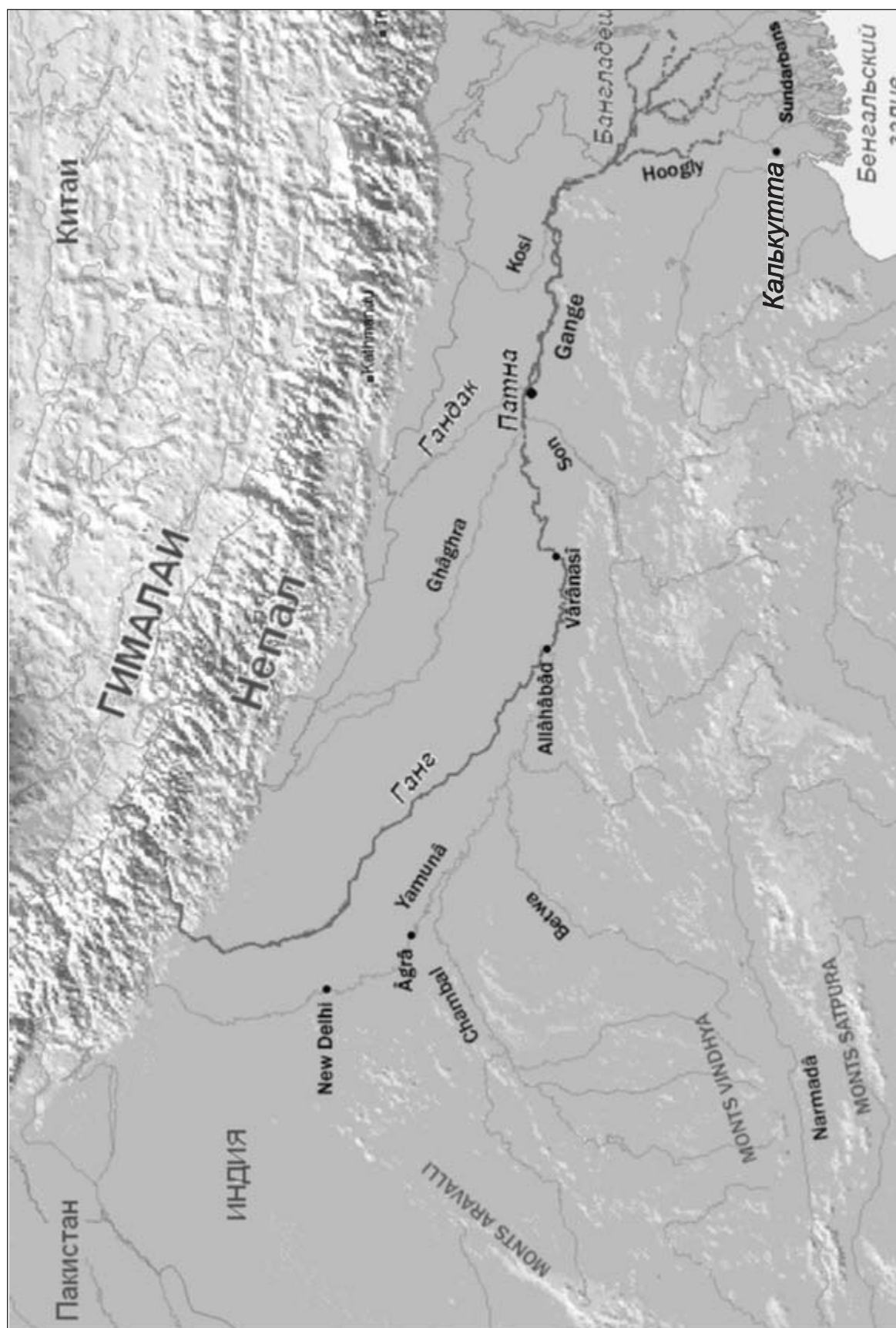


Рис. 1, а. Речная сеть на севере Индии и бассейн реки Ганг

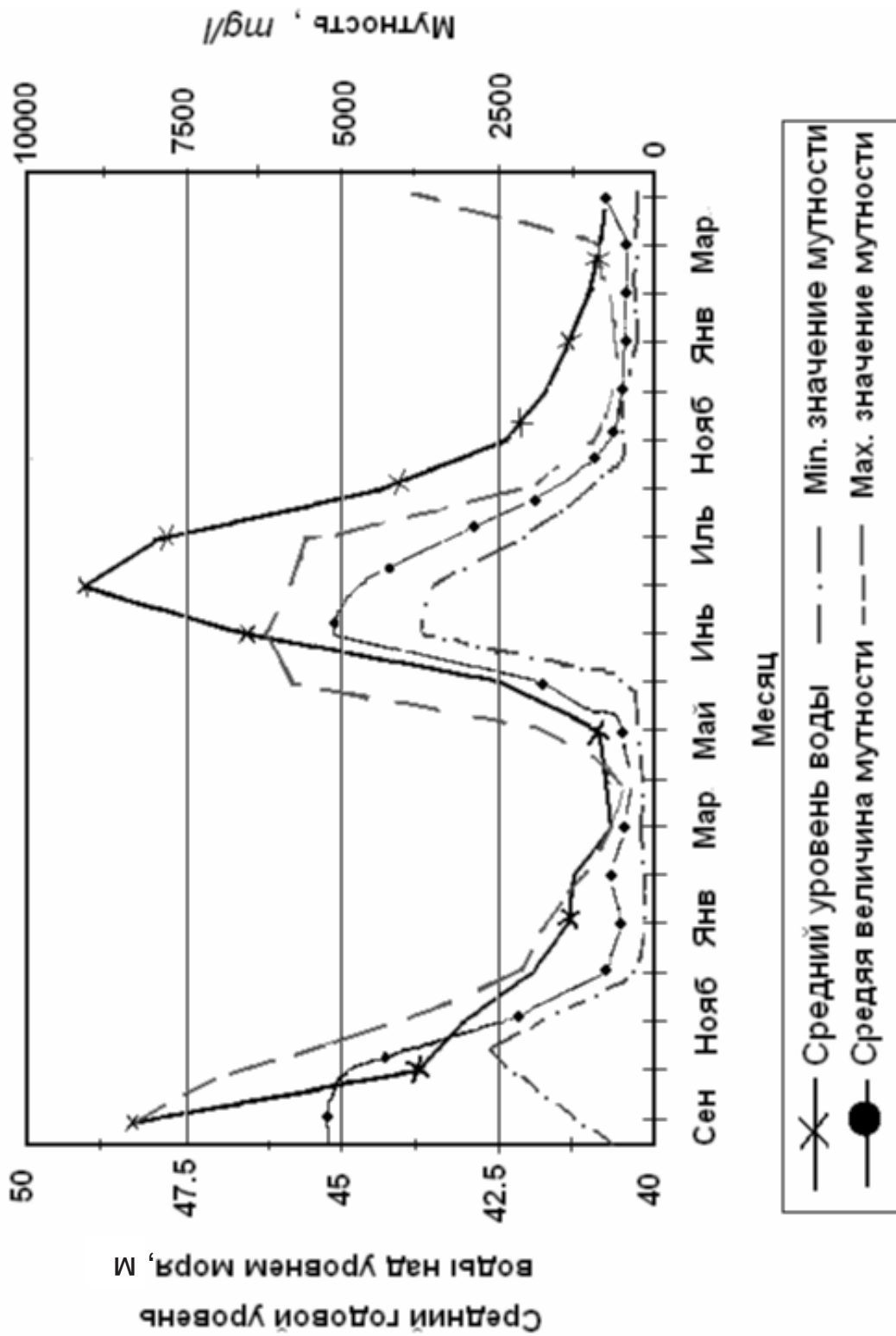


Рис. 1, б. Зависимость мутности воды от уровня в реке Ганг в створе Патны 1994–1995 гг.

Твердый сток Янцзы очень велик, но он не аккумулируется столь интенсивно в русле, как у Хуанхэ. Половина наносов остается в дельте и на предустьевом взморье, отчего береговая линия выдвигается в сторону моря на два километра в столетие. В связи с этим в Народном Китае развернулись грандиозные работы по регулированию стока рек. На Хуанхэ, Хуайхэ, Янцзы и других крупных реках построены и строятся десятки крупных плотин, береговых дамб, оросительных каналов, сооружаются гидроэлектростанции.

С ростом населения в этом регионе на-

чиная с середины прошлого века строили новые города или расширяли существующие. Для этого часто уничтожались лесные массивы, сильно влияющие на экосистему реки и окружающей среды, в связи с чем наблюдались природные аномалии и катастрофы (наводнения, оползни, засухи и т. д.). Наличие больших скоростей течения потока в реках приводит к интенсивному размыву русел, и они транспортируют огромные количества взвешенных и донных наносов (данные твердого стока на основных мутных реках мира приведены в табл. 1).

Таблица 1

Твердый сток на основных реках мира

Государство	Река	Бассейн реки, (10^3 км^2)	Годовой сток, (10^9 м^3)	Твердый сток, (10^9 Т)	Годовая концентрация наносов (мутность), ($\text{кг} / \text{м}^3$)	Твердый сток / площадь бассейна реки, ($\text{Т} / \text{км}^2$)
Китай	Желтая река	752,4	47,4	1,63	35,0	2126
США	Колорадо	637	4,9	0,135	27,5	211,9
Индия — Бангладеш	Ганг	955	371,0	1,541	3,92	1519
Египет — Судан	Нил	2978	89	0,111	1,25	37,3
США	Миссисипи	3230	564,5	0,312	0,55	96,6

В связи с бурным ростом населения и экономики стран Азии, этот регион сильно нуждается в энергоресурсах и продовольствии. Кроме водных ресурсов, газа и нефти в регионе очень мало. Регион активно использует водные ресурсы, строятся крупные комплексные гидроузлы. Самый большой в мире гидроузел Санься («Три ущелья») строится на реке Янцзы в Китае. При строительстве гидроузлов различных назначений большое внимание приходится уделять удалению наносов.

Крупные наносы, попадая в водохозяйственные сооружения (оросительные каналы, водоприемники, деривационные ка-

налы гидроэлектростанций и т. д.), оседают в водоводах и уменьшают их пропускную способность. Взвешенные наносы истирают облицовки деривационных и станционных водоводов, а также рабочие элементы гидротурбин. Абразивный износ турбин приводит к значительному падению их КПД, а следовательно, к снижению мощности и выработки энергии гидроэлектростанции, сокращению срока службы гидротурбинного оборудования. С целью уменьшения ущерба, вызываемого наносами, при проектировании ГЭС предусматриваются меры по защите сооружений и оборудования от проникновения в них опасных фракций наносов.



Рис. 2. Река Кали Гандаки (приток р. Ганг) на отметке 2540 м над уровнем моря



Рис. 3. Очистка канала от наносов
в оросительной системе (г. Читван, Непал)

Все реки Непала несут с водой большой объем наносов, что обусловлено мягкими горными породами, слагающими русло рек. Установлено, что общие потери грунтов от речной эрозии составляют более 250 млн м³ в год. Некоторое представление об объеме наносов в речных потоках Непала дает табл. 2.

Таблица 2

**Площадь водосбора и расходы
основных рек Непала**

Река	Площадь водосбора, км ³	$\frac{\text{наносы}}{\text{вода}}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$
Коши	50 000	1/420
Карнали	43 000	1/440
Гандаки	36 000	1/460
Рапти	3650	1/800

В связи с большим количеством наносов в потоке все непальские гидроэлектростанции оборудуются отстойниками. Для примера рассмотрим гидроэлектростанцию Кхим-

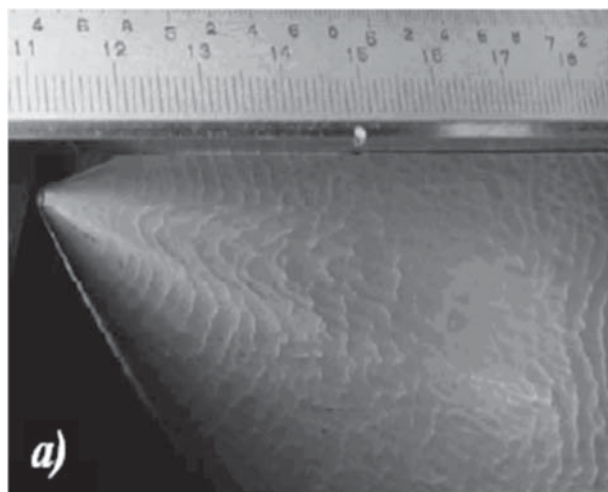


Рис. 4. Эрозионный износ элементов активной турбины ГЭС Кхимти-I:

a — конус; *б* — ковш

ти-I на горной реке Кхимти с установленной мощностью 60 Мвт (5*12 Мвт). Мутность реки во время паводка составляет 10–11 кг/м³. Для осаждения 85 % наносов с размером до 0,13 мм и 95 % с размером 0,20 мм в составе гидроузла имеется двухкамерный отстойник с непрерывным промывом. Однако его работа оказалась недостаточно эффективной: после 6000 часов эксплуатации ГЭС на элементах турбин появился эрозионный износ (рис. 4). Выполненные лабораторные исследования движения наносов в реке Кхимти и в других реках Непала показали, что в них содержится большое количество кварцевых частиц размером меньше 0,13 мм, которые вызывали интенсивный износ оборудования ГЭС.

Для предотвращения износа элементов турбин предложено использовать напыление на элементы агрегатов твердого керамического покрытия. Стоимость ежегодного покрытия в 2003 г. составила 25 тыс. долл. США, но идея оказалась не совсем эффективной. В этих регионах специалистам в сфере гидротехнического строительства необходимо глубоко изучать влияние наносов на эксплуатацию различных гидротехнических сооружений. В условиях сложной топографии Непала рекомендуется проектировать новые отстойники с вертикальной промывкой, которые эффективно удаляют наносы, сохраняя экологическую обстановку в нижнем бьефе гидроузла [13, 14].

Список литературы

1. Львович М. И. Элементы водного режима рек земного шара. — Свердловск; М., 1945.
2. Львович М. И. Человек и воды. — М., 1963.
3. Гидроэлектрические станции / под ред. В. Я. Карелина, Г. И. Кривченко. — М.: Энергоатомиздат, 1987.
4. Каницуров В. Н., Кумскова Н. Г. Занесение–заиление головных отстойников мелиоративных систем. — Благовещенск, 1990.
5. Проектные документации гидроузлов на реках Марсянгди, Катманду, Непал. — 1991.
6. Проектные документации гидроузлов на реках Кулехани, Катманду, Непал. — 1991.

7. Демура М. А. Горизонтальные отстойники. — Киев: Будивельник, 1968.
8. Данелия Н. Ф. Водозаборные сооружения на реках с обильными донными наносами. — М.: Колос, 1964.
9. Использование водной энергии: учебник для вузов / под. ред. Ю. С. Васильева. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1995. — 608 с.: ил.
10. Manual on River Behaviour, control and training. Dr. D. V. Joglgkar. — New Delhi, 1971.
11. Sediment in Nepalese hydropower projects. Bholi Thapa, Raju Shrestha, Projjowal dhakal, Norwegian University of science and Technology and Kathmandu University. — Nepal, 2004.
12. Sediment yield and sediment budget of the yellow river. Hongling SHI, Yangui Wang, Cheng LIU, International Research and Training Centre on erosion and Sedimentation, Beijing. — China, 2007.
13. Кхарел Б. Истечение водогрунтовой смеси через днищевые люки бункеров-отстойников: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — СПб., 1999.
14. Кхарел Б., Колосов М. А., Лощак В. К. Отстойник гидротехнического сооружения (изобретение) БИК № 11, свид-во № 22610. — М., 2002.

А. С. Мишин,
аспирант, СПГУВК

АНАЛИЗ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ В МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЯХ НИЖНИХ ДВУСТВОРЧАТЫХ ВОРОТ СУДОХОДНЫХ ШЛЮЗОВ

ANALYSIS OF LOADING OPERATING IN METAL CONSTRUCTIONS OF THE BOTTOM FOLDING GATES OF THE LOCKS

В статье рассмотрены действующие на нижние двустворчатые ворота нагрузки. Проведен качественный анализ связей ворот с использованием основных положений системного анализа. Проведена по возможности их количественная оценка влияния на напряженно-деформированное состояние. Делается вывод о недостаточности данных и необходимости проведения дополнительных наблюдений.

In article loadings operating on the bottom folding gate are considered. The qualitative analysis of communications of gate with use of substantive provisions of the system analysis is carried out. Their quantitative estimation of influence on intense-deformed condition is made, whenever possible. The conclusion about insufficiency of the data and necessity of carrying out of additional supervision is drawn.

Ключевые слова: судоходный шлюз, нижние двустворчатые ворота, связи системы, нагрузки, опорные реакции, распорные усилия, гидростатический напор, характер деформации.

Key words: navigable sluice, the bottom folding gate, communications of system, loading, basic reactions, spacer efforts, a hydrostatic pressure, character of deformation.

Анализ воздействий на металлоконструкции ворот

Срок эксплуатации судоходных шлюзов Российской Федерации составляет 45–70 лет. Надежность механического оборудования уменьшается из-за процессов старения, в связи с чем возрастает вероятность отказов. На

большинстве металлоконструкций нижних двустворчатых ворот (НДВ) после 15–20 лет эксплуатации началось образование трещин, что вызывает необходимость оценки надежности ворот, определения их остаточного ресурса, а также определения возможности проведения ремонтных работ для обеспечения

несущей способности металлоконструкций. Для решения этих задач требуется информация о напряженно-деформированном состоянии конструкции с учетом фактических условий их эксплуатации.

ментами, выполненного с использованием основных положений системного анализа [1], представлены на рис. 1.

Из рис. 1 следует, что НДВ имеют следующие связи:

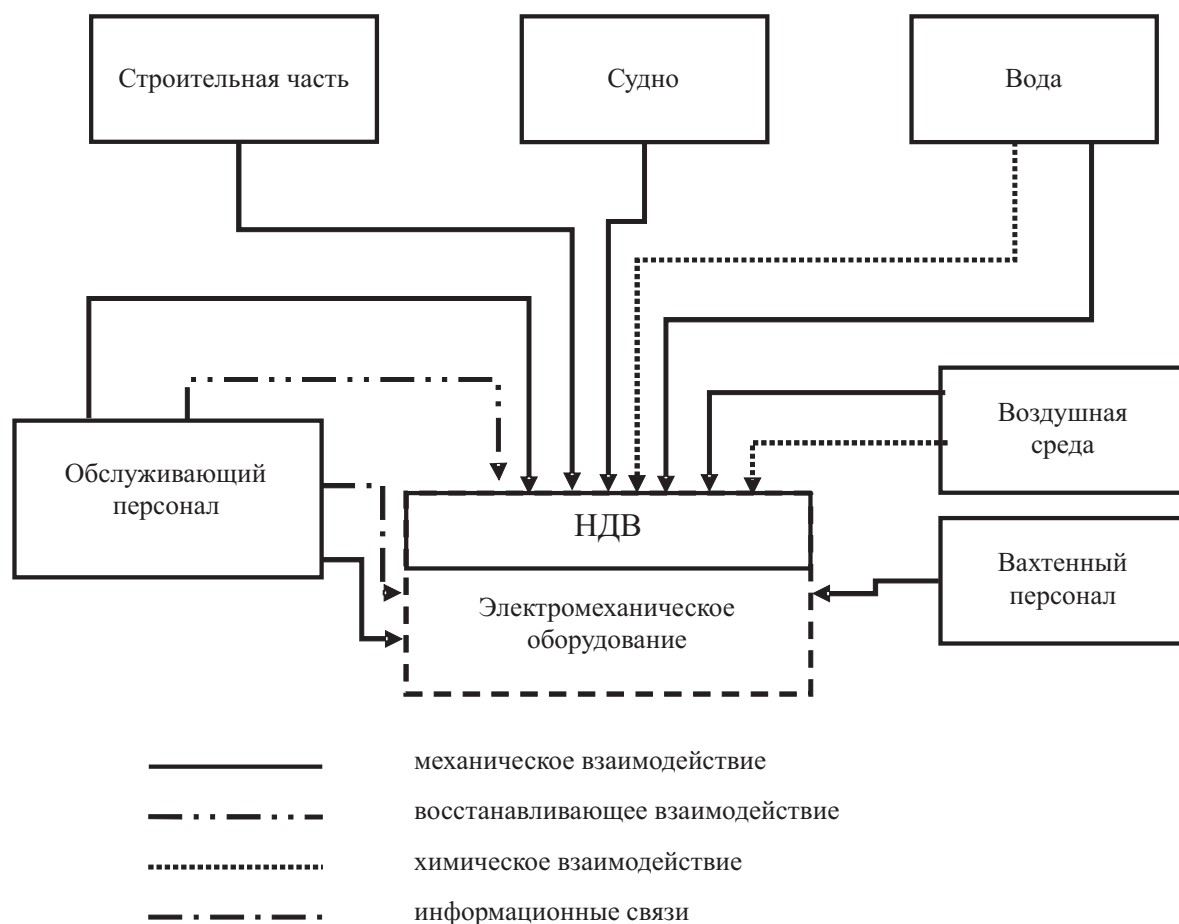


Рис. 1. Схема связей, влияющих на нагруженное состояние ворот

Судоходный шлюз представляет собой единый конструктивный комплекс, состоящий из строительной, механической и электротехнической частей, функционирование и управление которыми обеспечивается персоналом шлюза. НДВ являются элементом механического оборудования, который, кроме взаимодействия с указанными составными частями шлюза, имеет связи с элементами окружающей среды: вода, воздух, грунт вблизи сооружения (опосредованно, через строительную часть). Существует и взаимодействие НДВ со шлюзующимися судами.

Результаты качественного анализа взаимодействия НДВ с вышеуказанными эле-

- 1) механические:
 - с элементами электромеханического оборудования через механический привод;
 - элементами строительной части;
 - персоналом шлюза;
 - водой (гидростатический напор, сопротивление воды при маневрировании, изменение массы ворот из-за наносов);
 - воздушной средой (ветровая нагрузка);
 - шлюзуемыми судами (навалы различного вида, динамический поток от винтового комплекса);
- 2) химические;
 - с водной и в меньшей степени воздушной средой;

3) информационные;

— с обслуживающим персоналом (наблюдения за состоянием и правильным функционированием электромеханического оборудования, в том числе ворот);

4) восстанавливающие;

— с обслуживающим персоналом (устранение износов, восстановление пространственного положения ворот, устранение трещин).

Оценка нагрузок, действующих на элементы металлоконструкций НДВ

Створка ворот под напором воспринимает нагрузку гидростатического давления воды и передает ее на устои. В безнапорном состоянии она опирается на пяту и гальсбант и приводится в движение механизмом привода.

Силы, действующие на створку ворот, находящуюся под напором, представлены на рис. 2.

Гидростатическое давление q зависит от глубины. Оно приводит к образованию горизонтальной силы P_q^H , направленной перпендикулярно плоскости обшивки (рис. 2, а), и вертикальной снизу вверх P_q^B (рис. 2, б), перпендикулярной нижнему ригелю (периодически действующая нагрузка). Под действием силы P_q^H ворота смещаются в нижний бьеф. Об этом свидетельствует характер износов поверхностей веревальных вкладышей. Определение величины и характера подобных перемещений требует дополнительных исследований.

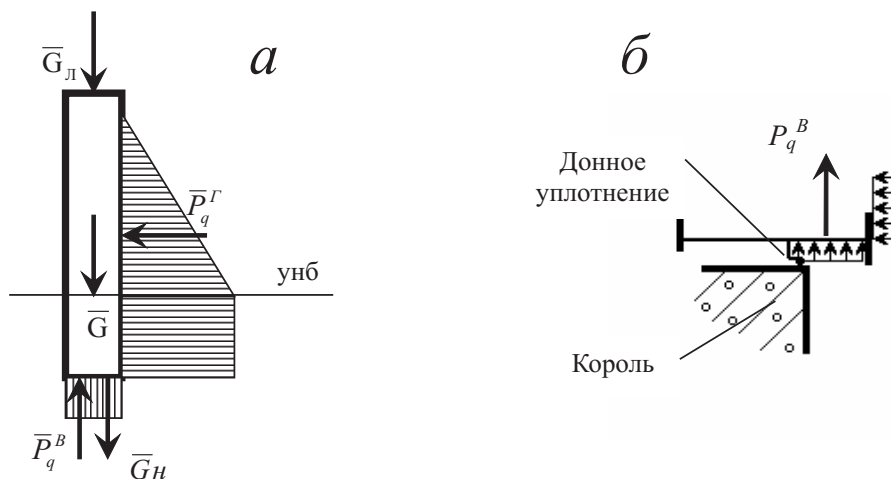


Рис. 2. Схема сил, действующих на закрытую створку ворот под напором:
а — закрытая створка под напором; б — возникновение вертикальной силы P_q^B

Собственный вес подвижной части ворот G является постоянно действующей нагрузкой. Вес наносов в подводных ригелях G_H представляет собой нарастающую до определенного уровня нагрузку. Вес людей, находящихся на переходном мостике G_L , также является временной нагрузкой. В связи с тем, что переходные мостики НДВ используются в основном в качестве технологических переходов, большого количества людей на них не бывает. В связи с этим при расчетах металлоконструкции ворот данную нагрузку можно не учитывать.

Речная вода имеет высокую концентрацию взвешенных частиц. Это вызывает заиливание подводных ригелей. Особенно сильно данный фактор сказывается при зашитых подводных ригелях.

Возьмем для примера шлюзы Вытегорского РГСиС ГБУ «Волго-Балт», имеющие размеры створок 11,8 м длины, 17,7 м высоты и 1,2 м ширины. Среднее значение взвешенных частиц составляет 19–22 мг/дм³. При собственном весе створки 120 т объем грунта может достигать 30 % объема подводной части, то есть около 35 т. Рассмотрим схему сил, действующую на створку ворот при отсутствии напора (рис. 3).

Ось Z направим по оси вращения створки, ось X — через центр шара пяты параллельно нижнему ригелю. Составим систему уравнений равновесия створки с учетом того, что в закрытом (или открытом) положении вся нагрузка передается на одну из тяг гальсбанта.

$$\left. \begin{aligned} R_{ПХ} - R_{Г} &= 0 \\ R_{ПZ} - G_{Б} - G_{Н} &= 0 \\ (G_{Б} + G_{Н})L - R_{Г}H &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где: $R_{ПХ}$, $R_{ПZ}$ — проекции реакции пяты на оси X и Z соответственно;

$R_{Г}$ — реакция гальсбанта;

$G_{Б}$ — вес створки;

$G_{Н}$ — вес наносов;

L — плечо действия сил веса;

H — расстояние от центра шара пяты до оси тяги гальсбанта.

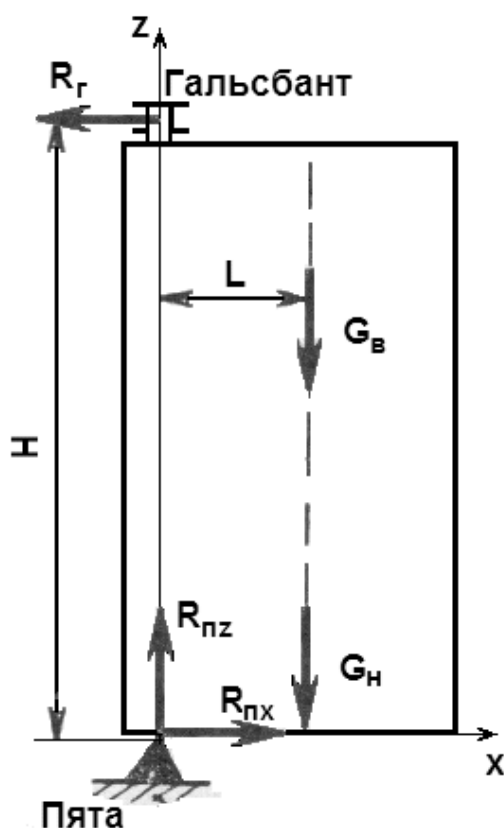


Рис. 3. Схема сил, действующих на закрытую (открытую) створку без напора

Решая данную систему, получаем:

$$\left. \begin{aligned} R_{ПХ} &= R_{Г}, \\ R_{ПZ} &= G_{Б} + G_{Н}, \\ R_{Г} &= \frac{(G_{Б} + G_{Н})L}{H}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Вычислим опорные реакции и сведем данные в табл. 1.

Таблица 1

Опорные реакции створки

	Проектные расчеты	С учетом наносов
$R_{Г}$, т	32	41,5
$R_{ПХ}$, т	32	41,5
$R_{ПZ}$, т	120	155

Из таблицы видно, что приращение опорных реакций достигает 30 %.

Методика расчета нагрузок от гидростатического напора, воспринимаемого створками ворот, приводится в работе [2]. Каждая пара ригелей на правой и левой створках, лежащих в одной горизонтальной плоскости, получает комбинированную нагрузку от давления воды в виде ряда сосредоточенных сил от диафрагм и сплошной нагрузки, воспринимаемой непосредственно обшивкой, и передает ее на устои. Для расчета ригелей такую комбинированную нагрузку можно принять как равномерно распределенную с интенсивностью q . Рассмотрим расчетную схему, изображенную на рис. 4.

За начало координат принята точка касания упорной и опорной подушек в верее, а направление оси X — параллельно обшивке. Примем, что на ригель передается нагрузка с двух половин расстояния между соседними ригелями. Изгибающая нагрузка на ригель от давления воды:

$$P_1 = ql_1, \quad (3)$$

где: q — интенсивность равнодействующей от давления воды;

l_1 — грузовой пролет створки.

Кроме этого, на ригель действуют продольные силы давления воды на торцы ригеля:

$$P_2 = ql_2; \quad P_3 = ql_3, \quad (4)$$

где: l_2 , l_3 — расстояния, на которых действует данная нагрузка.

Опорные реакции определяются из условия равновесия ригеля:

$$\left. \begin{aligned} P_2 - P_3 + A_x - B_x &= 0 \\ -P_1 + A_y + B_y &= 0 \\ -P_1a_1 - P_2a_2 + P_3a_3 + B_y l_1 &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

створ

верев

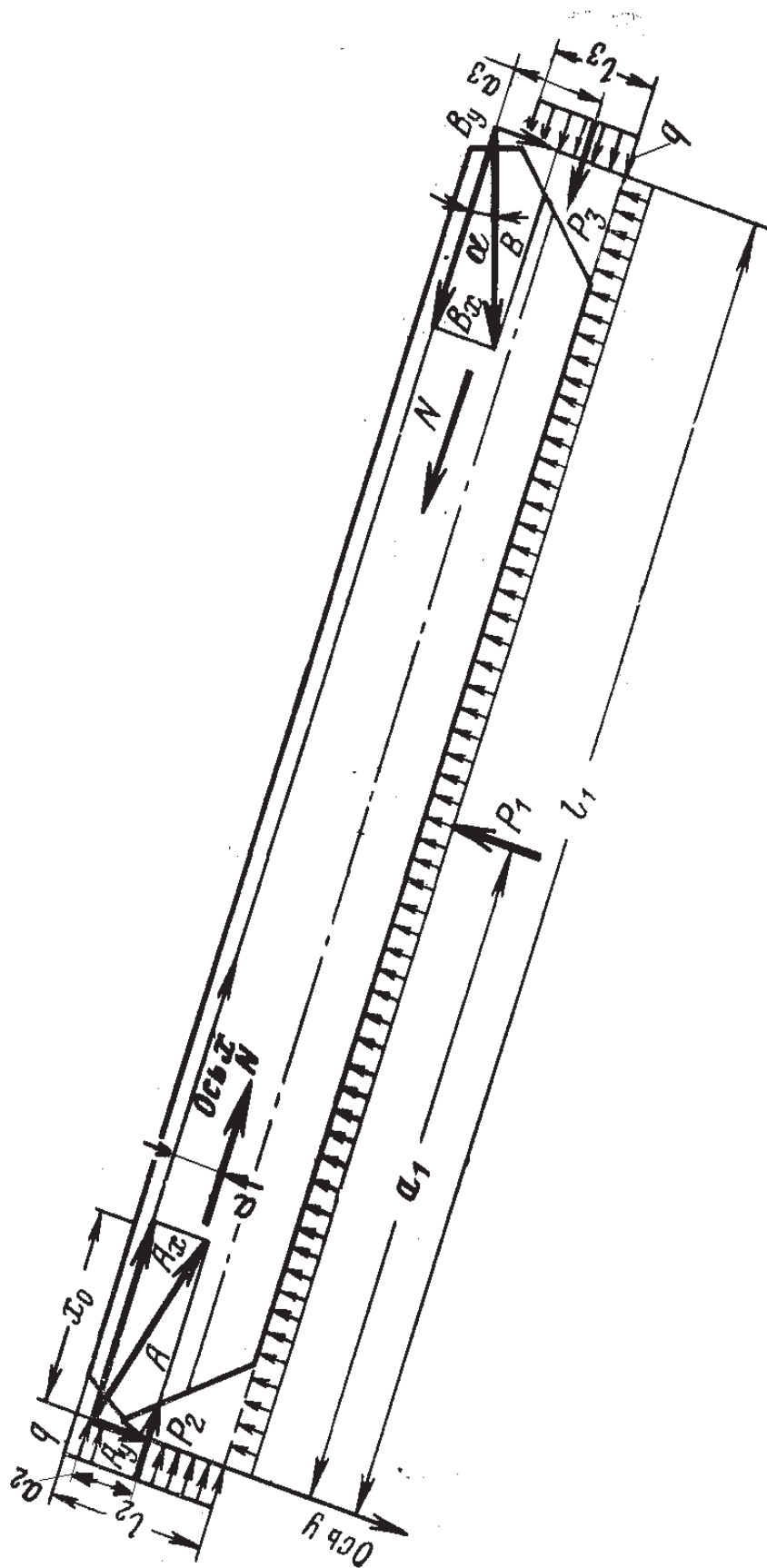


Рис. 4. Расчетная схема сил, действующих на ригель двустворчатых ворот

где: A_x, A_y — проекции реакции в вереве на соответствующие оси;

B_x, B_y — проекции реакции в створе на соответствующие оси;

a_1, a_2, a_3 — плечи действия соответствующих сил относительно начала координат.

Решая систему уравнений, находим:

$$B = \frac{q(l_1 a_1 + l_2 a_2 - l_3 a_3)}{l_1 \sin \alpha}, \quad (6)$$

$$A_x = \frac{q(l_1 a_1 + l_2 a_2 - l_3 a_3)}{l_1 \sin \alpha} \cos \alpha - q l_2 + q l_3, \quad (7)$$

$$A_y = q l_1 - \frac{q(l_1 a_1 + l_2 a_2 - l_3 a_3)}{l_1 \sin \alpha} \sin \alpha, \quad (8)$$

где: α — угол створения ворот.

Полная реакция в месте контакта веревальных подушек составит:

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}. \quad (9)$$

Направление реакции A :

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{A_y}{A_x}. \quad (10)$$

Рассмотрим сечение ригеля, находящегося на расстоянии x_0 от начала координат.

Осевая сила N , действующая в этом сечении, равна сумме проекций всех сил на ось X :

$$N = A_x + P_2 = A_x q l_2. \quad (11)$$

Расстояние a действия силы N от оси x составит:

$$a = P_2 a_2 / N. \quad (12)$$

Данная нагрузка является рабочей и имеет циклический характер.

По данным Вытегорского РГСиС ГБУ «Волго-Балт» [4] с учетом двусторонних шлюзований среднее ежегодное количество циклов нагружений составляет 2,5 тыс. Суммарное количество нагружений за время эксплуатации достигло 12×10^4 циклов. Время под нагрузкой в каждом цикле составляет 25–30 минут, но в отдельных случаях (профилактические работы, встречные шлюзования) может достигать двух часов.

Металлоконструкция ворот взаимодействует с элементами строительной части. При принятии воротами напора и возникновения распорных усилий происходит упругая деформация бетонных конструкций. Данные многолетних наблюдений, проводимых в Вытегорском РГС [4], показывают, что в результате этого верхние части устоев упруго расходятся на 7–10 мм каждое наполнение. Кроме этого, происходит накапливание остаточных деформаций бетона. К 2008 г. расхождение устоев составило в основном 40–50 мм. На шлюзе № 2, имеющем трещину в устое, эта величина достигла 70 мм. Используя формулы (3)–(9), оценим величину изменения реакций в опорных подушках при проектном угле в 20° и с учетом деформации устоев. Для упрощения расчетов примем, что устой сохраняет свою прямолинейность при отклонении. Расчет усилий приведен в табл. 2.

Таблица 2

Распорные усилия в подушках ворот

№ ригеля	Расчетный угол 20°		Устой смещен на 70 мм по верху			
	$A, \text{ т}$	$B, \text{ т}$	смещ., мм	Угол $\alpha, ^\circ$	$A, \text{ т}$	$B, \text{ т}$
13	4,03	4,18	69,93	18,89	4,08	4,41
12	44,56	46,22	64,27	18,98	45,09	48,60
11	109,55	113,65	55,93	19,12	110,69	118,67
10	159,95	165,93	48,52	19,24	161,39	172,23
9	215,42	223,47	41,15	19,36	217,05	230,61
8	247,53	256,78	33,74	19,47	249,07	263,44

Таблица 2
(Продолжение)

7	249,68	259,01	27,50	19,57	250,94	264,45
6	250,27	259,49	21,84	19,66	251,14	263,79
5	244,89	253,91	17,16	19,73	245,53	257,20
4	238,13	246,90	12,87	19,80	238,57	249,28
3	238,13	246,90	8,58	19,87	238,38	248,48
2	238,13	246,90	4,29	19,93	238,19	247,69
1	118,99	123,37	0	20	118,93	123,37

Анализируя ее, видим, что возрастание распорных усилий составляет, как правило, менее 1 %. Однако данный расчет не учитывает, что при расхождении устоев происходит поворот ригелей относительно друг друга (скручивание створок). Характер этой деформации показан на рис. 5. При этом возникают дополнительные нагрузки, которые, возможно, приведут к значительным напряжениям. Данный вопрос требует дополнительного исследования.

Выводы

1. Из вышесказанного следует, что общепринятая методика расчетов НДВ не

учитывает достаточно большого числа факторов, влияющих на напряжено-деформированное состояние металлоконструкции, а именно:

а) увеличение массы ворот из-за грязевых отложений;

б) скручивание створок при деформации устоев;

в) деформация створки при маневрировании от сопротивления воды (частично этот вопрос рассмотрен в работе [3]).

2. Необходимо исследовать напряженно-деформированное состояние ворот с учетом указанных факторов.

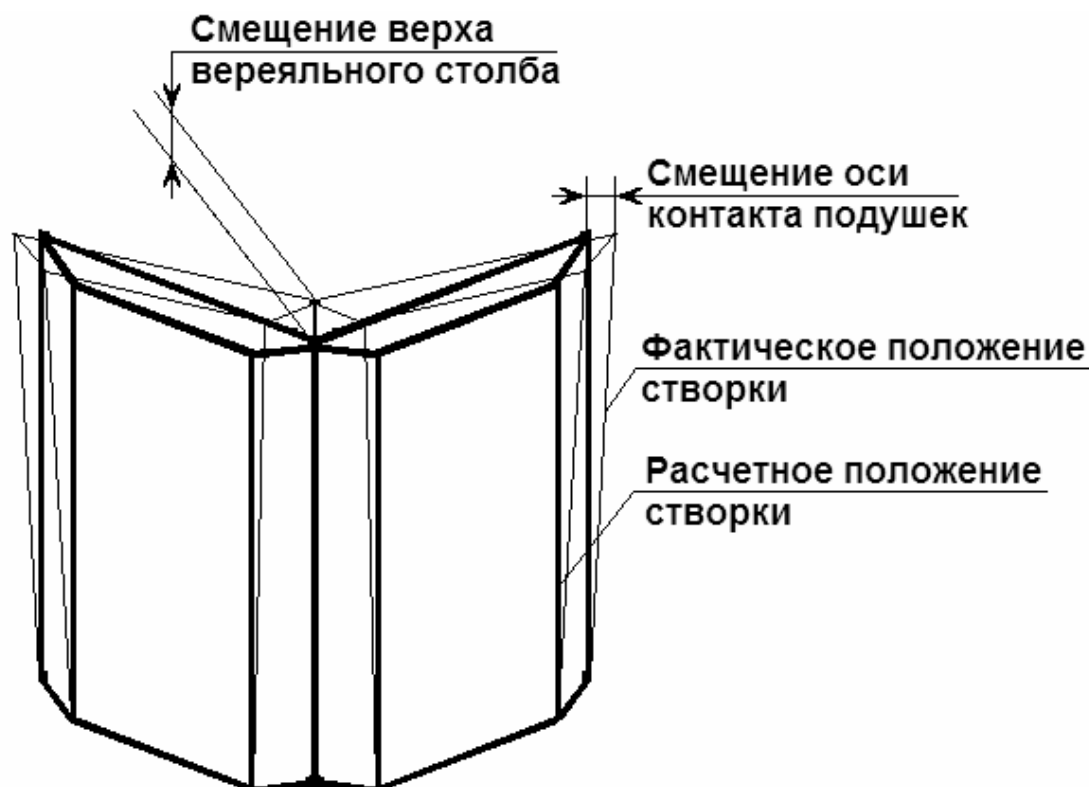


Рис. 5. Характер скручивания створок НДВ под напором

Список литературы

1. Гиг Дж ван. Прикладная общая теория систем: пер. с англ. / под ред. Б. Г. Сушкова, В. С. Тюхина. — М.: Мир, 1981.
2. Документация по наблюдениям и исследованиям на СГТС ВРГС ГБУ «Волго-Балт».
3. Жулин Н. М. Исследование нагрузок в механизмах ворот и затворов: промежуточный отчет. Тема 91–401. — СПб., 1992.
4. Полонский Г. А. Механическое оборудование гидротехнических сооружений: учебник для техникумов. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергия. 1984.

Sanjay Giri,River Engineering & Morphology Dept.,
Deltares/Delft Hydraulics, Delft, The Netherlands**AN OVERVIEW ON RECENT ADVANCES ON COMPUTATIONAL MODELING OF
BED FORM EVOLUTION USING DETAILED HYDRODYNAMICS****ОБЗОР ПОСЛЕДНИХ ДОСТИЖЕНИЙ ПО КОМПЬЮТЕРНОМУ
МОДЕЛИРОВАНИЮ ИЗМЕНЕНИЙ РУСЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ГИДРОДИНАМИКИ**

Within the scope of this report, we basically focus on current state of research regarding physically-based modelling of dune development using detailed hydrodynamics. Though, we also mention herein about those works in which the bed form dynamics have successfully been reproduced without detailed hydrodynamics. This is also of importance as a pragmatic tool, particularly when emphasis is given to the evolution of bed form characteristics, for instance, to evaluate the navigation depth during low water period. Prediction of large scale morphological behaviour of rivers, sediment transport and their influence on water surface variation (or inundation) is significantly associated with the local roughness that is dominated by form drag exerted by bed forms. In order to replicate form drag in a physically-based manner, it is of importance to consider the detailed hydrodynamics. So far, most existing methods are basically relied upon empirically/conceptually parameterized approach. The problem becomes more complicated if consider micro-scale morphological development and associated drag under varying flows. This requires an improved modelling approach that enables to take into account the variability of the bed form features and associated form drag under varying flows with rising and falling stages. Taking into consideration the significance of the problem, there are number of supplementary demands for the furtherance of existing knowledge and development. Particularly, due to significant step forward in computational modelling of fluid and bed form dynamics, we are rather near to a truly predictive tool that can be used to investigate this complicated phenomenon of river engineering practice. At the same time, we must consider that the knowledge being gained from fundamental research should concurrently be implemented to address real-world problems.

В этой статье мы в основном останавливаемся на текущем состоянии исследований, относящихся к физическому моделированию развития дюн, используя гидродинамику. Хотя мы также упоминаем о работах, в которых динамика формирования русла успешно представлена без учета гидродинамики. Это так же важно, как прагматический инструмент, особенно когда акцент делается на эволюции характеристик изменений русла для оценки глубины судоходства в период низкой воды. Прогноз широкомасштабного морфологического поведения рек, транспорт наноса и их влияние на изменение водной поверхности связаны с локальной неровностью. Чтобы повторить изменения физически, необходимо рассмотреть гидродинамику. Пока наиболее успешные методы в основном эмпирически опирались на параметрический подход. Проблема становится более сложной, если рассмотреть морфологическое развитие в микромасштабе и связанное движение в изменяющихся потоках. Это требует улучшенного подхода, который поз-

волит принять во внимание изменчивость черт изменений русла и связанное движение в изменяющихся потоках с возрастающими и снижающимися стадиями. Принимая во внимание важность проблемы, существуют дополнительные требования для поддержания существующих знаний и развития. Благодаря важному шагу вперед в компьютерном моделировании потока и динамики изменения русла, мы подошли к прогностическому инструменту, который может использоваться для исследования этого важного феномена практического строительства русла. В то же время мы должны считать, что знания, полученные из фундаментальных исследований, должны использоваться для решения существующих проблем.

Key words: detailed hydrodynamics, computational modeling, sediment transport, bed form evolution, morphodynamics.

Ключевые слова: гидродинамика, компьютерное моделирование, транспорт наноса, изменение русла, морфодинамика.

Introduction

Prediction of the morphologic features of micro-scale bed forms such as ripples and dunes is significant in evaluation of morphological development of river bed, resistance to flow and other characteristics associated with river environments; however this aspect of river engineering practice has been given relatively little attention and there is no existing tool for making physically-based predictions of bed form shape, wavelength and height for arbitrary steady or unsteady flow conditions.

Micro-scale bed forms (dunes) in alluvial streams are usually formed in the lower flow regime under rough turbulent conditions. For bed forms of this type, past observations show strong correlation between turbulence structures induced by flow separation, bed resistance and sediment transport. In other words, the flow, the bed morphology, and the sediment-transport field are tightly coupled and none may be predicted without knowledge of the others. Consequently, all these aspects are equally important for quantitative determination of bed form morphodynamics and must be treated in a coupled manner. A comprehensive review of past investigations on river dunes has been presented by Best (2005).

Within a scope of this report, we basically focus on current state of research regarding physically-based modelling of dune development using detailed hydrodynamics. Though, we also mention herein those works, where the bed form dynamics have successfully been reproduced without detailed hydrodynamics. This is also of importance as a pragmatic tool, particularly when emphasis is given to the evolution of bed form characteristics. For an instance to evaluate the navigation depth

during low water period, it is important to predict evolution of bed form characteristics.

On the other hand, prediction of large scale morphological behaviour of rivers, sediment transport and their influence on water surface variation (or inundation) significantly associated with the local roughness that is dominated by form drag exerted by bed forms. In order to replicate form drag in a physically-based manner, it is of importance to consider the detailed hydrodynamics. So far, most existing methods are basically based on an empirically parameterized approach. The problem becomes more complicated if consider morphological development and associated drag under varying flows. This requires an improved modelling approach that enables to take into account the variability of the bed form and the form drag under varying flows.

The recent development of high-performance computers and the associated reduction in computational time has made application of numerical models reliable, particularly for modelling flow and turbulence characteristics over bed forms. These models provide an improved understanding of flow structure over bed forms. However, they do not include bed form dynamics, but treated the bed forms as part of a rigid (non-erodible) bed and thus cannot be used to quantify the bed form initiation and evolution process including dynamic form drag exerted by them.

Morphodynamic numerical models have increased both in detail and range of applicability, and being increasingly employed these days solving the sediment transport that depend on local and dynamic flow information. For this purpose, the local flow information is determined from high-resolution hydrodynamic models like DNS, LES or TRANS. Most morphological mod-

els with the real-world application consider only the large scale and long-term morphological behaviour. They are incapable to predict the evolution of geometric characteristics of micro-scale bed forms as well as associated flow resistance. On the other hand, the advanced models, which are capable to predict the bed form characteristics in a physically based manner cannot be applied to resolve sophisticated real-world problems due to rather intensive computational efforts. Consequently, how to harmonize the theory and practice regarding the physically-based morphodynamic modelling techniques seems to be a challenging problem for modellers and scientists for coming years.

Existing state of the knowledge Detailed hydrodynamic modelling over bed forms

A number of efforts has been made so far to quantify the flow and turbulence structures over bed forms. Shimizu et al. (2001) developed computational codes for a three-dimensional direct numerical simulation of flow and turbulence over two-dimensional fixed dunes. The numerical model was able to reproduce coherent structures induced by separation at the dune crest. Numerical computations, carried out by Richards and Taylor (1981), Mendoza-Cabrales (1987), Zijlema et al. (1995), Yoon and Patel (1996), Barr et al. (2004) among others also yielded realistic prediction of flow field and turbulence over bed forms. These works along with the laboratory measurements and visualization of flows over bed forms have significantly improved our insight into the physics of those flows. Herein we attempt to describe some recent and advanced models that deal with the detailed hydrodynamic over dunes.

There are number of works being carried out pointing out the importance of detailed modelling of flow and turbulence over micro-scale bed forms. An interesting work was conducted by Chang and Scotti (2004) regarding modelling unsteady turbulent flows over ripples. The basic point of interest in this work is that they attempted to analyze the performance of RANS model and LES with dynamic eddy viscosity model. They came to the conclusion that RANS and LES agree well with regard to the streamwise component of the flow velocity; however RANS is found to

severely underpredict the turbulent characteristics and overpredict the vertical velocity profiles. They concluded that RANS model is not appropriate to employ in case of small-scale sediment transport, for an instance suspended sediment transport in a ripple scale level, due to the low values of the Reynolds stress that translate to low values of estimated eddy diffusivity. Moreover, they argued that sediments are ejected into the flow above the ripples primarily by the instabilities in the Shear layer, which remove sediments from the cloud that forms in the ripples, precisely where the largest discrepancy in the prediction of the Reynolds stress occurs between RANS and LES. This requires the correct modelling of the entire turbulent flow. These arguments might be correct in case of small-scale sediment transport with suspension, particularly in coastal region, but might be not valid for the case of bed form evolution with predominantly bedload transport.

Nelson et al. (2005) tested two computational codes with a direct numerical simulation (DNS) model with and without sub-grid scale closures to compute the flow and pressure fields over two- and three-dimensional bed forms. They also examined model prediction capabilities on flow and pressure fields in the wake region of backward-facing steps. They found that despite good performance of LES and DNS flow models, these models are prohibitively computationally intensive due to the necessity of computing a three-dimensional flow field even for two-dimensional topography, as can be seen from inspection of the Reynolds stress equations. Therefore, these models are not efficient enough to be applied in morphodynamic simulation, which require iterative application of the flow model over many small time steps as the bed morphology changes. Due to this difficulty, and for the sake of comparison, they used a vertical two-dimensional TRANS model (to be described below) and preliminarily examined the model capabilities. That model used a rigid-lid condition for the water-surface boundary. They concluded that the model predicts mean velocities at least as well as if not better than the LES model despite some significant quantitative discrepancies in Reynolds stress estimation in the wake region. In addition, the rigid-lid two-dimensional model predicted turbulence characteristic fairly well in the near-bed region.

The DNS or LES models indeed provide a better description of turbulent characteristics, and this has been shown by number of studies on LES and DNS modelling with rigid-lid as well as free surface flow over bed forms, such as Shimizu et al. (2001), Hayashi et al. (internet source!), Yue et al. (2006, 2005), Stoesser et al. (2007), Williams J. R. (2007), etc.

For the sake of comparison, we present herein some simulation results using a 3D DNS and a 2D vertical TRANS developed in Hydraulic Research Laboratory of Hokkaido University (Shimizu et al., 2001; Giri & Shimizu, 2006) comparing them with laboratory experiments conducted by Jonathan Nelson at USGS (1993, personal correspondence). It should be emphasized that the turbulent characteristics reproduced by a 2D model physically might not be correct; nonetheless the proposed 2D model solves the Reynolds equation with transient term retained. The unsteady RANS (or TRANS), in which part of the turbulence is modelled and part of the turbulence is resolved by the numerical scheme. In particular, the latter part of the turbulence is associated with flow separation induced by bed forms. Both DNS and 2D TRANS use a high-order Godunov scheme known as the CIP method for advection phase. Detailed description about the model and CIP numerical scheme can be found in Giri and Shimizu (2006), Shimizu et al. (2001), Yabe and Takei (1988), and Yabe et al. (1990).

Results depicted in Fig. 1, and Fig. 2 show better prediction of turbulent characteristics by DNS model. Though, a vertical 2D TRANS model also seems to be appropriate, particularly with finer grid near the bed.

Also, we compared the mean velocity profiles predicted by a LES model (Yue et al., 2006) and a 2D TRANS model. Results shows (Fig. 3) that the performance of a vertical 2D model is as good as predicted by a LES model. Obviously, a 2D model underpredicts the turbulent characteristics.

Recent work of Mohamed Nabi (2008) on developing a three-dimensional LES model for flow over dunes is also a significant step forward towards dealing with complex flow over complex boundaries. This hydrodynamic model comprises many advanced features like multigrid technique, which is rather useful approach to compute the

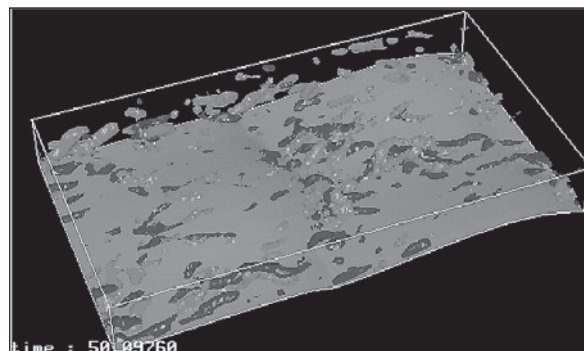


Fig. 1. A typical example of an instantaneous vorticity field over 2D dunes simulated by DNS model (developed at Hydraulic Research Laboratory of Hokkaido University)

flow and transport field with a local refinement of grids. This technique can be expanded to the situation, when channel bed/banks are movable, in more efficient and reliable manner than the models with moving boundary coordinate system (one used in Giri and Shimizu, 2006).

Modelling of bed form evolution

Despite number of investigations that have been conducted so far regarding the hydrodynamics over bed forms, very few have been done with regard to the morphodynamic modelling of bed form evolution, particularly focusing on the treatment of bedload transport. Herein, we describe in some detail about recently proposed state-of-the-art morphodynamic models that are close to physically-based predictive models of bed form behaviour as well as some models that describe bed form dynamics with parameterized hydrodynamic properties.

Morphodynamic models with detailed hydrodynamics and sediment transport.

Recently, Giri and Shimizu (2006) proposed a morphodynamic model of bed form evolution. The model reproduces the temporal development of river dunes and accurately replicates the physical properties associated with bed form evolution. Model results appear to provide accurate predictions of bed form geometry and form drag over bed forms for arbitrary steady and unsteady flows. As described above also, the flow model component of the coupled morphodynamic model, which is two-dimensional in the stream-wise and vertical directions, explicitly treats un-

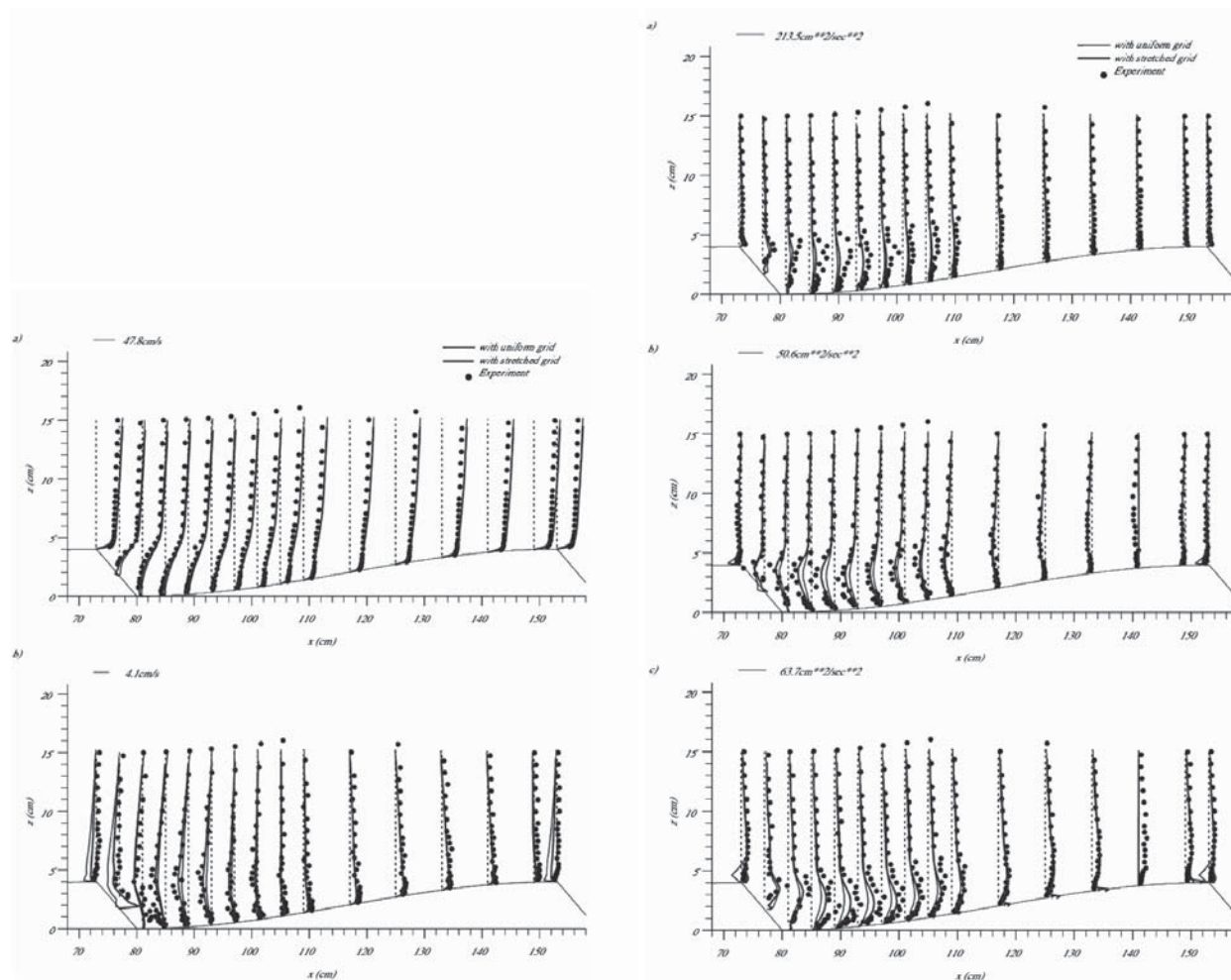


Fig. 2. Simulation of flow and turbulent characteristics (solid lines) simulated by a DNS model (developed at Hokkaido University) and comparison with experiments (dots). Also, results are presented to show the effect of near-bed grid resolution

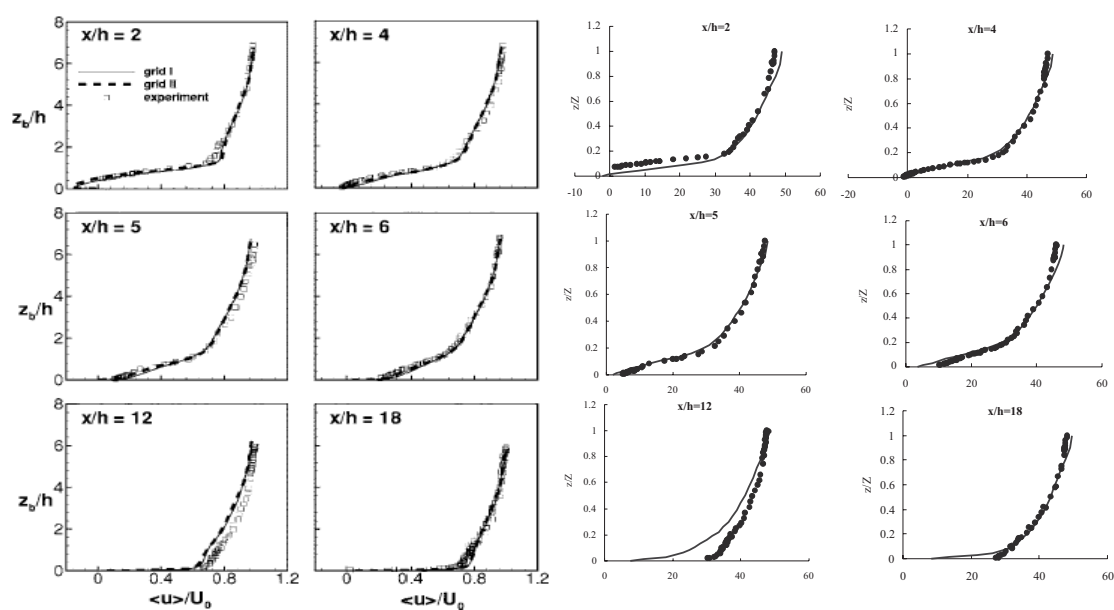


Fig. 3. Mean velocity profiles predicted by LES model (left plots with normalized values, Yue et al., 2006) and vertical 2D TRANS model (right plots with absolute values, Giri & Shimizu, 2007)

steadiness and non-hydrostatic effects. Non-equilibrium bedload sediment transport is treated using an Eulerian stochastic formulation of the sediment exchange process in terms of pick up and deposition functions proposed by Nakagawa and Tsujimoto (1980). The proposed approach for sediment transport explicitly considers the local flow variability during morphodynamic computation.

The pick up rate is expressed as follows:

$$p_s \sqrt{d/(\rho_s/\rho - 1)g} = 0.03\tau_*(1 - 0.035/\tau_*)^3, \quad (1)$$

where: p_s = sediment pick up rate;

ρ and ρ_s = fluid and sediment density respectively;

τ_* = dimensionless local bed shear stress.

The sediment deposition rate reads as:

$$p_d = p_s f_s(s), \quad (2)$$

where: p_d = sediment deposition rate;

$f_s(s)$ = distribution function of step length.

The distribution function of the mean step-length is assumed to be exponential as follows:

$$f_s(s) = \frac{1}{\Lambda} \exp\left(-\frac{s}{\Lambda}\right), \quad (3)$$

where: Λ = the mean step length;

s = the distance of sediment motion from pick up point.

The bed shear stress is computed from a logarithmic bottom boundary condition as:

$$\frac{u_p}{u_*} = \frac{1}{\kappa} \ln \frac{y_p}{y_0}, \quad (4)$$

where: u_p — velocity at grid point closest to the bed (in the middle of the grid cell);

y_p — the distance from the bed to this velocity point;

u_* — local bed shear velocity;

κ — Karman constant;

$y_0 = k_s/30$;

$k_s = 2.5d$, in which k_s is roughness height and d is particle diameter.

As described in Nelson et al. (2008), the boundary shear stress is neither a time-averaged nor an instantaneous, but some surrogate developed from an instantaneous velocity. Since the computational time step is rather small, this allows for variation in flow structure to alter the sediment pick up at each time step. For instance, two time series of near-bed velocity with the

same mean but different variances yield significantly different sediment entrainment. Based on experiments on flow and sediment transport over bed forms and downstream of backward-facing steps, capturing this variability appears to be important for understanding bed form behaviour (Nelson et al., 2005). Thus, despite the relatively simple model for bedload entrainment and deposition, it appears to capture the important physical processes necessary for modelling bed form initiation and evolution.

This model study revealed that vertical grid spacing patterns have a significant impact on model performance, particularly for the morphodynamic simulations. Bed form evolution was poorly simulated by the model for the case when vertical grid was distributed uniformly. On the other hand, when same number of grid was stretched exponentially in the vertical direction with fine spacing near the bed, the result was found to be dramatically improved. Bed form evolution and geometric characteristics appeared to be more realistic and sustainable. Simulation of bed form evolution showed that computation with stretched grid spacing can realistically replicate some key physical features observed in natural rivers during bed form evolution, namely amalgamation, asymmetric dune shapes and celerity variation. A typical example of some selected instantaneous bed form evolution pattern simulated by the proposed model is depicted in Fig. 4. The simulation results clearly show qualitatively improved bed form features for the case with the non-uniform vertical grid. This fact leads us to the conclusion that the improved flow variability near the bed is rather important for replicating bed form initiation and evolution.

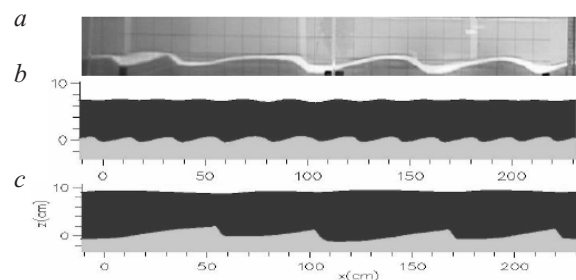


Fig. 4. A typical example of Instantaneous bed form characteristics

a — experiment; b — model simulation using uniform grid and; c — model simulation using non-uniform grid with fine spacing near the bed

Tjerry and Fredsøe (2005) conducted a numerical work on dune morphology as a continuation of their previous investigations (Fredsøe and Tjerry, 2001; Fredsøe, 1982). This study is basically focused on the shape and dimensions of fully developed sand dunes as well as their relationship with the bed shear stress distribution and sediment-transport mechanism. In their work, a hydrodynamic model with a conventional $k-\epsilon$ turbulence closure was used. The flow model was coupled with sediment transport descriptions based on Meyer-Peter-Muller equation. In addition, they implemented the Reynolds Stress Model (RSM) to simulate a flow experiment with a backward-facing step. This model computes sediment transport based on time-averaged bed shear stress and does not consider the local (time-varying) characteristics.

This approach is also somewhat physical as the hydrodynamic module gets the feedback of a modified bottom boundary.

Dune evolution models with simplified hydrodynamics

Notably, an attempt was made by Onda and Hosoda (2004) to simulate development of bed forms numerically. They proposed a depth-averaged flow model considering vertical acceleration with a description of the bottom shear stress based on potential flow analysis. In order to compute the water surface profile over dunes, a numerical technique proposed earlier by Hosoda et al. (1994) was used. Using this model, flow resistance cannot be reproduced due to the hydrostatic pressure assumption in cases in which the spatial depth gradient is greater than a standard (small) value. They

attempted to eliminate this deficiency by introducing a reduction factor to treat vertical acceleration terms for the case of high depth gradient. They also used the sediment pick-up and deposition functions proposed by Nakagawa and Tsujimoto (1980) to simulate sand dune formation. Model appears to be quite robust and efficient; nonetheless, is incapable of reproducing separation behind the dune crest and, thereby, the physical effect of flow separation on the flow field and sediment transport.

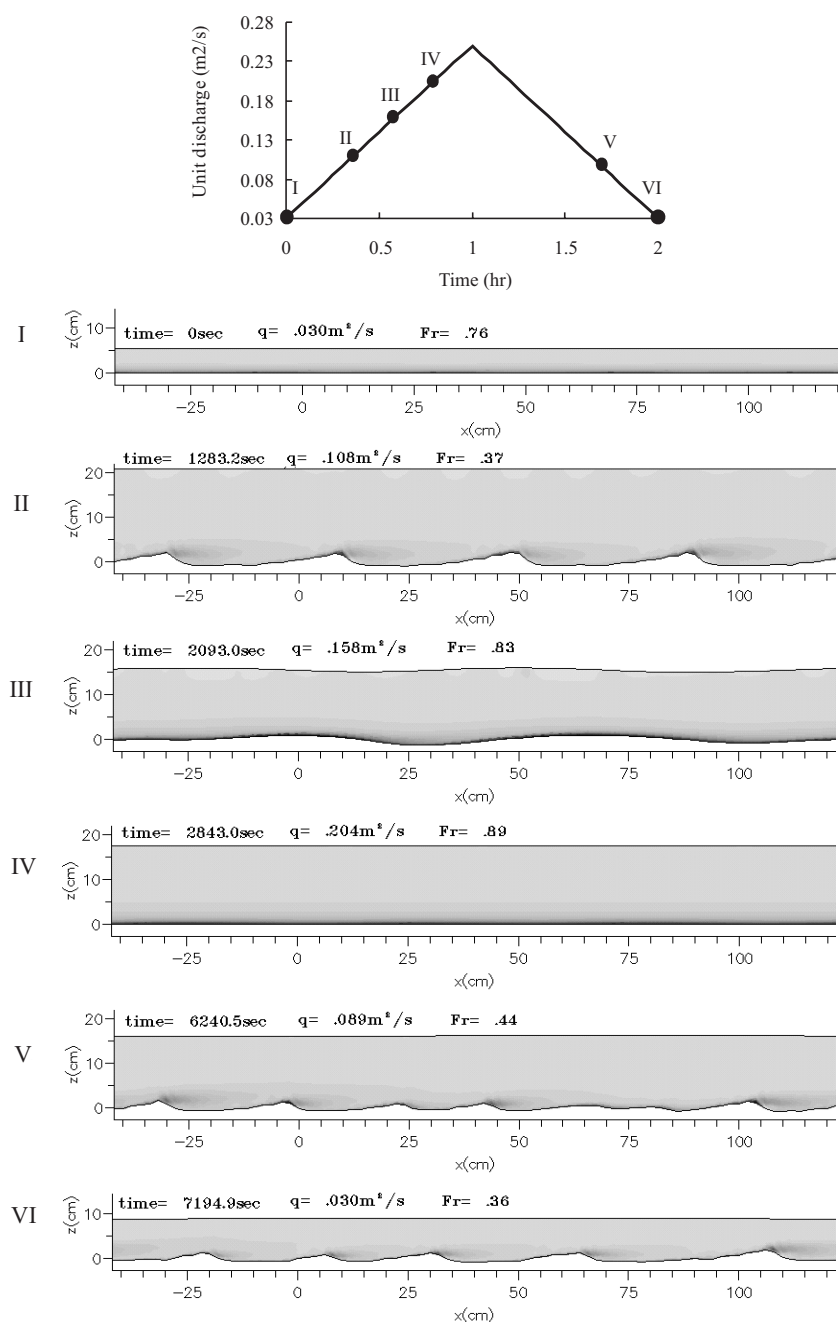


Fig. 5. A typical example of numerical simulation of bed form evolution with flat-bed transition under varying flow (Giri et al., 2007)

Jerolmack and Mohrig (2005] proposed a nonlinear stochastic surface evolution model to simulate bed form growth. They hypothesize that the detailed flow structure is not important for determining temporal and spatial scaling, referred to as 'local growth model' for the evolution of the sediment-fluid interface. They argued that the sediment-fluid interface has an internal dynamic that is independent of the details of the system, and allows for a geometric description of its evolution.

Their model incorporates three major components (1) a relationship between sediment flux and local bed elevation (i.e., mass conservation); (2) the dependence of sediment flux on local flow strength (i. e., relation between sediment flux and boundary shear stress); and (3) the dependence of flow strength on local topography (i. e., the relation between shear stress, bed elevation and bed slope). In such a manner, they succeeded in simulating the qualitative features of bed form evolution, where fluid enters only through a small, interpretable set of coefficient that, as they proposed, may be related to measured quantities. They came to the conclusion that the presence of turbulence is important in terms of a perturbation source, but the structure of turbulence may be less important in terms of transport and bed form dynamics.

Paarlberg et al. (2006, 2007) used a 2D vertical shallow water equation coupled with sediment transport model. Since the model could not reproduce physically the flow separation induced by bed forms, an empirical approach is adapted to parameterize flow separation.

Bed form morphodynamics and hydraulic resistance (form roughness exerted by bed forms) under varying flows

The total flow resistance for flows over bed forms is associated with skin friction of sediment particles and form drag exerted by bed forms on the flow (Einstein and Barbarossa, 1952). In the case of a flat bed, the effective shear stress is equivalent to the grain shear stress, but the contribution of form drag becomes significant with the presence of bed forms due to spatial pressure variation over them. An adequate determination of bed form-induced resistance to flow, including its role in flows with temporal variation, is essential from a practical engineering point of view, because the relation of stage to discharge in

temporally varying flows with bed forms depends critically on the total drag. Furthermore, accurate predictions of form drag and total drag are key to the prediction of local and spatially averaged value of skin friction stress, as used in many sediment transport relations.

Many attempts have been made to improve both understanding and predictive capability of bed form evolution, transition and associated resistance under varying flow conditions. Most, if not all, of the approaches are empirical or semi-empirical. There is still no prediction method that can treat these phenomena in a coupled manner based on a first-principles physical formulation, i. e. a model which explicitly treats the physics of flow, morphodynamics of bed forms, non-equilibrium sediment transport, drag effect due to the pressure variation in the presence of bed forms and associated flow-field modification, effects on water surface and flow-depth variation. The interactions among the flow-field, bed geometry and sediment transport are quite complex and difficult to capture in simple models. The bed forms are created and altered by the flow and, conversely, the flow is acted upon by the bed forms through the production of form drag and significant variation in local mean flow and turbulent fields (Nelson et.al, 1993).

Engelund (1966), Engelund and Fredsoe (1982), and van Rijn (1982, 1984) were among those who developed empirical or semi-empirical methods for predicting bed form-induced resistance to flow and sediment transport considering form drag. Brownlie (1983) proposed methods to predict stage-discharge relations induced by bed forms. Karim (1995) developed a relation for the Manning coefficient that incorporates the role of bed configuration in determining bed resistance. Nelson et al. (1993) proposed a drag coefficient closure to provide a mechanism for determining the skin friction component of boundary shear stress. Bennett (1995, 1997) proposed an algorithm to determine stage-discharge relations as well as bedload and suspended-sediment transport for the entire range of bed forms. His proposed method is also useful for predicting equilibrium geometry of lower regime bed forms. In his algorithm, skin friction and form resistance are differentiated using a drag coefficient closure and a two-segment logarithmic velocity profile, as

proposed by Smith and McLean (1977). Fedele et al. (2000) proposed a methodology to compute the components of the total shear stress (grain shear stress and form drag) for a steady, two-dimensional flow over fully developed dunes. The method is based on a simple energy balance with an analysis of spatially-averaged shear stress profile. Wright and Parker (2004) proposed a relationship between total shear stress and skin friction which is similar to one proposed by Engelund and Hansen (1967). In their relationship, the Froude number is incorporated which is known to be an important parameter affecting the stability of dunes. This relation seems to be appropriate only for lower-regime conditions, which is usually encountered in large, low-slope sand-bed streams.

Most of previously proposed methods require prior knowledge of bed form dimensions or determine only the equilibrium state of bed configuration based on known flow conditions. These approaches do not deal with the dynamics of bed forms and temporal evolution of form drag in temporally varying flows. Moreover, none of the above-mentioned approaches do consider the hysteresis effect that is readily apparent in many time-varying flows, despite the fact that predicting the form drag due to bed forms is often critically important for predicting stage variations during flood events. Few attempts have been made to analyze the hysteresis characteristics observed during bed form transition under temporally varying flow conditions during the rising and falling limbs of flood waves. However, strong hysteresis between time varying flow discharge and bed resistance has been observed in several studies. The discharge-roughness relationship is usually found to be in the form of a loop (Simons and Richardson, 1961; Izumi et al., 2003). This phenomenon is attributed to the distinctive characteristics of bed form evolution/transition and, in turn, differences in resistance to flow during rising and falling stages of flows, even under the similar hydraulic conditions. Yamaguchi and Izumi (2002, 2003) provided a physical explanation of such a hysteresis using a weakly nonlinear stability analysis. They verified their predictions against a laboratory observation on the transition process of the bed form configuration under unsteady discharge conditions (Izumi et al., 2003).

Some field and laboratory studies have been performed to analyze dynamic behavior of sediment motion under unsteady flow. Some of them was performed to observe the development of bed forms during different flood events in the Dutch Rhine branches (Wilbers & Brinke, 2003; Sieben, 2006). These studies have provided a valuable insight into the behaviour of dune morphodynamics under varying flows in the Rhine branches. Wilbers & Brinke (2003) found different characteristics of dune growth and decay for the various sections during different flood events. They attributed those differences to grain size as well as the distribution of discharge over the main channel and the floodplain. They concluded that the growth and migration rate of dunes as well as bedload transport rates during the rising stage of a flood wave can be predicted from the mobility of the bed material with simple power relations. Sieben (2006) observed a lag between the discharge and bed form amplitude during flood event of 1997 and 1998 in the Waal. Analyzing bed form evolution data for 1998 flood event, he found that bed form length becomes lowest during maximum flood discharge and subsequently increases during falling stage. Earlier, Julien et al. (2002) also conducted detailed field measurement in the Rhine River during flooding events and found noticeable hysteresis in the relation between bed form height and discharge.

Itakura et al. (1986) carried out observations to characterize bed evolution in Ishikari River during a flood event. They identified the distinctive bed evolution that depended upon the time-varying hydraulic properties of the flow, including a transition from flat bed to dunes during low but increasing flow, a transition from dunes to a flat bed at the maximum flow rate, and reappearance of dunes during falling stage. Kuhnle (1992) investigated bedload transport during rising and falling stages in two natural streams. Sutter et al. (2001) and Lee et al. (2004) performed some laboratory experiments on the bedload transport process under unsteady flow conditions and showed the hysteresis between bedload transport and water level. However, the nature of the hysteresis curve in this work is different than that found for bed form characteristics, as the difference in bedload transport during rising and falling stages is found to depend on the local (instantaneous) flow condition.

In the recent work of Giri et al. (2007), the previously proposed morphodynamic model (Giri and Shimizu, 2006, 2007) has been extended, which can replicate the bed shear stress variation in accordance with the variation of form drag exerted by the temporal growth or decay of bed forms under temporally varying flows. The model is shown to reproduce dune evolution, transition to flat bed, and the reappearance of bed forms in the falling stage of time-varying flow (Fig. 1). In order to accurately simulate this phenomenon, an assumption is made in the form of the particle step-length parameter used in the non-equilibri-

um sediment transport formulation. This parameter, which is usually treated as a linear function of particle size, is also varied as a function of boundary shear stress in the approach presented here—this more general formulation appears to produce better results for the treatment of bed form evolution in time varying flows, and is also consistent with most theoretical formulations of sediment motion. In their numerical experiments they revealed that stage-discharge relationships significantly depend on the pattern of discharge variation with time, shape of falling and rising limbs, magnitude of peak flow, flow intensity, sediment

transport mechanism and so on. They revealed that the hysteresis loop in stage-discharge relations might occur or not occur depending on these characteristics (Fig. 6). The knowledge gained from their analysis has offered an incentive to investigate the influence of local flow variability and bed configuration on mean step-length, thereby exploring and expanding the existing understanding of non-equilibrium sediment transport more comprehensively.

Recently, Nelson et al. (2008) explored performance of model mentioned above based on their laboratory experiment on bed form response under varying discharge with sharp rise and sharp decrease. They comprehensively analyzed the experimental and simulation results. As they described, the model appeared to perform reasonably for the ini-

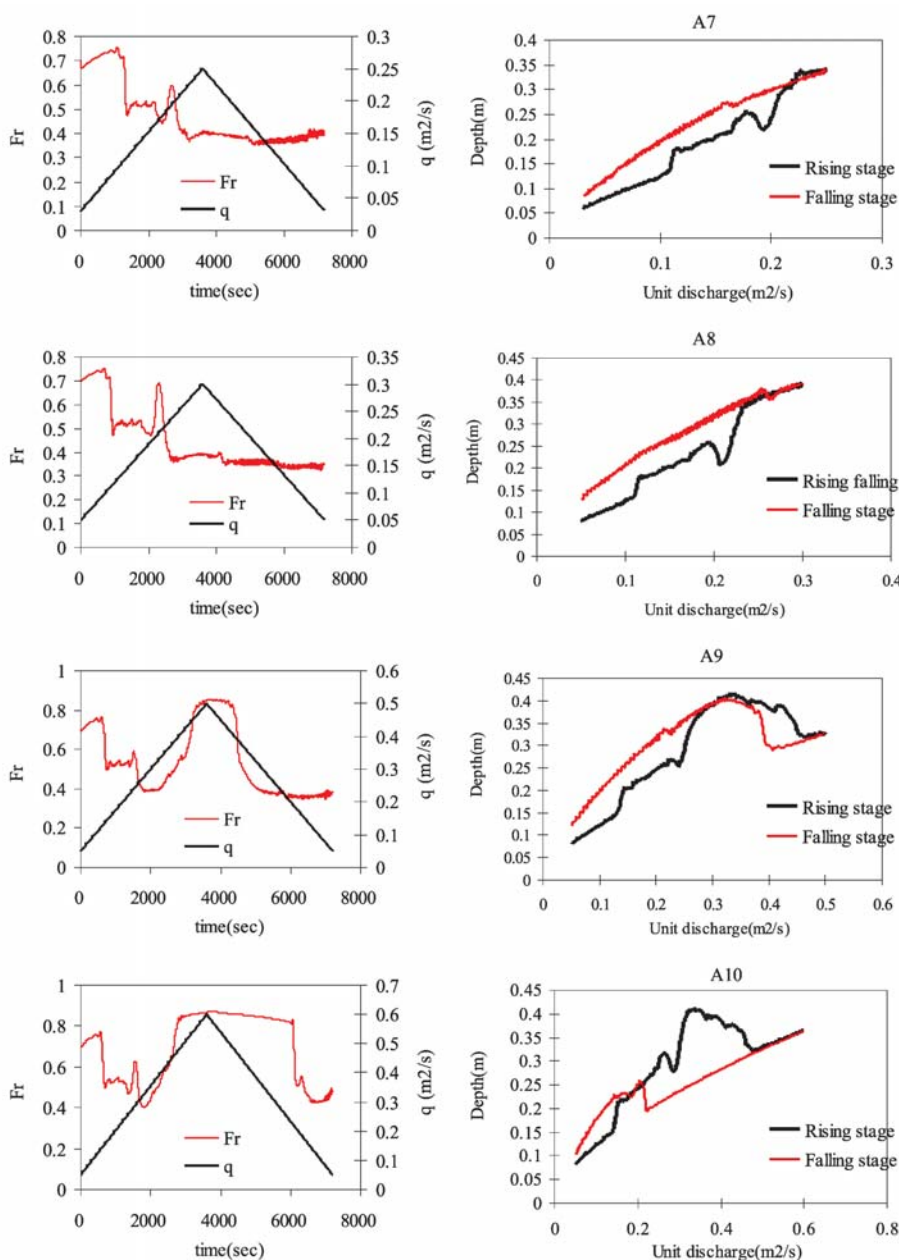


Fig. 6. Numerical experiment on stage-discharge relation for scenarios with different peak unit discharge, q (Giri et al., 2007)

tiation of bed forms on a flat bed and predicts the general evolution of increasing wavelength and height from an initial stage, but the response to a rapid flow change is muted relative to measurements. The model results showed a more rapid increase in wavelength during the high-flow period relative to a constant low flow, but the rapid increase and subsequent decrease were not correctly predicted. These discrepancies were attributed to the fact that a constant step length was used in the model. Giri and Shimizu (2007) also found that the value of step length has a significant effect on the wave-length selection. While a constant step length appears to be adequate for constant flow, it is likely that the shortcomings of the morphologic evolution model for time-varying flows are associated with this assumption. As Nelson et al. (2008) found in their result that the initial response to the sudden increase in flow is roughly double the average skin friction, it seems clear that the average step length of particles moving as bedload should also increase in response. In these works, for the first time, sediment-transport models for bed forms are taking direct consideration of the effects of variability in predicting sediment motion and the subtle feedback between the flow and topographically induced accelerations that govern the local turbulence fields and, thereby, the transport of sediment. This is a significant step forward on modelling bed form dynamics and resistance to flow with the use of detailed hydrodynamics.

Future direction

As it was mentioned above, the works on developing models with direct consideration of the flow variability and associated sediment motion are being actively conducted by several group of researchers. This would definitely lead scientist and engineers to a physically-based predictive tool for bed form dynamics, thereby enables to dramatically improve our understanding of these physical processes. As pointed out by some researchers (Jim Best, 2005), some additional focus on future research is of importance in present context. Likewise, an important aspect is the effect of these bed form evolution to the water surface, particularly under varying discharge during flood event.

On the other hand, we argue that there must be a parallel efforts that should be made to seek

for the practical implementation of the knowledge gained.

Fundamental research needs

— Detailed knowledge of bed form evolution under varying flows. Investigation on appearance of superimposed small bed forms over large dunes during falling stage and low flows. Even under the steady flow condition, the process of superimposition/amalgamation takes place during bed form development. Many researchers have been pointed out this fact, though a comprehensive investigation has yet to be done. The laboratory investigation conducted by Fernandez et al. (2006) has thrown some light on the mean and turbulent structure of flow across the ripple-dune transition. They examined a triangular, fixed bed form of ripple-size which amalgamates with a smaller, triangular, bed form to generate a final bed form approximately the size of a dune. Fig. 7 shows an example of distribution of Reynolds stress over some individual and superimposed bed forms with different shapes. This work describes the effect superimposition during ripple-dune transition on mean flow and turbulent field. However, some field investigation revealed the fact of appearance of small scale bed forms over the large ones, particularly during falling stage of flood event. The development and interaction between bed forms and their overall contribution to the flow resistance should be explored in a comprehensive way. The advanced numerical models might be capable to replicate this phenomenon, which is rather complicated to quantify properly in a laboratory or field situations.

— Transition between 2D and 3D dunes. Investigation on effect of dune dimensionality (two and three) on the mean flow and turbulent field, and primarily their effect on form drag or resistance to flow. Sirovich and Karlsson (1997) conducted series of wind tunnel experiments on flow over “riblets” in order to determine what sort of patterns would effectively reduce drag on air-plane surfaces. They demonstrated that a strictly 2-D aligned pattern (Fig. 8, right plot) produced a larger drag than a smooth surface while an out-of-phase random pattern (Fig. 8, left plot) produced a lower drag than a smooth surface. This appeared to occur because random orientations of riblets effectively alter the burst-sweep cycle, reducing boundary shear stress. Sirovich and Karlsson

(1997) found that hydraulic drag was reduced by up to 20 % by changing the arrangement of perturbations. The transition between 2-D and 3-D bed forms is analogous to a change from an aligned to a random pattern of roughness elements, with the complication that the 3-D bed forms induce secondary flow circulations. Venditti (2007) has described these facts in his recent study and attempted to explore in laboratory condition the turbulence and drag over 2D and 3D dunes. Earlier, Maddux et al. (2003a, 2003b) performed a detailed laboratory study on flow and turbulence over three-dimensional dunes. Also, a field study on flow field and morphology over three dimensional dune was conducted by Parsons et al. (2005), and found some similarities as well as differences with the laboratory experiments. All these physical observations provide some additional insight in to the said problem. However, it would be efficient and reliable if we can use a numerical model with detailed hydrodynamics to understand these behaviours in more comprehensive manner.

Interpretation of dynamic behaviour of bed forms to the roughness description. Make use of numerical models with detailed hydrodynamics to evaluate all above mentioned phenomena and derive some quantitative relationships. Few existing models are already capable to do these kind of studies.

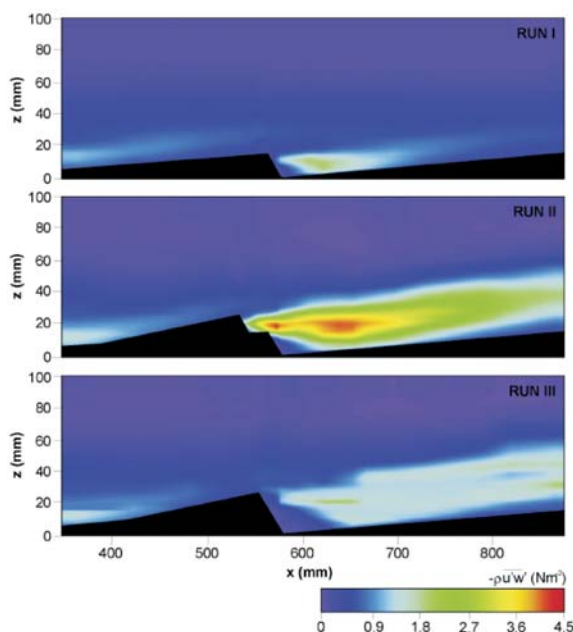


Fig. 7. Distribution of Reynolds stress over some individual and superimposed bed forms with different shapes (After Fernandez et al., 2006)

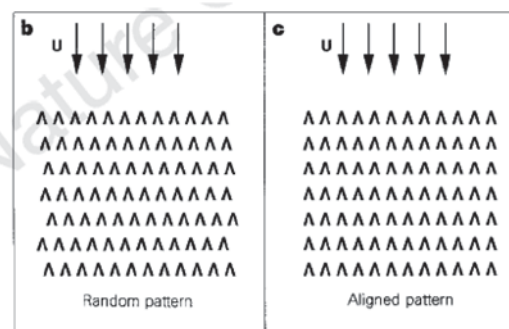


Fig. 8. Plan view of strictly two-dimensional aligned pattern (right plot) and out-of-phase random pattern (left plot) of riblets (After Sirovich and Karlsson, 1997)

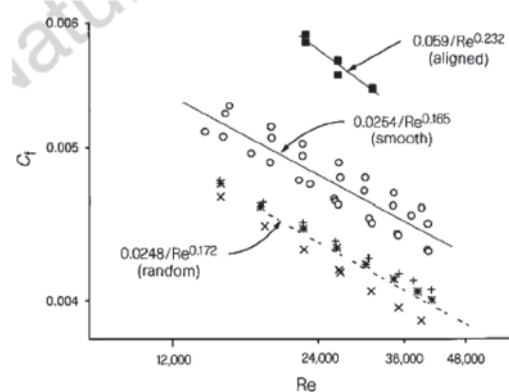


Fig. 9. Friction coefficient ($C_f = 2u_*^2/U_o^2$) against Reynolds number for the channel bed with different pattern (After Sirovich and Karlsson, 1997)

Practical implementation

As it has been pointed out in previous section, there are number of supplementary demands for the furtherance of existing knowledge and development. Particularly, due to significant step forward in computational modelling of fluid and bed form dynamics, we are rather near to a truly predictive tool that can be used to investigate aforesaid phenomenon. At the same time, we must consider that the knowledge being gained from fundamental research should concurrently be implemented to solve real-world problems.

In the present state, an advanced model cannot be used to resolve big scale phenomenon in a straightforward way due to rather intensive computational efforts. However, it appears to be possible to draw some quantitative relationships from the knowledge and understanding that can be gained by means of sophisticated models.

Here are some important issues to be addressed in more comprehensive manner:

— Description of form drag exerted by bed forms using hydrodynamic models with non-hydrostatic pressure distribution.

— Evolution of form drag to be quantified for arbitrary steady and unsteady flow using detailed hydrodynamic models coupled with sediment transport model (the morphodynamic model).

— Bed form evolution and transition under varying flows.

— Water surface variation induced by bed forms under steady and varying flows.

— Interpretation of bed form evolution to dynamic roughness and flow resistance.

— Prediction of stage-discharge relationship with hysteresis effect induced by bed form evolution and transition.

We are not far from resolving the problem that would at least be able to provide an improved parameterization of roughness behaviour to be implemented in real-world application, if we keep continuing research and development efforts in this direction keeping closed collaborations with various research and academic institution around the world.

References

1. *Abdu Nabi M.* (2008) Three-dimensional model of detailed hydrodynamics for simulation of subaqueous dunes // *Proceedings of Conference on Marine and River Dynamics*. — MARID, Leeds, 2008. — P. 235–240.
2. ASCE Task Committee on flow and transport over dunes // *J. Hydraul. Eng.*, ASCE. — № 128 (8). — P. 726–728.
3. *Barr C. B.* (2004) Numerical simulation of turbulent, oscillatory flow over sand ripples / C. B. Barr, D. N. Slinn, T. Pierro and K. B. Winters // *J. Geophys. Res.* — 2004. — № 109. — P. 1–19.
4. *Benjamin T. B.* (1959). Shearing flow over a wavy boundary // *J. Fluid Mech.* — 1959. — № 6. — P. 161–205.
5. *Bennett S. J. and Best J. L.* (1995) Mean flow and turbulence structure of fixed, two-dimensional bedforms; implications for sediment transport and bed form stability // *Sedimentology*. — 1995. — № 42. — P. 491–513.
6. *Best J.* (2005) The fluid dynamics of river dunes: A review and some future research directions // *J. Geoph. Res.* — 2005. — № 110. — P. 1–21 (doi: 10.1029/2004JF000218).
7. *Cao Z. and Carling P. A.* (2003) On evolution of bed material waves in alluvial rivers // *Earth Surf. Processes Landforms*. — 2003. — № 28. — P. 437–441.
8. *Carling P. A.* (2000a) The morphodynamics of fluvial sand dunes in the River Rhine, near Mainz, Germany. I. Sedimentology and morphology / P. A. Carling, E. Golz, H. G. Orr and A. Radecki-Pawlik // *Sedimentology*. — 2000. — № 47. — P. 227–252.
9. *Carling P. A.* (2000b) The morphodynamics of fluvial sand dunes in the River Rhine, near Mainz, Germany. II. Hydrodynamics and sediment transport / P. A. Carling, J. J. Williams, E. Golz and A. D. Kelsey // *Sedimentology*. — 2000. — № 47. — P. 253–278.
10. *Chang Y. S. and Scotti A.* (2004) Modeling unsteady turbulent flows over ripples: Reynolds-averaged Navier-Stokes equations (RANS) versus large-eddy simulation (LES) // *Water Resour. Res.* — 2004. — № 109. (C09012, doi:10.1029/2003JC002208).
11. *Coleman S. E. and Melville B. W.* (1996) Initiation of bedforms on a flat sand bed // *J. Hydraul. Res.*, ASCE. — 1996. — № 122 (6). — P. 301–310.
12. *Hayashi S., Ohmoto T. and Koreeda N.* Direct numerical simulation of coherent vortices in an open-channel turbulent flow over sand ridges. Internet source.

13. Lisle T. E. (1997) Evolution of a sediment wave in an experimental channel / T. E. Lisle, J. E. Piz-zuto, H. Ikeda, F. Iseya and Y. Kodama // *Water Resour. Res.* — 1997. — № 33 (8) — P. 1971–1981.
14. Maddux T. B., Nelson J. M. and McLean S. R. (2003) Turbulent flow over three-dimen-sional dunes: 1. Free surface and flow response // *J. Geophys. Res.* — 2003. — № 108. (F1, 6009, doi: 10.1029/2003JF000017).
15. Nakayama S., and Shimizu Y. (2001) Numerical calculation of suspended sediment over bed-forms // *Proc. Int. Conf. Riv. Coast. Morph. Dyn.*, Obihiro. — Japan, 2001. — P. 217–224.
16. Nelson J. M. (2005) Computing flow and sediment transport over bedforms / J. M. Nelson, A. R. Burman, Y. Shimizu, S. R. Mclean, R. L. Shreve and M. Schmeeckle // *Proc. Int. Conf. Riv. Coast. Morph. Dyn.* (submitted). — 2005.
17. Nelson J., and J. D. Smith (1989) Mechanics of flow over ripples and dunes // *J. Geophys. Res.* — 1989. — № 94 (C6). — P. 8146–8162.
18. Onda S. and T. Hosoda (2004) Numerical simulation on development process of dunes and flow resistance // *Proc. Int. Conf. Fluv. Hydraul.* — Napoli, Italy, 2004. — P. 245–252.
19. Paarlberg A. J. (2006) Modelling morphodynamic evolution of river dunes / A. J. Paarlberg, C. M. Dohmen-Janssen, S. J. M. H. Hulscher, J. Van den Berg and A. P. P. Themes // *Proc. of River-flow.* — 2006. — P. 969–978.
20. Schindler R. J. and A. Robert (2005) Flow and turbulence structure over ripple-dune transition: an experiment under mobile bed condition // *Sedimentology.* — 2005. — № 52. — P. 627–649.
21. Shimizu Y. (2002) A method for simultaneous computation of bed and bank deformation of a river // *Proc. Int. Conf. Fluv. Hydraul.* — Louvain, Belgium, 2002. — P. 793–801.
22. Shimizu Y., Hirano N. and Watanabe Y. (1996) Numerical calculation of bank erosion and free meandering, Ann // *J. Hydraul. Eng.* — JSCE, 1996. — № 40. — P. 921–926 (in Japanese).
23. Shimizu Y., M. W. Schmeeckle and J. M. Nelson (2001) Direct numerical simulation of tur-bulence over two-dimensional dunes using CIP methods // *J. Hydrosci. Hydraul. Eng.* — 2001. — № 19 (2) — P. 85–92.
24. Sugiyama H., Akiyama M. and Matsubara T. (1995) Numerical simulation of compound open channel flow on turbulence with Reynolds stress model // *J. Coast. Envir. Eng.* — 1995. — № 515/II (31) — P. 55–65 (in Japanese).
25. Van Rijn L. C. (1984) Sediment pick-up function // *J. Hydraul. Eng.* — ASCE, 1984. — № 110 (10). — P. 1494–1502.

Arno Talmon,
Delft University of Technology

TWO-PHASE BOUNDARY LAYER MODEL TESTED AGAINST COUETTE FLOW MEASUREMENTS

ДВУХФАЗНАЯ МОДЕЛЬ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ, ПРОТЕСТИРОВАННАЯ С ПОМОЩЬЮ ПОТОКА КУЭТТА

In the hydraulic pipeline transport of concentrated solid-liquid mixtures there is a need for improved physics-based friction laws. For flow velocities higher than the deposit-limit-velocity the equivalent liquid hypothesis, or variations on it, are often applied. For these conditions, and for the suspension flow above deposits, a boundary

layer theory for highly concentrated solids-suspensions including grain shear stresses is proposed. Particles influence the velocity profile close to the wall (laminar sub-layer and buffer-layer) and influence wall shear stresses. In this paper the boundary layer theory is tested against controlled Couette flow measurement (Bagnold's measurements). Calculations indicate that shear rates near the wall were higher than the imposed gap-averaged shear rate, and that shear rates were lower in the bulk of the flow. As a consequence the numerical value of the constant in Bagnold's grain stress formula had to be increased by a factor 2.

При трубопроводном транспорте концентрированных смесей жидкости и твердых веществ существует необходимость уточнения физических законов трения. При скорости потока выше, чем предельная скорость образования наносов, часто применяют гипотезу эквивалентной жидкости. В этих условиях при наличии взвесей в потоке предлагается теория пограничного слоя для высоко-концентрированных твердых взвесей с учетом напряжений сдвига. Мелкие частицы влияют на эюру скорости близко к стенкам (ламинарный подслой и буферный слой), а также на напряжение в стенках. Теория пограничного слоя проверена с помощью замера контролируемого потока Куэтта (замеры Багнольда). Расчеты показывают, что скорость сдвига около стенки выше, чем усредненная скорость сдвига, и что эти скорости ниже в основном массиве потока. Как следствие, цифровое значение константы в формуле напряжения Багнольда необходимо увеличить на 2.

Key words: boundary layer flow, hydrotransport, grain stresses, solid-liquid mixtures.

Ключевые слова: поток пограничного слоя, гидротранспорт, напряжения грануляции, смеси жидкости и твердых веществ.

THIS paper was presented at the 14th International conference on "Transport and Sedimentation of Solid Particles". The conference was held in the Saint Petersburg State Mining Institute from 23 till 27 June 2008. The conference is a forum in the field of pipeline transport, of mainly solid, friable or liquid products, and is held in various countries of the world biannually. The conference is devoted to modern hydraulic transport, a progressive economical mode of transport, characterized by: universality, absence of cargo loss in the process of transportation with full mechanization and automation of labour consuming cargo- handling operations and others.

The 1st international conference was held in 1971. This conference took place in Wroclaw Agricultural University (Poland) by the initiative of a group of leading scientists from Poland and Czechoslovakia, with the aim to promote wide exchange of scientific information and familiarization with developments in that field. Later on the conference was held in the Czech Republic, Poland, Belgium, Germany, Georgia. In 2008, the conference was held in Russia for the first time.

Representatives from leading countries in hydraulic transport took part in the conference: Australia, Belgium, Bulgaria, Czech Republic, France, Great Britain, Germany, Georgia, Israel, Italy, the Netherlands, Poland, Ukraine, Russia, Sweden and South Africa.

60 scientific reports were listened to at 10 sessions during the conference week. They were on current problems of transportation of two-phase and multiphase flows moving solid, friable liquid composition and mineral resources: coal, sand, gravel, salt solutions, construction mixtures and others: concentrating mills waste, ash and slag from thermal power plants in dumps, municipal drainage and waste; barren rock to the place of storage at the mining enterprises, including issues on dredging and issues of pipeline transport for oil, oil products and natural gas.

The author acknowledges the organizers of the conference for their kind permission to reproduce the paper that the author presented at the conference. For further reading, the reference to the conference proceedings is: J. Sobota, S. Ivanov and V. Alexandrov, 2008, Proc. 14th Int. Conf. on Transport & Sedimentation of Solid Particles, Saint Petersburg State Mining Institute (Technical University), ISBN 978-5-94211-350-6.

1. Introduction

Present friction models for solid-liquid mixtures are based on empiricism, but scale effects are likely to play a role. It is recognized that boundary layer flow determines friction, and that boundary layer flow is independent of the scale of the pipeline (though Reynolds number effects might be present). Concentration measurements

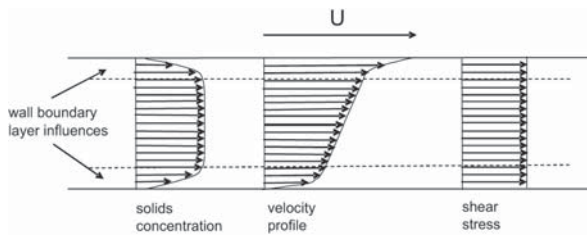


Fig. 1. Principal configuration of concentration profile, velocity profile and shear stress distribution in Couette flow of highly concentrated solids-suspensions

have revealed that de-mixing occurs at the bottom of open channel flows: Shook et. al. 1968. Michalik 1973 measured diminishing concentrations near the invert of hyper-concentrated pipe line flows. In case of high flow velocities, friction factors have been found that are smaller than in clear water flow (compared on basis of equivalent fluid hypothesis, see Carstens & Addie 1981 and Wilson et.al. 2005). Wilson & Sellgren 2003 have attributed this to an off-the-wall lift force being effective in the 100-600 micron region, lowering the concentration at the wall that leads to a decreased friction factor. In their analysis this is brought about by a retardation of particles by curvature of velocity profile in combination with a Kutta-Zhukovski circulation lift-force.

The present contribution is centred on a mechanism of dispersive grain stresses that, in combination with a viscous lift force produces an off-the-wall force. These mechanisms are quantified and lead to non-uniform mixture concentrations near the wall and an altered shape of the velocity profile close to the wall (which affects the friction coefficient). In this paper the model is tested against controlled Couette flow measurement (measurements of Bagnold 1954). The expected flow pattern of a highly concentrated solids-suspension in Couette flow is sketched in Figure 1.

2. Boundary layer Model incorporating grain shear stresses

In order to quantify hydraulic friction for various concentrations and particle diameters a mixing length based boundary layer model has been devised. Modelled fundamental processes are: Bagnold grain stresses (normal and shear

stresses in grain-inertia regime), hydrodynamic lift (viscous lift force, Saffman 1965), an adapted low-Reynolds mixing length model (von Driest theory; for velocity profile, see Schlichting 1960), Boussinesq gradient diffusion hypothesis for concentration profile (no influence of stratification), and hindered-settling of particles.

The fundamental equations are solved iteratively: a 2-D force balance for particles, a 1-D convection-diffusion equation for the calculation of the concentration profile in the boundary layer, and a 1-D mixing length model for velocity profile, including the influence of grain stresses. A definition sketch of the flow close to the wall is given in Figure 2.

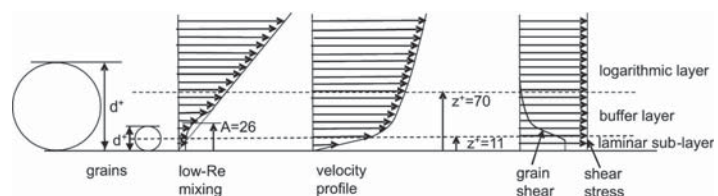


Fig. 2. Sketch of boundary layer profiles with grain shear stresses

2.1. Velocity profile modelling

Shear stresses by clear fluid turbulence and shear stresses by inertial grain stresses are respectively:

$$\tau_t = \rho_m l_m^2 \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2$$

and

$$\tau' = \mu \alpha_i \rho_m (\lambda d)^2 \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2,$$

with: d = particle diameter;
 l_m = mixing length;
 u = flow velocity;
 z = cross stream coordinate;
 μ = dynamic granular friction coefficient:
 $\mu \equiv \tau' / \sigma'$;

τ' = grain shear stress;

σ' = normal grain stresses;

τ_t = turbulence shear stress;

α_i = constant in Bagnolds formula for normal stresses in grain inertial regime;

ρ_m = mixture density;

λ = linear solids concentration (grain diameter/shortest distance between grains):

$$\lambda = \frac{1}{(c_m/c)^{1/3} - 1}, \quad (2)$$

with: c = volumetric solids concentration;
 c_m = maximum volumetric solids concentration.

The shear stress in the wall region of the boundary layer is assumed constant, in analogy to clear fluid boundary layer modelling. The shear stress is modelled as a superposition of viscous, turbulent and inertial grain stresses:

$$\tau = \bar{\rho}_m u_*^2 = \eta \frac{\partial u}{\partial z} + \rho_m L^2 \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2, \quad (3)$$

with: $L^2 = l_m^2 + \mu \alpha_i (\lambda d)^2$,

with: L = length scale in momentum exchange process;

η = dynamic mixture viscosity;

τ = total shear stress;

$\bar{\rho}_m$ = mixture density at the edge of the boundary layer;

$u_* \equiv \sqrt{\tau / \bar{\rho}_m}$ = friction velocity.

The dynamic viscosity of the mixture is modelled as a function of local solids concentration (Leighton & Acrivos 1986):

$$\frac{\eta}{\eta_w} = \left(1 + \frac{1.5c}{1 - c/0.6} \right)^2, \quad (4)$$

with: η_w = liquid dynamic viscosity (water).

The mixing length (l_m) is modelled analogous to the low-Reynolds theory by von Driest, see Schlichting 1960. For flows bounded by two facing walls, such as the Couette flow of Section 3, the low-Re mixing length is modelled by:

$$l_m = \kappa z \left(1 - \frac{z}{h} \right) \left(1 - e^{-\frac{zu_*}{v} \frac{1}{A}} \right) \left(1 - e^{-\frac{(h-z)u_*}{v} \frac{1}{A}} \right), \quad (5)$$

with: h = depth of flow;

$\kappa = 0.4$ = von Karman constant;

$A = 26$ (von Driest) constant.

For application to particle laden flows, the kinematic mixture viscosity ν at the edge of laminar sublayer ($z^+ = 11$) is substituted in the exponential term of Eq.(5). Stratification influences on the mixing length have been neglected.

The principal properties of the model are:

1. In the outer region of the boundary layer flow, the velocity gradient is dominated by tra-

ditional mixing length (grain effects negligible). Therefore, remote from the wall, the velocity gradient is the same as for clear water flow (at the same friction velocity u_*).

2. At the wall (laminar sub-layer and part of the buffer layer) where depleted regions may occur, the density and mixture viscosity decrease. Since there is a density difference between the outer edge of the boundary layer and the fluid near the wall, velocity gradients near the wall are higher for the same u_* (see viscous term of Eq. 3). Consequently the friction factor $f = 8 (u_*/U)^2$ decreases when grain stresses are negligible.

3. Grain stresses on the wall, on the other hand, will lead to an increase in friction factor.

2.2. Mechanical balance of particles

There are four forces acting on the particles: particle-weight, buoyancy, lift and grain-stress gradients. In shear flow, with a co-rotating slipping particle, the viscous lift force acting on a single particle is (Saffman 1965):

$$F_{lshear} = \alpha d^2 \rho_w V_t \sqrt{\nu \frac{\partial u}{\partial z}}, \quad (6)$$

with: V_t = slip velocity particle to fluid;

α = constant (~ 20.5 according to Saffman 1965).

Saffmann's equation applies to a single particle in clear fluid. For our concentrated mixture conditions the mixture viscosity is substituted. Grain shear stresses with the wall will slow down the particles a little bit. Consequently particles will slip relative to fluid (V_t), and the lift force appears. In flow direction, the movement of a particle is driven by the acceleration:

$$a_x = - \frac{1 - c}{c(\rho_s - \rho_w)} \frac{\partial \tau'}{\partial z}, \quad (7)$$

with: ρ_s = solids density;

ρ_w = liquid density (water).

Perpendicular to a wall (located beneath the flow), the movement of a particle is driven by the acceleration:

$$a_z = (1 - c) \left(g + \frac{1}{c(\rho_s - \rho_w)} \frac{\partial \sigma'}{\partial z} - \frac{F_{lshear}}{(\rho_s - \rho_w)V} \right), \quad (8)$$

with: $V = \frac{\pi}{6} d^3$,

with: a_x and a_z = accelerations acting on grains;

g = gravitational acceleration;

V = volume of one particle.

Body forces (own weight) and external forces (grain stresses and lift) are causing particle movement. In equilibrium these forces are transferred, via fluid drag, to the surrounding fluid. As a consequence a conglomerate of particles being subject to these forces is changing the pressure gradient of the surrounding fluid. Since for a single particle this pressure gradient acts analogous to a buoyancy force, the external forces in the momentum balance of a single particle have been corrected by a factor (1-c) in Eq.(7) and Eq.(8). In the calculation of the relative velocity of the particles to the flow, the driving force is $V(\rho_s - \rho_w)a$. After the relative velocity of a single particle is calculated, this velocity is corrected with the hindered settling formula. The hindered settling exponent is lowered on input because one (1-c) term is already accounted for in the equations above.

2.3. Calculation of concentration profile

Momentum and mass are transferred by turbulence and inertial particle movements. The solids concentration profile is calculated numerically on basis of exchange coefficients and relative velocity of the particles. The mass-exchange coefficient is modelled on basis of mixing length theory, in this case consisting of a superposition of clear fluid turbulence and grain inertial effects:

$$K = \beta_i L^2 \frac{\partial u}{\partial z} \text{ [m}^2/\text{s]}, \quad (9)$$

with: $\beta_i = 1.4$ (reciprocal of turbulent Schmidt-Prandtl number: 1.4 in neutral conditions).

For distance closer than one particle diameter from the wall, the formulation of Acrivos & Chang 1986 for the transition from continuum systems to discrete systems is used:

$$\frac{c}{c_d} = \frac{\left(\frac{2z}{d}\right)^2 \left(3 - \frac{2z}{d}\right)}{4}, \quad (10)$$

with: c_d = solids concentration at a distance of one particle diameter from the wall.

This volumetric concentration (c) is strictly geometrical, and approaches zero at the wall. Eq. (10) is used in combination with Eq.(4) for the calculation of mixture viscosity in the laminar sublayer and buffer layer. The grain stresses on the contrary are modelled constant over a distance

of one grain diameter from the wall, because of the discrete physical dimensions of this stress producing mechanism. Grain stress calculation is thus not influenced by Eq.(10).

3. Boundary layer theory applied to Couette data

Couette flow is a fundamental flow condition that is suited for verification/validation of the model. Ideally, the shear stress across Couette flow is constant, just as in boundary layer theory. The original Couette flow data of Bagnold 1954 is re-evaluated. Bagnold conducted measurements on highly concentrated Couette flow in a concentric cylinder apparatus of which the outer cylinder was driven by an electric motor ($D = 114$ mm, gap width = 10.8 mm, diameter neutrally buoyant wax spheres = 1.32 mm). The slight variation of shear rate across the annulus in Bagnold's experiments is neglected. Bagnold measured rotational velocities, total shear stress (= fluid + grains) and normal stresses (= grain stress). The boundary layer theory of Section 2 gives these stresses on output. The viscosity of the employed fluids was 0.001 and 0.007 [Pa s], and the density was equal to water. Volumetric solids concentrations were in the range $13 < c < 62$ %. Consequently the dimensionless particle scale in the experiments was $25 < d^+ < 320$. This shows that the particles were in the buffer region and in the fully turbulent layer of boundary layer flow. These particles do not fit in the laminar sublayer ($z^+ < 11$). The thickness of the Couette flow in these experiments is in the range of: $200 < h^+ < 2500$, indicating that there was not much logarithmic velocity profile (logarithmic profile starts at $z^+ > 70$).

In Bagnold's original derivation of his formulae for grain stresses, it was assumed that the shear rate is constant over the depth of the flow. In fact this will only be true for mixtures with constant viscosity across the flow. According to the boundary layer theory of Section 2, however, the solids concentration will be lower in the wall region, becoming higher away from the wall. As a consequence shear rates are higher at the wall and lower in the middle of the flow, see Figure 1.

Based on overall shear rate Bagnold found: $\alpha_i = 0.04$. The ratio of total shear stress and normal grain stress (=dynamic friction coefficient μ) varies gradually between the macro-viscous regime

($N < 40$, $\mu \sim 0.75$) and the inertial regime ($N > 450$, $\mu \sim 0.2$), see Hunt et. al. 2002. By neglecting the fluid shear stress, the dynamic friction coefficient in our model is approximated by:

$$\mu = 0.75 \frac{1 + 0.2 \left(\frac{N}{100} \right)^{1.5}}{1 + 0.75 \left(\frac{N}{100} \right)^{1.5}}, \quad (11)$$

$$\text{with: } N = \frac{d^2}{\nu} \sqrt{\lambda} \frac{\partial u}{\partial z},$$

with: N = Bagnold number.

The simulations were done on basis of

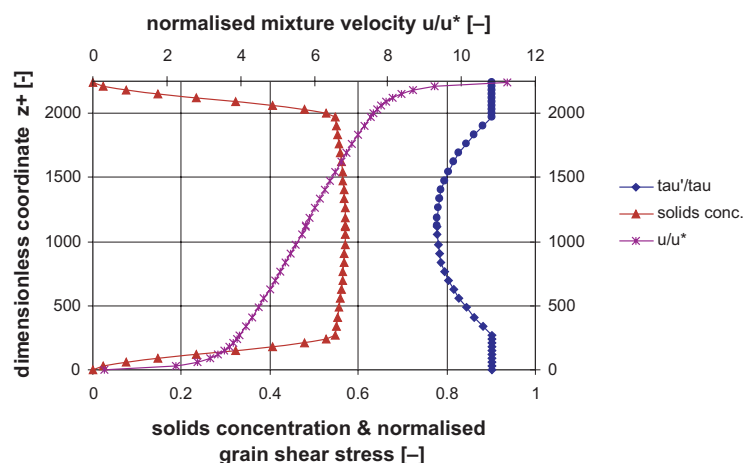


Fig. 3. Calculation results for Couette flow at:
 $c = 55\%$, $z_{\max}^+ = 2244$, $d^+ = 270$, $\alpha_i = 0.08$

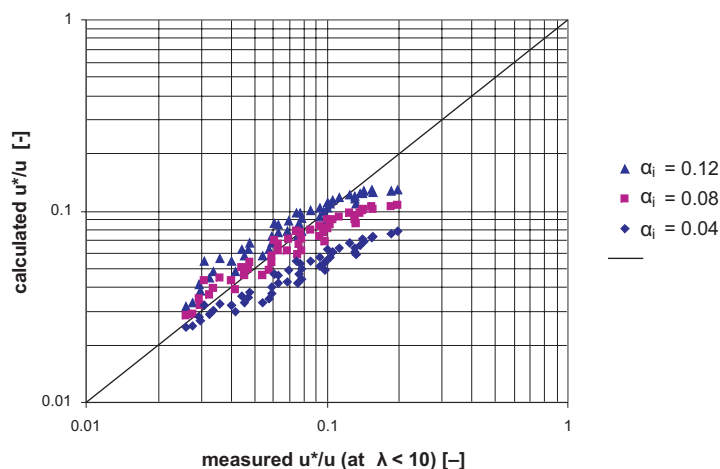


Fig. 4. Calculated dimensionless friction velocity versus measured dimensionless friction velocity in Bagnold's Couette tests (data points: grain inertial regime and $c < 55\%$ ($\lambda < 10$))

known shear stresses measured by Bagnold, and the velocity difference between the concentric cylinders was calculated. The input parameters to each calculation were: d^+ , $g = 0$, c , $c_m = 0.74$, h^+ and the hindered settling exponent. Outputs are the dimensionless velocity difference $\Delta u/u^*$ and calculated profiles.

The total number of grid points in the calculation is 420. In both wall regions, up to $z = d$, the grid interval was $\Delta z^+ = 3$. The remaining grid points are situated equidistantly in the bulk of the flow.

Fig. 3 shows the results of the calculated profiles within the sheared gap of one of Bagnold's Couette shear flow experiments. The figure shows that grain shear stresses are modelled

constant over the last row of particles along the walls. The flow velocity varies strongly over a distance of one particle diameter from the wall because mixture viscosity decreases to that of the carrier fluid at the wall (Acrivos & Chang function).

Only the coefficient of Bagnold's normal stress equation (α_i) is considered as a calibration parameter. An optimal result is obtained for $\alpha_i = 0.08$, see Figure 4, which is double the value Bagnold found when he defined the shear rate as $du/dz = \Delta u/h$. In the present analysis, grain stresses have been related to local velocity gradients in the flow. According to this result, at the same shear rate and mixture conditions, the normal grain stresses are about a factor two greater than according to Bagnold's original formula.

4. Conclusions

In Bagnold's experiments a depletion of the mixture occurred close to the wall, leading to higher shear rates close to the wall. In the main body of the flow the shear rate is consequently lower. Consequently, the coefficient of the Bagnold equation for the grain inertia regime had to be increased a factor 2.

For application of the boundary layer theory in pipes, the concentration profile in the mid-region of the pipe has to be calculated too. In case of sand-

water mixtures, near the deposit limit velocity, the flow will experience suspension-stratification influences. Its relation to the densimetric Froude number of pipe-flow was elaborated on by Talm-on 2006.

Acknowledgement

The dredging companies Boskalis and van Oord are acknowledged for associated contract research furnished to Deltares through their joint SSB-research-program.

References

1. Acrivos A. and Chang E. (1986) A model for estimating transport quantities in two-phase materials // *Phys. Fluids*. — 1986. — Vol. 29 — № 1. — P. 3–4.
2. Bagnold R. A. (1954) Experiments on a gravity-free dispersion of large solid spheres in a Newtonian fluid under shear // *Proc. Royal Soc. — L.*, 1954. — Vol. 225. — P. 49–63.
3. Carstens M. R. and Addie G. (1981) A sand-water slurry experiment // *J. Hydraulics Division ASCE*. — 1981. — Vol. 107, HY4. — P. 501–507.
4. Hunt M. L., (2002) Revisiting the 1954 suspension experiments of R. A. Bagnold / M. L. Hunt, R. Zenit, C. S. Campbell and C. E. Brennen // *J. Fluid Mech* — 2002. — Vol. 452. — P. 1–24.
5. Leighton D. and Acrivos A. (1986) Viscous resuspension // *Chemical Engineering Science*. — 2002. — Vol. 41. — P. 1377–1384.
6. Michalik A. (1973) Density patterns of the inhomogeneous liquids in the industrial pipe-lines measured by means of radiometric scanning // *La Houille Blanche*. — 1973. — № 1. — P. 53–57.
7. Saffman P. G. (1965) The lift on a small sphere in a slow shear flow // *J. Fluid Mech*. — 1965. — Vol. 22. — Pt 2. — P. 385–400.
8. Schlichting H. (1960) *Boundary layer theory*. — McGraw-Hill; N. Y., 1960.
9. Shook C. A. (1968) Flow of suspensions of solids in pipelines / C. A. Shook, S. M. Daniel, J. A. Scott & J. P. Holgate // *The Canadian Journal of Chemical Engineering* — 1968. — Vol. 46, № 4. — Pt. 2: Two Mechanisms of Particle Suspension. — P. 238–244.
10. Talmon A. M. (2006) Modelling the influence of suspension stratification on turbulent mixing in pipelines // 13th conf. Transport and Sedimentation of Solid Particles. — Tbilisi, 2006. — P. 314–321.
11. Wilson K. C. (2005) *Slurry Transport using Centrifugal Pumps* / K. C. Wilson, G. R. Addie, A. Sellgren and R. Clift. — 3rd ed. — Springer-Verlag, 2005.
12. Wilson K. C. and Sellgren A. (2003) Interaction of particles and near-wall lift in slurry pipelines // *J. Hydraulic Engineering*. — 2003. — P. 73–76.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФЛОТА

О. К. Безюков,

д-р техн. наук, проф., СПГУВК;

В. А. Жуков,

канд. техн. наук, доц., РГАТА им. П. А. Соловьева;

О. В. Жукова,

СПГУВК

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СТАРЕНИЯ ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ
СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

AGING OF COOLING LIQUIDS MATHEMATICAL MODEL FOR MARINE DIESELS

Статья посвящена результатам анализа влияния температуры и гидравлического сопротивления на процесс старения присадок к охлаждающей воде судовых дизелей.

The article is devoted to the results of analysis of influence of temperature and hydraulic resistance on the process of aging of additives to cooling water of marine diesels.

Ключевые слова: судовые дизели, системы охлаждения, эрозионно-коррозионные разрушения, математическая модель старения присадок к охлаждающим жидкостям, силикаты, полимеры, поверхностно-активные вещества.

Key words: marine diesels, systems of cooling, erosion-corrosion destruction, mathematical model of aging of additives to the cooling liquids, silicates, polymeric, surface-active matters.

СУДОВЫЕ ДВС оснащаются жидкостными системами охлаждения, в которых имеют место эрозионно-коррозионные разрушения и образование отложений, что в свою очередь вызывает до 15 % от общего числа их отказов (рис. 1).

Интенсивность эрозионно-коррозионных разрушений в значительной мере определяется физико-химическими свойствами теплоносителя системы охлаждения, поэтому задача обеспечения и поддержания в эксплуатации требуемых свойств охлаждающих жидкостей (ОЖ) дизелей является весьма актуальной.

Анализ отраслевых требований и рекомендаций заводов-изготовителей ДВС позволил определить показатели качества охлаждающей жидкости и их рекомендуемые значения (табл. 1). Требуемые параметры теплоносителя могут быть обеспечены различными методами водоподготовки, представленными в табл. 2.

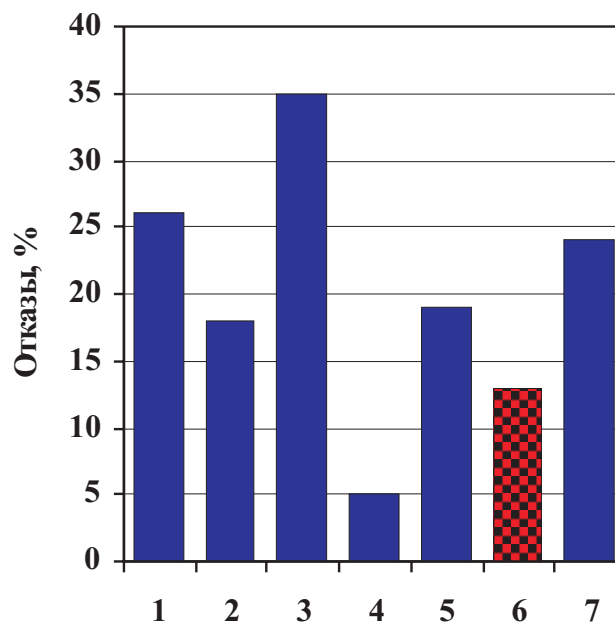


Рис. 1. Распределение основных видов отказов дизелей, %:

1 — КШМ; 2 — ЦПГ; 3 — система топливоподачи; 4 — система выпуска; 5 — система смазки; 6 — система охлаждения; 7 — резинотехнические изделия

Таблица 1

Требования, предъявляемые к охлаждающим жидкостям судовых ДВС

Требования, предъявляемые к охлаждающей жидкости	Показатели качества охлаждающей жидкости	Предельно допустимые значения
Малая химическая агрессивность	содержание сульфат-ионов (SO ₄ ²⁻)	не более 100 мг-экв/л
	содержание хлорид-ионов (Cl ⁻)	не более 200 мг-экв/л
	содержание растворенного кислорода	—
	щелочность	—
	водородный показатель	8,5–9,0
	удельная электропроводность	—
Отсутствие склонности к накипеобразованию	общее солесодержание	не более 250 мг/л
	жесткость	1,5–3,0 мг-экв/л
Отсутствие склонности к расслоению	—	—
Отсутствие вспениваемости	—	—
Способность влиять на процессы теплообмена	поверхностное натяжение	0,055 Н·м
	кинематическая вязкость	1,20 (м ² /с)·10 ⁻⁶

Таблица 2

Методы водоподготовки

Метод	Назначение	Недостатки
Применение химических реагентов	Уменьшение эрозионно-коррозионных разрушений и накипеобразования	Отсутствие обоснованных рекомендаций по технологии использования
Коагуляция коллоидных примесей, известкование	Предварительная очистка воды	Трудоемкость и длительность определения концентрации взвешенных веществ, образование шлама, необходимость дополнительной обработки
Фильтрация	Обработка воды	Трудоемкость процесса, громоздкость оборудования
Применение зернистых сыпучих материалов	Очистка воды от грубодисперсных примесей	Необходимость дополнительной обработки
Дистилляция	Очистка вод с высоким солесодержанием	Экономически невыгодный метод, громоздкость оборудования
Стабилизация подкислением	Предупреждение образования накипи карбоната кальция и гидроксида магния	Необходим тщательный контроль дозирования кислоты
Дегазация	Удаление растворенных в воде газов	Необходимость дополнительной обработки, трудоемкость процесса

Большинство из этих методов нецелесообразно или невозможно использовать в судовых условиях из-за ограниченности пространства машинного отделения, необходимости установки дополнительного оборудования и усложнения систем охлаждения.

Наиболее приемлемым и эффективным способом обеспечения требуемых эксплуатационных свойств охлаждающей жидкости является введение присадок, основные типы которых приведены в табл. 3.

Таблица 3

Присадки к охлаждающей жидкости, их теплофизические и физико-химические свойства

	Химические			Масляные (водоэмульсионные)
Особенности типа присадки	Присадки на основе ингибиторов коррозии, ПАВ, водорастворимых полимеров. Пассивация металлов, образование на их поверхности защитных окисных пленок, перевод в шлам накипеобразователей, нейтрализация кислотности воды			Присадки на нефтяной основе
Вид	Хроматные	Нитритно-боратные	Неорганические пассиваторы	—
Особенности	Токсичны, применение требует особой осторожности	Не токсичны, окисляют корродирующие продукты до высших солей. Снижение или повышение концентрации в небольших пределах не оказывает влияния на скорость коррозии	Эффективны только при защите металлов от коррозионных процессов, скорость которых определяется скоростью массопереноса окислителя к корродирующей поверхности	При омывании эмульсией охлаждаемых поверхностей на них образуется пленка масла, предотвращающая коррозионные разрушения и образование отложений. Кроме того, благодаря демпфирующему эффекту масляная пленка способна уменьшать кавитационные разрушения
Недостатки	Высокая чувствительность к концентрации в охлаждающей воде	Не может использоваться в системах охлаждения с элементами из алюминиевых сплавов, в трубах с гальваническими покрытиями. Нитрит ядовит, смертельная доза 3–4 г	При локальных коррозионных процессах (кавитационная эрозия, коррозионная усталость и пр.) эти ингибиторы не эффективны	Опасность местных перегревов из-за ухудшения теплообмена при увеличении толщины масляной пленки, что возможно при увеличении концентрации эмульсии в воде. Не рекомендуется применять водоэмульсионные присадки в форсированных дизелях. Жесткие требования, предъявляемые к исходной воде
Наименование	Бриз (СПГУВК), ИНКОРТ, Vecom			ВНИИНП, Экстрол, Shell Dromus (Shell), Arosts

Наиболее перспективными и эффективными являются комплексные присадки, в состав которых входят ингибиторы коррозии, поверхностно-активные вещества и водорастворимые полимеры [2].

В виду того, что основными элементами конструкции остова среднеоборотных дизелей являются черные металлы, важное значение играют компоненты, повышающие водородный показатель охлаждающей жидкости и благодаря этому снижающие интенсивность коррозии.

Таким компонентом для присадок, предназначенных для двигателей, остова которых выполнен из чугуна, может быть силикат натрия, которой при концентрации 0.1–0.3 % мас. обеспечивает pH раствора 9–10. При его введении в охлаждающую воду наблюдается наиболее существенное смещение стационарных потенциалов стали и чугуна в положительную сторону. Этот эффект растет по мере увеличения температуры охлаждающей жидкости.

В щелочной среде (pH = 9...13) силикаты натрия взаимодействуют с поверхностью, обеспечивая коэффициент защиты черных металлов от 30 до 75 % при концентрации 50 мг/л. При концентрации силиката натрия свыше 700 мг/л полностью прекращается локальная и общая коррозия черных металлов. Его ингибирующее действие можно рассматривать как совокупность пассивирующего и кроющего действия продуктов гидролиза — гидроокиси натрия и кремниевой кислоты.

Эффективность ингибитора обусловлена высокой диэлектрической проницаемостью, отсутствием пор и стабильностью ферросиликатных пленок, которые имеют сложный полимерный характер типа $(\text{Fe}_3\text{O}_4)_x(\text{SiO}_2)_y(\text{H}_2\text{O})_z$, где $y = 1...2.8$; $x = 1.2...3$; $z = 2...7$.

Однако применение только Na_2SiO_3 как единственного компонента присадки нецелесообразно, так как он способен образовывать на поверхностях нагрева трудноудаляемую кремнийорганическую накипь. В тоже время совместное применение силикатов и поверхностно-активных веществ (ПАВ) дает положительный эффект, который достигается в результате образования на поверхностях тонких защитных пленок, причем внутренний слой, примыкающий к металлу, образует ферро-

силикаты, защищающие металл от коррозии и препятствующие проникновению ПАВ в микродефекты поверхности, а наружный — молекулы неионогенного ПАВ, которые из-за изменения смачиваемости микрокристаллов солей жесткости и поверхности металла препятствуют образованию накипи [2].

Наличие коллоидных поликремниевых кислот также повышает способность охлаждающей воды диспергировать загрязнения и предупреждать их повторное осаждение на поверхности зарубашечного пространства, способствуют умягчению воды.

Применение этого ингибитора в составе комплексной присадки обеспечивает ее минимальную стоимость, так как исходный продукт для его изготовления — двуокись кремния — самый распространенный минерал земной коры.

Вторым фактором, обуславливающим отказы систем охлаждения, является кавитационная эрозия деталей, образующих зарубашечное пространство дизелей. Ее интенсивность определяется числом и динамикой кавитационных пузырьков.

Введение в охлаждающую воду компонентов, повышающих ее вязкость в результате образования структурированных (коллоидных) растворов, благоприятным образом влияет на динамику захлопывания кавитационных пузырьков и способствует снижению их эрозионной активности.

Исследования, проведенные на магнитоэлектрической установке, показали, что к их числу, прежде всего, относятся смеси ПАВ — полиэтиленгликолевого эфира стеарата пентаэритрита ПП-10, синтанола ДС-10, смачивателя ОП-10 и водорастворимых полимеров, среди которых к числу наиболее эффективных относится полиакриамид (ПАА).

Лабораторные исследования показали, что степень влияния силиката натрия, который при гидролизе также образует коллоидные поликремниевые кислоты, меньше по сравнению с ПАВ и ПАА.

Кроме того, присутствие ПАА в охлаждающей жидкости приводит к изменению реологических свойств охлаждающей жидкости, препятствует переносу количества движения поперек потока, то есть ламинизирует его

пристеночные слои и тем самым снижает гидравлическое сопротивление системы охлаждения, уменьшает интенсивность конвективного теплообмена и величину тепловых потерь в охлаждающую воду [6].

Под действием эксплуатационных факторов происходит старение (деструкция) органических компонентов присадки и снижение качества охлаждающей жидкости в связи с чем возникает необходимость ее замены или восстановления требуемых свойств, которое может быть осуществлено путем дополнительного введения присадок.

В настоящее время отсутствуют обоснованные рекомендации по продолжительности эксплуатации охлаждающих жидкостей, содержащих ПАВ и ПАА, и периодичности дополнительного введения в них компонентов для восстановления качества ОЖ.

Такие рекомендации позволили бы, во-первых, повысить надежность систем охлаждения и двигателей в целом и, во-вторых, сократили бы эксплуатационные расходы, связанные с необоснованно ранней или поздней заменой охлаждающих жидкостей.

Поэтому были предприняты исследования, направленные на выявление факторов, обуславливающих старение охлаждающих жидкостей, и разработку математической модели этого негативного процесса.

В качестве гипотезы причин старения присадок была принята термофлуктуационная теория разрушений, предложенная академиком С. Н. Журковым и развитая научной

школой, сформированной в Физико-техническом институте им. акад. А. Ф. Иоффе, в соответствии с которой деструкция (разрыв внутренних связей ПАВ и ПАА) происходит в результате двух основных воздействий — теплового и механического.

Согласно этой теории в результате повышения температуры ОЖ до 70–95 °С растет интенсивность тепловых флуктуаций молекул ПАВ и ПАА, сопровождающаяся растяжением межмолекулярных и межатомных связей [4].

При обтекании вибрирующих поверхностей втулок цилиндров, при движении жидкости в центробежных и винтовых насосах систем охлаждения наблюдается кавитация — местное нарушение сплошности течения с образованием парогазовых каверн, рост и захлопывание которых происходит с высокой скоростью и сопровождается мощными пульсациями давления, воздействующими на ОЖ.

Кроме того, механическое воздействие на органические компоненты присадок оказывается при ее прокачивании через каналы сложной формы системы охлаждения, в которых преобладает турбулентный режим течения, сопровождающийся интенсивным перемешиванием жидкости, пульсациями скоростей и давлений [5].

Конечным результатом как тепловых, так и механических воздействий является разрыв межатомных и межмолекулярных связей органических компонентов присадок (рис. 2), приводящих в конечном итоге к деструкции ПАВ и ПАА и старению ОЖ.

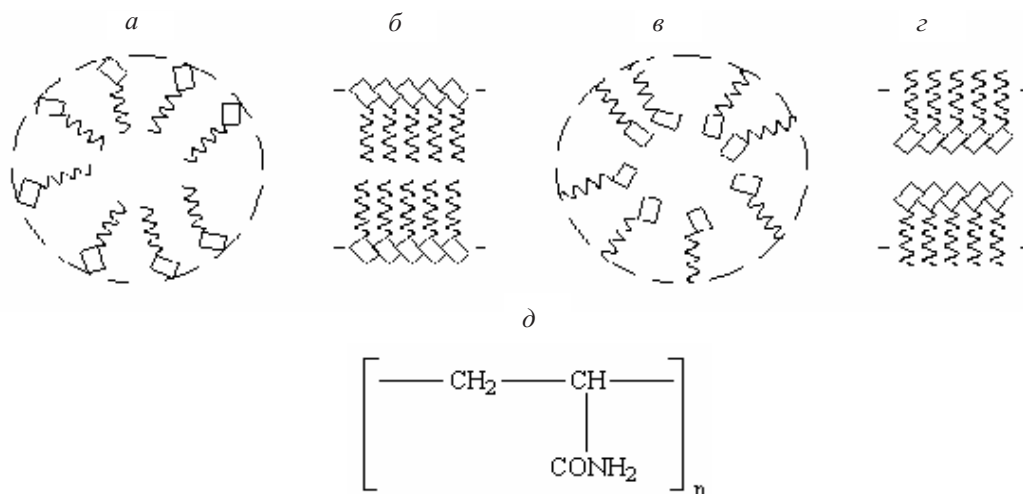


Рис. 2. Мицеллярные структуры молекул ПАВ и макромолекула полиакриламида:

а, в — шарообразные мицеллы ПАВ; б, г — пластинчатые мицеллы ПАВ; д — ПАА

Поэтому в данной работе в качестве факторов, обуславливающих деструкцию органических компонентов, рассматривались рабочая температура ОЖ T , гидравлическое сопротивление системы охлаждения Δp , время эксплуатации τ и концентрация присадки c . Функциями отклика являются поверхностное натяжение σ (характеризующее состояние ПАВ), водородный показатель pH (характеризующий концентрацию силиката натрия) и вязкость ν (характеризующая состояние ПАА).

Математическая модель старения охлаждающей жидкости представляется в виде системы интерполяционных уравнений функций отклика

$$\begin{cases} \sigma = f_1(T, \Delta p, \tau), \\ pH = f_2(T, \Delta p, \tau), \\ \nu = f_3(T, \Delta p, \tau). \end{cases} \quad (1)$$

С целью подтверждения принятой гипотезы были созданы специальные экспериментальные установки.

Для моделирования теплового воздействия необходимо осуществлять циклическое нагревание жидкости от 20 до 100 °С, что воспроизводит запуск двигателя, его прогрев, последующую остановку и охлаждение. Интенсивность нагрева должна быть такой, чтобы время повышения температуры соответствовало времени прогрева двигателя в условиях эксплуатации.

Механическое воздействие на жидкости оказывается в процессе их прокачивания по системе охлаждения.

Результаты лабораторных исследований теплового и механического воздействий на охлаждающую жидкость, содержащую присадку, представлены рисунках 3–5. Результаты обработки экспериментов, проведенных при различных условиях, позволили получить систему трехфакторных регрессионных уравнений (2–4), описывающих изменения основных эксплуатационных свойств охлаждающих жидкостей с течением времени под действием тепловых и механических воздействий.

Уравнения регрессии имеют вид:

для коэффициента поверхностного натяжения

$$\sigma = 1,678 - 3,41 \cdot 10^{-4} \Delta p - 2,36 \cdot 10^{-4} \tau - 0,0175 T, \quad (2)$$

для вязкости

$$\nu = 1,975 - 10,5 \cdot 10^{-2} \Delta p + 6,5 \cdot 10^{-3} \tau + 3,5 \cdot 10^{-3} T, \quad (3)$$

для водородного показателя

$$pH = 6,425 + 5,17 \cdot 10^{-3} \Delta p + 1,5 \cdot 10^{-3} \tau + 33,0 \cdot 10^{-3} T, \quad (4)$$

где: Δp – гидравлическое сопротивление контура циркуляции;

T — температура жидкости в емкости одной экспериментальной установки;

τ — длительность испытаний.

Уравнения экспоненциальных зависимостей долговечности τ охлаждающей жидкости, содержащей комплексную присадку, от температуры для показателей качества:

для поверхностного натяжения:

$$\tau = 0,01 \cdot \exp(0,05 \cdot T) + 0,023;$$

для вязкости:

$$\tau = 9,9 \cdot 103 \cdot \exp(3,9 \cdot 10^{-7} \cdot T) - 9,9 \cdot 103;$$

для водородного показателя:

$$\tau = -4,6 \cdot 105 \cdot \exp(7,5 \cdot 10^{-7} \cdot T) + 4,6 \cdot 105.$$

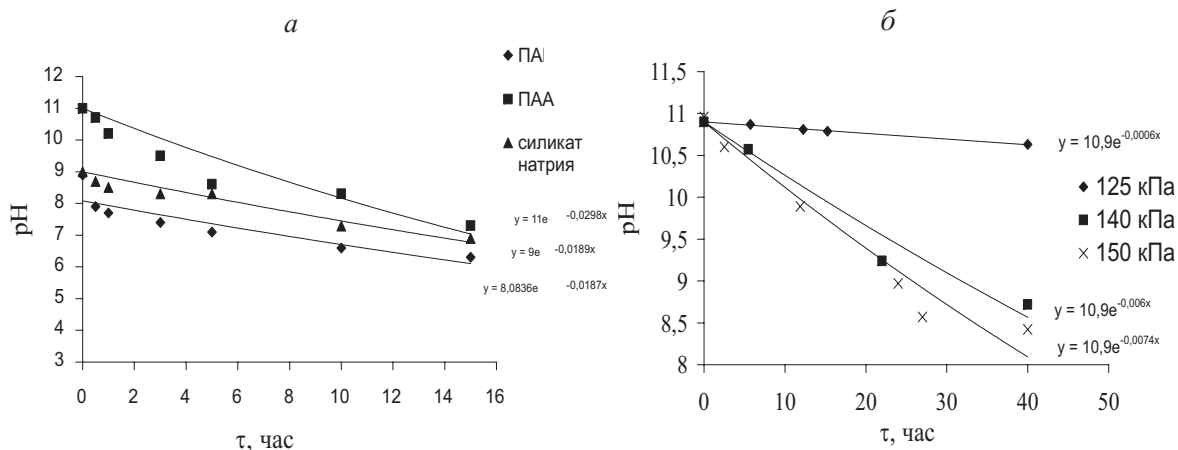


Рис. 3. Зависимость водородного показателя pH от времени теплового воздействия τ в режиме интенсивного пузырькового кипения (а) и времени термомеханического воздействия τ при концентрации раствора 0,5 % (б)

Проверка адекватности модели с использованием аппарата математической статистики по критериям Фишера позволяет утверждать, что полученные регрессионные зависимости с принятой вероятностью $P = 0,95$ могут быть использованы для оценки влияния температуры, гидравлического сопротивления и времени на основные физико-химические свойства охлаждающей жидкости.

Анализ значений коэффициентов регрессионных уравнений позволяет оценить влияние факторов на динамику изменения показателей. Наибольшее влияние на интенсивность старения оказывает температурный фактор, что хорошо согласовывается с термофлуктуа-

ционной теорией разрушений. Меньшее влияние механического фактора можно объяснить малой скоростью движения жидкости.

Выполненные натурные испытания присадок позволили уточнить математическую модель, в которую были введены поправочные коэффициенты, учитывающие отличие реальных условий эксплуатации от условий проведения экспериментальных исследований [7].

Практическое использование предложенной математической модели позволяет прогнозировать срок службы охлаждающих жидкостей, проводить их обоснованную регенерацию или замену и тем самым повышать качество технической эксплуатации судовых ДВС.

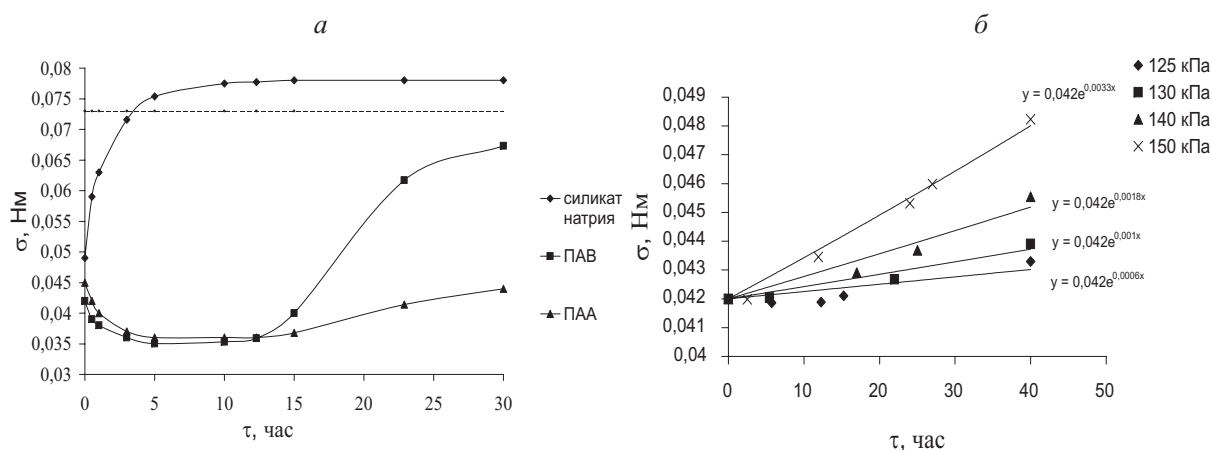


Рис. 4. Зависимость поверхностного натяжения σ от времени теплового воздействия τ в режиме интенсивного пузырькового кипения (а) и времени термомеханического воздействия τ при концентрации присадки 0,5 % (б)

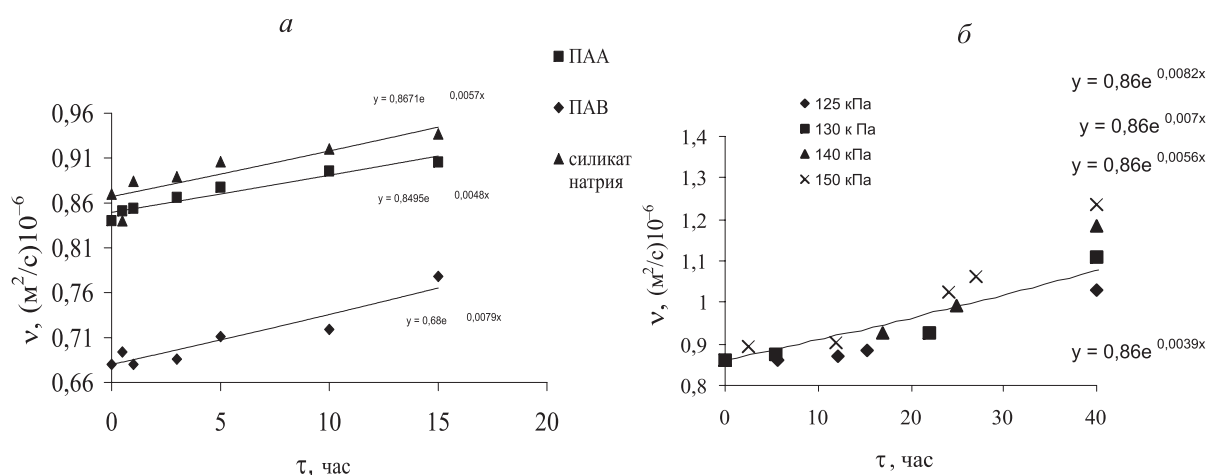


Рис. 5. Зависимость вязкости ν от времени теплового τ воздействия в режиме интенсивного пузырькового кипения (а) и времени термомеханического воздействия τ , концентрация веществ 0,3 % (б)

Список литературы

1. Безюков О. К. Основные положения феноменологической модели эрозионно-коррозионных разрушений втулок цилиндров судовых дизелей: материалы Всероссийской научно-методической конференции: сб. тезисов. — СПб.: СПГУВК, 1994. — С. 117–119.
2. Безюков О. К. Требования к присадкам к охлаждающей воде судовых дизелей: материалы Всероссийской научно-методической конференции: сб. тезисов. — СПб.: СПГУВК, 1994. — С. 121–123.
3. Безюков О. К., Жуков В. А., Ларин В. А. Экспериментальное исследование теплоотдачи в жидкости, содержащей добавки высокополимеров и поверхностно-активных веществ // Инж.-физич. журн. — 1993. — Т. 64, № 1.
4. Журков С. Н., Регель В. Р., Санфирова Т. П. Связь между температурно-временной зависимостью прочности и характером термической деструкции полимеров // Высокомолекул. соедин. — 1964. — № 4 (6). — С. 1092.
5. Кутателадзе С. С. Теплопередача и гидравлическое сопротивление: справ. пособие. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 367 с.
6. Тузов Л. В. Исследование влияния присадок к охлаждающей жидкости дизелей на процессы теплоотдачи / Л. В. Тузов, О. К. Безюков, В. А. Жуков, В. А. Ларин // Двигателестроение. — 1996. — № 1. — С. 55–59.
7. Тузов Л. В., Безюков О. К., Жуков В. А. Разработка и опытная эксплуатация многофункциональных присадок к охлаждающей воде судовых дизелей // Моделирование и оптимизация сложных систем: сб. науч. трудов. — Н. Новгород: ВГАВТ, 1997. — Вып. 273. — С. 121.

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

А. А. Кордаков,
соискатель, СПГУВК

СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ ОСТОВА СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

FACILITIES FOR CONTROL OF THE THERMAL STATE OF DETAILS OF FRAME OF MARINE DIESELS

В статье дан анализ долговечности деталей судовых дизелей, приведены причины их отказов и поломок, рассмотрены возможности обеспечения безотказности и ресурса судовых дизелей путем применения в эксплуатационных условиях современных средств контроля теплового состояния их остова: тепловизоров, пирометров, контактных термометров и термоиндикаторных красок.

The article gives the analysis of durability of the details of marine diesels, causes of their failure and breakdowns; examines the opportunities of guarantee of faultlessness and resource of marine diesels by using modern facilities for control of the thermal state of their frame: тепловизоры, pyrometers, contact thermometers and thermopaints.

Ключевые слова: судовой дизель, остов, безотказность и ресурс, температурные поля, тепловизор, пирометр, контактный термометр, термоиндикаторные краски.

Keywords: Marine diesel, frame, faultlessness and resource, temperature fields, тепловизор, pyrometer, contact thermometer, thermopaints.

РАЗВИТИЕ современного дизелестроения характеризуется увеличением цилиндрических мощностей, которое, в большинстве случаев, достигается за счет роста среднего эффективного давления, частоты вращения коленчатого вала. Увеличение цикловой подачи топлива приводит к росту тепловыделения в цилиндре и усилению процесса теплообмена между рабочим телом (газами), деталями цилиндро-поршневой группы и остова [8].

Таким образом, тепловая напряженность дизеля определяется как температурное состояние его деталей, оцененное по отношению к некоторым его критическим характеристикам с учетом свойств и условий работы металла.

Количественно тепловая напряженность оценивается температурными напряжениями и их отношением к соответствующей характеристике механической прочности металла и уровнями температуры в различных ответственных местах деталей, отнесенными к ее критическим значениям. Температуру и температурные напряжения обобщенно называют параметрами тепловой напряженности.

Развивающиеся в деталях двигателя температурные напряжения обуславливаются их конструктивной формой, теплофизическими характеристиками материала и тепловым состоянием самой детали и сопряженных с ней элементов. При этом температурное поле детали или определяющие его параметры (уровни температуры в характерных точках и температурные градиенты) при прочих равных условиях являются данными для сравнительного анализа динамики тепловой напряженности в зависимости от изменения режима работы дизеля.

Чтобы обеспечить надлежащую надежность, на дизелестроительных заводах вводят конструктивные усовершенствования, однако в условиях непредвиденной тяжелой навигационной обстановки (например, снижение глубины судового хода) или из-за нарушений правил технической эксплуатации коэффициент эксплуатационной надежности по тепло-

вой напряженности может быть исчерпан, что приводит к нежелательным последствиям и нередко к авариям.

В настоящее время на новых судах смешанного река–море плавания устанавливаются современные ДВС ведущих дизелестроительных фирм мира Wartsila, MAN B&W, MaK, Caterpillar, Sulzer и других, в 2–4 раза превышающие по степени форсировки двигатели, традиционно используемые на речном флоте [6].

Если в дизелях типа 6ЧН12/14, ЧН15/18, ЧН18/22, 6ЧН36/45, ЧН18/26, ЧН 24/36, ЧН32/48 и других теплонапряженность существенно влияла на показатели надежности прежде всего цилиндро-поршневой группы, то в высокофорсированных двигателях, у которых среднее эффективное давление превышает 2 МПа, она оказывает также влияние и на показатели безотказности и ресурса деталей остова — крышек и блока цилиндров, анкерных связей и шпилек, особенно при работе дизеля во время пуска, на переменных режимах и при перегрузках [3, 5].

Для оценки теплового и теплонапряженного состояния цилиндро-поршневой группы используются термометрирование, которое требует установки как самих термодатчиков, так и прокладки их коммуникаций. Измерения чаще всего проводятся не там, где они наиболее информативны, а в тех местах, где возможна установка термодатчиков [7]. При этом они искажают температурные поля и ослабляют детали двигателя. В результате указанный метод находит применение только в исследовательской практике, а в условиях эксплуатации тепловой контроль двигателей осуществляется косвенными методами по температуре рабочих сред (отработавших газов, надвучного воздуха, охлаждающей жидкости и масла), что дает только качественную и усредненную картину теплонапряженного состояния ДВС. Причем система автоматического регулирования поддерживает значения температур охлаждающей жидкости и масла примерно постоянными, что резко снижает информативность даже косвенного метода.

В то же время длительная безаварийная эксплуатация судовых дизелей с высокой тепловой напряженностью может быть обеспечена экипажем путем применения новых методов и средств контроля теплового состояния деталей остова судовых дизелей. К их числу относятся: тепловизоры, пирометры, контактные термометры и термоиндикаторные краски, которые могут применяться сами по себе и в сочетаниях друг с другом.

Тепловизор (тепловизионный измерительный прибор) — оптико-электронный прибор, предназначенный для бесконтактного (дистанционного) наблюдения, измерения и регистрации пространственного/пространственно-временного распределения радиационной температуры объектов, находящихся в поле зрения прибора путем формирования временной последовательности термограмм и определения температуры поверхности объекта по известным коэффициентам излучения и параметрам съемки (температура окружающей среды, пропускание атмосферы, дистанция наблюдения и т. п.) [4]. При выборе аппарата необходимо учитывать целый ряд важных характеристик: температурное разрешение, размер изображения, скорость формирования изображения, спектральный



Рис. 1. Тепловизор NEC TH7700/7800

диапазон, диапазон измеряемых температур, автокомпенсацию воздействия внешних факторов и др.

Вследствие ограниченного пространства машинных помещений важным параметром является поле зрения тепловизора (FOV — Field of view), описывающее размеры пространства при съемке объекта и размер чувствительного детектора (матрицы), способного обеспечить высокую плотность считывания информации в фокальной плоскости.

Для контроля над тепловым состоянием остова судовых дизелей выбраны следующие определяющие и граничные условия:

- диапазон измеряемых температур — 0 ... 250 °C;

- расстояние от тепловизора до объекта измерений — 0,3 ... 10 м;

- поле зрения — 50 °;

- размер матрицы — > 100 тыс. пикселей;

- предел допустимой погрешности измерений температуры — ± 2 °C;

- возможность накапливать и проводить обработку полученной информации с помощью ПЭВМ.

Анализ технических характеристик и стоимости тепловизоров (табл. 1) показывает, что в судовых условиях целесообразно использование тепловизора NEC TH7700/7800 (США/Япония) (рис. 1) или аналогичных по техническим параметрам. Эти приборы позволяют установить общее тепловое изображение машинного отделения, создаваемого за счет собственного теплового излучения находящихся в них судовых дизелей и другого оборудования за счет в излучательной способности их наружных поверхностей.

В связи с высокой стоимостью тепловизоры не могут использоваться на каждом судне на постоянной основе. Поэтому целесообразно применение пирометров, позволяющих обеспечить дистанционное измерение температуры прежде всего в тех точках машинного отделения, где она достигает максимальных значений (например, газовые стыки между крышками и блоком цилиндров ДВС, тепловая изоляция выпускных коллекторов, котлов и др.).

Таблица 1

Технические характеристики тепловизоров

Марка тепловизора, страна-производитель	Диапазон измерений температуры, °С	Порог температурной чувствительности, °С	Погрешность измерения температуры, °С	Оптическое поле зрения, град.	Размер матрицы, пиксель	Стоимость, руб.
IRISYS IRI 4010 (Великобритания)	-10 ... +250	0,15	±2	20 × 15	160 × 120	148 700
LAND GUIDE M3 (Великобритания)	-20 ... +250	0,12	±2	25 × 19	160 × 120	265 500
TESTO 880 (Германия)	-20 ... +350	0,1	±2	32 × 24	160 × 120	229 000
FLUKE Ti30 (США)	-10 ... +250	0,1	±2	17 × 12,8	160 × 120	383 500
FLUKE Ti20 (США)	-10 ... +350	0,1	±2	20 × 15	128 × 96	224 200
NEC TH7700/7800 (США/Япония)	-20 ... +250	0,1	±2	27 × 20	320 × 240	515 800
Extech IRC55 (США)	-10 ... +350	0,2	±2	25 × 25	120 × 120	208 000
Therma CAM E320 (Швеция/США)	-20 ... +500	0,1	±2	23 × 17	320 × 240	625 000
Therma CAM E45 (Швеция/США)	-20 ... +250	0,1	±2	19 × 14	160 × 120	445 000
Therma CAM P65 (Швеция/США)	-40 ... +500	0,08	±2	24 × 18	320 × 240	2 000 000
NEC TH-9100 ProMV (США/Япония)	-40 ... +2000	0,06	±1	21.7 × 16.4	320×240	1 406 000
CANTRONIC IR980 (Канада)	-20 ... +600	0,08	±1	20 × 15	320 × 240	78 8500
ФлашСайт (Россия)	-40 ... +55	—	—	13 × 10	160 × 120	515 000

Пирометр — прибор для бесконтактного измерения температуры поверхности тел. Принцип его действия основан на измерении мощности теплового излучения объекта в диапазонах инфракрасного излучения и видимого света. При выборе пирометра необходимо учитывать технические характеристики аппарата, определяющие его технический уровень и соответствие поставленной задачи.



Рис. 2. Пирометр Raynger ST80

Для регистрации температур на поверхности остова дизеля выбраны следующие оп-

ределяющие и граничные условия:

— диапазон измеряемых температур — $0 \dots +450 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

— расстояние от пирометра до объекта измерений — $1 \dots 10 \text{ м}$;

— диаметр пятна — $< 200 \text{ мм}$;

— показатель визирования (отношение расстояния между пирометром и объектом измерения к диаметру пятна визирования) — $> 50:1$

— предел допустимой погрешности измерений — $\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

— время отклика (установления показаний) — $\leq 0,5 \text{ с}$;

— спектральный интервал — $8 \dots 14 \text{ мкм}$;

— дискретное считывание показаний температуры;

— наличие лазерного прицела.

— возможность накапливать и проводить обработку полученной информации с помощью ПЭВМ.

Анализ технических характеристик и стоимости пирометров немецкого производства, лидирующих по надежности и качеству исполнения (см. табл. 2), показывает, что основным параметром выбора является показатель визирования. По техническим характеристикам и стоимости Raynger ST80 немецкой фирмы Raytek является наиболее подходящим прибором для измерения температуры поверхности деталей остова дизелей.

Таблица 2

Технические характеристики пирометров

Марка пирометра	Диапазон измерений температуры, $^{\circ}\text{C}$	Показатель визирования	Погрешность измерения температуры, %	Время отклика (установления показаний), с	Стоимость, руб.
Optris MS	$-32 \dots +460$	20:1	1	0,3	5600
Optris MS Plus	$-32 \dots +530$	20:1	1	0,3	7600
Raynger ST20	$-32 \dots +400$	12:1	1	0,3	11 300
TI 120 EL	$-20 \dots +500$	8:1	1	0,3	12 500
Raynger ST25	$-32 \dots +545$	12:1	1	0,3	14 400

Таблица 2
(Продолжение)

TI 200	–20 ... +700	35:1	1	0,2	17 500
Optris MS Pro	–30 ... +720	30:1	1	0,3	19 300
Raynger ST60	–32 ... +600	30:1	1	0,3	24 100
Raynger ST80	–32 ... +720	50:1	1	0,2	27 600
Optris Laser Sight	–35 ... +900	75:1	0,75	0,15	44 600
Raynger MX2	–30 ... +900	60:1	0,7	0,25	52 600
TI 315	–25 ... +1200	80:1	1	0,2	67 400
Raynger MX4 Plus	–30 ... +900	60:1	1	0,25	71 800

Наиболее простыми и дешевыми средствами определения температуры исследуемой поверхности судового оборудования являются специальные термоиндикаторные краски, которые наносятся на поверхности в машинном отделении в виде меток [1].

Термоиндикаторы — это сложные вещества, которые при достижении определенной температуры резко изменяют свой цвет за счет химического взаимодействия компонентов (см. табл. 3) и могут быть нанесены практически на любую вогнутую или выпуклую поверхность остова дизеля.

Таблица 3

Технические характеристики термоиндикаторных красок

Температура перехода, °C	Исходный цвет	Цвет после нагрева
45	светло-розовый	голубой
70	розовый	зеленый
85	светло-розовый	светло-синий
90	светло-зеленый	светло-коричневый
110	светло-розовый	светло-фиолетовый
120	светло-зеленый	фиолетовый
130	желтый	оранжевый
150	фиолетовый	черный
180	светло-зеленый	черный
200	зеленый	беж
240	светло-зеленый	коричневый
250	бирюзовый	белый
280	сиреневый	черно-синий

Таблица 3
(Продолжение)

360	синий	беж
410	белый	коричневый
445	сине-зеленый	светло-серый
470	оранжевый	серый
485	голубой	светло-серый
510	сине-зеленый	оранжевый
555	черный	темно-зеленый
570	розовый	белый через беж
700	бледно-зеленый	ярко-зеленый
800	сиреневый	светло-фиолетовый

Термоиндикаторы плавления (ТИП) представляют собой высокодисперсные суспензии термочувствительных веществ на основе органических и неорганических химических соединений и связующих, содержащих растворы синтетических лаков и смол в органических растворителях. ТИП обеспечивают повышенную контрастность цветового перехода и рекомендуются для контроля и измерения температуры нагреваемых поверхностей объектов, выполненных из любых конструкционных материалов.

Нереверсивные термоиндикаторы, имеющие размер 18×40 мм, при достижении определенной температуры меняют цвет, который остается в последующем без изменений.

Реверсивный термоиндикатор диаметром 30 мм при обычной температуре черного цвета; при температуре 90°C меняет свой цвет на красный, затем на зеленый (95°C) и синий (100°C). С уменьшением температуры черный цвет восстанавливается.

ТИП выпускаются по ТУ 2638-002-48591565-2000 «Термоиндикаторы плавления высокочувствительные» различных модификаций, с диапазоном температур срабатывания от 30 до 1200°C . Точная температура указывается в сертификате и находится для различных диапазонов температур в следующих пределах: $30\text{--}114^\circ\text{C}$ ($\pm 3^\circ\text{C}$), $122\text{--}170^\circ\text{C}$ ($\pm 4^\circ\text{C}$), $180\text{--}390^\circ\text{C}$ ($\pm 5\text{--}6^\circ\text{C}$), $400\text{--}1100^\circ\text{C}$ ($\pm 10\text{--}20^\circ\text{C}$), $1150\text{--}1200^\circ\text{C}$ ($\pm 40^\circ\text{C}$).

На точность показаний ТИП (погрешность измерения которыми составляет не более $\pm 1\%$) не влияют повышенная влажность, солнечная радиация, перепады температур.

На тех же физико-химических основах основано применение **термоиндикаторных карандашей** (рис. 4), представляющих собой металлический цилиндр с внутренним стержнем из лакополимерного композита. Материал стержня плавится при определенной температуре, называемой номиналом карандаша. Для определения момента достижения определенной температуры на контролируемую поверхность наносят метку термоиндикаторным карандашом соответствующего номинала. При температуре нагрева исследуемой поверхности до номинального значения метка расплавится и превратится в глянцевый мазок. Глянцевый вид мазка сохранится и после охлаждения поверхности.

Рис. 4. Термоиндикаторный карандаш
Thermomelt Heat Stik

Термоиндикаторные карандаши имеют диапазон температурного перехода от 50 до 1200°C при точности измерения температуры $\pm 1\%$.

Применение термоиндикаторов для визуального контроля теплового состояния остова дизелей также позволяет просто и надежно регистрировать переход работы его отдельных элементов за предельно допустимые значения параметров.

Для исследования динамики изменения теплового состояния остова судового дизеля в процессе запуска, прогрева и при изменении режимов работы, создания соответствующих термограмм необходимо провести одновременные замеры температуры в целом ряде характерных точек остова. Такие измерения целесообразно проводить с помощью термометров с контактными датчиками, оснащенными терморегистрирующими устройствами, например семейства iButton Data Loggers (далее — iBDL), серийно выпускаемыми американской компанией Dallas Semiconductor. Указанные регистраторы являются полностью автономными устройствами, имеющими в составе своей конструкции собственный источник энергии, микропроцессорное устройство управления, большой объем энергонезависимой памяти для хранения накапливаемых данных, узел часов реального времени.

Применение iBDL исключает необходимость прокладки проводных каналов связи, дает возможность устанавливать датчики и

считывать информацию в труднодоступных местах остова дизелей и другого судового оборудования.

В качестве чувствительного элемента контактных датчиков в устройствах iBDL-RH используются прецизионные платиновые терморезисторы типа HEL-707 от Honeywell, обеспечивающие регистрацию температуры в диапазоне от -75 до $+500$ °C.

Погрешность измерений при температуре окружающего воздуха от $+5$ до $+45$ °C составляет $\pm 1,8$ °C [2].

Накопленные самописцем результаты измерений обрабатываются и документируются с помощью специальной программы обработки данных, свободно доступных макросов генератора отчета iBDL_Pt или генератора графиков iBDL_MG для программы MS Excel [2].

Таким образом, с помощью предложенных средств возможен контроль температурного состояния деталей остова, что позволит оптимизировать его теплонапряженное состояние, уменьшит вероятность образования трещин в наиболее дорогих и трудоемких в ремонте элементах судовых дизелей (в крышках, втулках, блоке цилиндров, анкерных связях и шпильках), во всем диапазоне их эксплуатационных режимов.

Список литературы

1. ООО «БИОЛАЙТ ЛТД» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.biolight.ru>.
2. Лаборатория альтернативных энергосистем и электронного обеспечения. Управление по нераспространению ядерных материалов и технологий РНЦ «Курчатовский институт» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.elin.ru>.
3. Васильев Б. В., Ханин С. М. Надежность судовых дизелей. — М.: Транспорт, 1989.
4. ГОСТ Р 8.619-2006. Национальный стандарт Российской Федерации. Приборы тепловизионные измерительные.
5. Кондратьев Н. Н. Отказы и дефекты судовых дизелей. — М.: Транспорт, 1985.
6. Конкс Г. А., Лашко В. А. Мировое судовое дизелестроение. Концепции конструирования, анализ международного опыта. — М.: Машиностроение, 2005.
7. Пахомов Ю. А. Основы научных исследований и испытаний тепловых двигателей. — М.: ТрансЛит, 2009.
8. Лепский А. Г., Дамаскин А. А. Анализ возможности формирования интегрального показателя для оценки теплонапряженности деталей судового двигателя // Вестник МГТУ. — 2008. — № 3. — Т. 11. — С. 451–455.

В. В. Гаврилов,
д-р техн. наук, доц., СПГУВК

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПЫЛИВАНИЯ ТОПЛИВА В СУДОВОМ ДИЗЕЛЕ

MODEL OPERATION OF PROCESS OF DISINTEGRATION OF FUEL IN A MARINE DIESEL

Дано объяснение турбулентной и кавитационной природы распада топливной струи в дизеле. На основе анализа экспериментальных данных предложена модель распада. Разработана методика расчета размера частицы распыленного топлива и вектора ее начальной скорости в момент отрыва от сплошной струи. Предусмотрен расчет полидисперсного распыливания топлива.

A turbulent and cavitation nature of disintegration of a fuel stream in a diesel is explained. On the basis of the analysis of experimental data the model of decay is offered. The procedure of calculation of the size of a particle of the sprayed fuel and vector of its initial velocity at the moment of separation from a continuous fluid jet is designed. The calculation of polydimensional bucking of fuel is stipulated.

Ключевые слова: распад топливной струи, физическое моделирование, расчет, размеры частиц топлива, начальная скорость.

Key words: disintegration of a fuel stream, physical simulation, calculation, size of a particle of the sprayed fuel, initial velocity.



ОБЕСПЕЧЕНИЕ высоких экономических, экологических показателей и показателей надежности дизеля возможно путем согласования конструктивных и регулировочных параметров топливной аппаратуры, камеры сгорания и заряда цилиндра. При выполнении этой работы целесообразно использовать математические модели внутрицилиндровых процессов и процессов топливopодачи.

Важным элементом комплекса процессов в дизеле является распад струи топлива, подаваемого в цилиндр форсункой. Распад струи определяет качество распыливания топлива и последующего его сгорания.

В специальной литературе не дается определение терминов «распад струи» и «распыливание топлива». Может быть предложено следующее их толкование. «Распад» представляет собой общее понятие, означающее нарушение сплошности жидкой струи в целом или ее фрагмента. «Распыливание» — вид распада, при котором сплошная или пузырьковая жидкость преобразуется в смесь газа или пара с каплями (газовзвесь).

До сих пор отсутствует общепринятая точка зрения на природу распада струи. В за-

висимости от того, какой из факторов распада считается определяющим, известные модели можно условно разделить на три группы, в которых распад рассматривается как результат: 1) развития в сплошной струе поверхностных колебаний; 2) кавитации в сопловом канале; 3) развития турбулентности потока. Не объяснено взаимодействие указанных механизмов. Отсутствует методика расчета, которая наряду с размерами частицы топлива позволяла бы определять начальный вектор ее скорости в момент отрыва от сплошной струи.

На основе обобщения известных научных фактов и результатов теоретических исследований можно составить физическую картину распада. В процессе истечения топлива из форсунки в сопловом канале образуется сложная турбулентная структура, состоящая из вихрей различных масштабов. Можно выделить две основные вихревые системы. Система крупномасштабных кольцевых вихрей формируется при обтекании входной кромки канала в результате образования отрывного течения. Вторая вихревая структура представляет собой систему мелкомасштабных вихрей, возникающую в области пограничного слоя как проявление пристенной

турбулентности, которая порождается взаимодействием потока топлива с микронеровностями поверхности канала. Масштаб турбулентности увеличивается в направлении от стенки к ядру потока. Режим течения в канале зависит от относительного скоростного напора, который может быть выражен через отношение перепада давления на сопле к противодавлению среды $K = \Delta P / P_2$. Эксперименты С. А. Скоморовского [5] показали, что с ростом перепада давления при $K \geq 1,3-2,0$ (в сопловых отверстиях обычной цилиндрической формы) начинается процесс внутриканального распада струи, проявляющийся в возникновении кавитации в зоне отрыва в ядрах крупномасштабных кольцевых вихрей. С последующим увеличением $K \geq 10,0-12,5$ кавитация развивается и в пристенных мелкомасштабных вихрях.

Можно предложить следующую интерпретацию взаимодействия турбулентного и кавитационного механизмов распада. Энергия турбулентности расходуется на образование внутривихревых кавитационных разрывов сплошности. При перемещении каверн в зависимости от изменения локальных скорости вращения вихря и статического давления периодически происходит их рост и схлопывание. Процесс схлопывания каверн подпитывается энергией турбулентное движение. Таким образом, имеет место непрерывный обмен энергией (на общем фоне ее диссипации) между турбулентным и кавитационным механизмами распада.

Отделение частицы топлива от сплошной струи или ее фрагмента происходит в момент преодоления локального баланса сил инерции, вязкости, поверхностного натяжения, внутреннего и внешнего давлений. Размер образующейся частицы топлива зависит от локального масштаба турбулентности. На оси струи формируются крупные частицы, на периферии ее сечения — мелкие. Тонкость распыливания в значительной мере определяется параметрами пристенной турбулентности.

Завершение распада сплошной струи и вторичное дробление капель могут происходить вне сопла, в КС дизеля [1]. При этом некоторое силовое воздействие на струю и капли оказывает заряд цилиндра. Последующая

коагуляция движущихся в распыленной струе капель, на возможность которой указывают ряд авторов, маловероятна в силу того, что расстояние между каплями несоизмеримо велико по отношению к их размеру.

Справедливость тезиса об определяющем влиянии пристенной турбулентности на распад может быть подтверждена ссылкой на результат экспериментального исследования распределения относительной интенсивности турбулентности $\varepsilon = \sqrt{w'^2} / w$ по радиусу поперечного сечения воздушного потока, выходящего из модели цилиндрического сопла при различных числах Рейнольдса [3]. Этот результат, полученный при различных числах Рейнольдса, показан на рис. 1.

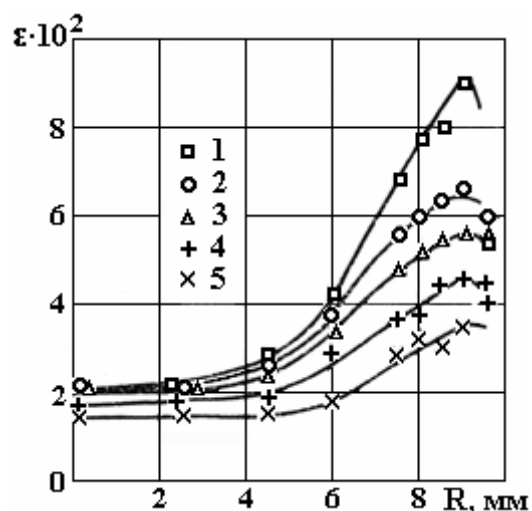


Рис. 1. Распределение относительной интенсивности турбулентности по сечению потока, выходящего из цилиндрического сопла:
1 – $Re = 6900$; 2 – $Re = 10\,100$; 3 – $Re = 13\,250$;
4 – $Re = 17\,700$; 5 – $Re = 22\,600$

Из рисунка видно, что изменение режима течения, который, как известно, определяет качество распыливания топлива форсункой, влияет преимущественно на параметры пристенной турбулентности и практически не влияет на турбулентность в ядре течения.

Важный аспект картины распада струи представляет собой наличие и форма поверхности разрыва сплошности в сопловом канале. С. А. Скоморовским в наших совместных работах [1; и др.] получены эксперименталь-

ные данные о форме этой поверхности, которые приведены на рис. 2.

Здесь представлены микрофотографии потока дизельного топлива внутри плоской оптически прозрачной модели канала, выполненные в проходящем свете. Канал образуют две параллельно расположенные стальные пластины. Боковыми стенками канала служат прозрачные пластины из органического стекла. Поток направлен слева направо.

На рисунке показаны момент зарождения на входной кромке канала и последующее развитие области вихревой кавитации при увеличении относительного скоростного напора от $K = 2,0$ (рис. 2, а) до $K = 15,0$ (рис. 2, д). Последнее значение соответствует режиму истечения топлива в современном дизеле при максимальном давлении впрыскивания. Можно видеть, что поверхность разрыва

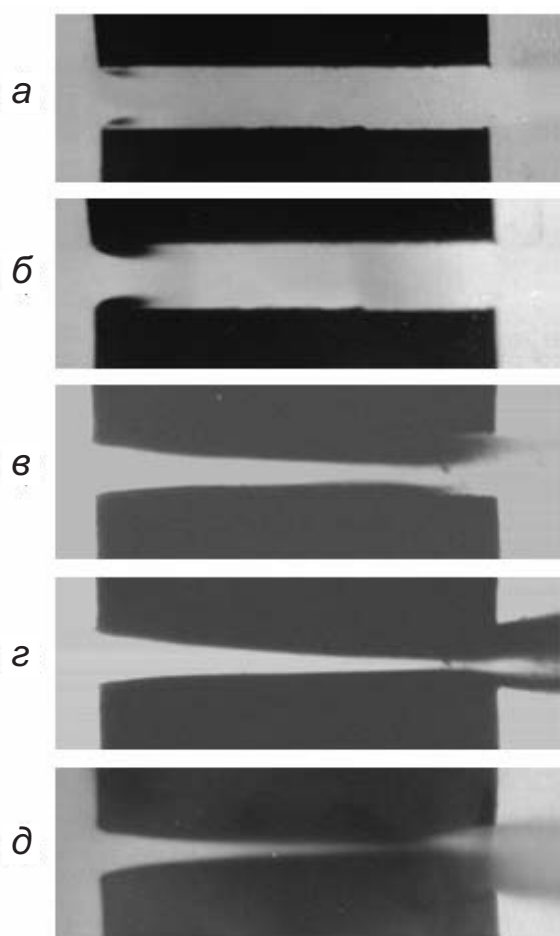


Рис. 2. Развитие зоны вихревой кавитации в сопловом канале при увеличении относительного скоростного напора K :
а — $K = 2,0$; б — $K = 3,4$; в — $K = 4,0$;
г — $K = 7,0$; д — $K = 15,0$

сплошности при K , имеющих существенное значение для реального процесса подачи топлива, имеет клиновидную форму. Есть основание предположить, что в канале круглого сечения указанная поверхность близка к конической.

Представленную физическую картину следует иметь в виду при математическом моделировании распыливания топлива. Далее описаны основные особенности предлагаемой модели.

Ввиду указанной выше решающей роли турбулентных пульсаций в акте отделения капли топлива от сплошной струи, для расчета диаметра образующейся капли можно было бы принять соотношение, полученное О. Н. Лебедевым теоретическим путем [4]. Однако определить входящую в это соотношение поперечную пульсационную скорость w'_{fy} не представляется возможным. Поэтому предлагается решить обратную задачу: по известному диаметру капли d_k , который может быть рассчитан по одной из известных методик, пользуясь упомянутым соотношением, вычислить пульсационную скорость:

$$w'_{fy} = K_w \sqrt{\sigma_f / (\rho_f d_k)}, \quad (1)$$

где: σ_f , ρ_f — соответственно коэффициент поверхностного натяжения и плотность топлива;

K_w — эмпирический коэффициент, которым учитываются, в частности, вязкость топлива, форма и размеры сопла; эмпирическая зависимость K_w определяется также характером распыливания (его монодисперсностью или полидисперсностью) и способом осреднения диаметра капель при полидисперсном распыливании.

Пренебрегая радиальными скоростями осредненного движения в сплошной струе, примем, что в момент отделения капли пульсационная скорость потока равна начальной радиальной скорости капли: $w'_{fy} = w_{fy}$.

Заметим, что в соответствии с выражением (1) капли большого диаметра получают малую начальную скорость. Это одна из причин, которая не позволяет крупным каплям продвинуться на периферию поперечного сечения струи. Сделанный вывод согласуется с

известным фактом, в соответствии с которым крупные частицы сосредоточены в области оси струи.

Очевидно, вектор w'_{fn} начальной скорости капли направлен нормально поверхности разрыва сплошности. Это означает, что направление вектора зависит от локальной ориентации в пространстве поверхности разрыва. Приведенные на рис. 2 результаты экспериментальных исследований дают основание принять, что в процессе распыливания топлива в сопловом канале имеет место поверхность разрыва сплошности конической формы. Соответствующая схема показана на рис. 3.

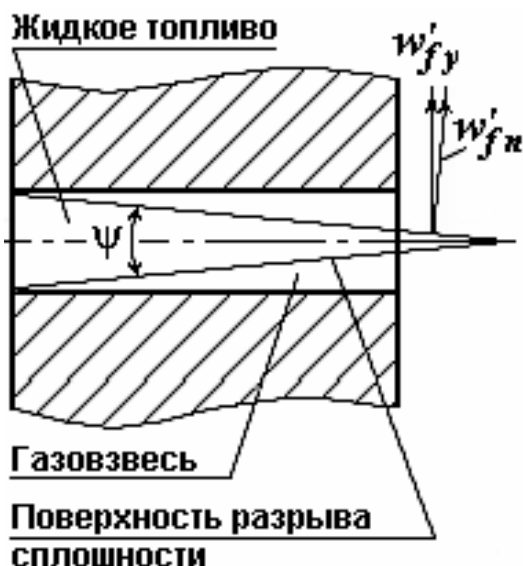


Рис. 3. Схема распада топливной струи в сопловом канале форсунки

Учитывая описанную выше сложную структуру течения в канале, а также вывод о том, что кавитационный распад в крупномасштабных вихрях начинается при относительно малом скоростном напоре K [5], можно заключить, что обнаруживаемая в экспериментах поверхность разрыва формируется за счет крупномасштабной турбулентности. Предположим, что между параметрами турбулентности различных масштабов в геометрически подобных соплах и при аналогичных условиях истечения топлива существует определенное соотношение. Тогда и для образования капель, вызванного мелкомасштабными пульсациями, можно представить

условную коническую поверхность разрыва сплошности. Геометрические параметры этой условной поверхности некоторым образом связаны с аналогичными параметрами «видимой» поверхности. В варианте методики расчета процесса распыливания, в которой определяется не спектр размеров капель, а их средний диаметр, поверхность сплошной струи может быть представлена единым конусом, размеры которого определяются текущим режимом истечения. Такая «геометрическая» интерпретация помогает наглядно представить взаимосвязь факторов процесса распыливания.

Если изложенные соображения справедливы, то коэффициент K_w в формуле (1) должен зависеть от текущего расчетного угла ψ конуса поверхности разрыва сплошности. При увеличении угла поверхности проекция нормального вектора (неизменного по модулю) на радиальную плоскость уменьшается, следовательно, K_w также уменьшается.

Предложенная упрощенная модель наряду с наглядностью картины распада позволяет описать и объяснить наблюдавшуюся нами, а также и другими исследователями стабилизацию ширины распыленной струи при увеличении давления впрыскивания топлива. Известно, что с увеличением давления впрыскивания (следовательно, с ростом скорости истечения) длина сплошного жидкого столба топлива сокращается. Очевидно, что пульсационные скорости и, соответственно, модули нормальных векторов начальных скоростей капель при этом возрастают. Но ожидаемого увеличения ширины струи не происходит, так как проекция указанных векторов на радиальное направление не увеличивается.

Для того чтобы воспроизведение рассмотренной картины расчетом стало возможным коэффициент K_w в формуле (1) должен определенным образом зависеть от высоты сплошного жидкого столба, то есть от режима истечения, свойств топлива и конструктивных параметров сопла.

Дисперсность распыливания топлива может быть оценена функцией распределения капель по размерам Розина–Раммлера:

$$S_3(d) = 1 - \exp\left[-(d/d_m)^n\right], \quad (2)$$

где: $S_3(d)$ — объемная (массовая) доля капель, размер которых меньше или равен d ;

d_m, n — параметры распределения.

Для обеспечения возможности последующего моделирования процессов движения, испарения и горения топлива необходимо в результате расчета распада струи топлива определить векторы начальных скоростей капель топлива, наряду с их размерами. Основное решение, принятое при разработке изложенной ниже методики, состоит в том, что размер частицы вычисляется по проверенным на практике эмпирическим зависимостям, а вектор начальной скорости частицы, приравненной к пульсационной скорости сплошного потока топлива, определяется решением обратной задачи Лебедева, в которой теоретическим путем установлена рассмотренная выше связь между размером образующейся частицы и пульсационной скоростью.

Опишем основные этапы расчета распада струи.

1) Определить среднеарифметический диаметр d_{10} капли для текущей скорости истечения топлива по формуле [3]:

$$d_{10} / d_c = 2,88 Lp^{-0,0733} We_i^{-0,24} (d_{co} / d_c)^{0,7},$$

где: $Lp = \sigma_f \rho_f d_c / \mu_f^2$ — число Лапласа;

$We_i = w_{fi}^2 \rho_f d_c / \sigma_f$ — число Вебера;

$d_{co} = 0,25$ мм — характерный размер;

d_c — диаметр соплового отверстия;

μ_f — динамическая вязкость топлива;

w_{fi} — текущая скорость истечения топлива из форсунки (осредненная в пределах i -го шага по времени).

2) Вычислить относительный средний объемный диаметр [3]:

$$\bar{d}_{30} = d_{30} / d_{10} = 1,96 We_i^{-0,04},$$

где: d_{30} — абсолютный средний объемный диаметр капли;

3) Вычислить параметры d_m и n уравнения (2) Розина–Раммлера [3]:

$$d_m = d_{10} \bar{a}_{30}^{2,55},$$

$$n = 1,992 (\bar{a}_{30} - 1)^{-0,306}.$$

4) Разделить диапазон размеров капель от $d = 0$ до $d = d_{max}$ на j_{max} интервалов с шагом Δd_j . При этом d_{max} может быть либо определен по методике Б. В. Раушенбаха, либо в первом приближении для обычных условий основного периода впрыскивания топлива с учетом экспериментальных данных принят в пределах 70–100 мкм.

5) Для каждого j -го интервала (размерной группы капель) со средним диаметром капель d_j вычислить по уравнению (2) массовые доли капель, размер которых меньше или равен $d_j + \Delta d_j / 2$ и $d_j - \Delta d_j / 2$. Принять, что при текущей скорости истечения доля капель $S_3(d_j + \Delta d_j / 2) - S_3(d_j - \Delta d_j / 2)$ имеет диаметр d_j .

6) Ввиду принятого допущения считать, что средний объемно-поверхностный диаметр (диаметр по Заутеру) d_{32} для рассматриваемой размерной группы капель:

$$d_{32} = d_j^3 / d_j^2 = d_j.$$

7) Вычислить начальную радиальную скорость капель диаметра d_{32} по выражению, аналогичному (1):

$$w_{ky} = K'_w \sqrt{\sigma_f / (\rho_f d_{32})}, \quad (3)$$

где: K'_w — коэффициент, определяемый с учетом характера реального распределения частиц различных размеров в поперечном сечении топливной струи. Указанное распределение может быть принято по экспериментальным данным [2].

Итак, главная особенность предложенной методики расчета распада состоит в том, что наряду с расчетом дисперсности распыливания топлива она дает возможность оценки начальной радиальной скорости капель, образующихся при распаде.

Представленная в данной статье физическая картина распада струи и разработанная на ее основе методика расчета позволяют определить пути целенаправленного воздействия на процесс распыливания, обеспечивающего высокое качество смесеобразования и сгорания в дизеле.

Список литературы

1. Гаврилов В. В., Скоморовский С. А. Влияние вихревой кавитации на распыливание топлива в дизелях // Вестник Комсомольского-на-Амуре гос. техн. ун-та. — 1995. — Вып. 1, сб. 2. — С. 54–60.
2. Камимото Т. Исследование процесса испарения распыленного топлива в дизеле / Т. Камимото, Ш. Мацуока, Х. Сугияма, Х. Аояги // Нихон кикай гаккай рамбунсю. — 1974. — Т. 40, № 339. — С. 3206–3223.
3. Лебедев О. Н. К вопросу о распыливании топлива дизельными форсунками // Изв. Сиб. отд. АН СССР. Сер. Техн. н. — 1977. — Вып. 1. — № 3. — С. 40–44.
4. Лебедев О. Н. Исследование некоторых вопросов смесеобразования в судовых четырехтактных дизелях. — Новосибирск: НИИВТ, 1970. — 94 с.
5. Скоморовский С. А. Гидродинамика течения топлива в сопловых каналах дизельной форсунки и ее влияние на структуру топливного факела: автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Л.: ЦНИДИ, 1988. — 18 с.

Д. В. Дмитриенко,
соискатель, СПГУВК

ВЕЙВЛЕТЫ КАК СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА

WAVELET TECHNOLOGIES ARE FOR INCREASING MAINTENANCE RELIABILITY OF WATER TRANSPORT OBJECTS

Статья посвящена развитию информационных технологий на базе вейвлетов с целью повышения эксплуатационной надежности объектов водного транспорта. Определены перспективы применения вейвлет-анализа в исследуемой предметной области.

In this paper we suggest the wavelet technology to increase reliability for water transport objects. Perspectives of using new technology in research field are determined.

Ключевые слова: вейвлеты, декомпозиция и сжатие сигналов, объекты водного транспорта, надежность, техническая эксплуатация.

Key words: wavelets, signal decomposition and compression, water transport objects, reliability, technical maintenance.



ЭКСПЛУАТАЦИЯ энергетических средств на водном транспорте требует выполнения анализа изменяющихся во времени сигналов сложной формы, в которых могут содержаться высокочастотные составляющие, трудно поддающиеся определению с помощью анализаторов гармоник в базисе Фурье. Таковыми, например, могут являться периодические сигналы, содержащие

отдельные кратковременные «всплески», которые предшествуют развитию неисправностей в отдельных агрегатах, возникновению коротких замыканий в электроэнергетических системах и т. п. Для своевременного устранения аварийных ситуаций в таких случаях требуется использовать диагностические средства, позволяющие на ранних этапах развития неисправностей принимать превентивные

меры по их исключению. Для функций и формируемых процессов с локальными особенностями, сигналов, в составе которых содержатся отдельные нестационарные импульсы, Фурье-аппроксимация как традиционный аппарат разложения периодических функций в ортогональный ряд оказывается малоэффективной. Для кардинального решения этой проблемы следует использовать функции, принадлежащие иному классу и построенные в другом базисе. Весьма перспективными решениями многих математических задач приближения (аппроксимации, интерполяции, регрессии и др.) функций, сигналов и изображений оказались методы и алгоритмы, основанные на использовании вейвлет-преобразований.

По существу, вейвлеты являются новыми математическими объектами, применение которых может строго приблизить любую функцию и любой сигнал к точному воспроизведению. Вейвлеты — это обобщенное название особых функций, имеющих вид коротких волновых пакетов, которые локализованы по оси независимой переменной. Функции способны к сдвигу по этой оси и масштабированию (сжатию, либо растяжению). Фундаментом вейвлет-технологий являются особые базисные функции. По локализации во временной и частотной областях базисные функции как бы занимают промежуточное положение между синусоидальной функцией и функцией Дирака. В переводе с английского вейвлет — «короткая волна», «всплеск», «выброс». Вейвлет представляет собой новый математический аппарат представления и обработки произвольных функций и сигналов.

Последние публикации в отечественной и зарубежной литературе свидетельствуют о больших возможностях вейвлет-анализа как совершенного математического аппарата обработки данных.

Известен ряд успешных попыток применения вейвлетов для анализа временных рядов с целью прогнозирования таких событий, как землетрясения, цунами, «обвалы» в финансовой сфере, геомагнитные процессы, прогнозы погоды, наводнения. Вейвлеты используются в медицине для анализа томограмм, обработки изображений и сигналов, в математике и физике.

На объектах водного транспорта вейвлет-технологии целесообразно использовать при изучении турбулентных потоков в гидродинамических средах, исследовании процессов сгорания топлива в цилиндрах судовых двигателей, для обработки индикаторных диаграмм и диагностики технического состояния топливной аппаратуры. С помощью вейвлетов можно осуществлять моделирование процесса топливоподготовки, вести построения поверхностей раздела фракций и контурных графиков при исследовании различных микроструктур, использовать как средства повышения эксплуатационной надежности технических средств водного транспорта.

Непрерывное вейвлет-преобразование основано на использовании двух непрерывных и интегрируемых по всей оси t функций следующего вида:

— вейвлет-функции $\psi(t)$ с нулевым значением интеграла

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dt = 0,$$

которая определяет «детали» сигнала и порождает детализирующие коэффициенты;

— скейлинг-функции (масштабирующей функции) $\varphi(t)$ с единичным значением интеграла во временной области

$$\int_{-\infty}^{\infty} \varphi(t) dt = 1.$$

Эта функция определяет грубое приближение-аппроксимацию сигнала. Она порождает коэффициенты аппроксимации.

Функция $\psi(t)$ создается на основе одной из базисных функций $\psi_0(t)$, которая определяется типом вейвлета. Базисная функция, как и функция $\psi(t)$, должна обеспечить выполнение двух основных операций:

— сдвиг по оси времени (оси абсцисс) при $b \in \mathbb{R}$

$$t - \psi_0(t - b);$$

— масштабирование при $a > 0$ и $a \in \mathbb{R} \pm \{0\}$

$$a^{-1/2} \cdot \psi_0(t/a).$$

Параметр a задает ширину вейвлета, а параметр b — его положение. Эти два свойства могут быть объединены и реализованы одной функцией (по определению)

$$\psi(t) \equiv \psi(a, b, t) = a^{-1/2} \cdot \psi\left(\frac{t-b}{a}\right). \quad (1)$$

Представлен вейвлет, являющийся вещественной функцией времени t .

Если функция $x(t)$ характеризуется конечным значением интеграла

$$\int_R x^2(t) dt$$

в области R , то эта функция, подобно Фурье-преобразованию, может быть разложена на составляющие с помощью прямого непрерывного вейвлет-преобразования.

Вейвлет-коэффициенты в процессе прямого преобразования рассчитываются по формуле в ограниченной области

$$C(a, b) = \int_R x(t) a^{-1/2} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt. \quad (2)$$

Формулы (1) и (2) используются для выполнения вычислений в пакетах Wavelet Toolbox различных вычислительных сред. Из приведенных формул следует, что прямое вейвлет-преобразование можно рассматривать как разложение сигнала по всем возможным сдвигам и растяжениям (сжатиям) сигнала $x(t)$ либо некоторой функции $x(t)$.

Непрерывное прямое вейвлет-преобразование, связанное с вычислением интегралов, обладает большой информационной избыточностью и может сопровождаться неоправданными затратами машинного времени. Вместе с тем это преобразование удобно использовать для построения вейвлет-спектрограмм на плоскости. Вейвлет-коэффициенты, обеспечивающие «сдвиг», позволяют выделить малейшие флуктуации в составе сигнала $x(t)$, вызванные в том числе локальными его изменениями в анализируемой области.

Вейвлет-спектрограммы являются важнейшим продуктом вейвлет-анализа сигналов и прекрасным дополнением к обычным спектрограммам, производимым на основе оконного преобразования Фурье. Чем резче выражена особенность сигнала, тем сильнее она выделяется на спектрограмме, что может использоваться для диагностики и оценки качества $x(t)$. Вейвлет-спектрограммы отчетливо выделяют такие особенности сигнала, как небольшие разрывы, точки перегиба, изменения знаков производных, изменения частоты сиг-

налов во времени, возникновение отдельных импульсов, вызванных ступенчатыми изменениями нагрузки, подачи топлива и т. п. Однако пользоваться формально построенными спектрограммами без тщательного анализа причин возникновения тех или иных особенностей сигнала практически затруднительно, поскольку с каждой особенностью должен связываться конкретный диагностируемый параметр.

В частотной области спектры вейвлетов напоминают всплеск с максимальным амплитудным значением на частоте ω_0 , которую можно рассматривать как среднюю круговую частоту вейвлета. Частотный образ вейвлетов роднит их с оконным преобразованием Фурье. По аналогии можно выполнить синтез локальной особенности любой функции путем выбора соответствующих вейвлетов. Прямая связь между представлением вейвлетов во временной и частотной областях состоит в том, что, например, высоким частотам соответствуют малые значения параметра a , характеризующие быстрые процессы b_0 во временной области. А большие его значения для низких частот во временной области соответствуют медленным изменениям сигналов.

Обратное непрерывное вейвлет-преобразование реализуется с помощью формулы реконструкции сигнала во временной области. Эта формула имеет ряд представлений, зависящих, как правило, от определения областей существования сигнала. В практическом аспекте наибольший интерес представляют формулы, которые применяются в конкретных программных инструментальных средах и, в частности, в пакете расширения системы MatLab, имеющем наименование Wavelet Toolbox. Эта формула имеет вид

$$x(t) = \frac{1}{K_\psi} \int_R \int_R C(a, b) a^{-1/2} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \frac{da \cdot db}{a^2}, \quad (3)$$

где K_ψ — константа, определяемая функцией ψ .

Обычно для обратного вейвлет-преобразования по формуле (3) используют эффективные алгоритмы решения, напоминающие процедуры быстрого преобразования Фурье. К ним относятся, в частности, алгоритмы Мала, реализованные в вейвлет-пакете в виде встроенных функций.

Остановимся кратко на рассмотрении масштабирующей функции $\varphi(t)$. Функция $x(t)$ может быть представлена в виде суммы ее «грубой» составляющей и «детализирующей» части. Для реализации такой декомпозиции существует ряд вейвлетов, обладающих оригинальными свойствами. Такие вейвлеты создаются на основе представления пространства сигналов в форме вложенных подпространств, отличающихся друг от друга только изменением масштаба независимой переменной.

Вейвлет-базис образуют различные базисные функции. Предположим, что в базисе $\{\psi_{ik}\}$ каждая функция ψ_{ik} образована переносом $(\psi(t) \rightarrow \psi(t+\alpha))$ и растяжением $(\psi(t) \rightarrow \psi(2t))$ функции-прототипа ψ , образующей так называемый «родительный» вейвлет. Тогда функциональное уравнение

$$\varphi(t) = \sum_{k=0}^{m-1} C_k \cdot \varphi(2t - k) \quad (4)$$

образует вейвлет, где m — число ненулевых коэффициентов C_k (m — порядок вейвлета), а коэффициенты C_k в выражении (4) характеризуют свойства масштабирующей функции. Вейвлет-функция может быть представлена в виде:

$$\psi(t) = \sum_{k=2-m}^1 (-1)^k \cdot C_{1-k} \cdot \varphi(2t - k), \quad (5)$$

и чтобы сконструировать конкретный вейвлет, требуется решить уравнение масштабирования (4) для выбранного M и полученных вейвлет-коэффициентов C_k . Коэффициенты C_k зависят от следующих свойств функции $\varphi(t)$:

— интеграл от масштабирующей функции должен быть равен единице, то есть

$$\int \varphi(t) dt = 1; \quad (6)$$

— из условия ортогональности масштабирующей функции по отношению к операции сдвига следует, что

$$\int \varphi(t) \cdot \varphi(t - k) dt = 1. \quad (7)$$

Из уравнений (4)–(7) могут быть получены важные свойства вейвлет-коэффициентов C_k . В частности, интегрирование (4) с учетом условия (6) позволяет получить

$$\sum_{k=0}^{M-1} C_k = 2. \quad (8)$$

Ортогональность масштабирующей функции $\varphi(t)$ по отношению к операции сдвига, определяемая соотношением (7), приводит к следующему результату:

$$\sum_{k=0}^{M-1} (-1)^k C_{1-k} \cdot C_{k-2M} = 0. \quad (9)$$

Наконец, из требования точной аппроксимации полиномов степени p вытекает условие

$$\int t^m \psi(t) dt = 1 \text{ для } m = 0, 1, \dots, p-1. \quad (10)$$

В результате на основании принципов кратковременного анализа любую функцию $f(t)$ можно восстановить с помощью выражения

$$f(t) = f^{(\varphi)} + \sum_{j,k} b_{jk} \psi_{jk}(t), \quad (11)$$

где: $f^{(\varphi)}$ — аппроксимационная составляющая, а второе слагаемое — детализирующая составляющая, то есть функция, полученная на основе детализирующих коэффициентов b_{jk} . Эти коэффициенты разложения несут информацию о функции $f(t)$ вблизи $t = 2$ и $t = 2^{-j}$.

Отметим, что (3.7)–(3.14) характеризуют общий подход к конструированию вейвлетов. Вместе с тем при решении конкретной задачи приходится выбирать вейвлеты с конкретным базисом, для которого уже известны его аппроксимирующие и детализирующие компоненты с последующим их разделением, обеспечивающим заданный уровень декомпозиции сигнала.

Наиболее часто на практике используются вейвлет-функция Хаара, вейвлеты Добеши, вейвлет-фильтр Койфлетса, вейвлеты Симлента, Морле, Шеннона, Мейера, гауссиан, мексиканская шляпа, частотный В-сплайновый и др. Перечисленные вейвлеты классифицированы по виду и особенностям образующей функции. Полный список 15 базовых типов вейвлетов, включенных в пакет Wavelet Toolbox среды MatLAB, содержит их наименования по именам ученых, впервые предложивших тот или иной вейвлет. Из сконструированных ключевых вейв-

летов отметим вейвлет Добеши. Он создан в 1987 г. математиком Ингрид Добеши, которая предложила ортонормированный базис, являющийся основным и наиболее широко используемым в современных вейвлет-приложениях. Она использовала функцию $\varphi_o(t) = \varphi_m(t)$ для конструирования вейвлетов 4-го и 6-го порядков и получила, с учетом условия ортогональности, рекуррентные соотношения для расчета коэффициентов аппроксимации и детализации.

В настоящее время созданы десятки вейвлетов, пригодных для решения определенных классов задач аппроксимации, диагностики и прогнозирования. Их целевая направленность определяет область практических приложений. Однако их конструирование, в отличие от вейвлетов Добеши, представляет собой сложный процесс для обычного пользователя, работающего в области прикладных наук. Для одномерного анализа, к которому можно отнести процессы вейвлет-обработки изменяющегося давления в цилиндре дизеля, анализ искажений кривой напряжения судовой сети при скачкообразных возмущениях и другие эксплуатационные задачи, можно успешно использовать перечисленные выше типы вейвлетов, вошедшие в пакет Wavelet Toolbox. Они представлены соответствующими функциями, которые позволяют получить набор коэффициентов разных уровней, аппроксимирующих коэффициентов R , грубо

представляющих сигнал, и детализирующих коэффициентов D при декомпозиции сигналов. Другая группа функций использует эти коэффициенты для восстановления сигналов, причем процедура восстановления обеспечивает исключительно высокую точность моделирования во многих практически важных ситуациях.

Возможности вейвлетов, безусловно, еще не полностью раскрыты. Положительные примеры применения вейвлет-технологий при решении задач передачи сигналов и изображений, восстановления сигналов из свертки, моделирование оптических импульсов, проходящих через нелинейные среды, обработки турбулентных потоков и тому подобного подтверждают перспективность вейвлет-технологий как научного направления. Вместе с тем это не означает полную замену вейвлет-технологиями традиционных средств обработки сигналов, хорошо отработанных и проверенных временем. Не следует забывать, что понятия частичного спектра вейвлетов, средней частоты и так далее основаны на тысячелетних традициях. Более того новизна технологий связана с закрытостью многих решаемых с их применением задач. Эти обстоятельства несомненно должны быть учтены пользователем при использовании пакета Wavelet Toolbox для разработки новых технологий эффективной эксплуатации объектов водного транспорта.

ЭКОНОМИКА И ФИНАНСЫ

Т. А. Пантина,

д-р экон. наук, проф., СПГУВК;

Е. А. Королева,

д-р экон. наук, проф., СПГУВК

ОБОСНОВАНИЕ СТРАТЕГИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ВОДНОГО ТРАНСПОРТА НОВГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

BASIS OF STRATEGIC TRENDS OF DEVELOPING WATER TRANSPORT OF NOVGOROD REGION

Выполнен анализ рынка грузовых и пассажирских перевозок и материально-технической базы организаций внутреннего водного транспорта Новгородской области. На основе обобщения данных SWOT-анализа и оценки конкурентоспособности транспортно-логистических схем доставки грузов выявлены возможности и риски переключения грузопотоков на водный транспорт. Определены потенциальные возможности для развития пассажирских перевозок с дифференциацией по сегментам рынка и возможные сценарии развития водного транспорта Новгородской области, результаты и условия их реализации.

Analysis of the market of cargo and passenger transportation and technical facilities of the organizations of inland water transport of Novgorod region was made. Possibilities and risks of changing cargo ways on water transport are revealed on the base of the generalized data of SWOT-analysis and estimation of competitiveness transport- logistics schemes of cargo deliveries. Prospective possibilities for developing passenger transportation with differentiation on market segments and possible scenarios of developing water transport of Novgorod region, results and conditions of their realization are determined.

Ключевые слова: водный транспорт, Новгородская область, перевозки грузов, перевозки пассажиров, SWOT-анализ, риски, конкурентоспособность, сценарии развития.

Key words: water transport, Novgorod region, cargo transportation, passenger transportation, SWOT-analysis, risks, competitiveness, scenarios of developing.

ОБЩИЙ объем перевозок грузов в Новгородской области в 2008 г. — около 7 млн т, из них большую часть составляют перевозки удобрений (44 %), минерального сырья (11 %) и лесных грузов (28 %). Водным транспортом перевезено 1,2 млн т минерально-строительных грузов (17 % от общего объема). После существенного падения объемов перевозок грузов к 2000 г. в последующий период наблюдается тенденция к небольшому росту и стабилизации, при этом основной объем грузов перевозится железнодорожным и автомобильным транспортом.

Выполнение функций государственного регулирования судоходства, поддержания судоходных путей и судоходной обстановки на водных путях Великого Новгорода и Новгородской области обеспечивает Нов-

городский РВПиС. Протяженность водных путей, обслуживаемых РВПиС в пределах области, составляет 608 км, из которых пути с гарантированными габаритами — 124 км, при гарантированной глубине судового хода — 195 см (р. Волхов от истока до устья Тигоды). К настоящему времени вследствие невыполнения работ по эксплуатационному землечерпанию водные пути Новгородской области пришли в естественное бытовое состояние. Выставляемая судоходная обстановка на водных путях неосвещаемая, в связи с чем движение судов и составов разрешено только в светлое время суток. Технический флот РВПиС, обеспечивающий поддержание судоходных путей и судоходной обстановки, имеет критический возраст и его износ приближается к 100 %.

Основным предприятием, выполняющим грузовые перевозки минерально-строительных грузов для предприятий жилищного и дорожного строительства города и области, является ОАО «Новгородский порт», который обеспечивает добычу и перевозку строительных грузов с разведанных месторождений, в пределах оз. Ильмень и устьевых участках впадающих в него рек Ловать и Шелонь. Объем перевозок строительных грузов в последние годы нарастает, в 2008 г. он составлял около 1,2 млн т. Максимальные объемы перевозки строительных грузов, определяемые потребностями предприятий жилищного и дорожно-строительного комплекса, возможностями порта по добыче, перевозке, перегрузке НСМ могут составить до 2 млн т. ОАО «Новгородский порт» для этих целей располагает 22 единицами транспортного, буксирного и перегрузочного флота. Возрастной состав имеющегося в порту флота неоднородный, все сухогрузные суда финской постройки. Теплоходы «Беломорский» и СТ-804 эксплуатируются более 40 лет, гидротрегрузчик ГП-19 — 47 лет, возраст остальных судов находится в пределах 22–30 лет. Перевозка НСМ осуществляется в бункерных баржах за буксирной тягой. Сухогрузный самоходный флот в основном используется на перевозках сухогрузов в Северо-Западном бассейне. Порт имеет на балансе две единицы пассажирского флота (т/х Москва-101

и т/х МО-28), которые сдаются в аренду на весь навигационный период.

Водный транспорт не участвует в перевозке пассажиров на транспортных линиях, его роль ограничена выполнением экскурсионно-прогулочных рейсов в черте города и его окрестностях с выходом в озеро Ильмень, а также использованием в качестве объектов досуга и отдыха на воде, учебных целей. Пассажирские причалы находятся в неудовлетворительном состоянии и требуют проведения капитального ремонта и реконструкции.

SWOT-анализ (сильные и слабые стороны, возможности и угрозы) рынка перевозок грузов водным транспортом Новгородской области (табл. 1) показывает, что его сильными сторонами являются: низкая себестоимость перевозок массовых грузов; наличие в регионе сети водных сообщений; экологичность; низкая аварийность; относительно низкие расходы по содержанию пути по сравнению с другими видами транспорта; низкая стоимость добычи МСМ.

SWOT-анализ отдельных сегментов рынка грузовых перевозок позволил выявить те виды грузов, которые целесообразно и возможно рассматривать при решении вопроса о переключении грузопотоков с других видов транспорта на водный: щебень, лесные грузы, щепа, минеральные удобрения (на экспорт), нефтепродукты, фанера, а также цемент (новый грузопоток).

Таблица 1

SWOT-анализ рынка перевозок грузов водным транспортом Новгородской области

	Внутренние факторы	
	Сильные стороны	Слабые стороны
Внутренние факторы	— низкая себестоимость перевозок массовых грузов; — экологичность; — низкая аварийность; — наличие в регионе сети водных сообщений; — относительно низкие расходы по содержанию пути; — низкая стоимость добычи МСМ	— сезонность; — низкая скорость доставки; — ограниченные гарантированные глубины судового хода; — слабо развитая портовая инфраструктура; — отсутствие подъездных железнодорожных путей к порту; — невозможность движения судов в темное время суток; — необходимость осуществления крупных инвестиционных проектов

Таблица 1
(Продолжение)

внешние	Возможности	Угрозы
	— определяются ростом потребностей жилищного и дорожно-строительного комплексов; — заинтересованностью в реализации проектов развития внутреннего водного транспорта на основе ГЧП; — конъюнктурой внутреннего рынка продукции лесной и деревообрабатывающей промышленности; — конъюнктурой международного рынка леса, пиломатериалов, удобрений; — наличием платежеспособного спроса потребителей	— конкуренция со стороны железнодорожного и автомобильного транспорта; — сложившиеся в регионе транспортно-технологические схемы доставки грузов; — возможность снижения объемов перевозки в условиях мирового финансового кризиса

Оценка конкурентоспособности перевозок грузов водным транспортом (табл. 2) подтверждает высокий уровень конкурентоспособности перевозки минерально-строительных грузов, лесных грузов при перевозке на экспорт, щебня, а также цемента, фанеры и нефтепродуктов. Средний уровень конкурентоспособности наблюдается при перевозке удобрений водным транспортом на направлении Новгород — Санкт-Петербург, низкий — при перевозке лесных грузов и щепы на том же направлении.

На основе обобщения данных SWOT-анализа и оценки конкурентоспособности транспортно-логистических схем доставки грузов водным транспортом и (или) смешанных перевозок с его участием по отдельным

видам грузов, составлена матрица возможностей и рисков переключения грузопотоков на водный транспорт Новгородской области (табл. 3). Анализ показывает, что объем перевозок грузов водным транспортом в условиях сохранения современного состояния водных путей без существенного улучшения материально-технической базы организаций может быть увеличен до 2600 тыс. т, в том числе минерально-строительных грузов — до 2000 тыс. т при наличии платежеспособного спроса потребителей. При увеличении гарантированных габаритов водных путей Новгородской области, строительстве портовых сооружений и флота возможно увеличение объемов перевозок до 4900 тыс. т при различном уровне риска по отдельным грузопотокам.

Таблица 2

Оценка конкурентоспособности перевозок грузов водным транспортом

Род груза	Направление перевозок	Стоимость перевозки, руб/т		Условия роста объемов перевозок	Конкурентоспособность
		железнодорожным транспортом	речным транспортом		
Минерально-строительные материалы	о. Ильмень, р. Мста, р. Шелонь, р. Ловать	нет	140–150	наличие платежеспособного спроса потребителей	высокая

Таблица 2
(Продолжение)

Лесные грузы	Новгород — Санкт-Петербург Новгород — Финляндия	292 1100 (с перевалкой в порту Санкт- Петербурга)	295 830 (перевозка в судне смешан- ного плавания)	снижение таможенных пошлин	низкая высокая
Щебень	Карьеры Ладожс- кого озера — Нов- город	290	240	наличие платежеспособ- ного спроса потребителей	высокая
Удобрения (в спец. кон- тейнерах)	Новгород — Санкт-Петербург	296	290	потребности на мировых рынках	средняя
Щепа	Новгород — Санкт-Петербург Новгород — Финляндия	258 1700 (при перевалке в Санкт-Пе- тербурге)	300 1380 (перевозка в судне смешан- ного плавания)	потребность в экологически чистом топливе	низкая высокая
Цемент	Новгород — пункты Севе- ро-Западного и Волжского бас- сейнов	1,4 руб/т-км	0,85 руб/т-км	потребность строительной отрасли	высокая
Фанера	Новгород — пункты Севе- ро-Западного и Волжского бас- сейнов	2,5 руб/т-км	1,2 руб/т-км	потребность в отделочных ма- териалах	высокая
Нефте- продукты	Кириши — Новгород, пункты Волго-Балта	15 руб/т-км	8 руб/т-км	наличие платежеспособ- ного спроса потребителей	высокая

Таблица 3

**Матрица возможностей и рисков переключения грузопотоков на водный транспорт
Новгородской области**

Наименование груза	Возможности			Уровень риска
	да +	нет –	возможно ±	
1. Минерально-строительные материалы	до 2000 тыс. т		до 2900 тыс. т	низкий
2. Лесные грузы	до 300 тыс. т		до 500 тыс. т	средний
3. Щебень	до 300 тыс. т		до 500 тыс. т	средний
4. Удобрения: — экспорт — внутренний рынок		–	до 300 тыс. т	высокий
5. Цемент			до 450 тыс. т	высокий, новый грузопоток
6. Щепа			до 50 тыс. т	высокий
7. Фанера			до 50 тыс. т	высокий
8. Нефтепродукты			до 150 тыс. т	высокий
9. Контейнеры		–		
10. Пакетированные грузы		–		
ВСЕГО, в том числе минерально-строительные материалы	2600 тыс. т 2000 тыс. т		4900 тыс. т 2900 тыс. т	

SWOT-анализ рынка перевозок пассажиров водным транспортом Новгородской области (табл. 4) показывает, что ее высокий туристический потенциал определяет большие потенциальные возможности для развития водного туризма в сегментах туристических и экскурсионно-прогулочных перевозок. Перспективным направлением представляется также восстановление транспортных линий: местных, внутригородских, межгородских, в том числе с использованием скоростного пассажирского флота. Однако это потребует существенных инвестиций в развитие флота и инфраструктуры пассажирских перевозок.

Анализ и обобщение полученных результатов исследования позволили определить возможные сценарии развития водного транспорта Новгородской области: инерцион-

ный, динамичный, инновационный. В табл. 5 приведены результаты и условия реализации каждого из сценариев.

Инерционный сценарий предусматривает сохранение сложившихся тенденций развития перевозок минерально-строительных материалов при наличии платежеспособного спроса потребителей до 1500 тыс. т, а также развитие экскурсионно-прогулочных линий и реконструкцию пассажирских причалов в черте города Новгорода без изменения существующих условий судоходства.

При реализации *динамического* сценария объем перевозок грузов Новгородским портом может быть увеличен до 2600 тыс. т за счет роста добычи минерально-строительных материалов, перевозок щебня с карьеров Ладожского озера в объеме 300 тыс. т и лесных грузов на экспорт в объеме до

300 тыс. т. Предусматривается также реализация имеющегося потенциала развития пассажирских перевозок, прежде всего экскурсионно-прогулочных, а также открытие транспортных линий, в том числе скоростной на участке Великий Новгород — Старая Русса.

Условия реализации данного сценария:
— обеспечение гарантированных глу-

бин до 2,2 м, наличие освещаемой обстановки;

— строительство (аренда) пассажирского флота с малой осадкой, в том числе скоростного;

— строительство пассажирских причалов в черте города, на р. Волхов, в Старой Руссе, приобретение плавкрана грузоподъемностью 16 т.

Таблица 4

**SWOT-анализ рынка перевозок пассажиров водным транспортом
Новгородской области**

внутренние	<i>Сильные стороны</i> — Новгородская область — одна из древнейших историко-культурных территорий России; — многие исторические памятники и достопримечательности размещаются на внутренних водных путях; — водные пути области являются элементом единой водно-транспортной системы Северо-Западного региона России; — низкая аварийность; — высокий уровень комфортности путешествий и поездок по сравнению с другими видами транспорта; — высокая скорость доставки пассажиров на отдельных линиях по сравнению с автомобильным транспортом	<i>Слабые стороны</i> — ограниченное количество и высокий износ пассажирского флота; — отсутствие скоростного флота; — отсутствие мелкосидящих судов, соответствующих ограниченному габаритам судового хода р. Волхов, Ловать, Полисть и др.; — слабое развитие инфраструктуры пассажирских перевозок; — недостаточные гарантированные глубины; — невозможность движения судов в ночное время суток; — сезонность; — необходимость реализации крупных инвестиционных проектов развития инфраструктуры пассажирских перевозок и флота
внешние	<i>Возможности</i> — организация комбинированных маршрутов; — возможность организации экскурсионных водных маршрутов в исторические места, недоступные автомобильному транспорту; — рост интереса к освоению новых исторических маршрутов со стороны российских и иностранных туристов; — диверсификация деятельности агентских компаний, снижающая риски падения спроса на туристические услуги	<i>Угрозы</i> — конкуренция с автомобильными туристическими маршрутами; — снижение платежеспособного спроса населения; — консервативность туристических агентских компаний при выборе маршрутов; — высокий риск возможностей переключения пассажиропотоков на новые маршруты

Инновационный сценарий предполагает увеличение объемов перевозок водным транспортом до 4900 тыс. т, в том числе минерально-строительных грузов — до 2900 т, щебня — до 500 т, лесных грузов — до 500 т, минеральных удобрений на экспорт — до 300 тыс. т, нефтепродуктов — до 150 тыс. т, щепы — до 50 тыс. т, а также освоение перевозок цемента как нового грузопотока в объеме до 450 тыс. т.

Реализация данного сценария возможна при строительстве нового перегрузочного комплекса с пропускной способностью до 2000 тыс. т. Перспективным вариантом представляется проект создания Транспортно-логистического комплекса в районе п. Кречевицы на берегу р. Волхов (197–198 км) как единого транспортного узла, связывающего все виды транспорта — железнодорожный, автомобильный, водный, авиационный.

Таблица 5

Сценарии развития водного транспорта Новгородской области

СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ				
	Инерционный	Динамичный	Инновационный	
			1-й вариант	2-й вариант
РЕЗУЛЬТАТЫ				
Объемы перевозок грузов, тыс. т в том числе:	1500	2600	4900	4900
— МСМ	1500	2000	2900	2900
— щебень		300	500	500
— лесные		300	500	500
— удобрения		—	300	300
— нефтепродукты		—	150	150
— щепа		—	50	50
— цемент		—	450	450
— удовлетворение потребностей насе- ления в перевозках:				
— туристических	низкий	средний	высокий	высокий
— экскурсионно- прогулочных	средний	высокий	высокий	высокий
— транспортных	нет	высокий	высокий	высокий
ЗАТРАТЫ				
Путевое хозяйство	без увеличения объемов финан- сирования	обеспечение га- рантирован-ных глубин до 2,2 м, освещаемая об- становка	обеспечение га- рантированных глубин до 2,4 м, освещаемая обста- новка	строительство второго шлюза на р. Волхов для сня- тия ограничений габаритов судово- го хода

Таблица 5
(Продолжение)

Флот	без изменения состава	строительство (аренда) пассажирского флота с малой осадкой, в том числе скоростного	строительство малотоннажного грузового и пассажирского флота, в том числе скоростного	строительство грузового и пассажирского флота, в том числе смешанного плавания
Порты, терминалы	реконструкция пассажирских причалов в черте города	строительство пассажирских причалов в черте города, на р. Волхов, в Старой Руссе, приобретение плавкрана г/п 16 т	строительство транспортно-логистического комплекса в районе п. Кречевицы, пассажирских причалов в черте города, на р. Волхов, Старой Руссе, приобретение плавкрана г/п 16 т	строительство транспортно-логистического комплекса в районе п. Кречевицы, пассажирских причалов в черте города, на р. Волхов, в Старой Руссе, приобретение плавкрана г/п 16 т

Для осуществления данного сценария необходимо также улучшение условий судоходства и строительство грузового и пассажирского флота. При этом целесообразно рассматривать два варианта:

— 1-й вариант предусматривает строительство малотоннажного грузового и пассажирского флота, в том числе скоростного, при обеспечении гарантированных глубин до 2,4 м и освещаемой обстановки судового хода;

— 2-й вариант предполагает строитель-

ство второго шлюза на р. Волхов для снятия ограничений габаритов судового хода и соответственно строительство грузового и пассажирского флота, в том числе смешанного плавания, с учетом новых условий судоходства.

Стратегические направления развития водного транспорта Новгородской области определены с учетом наличия платежеспособного спроса потребителей, а также благоприятной конъюнктуры и положительной динамики на внутренних и международных рынках.

С. В. Санжарова,
аспирант, СПГУВК

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЧИСЛЕННОСТИ РАБОТНИКОВ БАССЕЙНОВЫХ УПРАВЛЕНИЙ ВОДНЫХ ПУТЕЙ

METHODOLOGICAL APPROACH TO DETERMINATION OF NUMBER OF EMPLOYEES ENGAGED IN WATER BASIN AUTHORITIES

В статье проанализированы имеющиеся методические материалы по определению численности работников бассейновых управлений пути, предложен инструментарий и система показателей для оценки влияния структуры управления и численности работников на эффективность деятельности бассейновых управлений водных путей.

In the article we analyzed available guidance materials on determination of number of employees engaged in water basin authorities, suggested tools and an indicator system for evaluating the influence of system of management and number of employees on efficiency of water basin authorities' activities.

Ключевые слова: структура управления, трудовая функция, численность работников, оценка трудоемкости.

Key words: System of management, employment function, number of employees, evaluation of labor intensity.

В УСЛОВИЯХ реформирования управления внутренними водными путями особую значимость приобретает совершенствование организационной структуры и повышение квалификации работников бассейновых управлений водных путей, что является необходимым условием повышения уровня безопасности судоходства, обеспечения эффективности использования федеральной собственности, дифференциации оплаты труда в зависимости от квалификации, сложности и объема выполняемой работы.

Организационная структура подразумевает под собой такое построение управленческих, информационных и технических служб, которое может обеспечить решение основной задачи — повышение качества и безопасности судоходства на внутренних водных путях. На рис. 1 приведена организационная структура администрации бассейнового управления пути.

Структура управления должна обеспечивать четкость работы подведомственных служб, своевременность выработки и доведения управленческих решений, а также возможность контроля всех элементов.

До настоящего времени при выборе структуры управления, определении численности работников, составления штатных расписаний используется рекомендательный материал, разработанный Управлением организации труда и заработной платы МРФ № 21-3-125/359 от 10.06.1987 г. «Типовые структуры управления и нормативы численности руководителей, специалистов и служащих бассейновых управлений пути, управлений судоходных каналов, районов гидротехнических сооружений (гидроузлов, находящихся на самостоятельном балансе) и технических участков пути».

Типовые структуры управления и нормативы численности руководителей, специа-

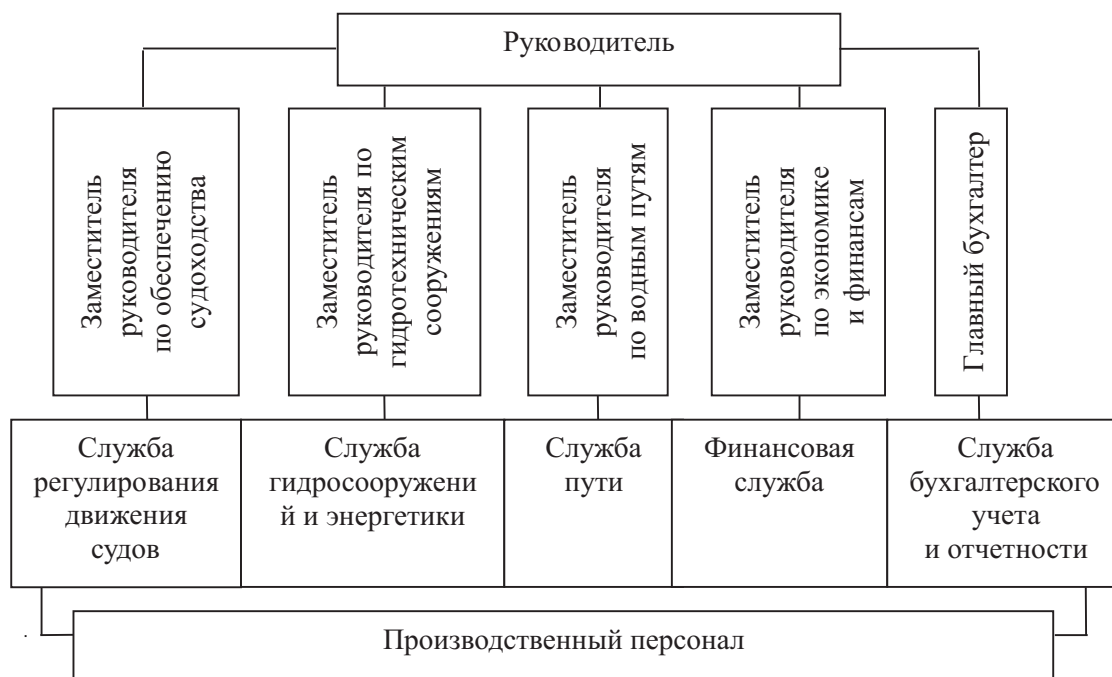


Рис. 1. Организационная структура администрации бассейнового управления пути

листов и служащих могут применяться во всех бассейновых управлениях пути, управлениях судоходных каналов, технических участках пути, районах гидротехнических сооружений и определяются условиями, составом, характером и объемом работ, выполняемых руководителями, специалистами и служащими.

Для определения группы управления судоходного канала и подведомственных ему предприятий и организаций по типовым структурам управления объемные значения

факторов берутся по плановым показателям работы предприятия на предстоящий год. В случае отсутствия плановых данных могут быть использованы показатели за отчетный год [4].

Нормативную численность руководителей, специалистов и служащих, занятых в службе судового хозяйства, теплотехнической партии, а также контролем за рациональным расходом топливно-энергетических ресурсов, рекомендуется определять по табл. 1.

Таблица 1

Укрупненные нормативы численности руководителей, специалистов и служащих службы судового хозяйства и теплотехнической партии бассейновых управлений пути и управлений судоходных каналов

№ п/п	Количество эксплуатируемого флота, оснащенного энергетическими установками, ед. (по плану на год)	Численность ИТР и служащих (чел.)
1	2	3
1	51–100	5–6
2	101–150	7–8
3	151–200	9–10
4	201–250	11–12
5	св. 250	13–15

Физический износ, отсутствие средств на ремонт, постоянный рост цен на топливо привели к сокращению за 10 последних лет количества дноуглубительных земснарядов с 210 до 168 единиц, кроме того, 46 % технического флота выработали свой нормативный срок службы, а до 2015 г. еще 44 % земснаряда превысят установленный срок службы [5].

По заявкам Государственных бассейновых управлений водных путей и судоходства на период до 2015 г. потребность новых зем-

снарядов составит 98 единиц. Тем не менее строительство новых судов дноуглубительного флота за все годы реформ практически не велось [2].

Нормативная численность руководителей, специалистов и служащих, занятых в изыскательских русловых партиях, по действующим документам определяется для технических участков пути и районов гидросооружений по единым укрупненным нормативам, приведенным в табл. 2 [4].

Таблица 2

**Укрупненные нормативы численности руководителей, специалистов и служащих,
занятых в изыскательских русловых партиях технических участков пути
и районов гидросооружений**

№ п/п	Объем путевых работ по землечерпанию, тралению, дноочищению и выправлению по плану на год (тыс. руб.), рассчитанный в ценах, установленных для первого пояса	Укрупненный норматив численности работников изыскательских русловых партий, чел./тыс. руб. объема путевых работ
1	2	3
1	до 50	0,035
2	св. 50 до 100	0,034–0,026
3	св. 100 до 200	0,025–0,020
4	св. 200 до 300	0,019–0,015
5	св. 300 до 400	0,0149–0,0140
6	св. 400 до 500	0,0139–0,0120
7	св. 500 до 600	0,0119–0,0100
8	св. 600 до 700	0,0099–0,0085
9	св. 700 до 800	0,0084–0,0070
10	св. 800 до 900	0,0069–0,0055
11	св. 900 до 1000	0,0054–0,0040
12	св. 1000 до 1200	0,0039–0,0025
13	св. 1200 до 1500	0,0024–0,0011
14	св. 1500	0,0010

Содержание и эксплуатация участков с навигационной обстановкой, проведение необходимого объема дноуглубительных и дноочистительных работ при существующем уровне финансирования проводятся в объеме около 50 %. Ежегодно гарантированные параметры судовых ходов ухудшаются. Последние десять лет объем дноуглубительных работ в среднем составляет 0,6 млн куб. м в год. На Волго-Балтийском водном пути гарантированная глубина снизилась до 3,4 м (или на 15 %) [5].

Приведенные нормативные положения по определению численности работников бассейновых управлений пути не отражают современного состояния этих организаций:

— стоимостные параметры не соответствуют уровню цен, тарифов и, как следствие, выручке от выполнения работ и оказания услуг;

— приведенные нормы численности и нормы обслуживания не характеризуют трудоемкость работ в современных условиях.

Результаты выполненного анализа имеющихся методических материалов по определению численности работников бассейновых управлений пути, управлений судоходных каналов, районов гидротехнических сооружений позволяют сделать вывод о необходимости разработки новых нормативов в соответствии с современными требованиями по осуществлению эксплуатационной деятельности и к организации труда работников.

Обоснование численного состава работников бассейновых управлений внутренних водных путей целесообразно основывать на комплексной оценке трудоемкости выполняемых работ в следующей последовательности (рис. 2):



Рис. 2. Алгоритм обоснования комплексной оценки трудоемкости выполняемых работ

1. Систематизация персонала по функциональным обязанностям:

- эксплуатация гидротехнических сооружений внутренних водных путей;
- содержание внутренних водных путей.

2. Группировка должностей в каждой функциональной области:

- руководители;
- специалисты;
- работники плавающего состава;
- рабочие.

3. Обобщение выполняемых функциональных операций по каждой должности.

4. Определение факторов, влияющих на трудоемкость выполняемых операций для каждой должности.

5. Определение поэлементных затрат времени на выполнение должностных обязанностей.

6. Расчет трудоемкости выполняемых трудовых функций по каждой должности.

7. Расчет нормативов численности работников.

В процессе исследования выполнена систематизация по функциональным операциям для расчета потребности необходимого количества работников для каждой категории, которая приведена в табл. 3 [3].

Таблица 3

**Анализ трудоемкости выполняемых функций работниками,
осуществляющими управление содержания внутренних водных путей**

№ п/п	Должность	Функциональные операции
1	2	3
Руководящие работники		
1	Капитан порта	обеспечивает безаварийную работу судов и безопасность их стоянки
		обеспечивает контроль за безопасностью движения судов и регулирования ее на акватории порта и подходных путях
		организует и контролирует оформление прихода судов в порт и выхода их из порта, проверку состояния судов и готовность их к выходу в рейс
		ведет установленную документацию
		руководит работой лоцманской, сигнальной служб, береговых радиолокационных станций, ледокольной проводкой судов на подходах к порту и в пределах его акватории
		руководит подчиненным персоналом
2	Начальник филиала государственного бассейнового управления водных путей и судоходства	организует работу и взаимодействие всех структурных подразделений и производственных единиц
		руководит производственно-хозяйственной и финансово-экономической деятельностью филиала
		ведет установленную документацию
		руководит подчиненным персоналом
3	Начальник службы государственного бассейнового управления водных путей и судоходства	организует работу службы
		ведет отчетность по всем видам деятельности службы
		ведет работу по научно-технической информации
4	Главный инженер филиала государственного бассейнового управления водных путей и судоходства	осуществляет руководство производственно-технической деятельностью структурных подразделений филиала
		осуществляет контроль за русловыми изыскательскими работами на реках и водохранилищах для составления лоцманских карт и производства путевых работ
		обеспечивает своевременную подготовку технической документации (чертежей, спецификаций, технических условий, технологических карт)

Таблица 3
(Продолжение)

1	2	3
5	Главный диспетчер по движению флота	обеспечивает организацию движения флота по графику (расписанию) в границах закрепленного за ним участка и обеспечивает выполнение норм технического плана
		координирует работу диспетчеров
		принимает меры к предупреждению и ликвидации простоев и нарушений графика (расписания) движения судов
		своевременно принимает меры к вводу в график (расписание) движения выбывших из него судов и составов и обеспечению ритмичного движения флота
		обеспечивает диспетчерские пункты оперативной информацией о движении флота в их границах
		контролирует правильность и своевременность представления информации о движении флота
		проверяет соответствие параметров судов, составов и плотов ледовой обстановке, габаритам пути и ветроволновому режиму
		руководит ликвидацией последствий аварий до момента приятия этих функций другими должностными лицами и принимает меры к предупреждению аварийных происшествий, своевременному укрытию судов при штормовых предупреждениях
6	Капитан портового надзора	осуществляет в порту контроль за выполнением всеми судами и организациями действующих законов, правил, приказов, инструкций и распоряжений
		обеспечивает соблюдение правил погрузки и крепления палубных грузов с целью предупреждения смещения их во время плавания
		контролирует правильное использование судами гидротехнических сооружений и рейдового оборудования
		ведет установленную документацию
7	Капитан рейда (каравана)	обеспечивает руководство рейдово-маневровыми работами на акватории порта
		подготавливает рейд к бесперебойному приему, расформированию, расстановке прибывающих судов и постановке их на рейде
		осуществляет контроль за правильностью отстоя флота на рейде
		производит осмотр судов на предмет их пригодности для погрузки соответствующего груза и своевременного отправления судов
		ведет установленную документацию

Таблица 3
(Продолжение)

1	2	3
8	Начальник ремонтно-механических мастерских	обеспечивает выполнение плановых заданий ремонтно-механической мастерской
		обеспечивает контроль за соблюдением технологических процессов
9	Начальник ремонтно-отстойного пункта	осуществляет руководство ремонтом и отстоем флота
		осуществляет планирование, учет и составление отчетности о производственной деятельности ремонтно-отстойного пункта
		обеспечивает технически правильную эксплуатацию оборудования и других основных средств и выполнение графиков их ремонта, безопасные условия труда
		осуществляет подбор и расстановку работающих по рабочим местам и целесообразное их использование
		контролирует соблюдение работниками производственной и трудовой дисциплины, правил и норм охраны труда и производственной санитарии
		принимает участие в постановке флота на зимний отстой и при сдаче судов в техническую и эксплуатационную готовность
10	Инженер-диспетчер по движению флота филиалов государственных бассейновых управлений	руководит и контролирует работу флота
		руководство бесперебойным пропуском судов, составов и плотов через шлюзы внутренних судоходных путей
		организует обеспечение судов топливом, смазочными материалами и другими видами их комплексного обслуживания
		информирует командный состав судов о штормовых предупреждениях
		руководит работой сменных диспетчеров и операторов диспетчерской службы

Таблица 3
(Продолжение)

1	2	3
11	Инженер-механик линейный (групповой) по флоту	обеспечивает организацию технической эксплуатации закрепленной группы судов с соблюдением нормативных технико-эксплуатационных характеристик и минимальных затрат на ремонт и техническое обслуживание
		совместно с механиками судов разрабатывает графики технического обслуживания, вывода судов из эксплуатации на ремонт и техническое обслуживание в навигационный период, составляет ведомости на текущий и средний ремонт
		в период судоремонта ведет учет обработки и объемов выполненных ремонтных работ и несет персональную ответственность за полноту и качество ремонта, выполнение графика планово-предупредительного ремонта, расходование материальных, трудовых и финансовых средств на ремонт
		организует работу по подготовке и своевременному предъявлению судов к освидетельствованию Речным регистром, сдаче флота по технической готовности и в эксплуатацию, следит за комплектацией судов технической документацией, запасными частями и материально-техническим имуществом
		в навигационный период осуществляет контроль за судовыми экипажами в части выполнения графика технического обслуживания, своевременного и правильного ведения судовой технической документации, выполнения требований и предписаний органов технического надзора и государственных инспекций
		проводит практические занятия по отработке быстрых и правильных действий при аварийных ситуациях
		проверяет достоверность данных теплотехнического контроля, при необходимости проводит практические занятия по этим вопросам. Групповому инженеру-механику по флоту в период навигации до 75 % рабочего времени отводится для посещения судов
Специалисты		
12	Лоцман	оказывает помощь судоводителям в проводке судна по внутренним водным путям
		оказывает помощь судоводителям в постановке его на якорь или заводке судна в порт
		оказывает помощь судоводителям в постановке его к причалу
		определяет необходимость привлечения буксиров для оказания помощи судну при проводке его по сложным участкам

Таблица 3
(Продолжение)

1	2	3
13	Мастер ремонтно-отстойного пункта	осуществляет руководство ремонтом и отстоем флота
		осуществляет планирование, учет и составление отчетности о производственной деятельности ремонтно-отстойного пункта
		координирует работу подчиненного персонала
		осуществляет подбор кадров, их расстановку и целесообразное использование
		обеспечивает контроль за ходом производственного процесса, рациональным использованием оборудования, энергетических и материальных ресурсов, запасных частей и деталей
		обеспечивает проведение производственных инструктажей, соблюдение работниками правил и норм охраны труда, производственной и трудовой дисциплины
14	Мастер ремонтно-механической мастерской	осуществляет руководство производством работ по техническому обслуживанию и ремонту флота, навигационного оборудования, изготовлению и восстановлению запасных частей и деталей
		организует учет, составление и своевременное представление отчетности о производственной деятельности в рамках своей компетенции
		координирует работу подчиненного персонала
		осуществляет подбор кадров, их расстановку и целесообразное использование
		обеспечивает контроль за ходом производственного процесса, рациональным использованием оборудования, энергетических и материальных ресурсов, запасных частей и деталей
		обеспечивает проведение производственных инструктажей, соблюдение работниками правил и норм охраны труда, производственной и трудовой дисциплины
15	Картограф	составление карт по топографическим планам, в том числе по цифровой технологии
		чертежно-оформительские и гравировальные работы при подготовке к изданию карт (планов) разных масштабов
		микрофильмирование, размножение технической и иной документации

Таблица 3
(Окончание)

1	2	3
16	Старший водолазный специалист	осуществляет руководство аварийно-спасательными работами
		осуществляет руководство судоподъемными и подводно-техническими водолазными работами
		контролирует правильную эксплуатацию и хранение водолазного снаряжения и оборудования
		проводит осмотры водолазной техники
		обеспечивает медицинские освидетельствования водолазного персонала
17	Водолазный специалист	осуществляет руководство аварийно-спасательными работами
		осуществляет руководство судоподъемными и подводно-техническими водолазными работами
		контролирует правильную эксплуатацию и хранение водолазного снаряжения и оборудования
		проводит осмотры водолазной техники
		обеспечивает медицинские освидетельствования водолазного персонала

Каждая трудовая функция подразделяется на подфункции и работы, которые в соответствии с процедурами их выполнения можно разбить на операции. Разделение трудовых функций работников представляет собой интерес с точки зрения дальнейшего совершенствования нормирования численности работников. На основе такого разделения появляется возможность разрабатывать дифференцированные нормативы численности [1].

В связи с началом действия новых законодательных и нормативно-правовых актов в

сфере оплаты труда работников бюджетных учреждений принятие мер в данном направлении является актуальным для разных уровней управления экономикой.

Выполненные исследования позволяют сделать вывод, что в настоящее время оптимальной или универсальной методики расчета не существует. В связи с этим возникает потребность в разработке единой доступной методологии расчета численности квалификационного состава работников бассейновых управлений водных путей.

Список литературы

1. *Омельченко И. Б.* Методический подход к нормированию численности управленческого персонала: учеб. пособие. — М., 2007. — С. 5.
2. Об основных итогах социально-экономического развития транспортного комплекса, геодезии и картографии в 2007 году, задачах на 2008 год и среднесрочную перспективу до 2010 года (информационно-аналитический обзор): материалы к расширенному заседанию коллегии Минтранса России. — М., 2008.

3. Постановление Правительства РФ «Об утверждении положения о дипломировании членов экипажей судов внутреннего плавания» от 31.05.2005 г. № 349.

4. О типовой структуре управлений и нормативах численности руководящих и инженерно-технических работников и служащих предприятий путевого хозяйства / РСФСР Министерство речного флота. — М., 1974. № 226.

5. Транспорт России // Информационно-статистический бюллетень / Министерство транспорта. — М., 2008.

И. П. Скобелева,

д-р экон. наук, проф., СПГУВК;

О. В. Малиновская,

д-р экон. наук, проф., СПГУВК;

Н. Е. Калашник,

ОАО «СЗП»

УЧЕТ РИСКА ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ, РЕАЛИЗУЕМЫХ В ФОРМЕ КОНЦЕССИОННЫХ СОГЛАШЕНИЙ

THE ACCOUNT OF RISK OF INVESTMENT PROJECTS REALIZED IN THE FORM OF CONCESSION AGREEMENTS

Статья посвящена проблемам учета риска инвестиционных проектов на водном транспорте, имеющего в условиях финансового кризиса первостепенное значение в инвестиционном проектировании. В ней представлены авторские методики расчета риска инвестиционных проектов в условиях концессионных соглашений.

Article is devoted problems of the account of risk of investment projects on water transport, having paramount value in investment designing in the conditions of financial crisis. The author's methods of risk calculation of investment projects in conditions of concession agreements are presented in the article.

Ключевые слова: водный транспорт, риск, ставка дисконтирования, средневзвешенная стоимость капитала, модель оценки капитальных активов, модель кумулятивного построения, концессия.

Key words: water transport, risk, discounted rate, Weighted Average Cost of Capital (WACC), Capital Asset Pricing Model (CAPM), Build-up Approach (B-up A), concession.

В УСЛОВИЯХ развития инвестиционной деятельности при поддержке государства реальных инвестиционных проектов на водном транспорте, темпы которого сохраняются и в условиях финансового кризиса, способности идентификации, измерения риска и его переноса приобретают первостепенное значение, при этом этап измерения риска становится приоритетным, что обусловлено:

— недооценкой рисков в ходе реализации проектов с государственным участием, проявляющейся в изменении графиков их реализации и новых объемах финансирования;

— недооценкой рисков проектов, в значительной степени связанной с конъюнктурными колебаниями экономики, то есть в значительной степени с рисками государства (внешними рисками) в ходе реализации проектов на принципах ГЧП;

— долгосрочностью реализации инвестиционных проектов на водном транспорте, особенно с государственным участием, поскольку они являются крупномасштабными и комплексными.

Широко распространенным способом измерения риска является вводимая в расчет денежного потока инвестиционного проекта ставка дисконтирования, на величину которой влияют следующие факторы, ее образующие:

— экономические факторы — состояние ведущих макроиндикаторов и идентификация фазы экономического развития страны;

— отраслевые факторы, в том числе контрцикличность развития транспортной отрасли и особенно водного транспорта;

— рыночные данные — состояние безрисковой ставки доходности, параметры доходности ценных бумаг компаний водного транспорта, ставки финансовых рынков.

При определении соответствующей ставки дисконта лицо, осуществляющее эти функции, учитывает действие таких факторов, как уровень ставки процента, ставки дохода для аналогичных компаний транспорта согласно ожиданиям инвесторов, а также характеристики риска, связанного с получением ожидаемых доходов, характерные для аналогичных компаний. При использовании методов дисконтирования будущих доходов ожидаемые темпы роста учитываются при оценке размеров поступлений доходов в будущем.

Таким образом, спектр действия ставки дисконтирования весьма широк, он позволяет

учитывать риск по всем видам и направлениям действия инвестиционного проекта.

Расчет ставки дисконтирования для инвестиционных проектов, реализуемых на принципах ГЧП, а конкретно в рамках концессии специфичен, но в его основе лежит модель средневзвешенной стоимости капитала проекта, состоящая из ряда элементов, в агрегированном виде к этим элементам относится стоимость собственного и заемного капитала:

$$WACC = Wk_e + Wk_d * (1 - T),$$

где: W — доля соответствующего капитала;
 k_e — стоимость собственного капитала,
 k_d — стоимость заемного капитала;
 T — налоговая ставка.

При этом стоимость собственного капитала по инвестиционному проекту измеряется с помощью ряда ведущих моделей (рис. 1), а стоимость заемного капитала — на основе оценки стоимости долговых обязательств (там же).

Все элементы модели WACC учитывают все факторы, влияющие на ставку дисконтирования и все виды внутреннего и внешнего риска для концессионного соглашения.

Стоимость собственного капитала в мировой практике рассчитывается преимущественно с использованием модели оценки капитальных активов (Capital Asset Pricing Model — CAPM) или модели кумулятивного построения (Build-up Approach — B-up-A). При этом модель CAPM относится к объективным методам оценки риска, модель B-up-A — к субъективным методам оценки риска.

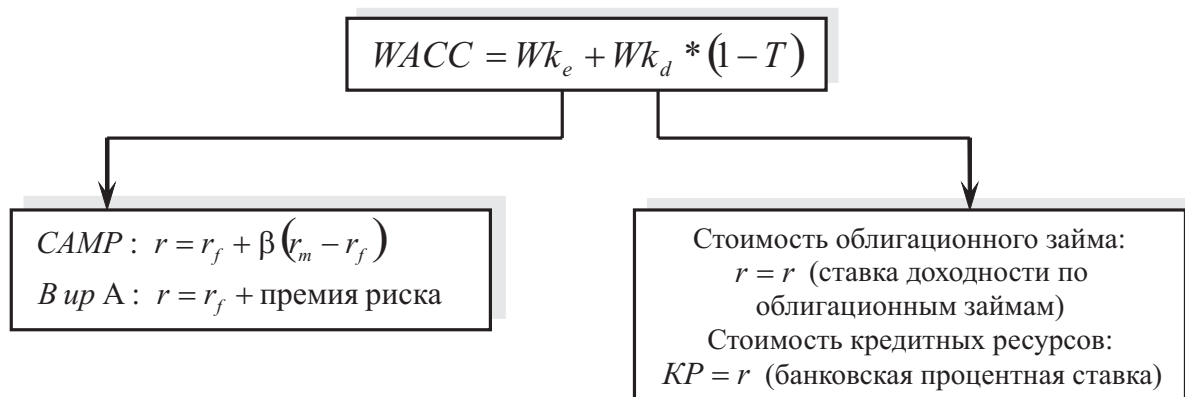


Рис. 1. Возможные модели оценки ставки дисконтирования денежных потоков при концессионных соглашениях

Суть модели CAPM состоит в том, что рискованность того или иного актива рассчитывается, исходя из амплитуды колебаний цен на активы, передаваемые в концессию, по сравнению с изменениями на фондовом рынке в целом.

Основная идея модели оценки долгосрочных активов (CAPM) заключается в том, что существует только систематический риск, влияющий на долгосрочную доходность вложений в реальные активы и ценные бумаги, что позволяет рассматривать эту модель как наиболее приемлемую в условиях концессии, поскольку концессионные проекты долгосрочны. Модель CAPM утверждает, что этот риск есть рыночный риск, то есть она учитывает систематический риск концессионного проекта, а поскольку концессионные проекты основаны на измерении эффективности собственно проектов, а не организации, их иницирующей, то и следует рассматривать только систематический риск.

Структурно модель содержит следующие элементы:

- безрисковую ставку (r_f), измеряемую на основе доходности долгосрочных государственных ценных бумаг;

- коэффициент-бета — измеритель систематического риска, присущего инвестиционному проекту;

- рыночную премию ($r_m - r_f$) — премию за риск вложения в соответствующие активы.

Принятая в практике модель расчета коэффициента-бета имеет следующий вид:

$$\beta_i = \text{cov}(r_i, r_m) / \sigma_m^2 = \rho_{im} \sigma_i / \sigma_m$$

С нашей точки зрения, использование этой модели в современном инвестиционном планировании на водном транспорте не совсем корректно, так как она может нести искаженную информацию, обусловленную нереальным падением стоимости активов в условиях кризиса и отсутствием на фондовом рынке России практики расчета данного коэффициента для водного транспорта. Отсутствие практики расчета коэффициента обусловлено незрелостью фондового рынка России и незрелостью развития его индикаторов.

Модель расчета рыночного риска (коэффициент-бета), которую мы используем для расчета по концессионному соглашению, позволяет преодолеть информационные недостатки рыночных данных, прежде всего их искажения, существующие при финансовом кризисе, и одновременно учесть характер комплексности концессионных проектов. Эта модель приобретает следующий вид:

$$\beta = \beta(a) + \beta(b) + \beta(c),$$

где: $\beta(a)$ — риски инвестиций в данную компанию;

$\beta(b)$ — риски, связанные с управлением инвестициями;

$\beta(c)$ — секторальные риски (отраслевые).

Данная модель характеризуется комплексностью, неделимостью и достаточностью для расчета систематического риска инвестиционного проекта. Методика расчета коэффициента предусматривает определение взвешенных рисков.

Проиллюстрируем ее применение при расчете коэффициента-бета применительно к отдельному проекту, реализуемому по концессионному соглашению с указанием их величины на основе применения экспертного метода оценки.

Риски, связанные с инвестициями в компанию ($\beta(a)$), распределяются в современных условиях следующим образом:

- риски, связанные с политическими решениями, — умеренные, поскольку политическая ситуация в стране стабильна, но недостаточно предсказуема из-за кризиса; учитывая внимание к инвестиционным проектам на водном транспорте со стороны государства, даже в условиях кризиса эти риски можно рассматривать как умеренные;

- риски, связанные с влиянием окружающей среды, — высокие, поскольку анализ социально-экономической ситуации в стране отражает тенденции вхождения национальной экономики в мировой финансовый кризис, последствия которого пока непредсказуемы;

- риски, связанные с маркетингом, — низкие, поскольку государство в значитель-

ной степени гарантирует сбыт (государство участвует только в проектах, продукция которых остро востребована);

— риски, связанные с инвестициями, — умеренные, поскольку финансовый

кризис, но концессионное соглашение поддерживается государством.

Указанные риски определяются экспертным путем, результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Риски вложения в инвестиционный проект, реализуемый
в форме концессионного соглашения**

Факторы риска	0,25	0,5	1	1,25	1,5
Риски, связанные с политическими решениями			+		
Риски, связанные с влиянием окружающей среды					+
Риски, связанные с маркетингом		+			
Риски, связанные с инвестициями			+		
Итого		4			

Риски, связанные с управлением инвестициями ($\beta(b)$), распределяются следующим образом:

— риски, связанные с финансовым планированием, оценены как умеренные, компания-инициатор концессионного соглашения имеет финансовую отчетность в ретроспективе только за последние два года, но параметры ее бизнес-план по финансовым показателям выше среднеотраслевых;

— риски, связанные с моральным старением проектов, — низкие, поскольку принимаемый проект отражает перспективы отраслевого развития;

— риски, связанные с управленческим учетом, оценены на уровне среднего, поскольку

ку государство осуществляет мониторинг проектов по концессионным соглашениям, с одной стороны, а с другой — в условиях финансового кризиса возрастает вероятность искажения информации.

Относительно прочих рисков, связанных с управлением инвестициями (риски, связанные с недогрузкой производственных мощностей инвестиционных проектов в период эксплуатации), можно отметить, что они минимальны. Данный вывод исходит из следующих фактов — проект предусматривает полную загрузку мощностей.

Риски, связанные с управлением инвестициями, также были определены экспертным путем, результаты расчета представлены в табл. 2.

Таблица 2

Риски, связанные с управлением инвестициями

Факторы риска	0,25	0,5	1	1,25	1,5
Риски, связанные с финансовым планированием			+		
Риски, связанные с моральным старением проектов	+				
Риски, связанные с управленческим учетом			+		
Итого			2,25		

Секторальные риски ($\beta(c)$) связаны с развитием компании в рассматриваемом секторе рынка и распределяются следующим образом:

— риски высокой конкуренции — оценены на уровне умеренного, рассматриваемая

компания имеет собственный сегмент рынка; кроме того, компании гарантирована государственная поддержка.

Секторальные риски также определены экспертным путем, результаты их оценки представлены в табл. 3.

Таблица 3

Секторальные риски

Факторы риска	0,25	0,5	1	1,25	1,5
Риск высокой конкуренции			+		
Итого			1		

Суммирование поэлементных характеристик коэффициента-бета позволяет определить его величину; итоги расчета представлены в табл.4.

Таблица 4

Расчет коэффициента-бета для определения ставки дисконтирования

Фактор	Значение
Инвестиции в компанию	4
Управление инвестициями	2,25
Секторальные факторы риска	1,50
Итого (по 8 показателям)	6,00
Средневзвешенный итог, коэффициент-бета	0,844

В соответствии с законом систематического риска любой инвестиционный проект подвержен систематическому риску, поэтому использование коэффициента-бета как мерила систематического риска вполне закономерно. Отметим некоторые особенности состояния этого коэффициента в отрасли и одновременно обоснуем методику собственных расчетов коэффициента:

— сегментный коэффициент-бета меньше 1, поскольку водный транспорт относится к контрциклическим секторам экономики. Данная тенденция свидетельствует о том, что колеблемость активов в отрасли ниже, чем среднерыночная, следовательно, стоимость активов в отрасли падает ниже, чем среднее падение на рынке в целом;

— секторальный коэффициент-бета демонстрируют ценовую неэластичность спроса

на результаты реализации инвестиционных проектов, поэтому инвестиционные проекты на водном транспорте обладают более низким коэффициентом-бета.

Следующий метод расчета ставки дисконтирования для собственного капитала с учетом риска — метод кумулятивного построения, который относится к методам определения ставки дисконтирования на основе экспертного анализа.

С нашей точки зрения, в условиях финансового кризиса наиболее обоснованным представляется применение *модифицированного* метода кумулятивного построения. Метод кумулятивного построения предполагает использование экспертных оценок, и именно этот фактор объясняет его преимущества, так как выбор проектов, софинансируемых из Инвестиционного фонда РФ, осуществляется экспертным комитетом по оценке инвестиционных проектов. «Негативные» параметры субъективного подхода для расчета ставки дисконтирования в данном случае не являются ограничителями его использования. Это обусловлено спецификой объектов инвестирования, определяемой, как правило, их уникальностью, масштабностью и социально-экономической значимостью.

Таким образом, применение метода кумулятивного построения для определения ставки дисконтирования, предполагающего субъективную оценку рисков проектов, обеспечивает, по нашему мнению, наибольшую степень обоснованности конечного выбора и является определителем включения проекта для софинансирования из Инвестиционного фонда РФ, а именно к таким проектам относятся концессионные соглашения.

Необходимо отметить, что действующая практика использования метода кумулятивного построения для определения ставки дисконта проекта применяет в качестве критериальных параметров риска инвестиционного проекта оценку рисков функционирования компании, реализующей проект, и применяется в основном для оценки стоимости собственного капитала.

При софинансировании из Инвестиционного фонда РФ и Инвестиционных фондов региональных бюджетов должен быть реализован принципиально иной подход к приме-

нию метода кумулятивного построения, позволяющего учитывать риск. Этот подход основан на приоритете учета риска не компании, а индивидуального инвестиционного проекта, реализуемого по концессионному соглашению.

В соответствии с этим использование метода кумулятивного построения для оценки рисков инвестиционных проектов, финансируемых из Инвестиционного фонда РФ, должно быть основано на следующих методических положениях:

1. введение безрисковой ставки дохода в систему расчетов ставки дисконта как объективной базы для расчета общего риска инвестиционного проекта;

2. определение дополнительного риска, связанного с организационно-управленчес-

кими, технико-экономическими и финансово-экономическими факторами обоснования и реализации проекта. Премия за указанный риск добавляется к безрисковой ставке. Эта премия представляет собой доход, который требует инвестор (в данном случае государство и концессионер) в качестве компенсации за риск вложения в данный проект.

Для обеспечения обоснованности рассматриваемого метода формирования ставки дисконтирования необходима разработка *классификатора рисков* по проектам, финансируемым из Инвестиционного фонда РФ. Такой классификатор, по нашему мнению, должен содержать следующие ключевые факторы риска и потенциальные уровни соответствующих им премий за риск (табл. 5).

Таблица 5

**Укрупненный классификатор рисков инвестиционного проекта
для экспертной оценки премий за риск**

Фактор риска	Вероятностный интервал уровня риска, %
Качество управления проектом	0–3
Качество решения задач инвестиционного проектирования на всех этапах этого процесса	0–3
Качество методов моделирования, обеспечивающих обоснованное определение и возможную минимизацию риска прогнозирования денежных потоков ИП	2–5
Возможность применения различных финансовых схем, различающихся стоимостью привлекаемых инвестиционных ресурсов	0–3
Возможность применения различных форм кредита в рамках предусмотренных финансовых схем	0–3
Превышение кредитного риска над капитальным риском (риском превышения затрат при строительстве объекта, его реконструкции и др.)	0–3
Прочие риски (риск инфляции и др.)	0–3
КУМУЛЯТИВНЫЙ РИСК	2–23

Как видно из представленной таблицы, интервал уровня риска инвестиционного проекта по каждому фактору (за исключением третьего фактора, учитывающего неопределенность технико-экономических показателей проекта) колеблется в пределах от 0 до 3 %. Минимальная граница свидетельствует об отсутствии данного вида риска. Максимальная граница определяется общим состо-

янием экономики, уровнем ее инвестиционной активности, неопределенностью прогноза технико-экономических показателей проекта, а также необходимостью жестких требований к *качеству организационно-управленческого обеспечения* проектов, финансируемых из Инвестиционного фонда РФ.

Ниже (табл. 6) приведен пример расчета ставки дисконтирования для условного проекта.

Таблица 6

**Формирование ставки дисконта
(кумулятивный метод построения)**

Фактор	Значение ставки, %	Примечание
Безрисковая ставка дохода	6,0	
Качество управления проектом	0,0	в компании имеется выделенная структура управления проектами, профессиональный уровень специалистов высок
Качество решения задач инвестиционного проектирования	0,0	представлено полное технико-экономическое и финансово-экономическое обоснование проекта, отвечающее требованиям, разработанным к проектам, включаемым в бюджет развития
Качество методов моделирования, обеспечивающих обоснованное определение и возможную минимизацию риска прогнозирования денежных потоков ИП	5,0	учет рисков прогнозирования денежного потока выполнен с применением модели Монте-Карло
Возможность применения различных финансовых схем, удешевляющих стоимость привлекаемых инвестиционных ресурсов	3,0	применяется один вариант схемы
Возможность применения различных форм кредита	1,0	используются две формы кредита
Превышение кредитного риска над капитальным риском	0,0	отсутствует
Прочие риски	0,5	возможная смена руководителя проекта
КУМУЛЯТИВНЫЙ РИСК	15,5	

Рассчитанная этими методами ставка дисконтирования применяется далее в расчете показателей эффективности инвестиционного проекта, но она модифицируется в зависимости от расчета вида эффективности инвестиционных проектов, реализуемых на принципах ГЧП.

Расчет ставки дисконтирования для заемного капитала строится на типовых моделях расчета доходности облигаций и применении в качестве ставки дисконтирования

ставки процента по различным видам и схемам кредита.

Таким образом, следует констатировать, что оценка риска концессионных проектов в условиях использования предложенных методик расчета ставки дисконтирования будет способствовать нивелированию всех видов риска (внутреннего и внешнего) и позволит более обоснованно использовать критерии эффективности концессионных проектов.

Т. А. Пантина,
д-р экон. наук, проф., СПГУВК

В. В. Тимофеев,
соискатель, СПГУВК

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВНУТРЕННЕГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТА НА ОСНОВЕ КОНЦЕССИОННЫХ СОГЛАШЕНИЙ

THE ESTIMATION OF EFFECTIVENESS OF INVESTMENT PROJECTS OF CREATING AND DEVELOPING INFRASTRUCTURE OF INLAND WATER TRANSPORT ON THE BASE OF CONCESSION AGREEMENTS

В статье обоснованы методические принципы и концептуальная схема оценки экономической эффективности проектов развития инфраструктуры внутреннего водного транспорта на основе концессионных соглашений. Рассмотрены факторы формирования общественной (социально-экономической), региональной, отраслевой и бюджетной эффективности проектов.

Methodical principles and conceptual scheme of estimation of economical effectiveness of projects of developing infrastructure of inland water transport on the base of concession agreements are proved in the article. Factors of forming social, regional, branch and budget effectiveness of projects are considered.

Ключевые слова: Концессионные соглашения, инвестиционный проект, внутренний водный транспорт, инфраструктура, эффективность.

Key words: Concession agreements, investment project, inland water transport, infrastructure, effectiveness.

ИНВЕСТИЦИОННАЯ деятельность на внутреннем водном транспорте в настоящее время не может достичь нового качественного уровня, при котором основным источником финансирования выступают средства частных компаний, а бюджетные инвестиции являются стимулом и генератором для их притока. Бюджетные инвестиции, предусмотренные подпрограммой «Внутренний водный транспорт», составляют почти 80 % в общем объеме финансирования. Это гораздо выше, чем бюджетное финансирование железнодорожного транспорта — 9,0, гражданской авиации — 25,8 и морского транспорта — 28,9 %. Финансирование подпрограммы «Внутренний водный транспорт» за счет частных инвестиций невелико и составляет около 20 % от общего объема.

Очевидно, что необходимо повышать долю частных инвестиций с целью развития объектов инфраструктуры водного транспорта, в том числе за счет использования таких механизмов регулирования инвестиционной деятельности, как концессионные соглашения.

Для формирования пакета инвестиционных проектов на внутреннем водном транспорте, которые могут быть реализованы с использованием механизма концессии, выделим три основных классификационных признака:

- коммерческая эффективность инвестиций;
- социально-экономическая значимость проекта;
- объем инвестиционных затрат.

Проекты, имеющие высокую доходность инвестиций, независимо от уровня остальных признаков могут быть реализованы за счет частного капитала. Проекты, имеющие высокую социально-экономическую значимость и потребность в значительном объеме инвестиций при относительно низком уровне доходности капитала, характерны для транспорта в целом и для внутреннего водного транспорта в частности. Реализация таких проектов на основе концессионных соглашений и является целесообразной (рис. 1).

При экономической оценке инвестиционных проектов на основе концессионных соглашений особое внимание необходимо



Рис. 1. Группировка инвестиционных проектов по основным классификационным признакам

уделять оценке общественной (социально-экономической), региональной, отраслевой и бюджетной эффективности. Концептуальная схема оценки эффективности таких проектов представлена на рис. 2. Все показатели эффективности в соответствии с Методическими рекомендациями [3] рассчитываются с учетом фактора времени.

Для принятия обоснованного решения необходимо оценить общественную значимость инвестиционного проекта (блок 1). Если проект имеет общественную (социально-экономическую) эффективность, то использование бюджетных средств для реализации инвестиционного проекта целесообразно (блок 2).

Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта для общества в целом, они включают

в себя непосредственные результаты и затраты по проекту, а также результаты и затраты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты. Оценка эффективности инвестиционного проекта создания и развития объектов инфраструктуры внутреннего водного транспорта осуществляется на основе определения транспортного и внетранспортного эффектов.

Транспортный эффект — это эффект реализации проектов для судоходных и стивидорных компаний, других транспортных предприятий, использующих объекты транспортной инфраструктуры. Этот эффект формируется в результате увеличения пропускной способности водных путей и портов, улучшения состояния гидротехнических сооружений.

Улучшение состояния водных путей, гидросооружений позволяет использовать сов-

ременные экономичные типы транспортных судов, увеличивать объемы перевозок грузов и пассажиров внутренним водным транспортом. Улучшение состояния гидротехнических сооружений повышает надежность их работы, увеличивает пропускную способность судоходных путей и шлюзов, положительно влияет на безопасность судоходства.

В результате улучшения состояния действующих и строительства новых объектов портовой инфраструктуры уменьшается время погрузки и выгрузки судов, а также время ожидания этих операций.

При расчете транспортного эффекта необходимо также учитывать те грузопотоки, которые возникнут в результате использования перевозчиками внутреннего водного транспорта вместо железнодорожного или автомобильного. Переориентация грузопотоков на внутренний водный транспорт будет результатом более выгодных условий перевозок.

Создание новых и развитие действующих объектов инфраструктуры внутреннего водного транспорта позволяет ускорить товародвижение, снизить транспортные издержки, повысить конкурентоспособность внутреннего водного транспорта, расширить сферу его деятельности в международных транспортных коридорах.

Транспортный эффект выражается в снижении затрат транспортных предприятий вследствие улучшения использования флота за счет ускорения движения судов, сокращения времени погрузки, выгрузки и их ожидания, снижении аварийности. Этот эффект в стоимостном выражении определяется на основе снижения показателя себестоимости перевозок, а также в стоимостной оценке экономии ресурсов за счет увеличения количества рейсов.

Внетранспортный эффект возникает в результате комплексного использования водных путей и гидротехнических сооружений в экономике, кроме того, он учитывает социальные и экологические последствия реализации инвестиционного проекта. Внетранспортный эффект определяется исходя из оценки влияния создания новых и развития действующих объектов инфраструктуры водного транспорта на социально-экономическое развитие

страны и экологическую обстановку. Этот эффект формируется в результате:

- снижения транспортных издержек в цене товаров и услуг;

- снижение издержек предприятий за счет повышения качества и надежности перевозок внутренним водным транспортом;

- активизации экономической деятельности, содействия в освоении новых территорий и ресурсов, расширения рынков сбыта продукции;

- повышения доходов бюджета;

- повышения уровня жизни и мобильности населения, улучшения бытовых социальных условий жизни, в том числе улучшения водоснабжения населенных пунктов;

- увеличения выработки электроэнергии;

- увеличения продукции сельского хозяйства;

- создания новых рабочих мест,

- улучшения экологической обстановки за счет переориентации грузопотоков на внутренний водный транспорт, который является более экологически чистым по сравнению с железнодорожным и автомобильным.

Далее оценивается коммерческая эффективность инвестиционного проекта (блок 4). Если проект имеет коммерческую эффективность, то нет необходимости поддерживать его за счет бюджетных средств, проект должен быть реализован целиком за счет частного капитала (блок 6). Если инвестиционный проект не имеет коммерческой эффективности, необходимо оценить последствия его реализации для экономики региона, отрасли и государственного бюджета (блок 7).

Если проект имеет региональную и бюджетную эффективность, но государство не имеет значительных средств для его реализации, целесообразно рассмотреть возможность применения механизма концессионных соглашений, что позволит снизить расходы бюджета (блок 9). Если применение этого механизма невозможно, то такой проект реализуется за счет средств государственного бюджета (блок 10).

Если возможно привлечение частного инвестора с помощью механизма концессии, разрабатываются организационно-экономический механизм реализации проекта и схема

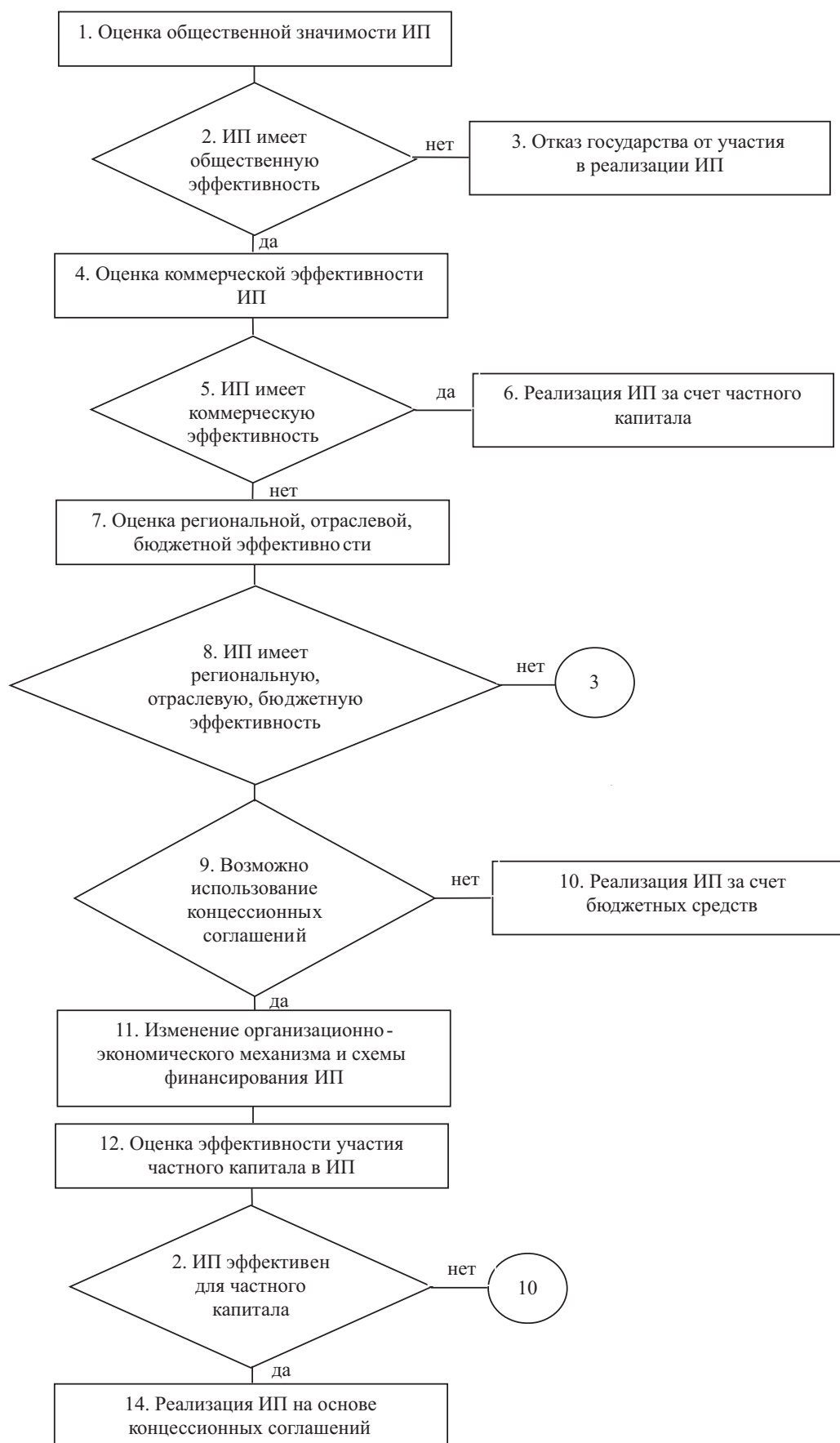


Рис. 2. Схема оценка эффективности проектов, реализуемых на основе концессий

его финансирования с учетом интересов всех участников (блок 11). Если при реализации проекта обеспечивается приемлемый уровень доходности для частного капитала, то использование концессионных соглашений целесообразно (блок 14). В случае невыполнения этого условия инвестиционный проект может быть реализован только за счет бюджетных средств (блок 10).

Предлагаемая схема оценки эффективности проектов развития инфраструктуры водного транспорта позволяет определить пакет проектов, которые целесообразно реализовать на основе концессионных соглашений, и экономические параметры таких соглашений (концессионная плата, тарифы за услуги концессионера, сумма бюджетных дотаций).

Список литературы

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mintrans.ru>.
2. Федеральный закон РФ «О концессионных соглашениях» от 21 июля 2005 г. № 115-ФЗ: принят Государственной Думой Федерального Собрания РФ 6 июля 2005 г., одобрен Советом Федерации Федерального Собрания РФ 13 июля 2005 г.
3. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. 2-я ред. / Мин-во экон. РФ; Мин-во фин. РФ, ГК РФ по стр-ву, арх. и жилищ. полит. — М., 2000. — 421 с.

УПРАВЛЕНИЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ПРАВО

М. В. Арзамасцев,
канд. юрид. наук, СПГУВК

СПОРЫ О ПРАВОВОЙ ПРИРОДЕ УСЛОВНОГО ОСУЖДЕНИЯ: ИСТОРИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И СОВРЕМЕННОСТЬ

HISTORICAL PRECONDITIONS FOR ARGUMENTATION ABOUT LAW NATURE OF PROBATION

В науке нет общепринятого взгляда на правовую природу условного осуждения. В настоящее время условное осуждение приобретает черты наказания, что не соответствует социальному смыслу данного института. Задача условного осуждения при его разработке заключалась в специальной превенции. Современной задачей условного осуждения должно стать оказание помощи осужденным в ресоциализации.

There is not generally accepted scientific opinion about law nature of probation. In modern context probation involves the features of punishment, that does not answer the social purpose of this juridical measure. The task of probation was considered as the prevention of repeated crimes. Nowadays task of probation should be to render help for re-socialization of criminals.

Ключевые слова: условное осуждение, осужденный, наказание, предупреждение преступлений, ресоциализация, освобождение от наказания.

Key words: probation, convict, punishment, prevention of crime, re-socialization, discharge of convicted person.

В СОВРЕМЕННОЙ уголовно-правовой науке стало «модным» говорить о кризисе уголовной политики, который охватил как законотворчество, так и правоприменение [1, 2, 10]. Не является исключением и ситуация с условным осуждением, которое находит все более широкое применение на практике и влечет все возрастающее число споров в теории.

Несмотря на простое название условного осуждения, практически каждый автор предлагает свое понимание юридической природы данного института. Поскольку законодателем норма об условном осуждении включена в главу «Назначение наказания», ряд авторов [4, с. 38–39; 6, с. 27; 15, с. 53] предлагают считать его особым видом уголовного наказания. Сложность разграничения условного осуждения и отсрочки исполнения наказания отмечают другие [13, с. 13; 20, с. 112–113]. Большое число сторонников [5, с. 22; 7, с. 9; 8, с. 83; 12, с. 35–37; 19, с. 6; 23, с. 20; 24, с. 40] имеет точка зрения о том, что условное осуждение — это особая разновидность освобождения от нака-

зания. Специфические черты условного осуждения отмечены исследователями [16, с. 842], считающими его самостоятельной мерой уголовно-правового характера.

Несогласованность научных теорий приводит и к различию в правоприменительном толковании условного осуждения. Так, в октябре–декабре 2008 г. нами было опрошено 109 сотрудников уголовно-исполнительных инспекций, осуществляющих контроль за поведением условно осужденных. Подавляющее большинство (51 человек, что составило 46,8 % от общего числа опрошенных) считают условное осуждение особым видом наказания, альтернативным реальному лишению свободы. Менее популярной оказалась идея о самостоятельном характере данной уголовно-правовой меры, эту точку зрения поддерживает 30 человек (27,5 %). К освобождению от наказания относит условное осуждение каждый пятый опрошенный (19,3 %). Взгляды на условное осуждение как на отсрочку разделяют 4 опрошенных (3,7 %). Сторонников иных точек зрения набралось меньше всего — 3 (2,8 %).

В качестве целей условного осуждения сотрудники уголовно-исполнительных инспекций также называют не только возможность исправления осужденного без отбывания наказания (данный вариант выбрали 27 человек — всего 24,8 % опрошенных), но и достижение других целей, характерных для наказания, — восстановление социальной справедливости и предупреждение совершения новых преступлений. Сторонники таких «наказательных» целей условного осуждения оказались в подавляющем большинстве 79 (72,5 %).

Кроме того, две трети (66,1 %) опрошенных высказались за расширение круга возможных обязанностей, возлагаемых судом на условно осужденного. Каждый четвертый (23,9 %) считает, что существующую систему обязанностей можно оставить без изменений. И лишь 10,1 % предложили сузить круг обязанностей.

Таким образом, наш опрос показал, что сотрудники уголовно-исполнительных инспекций, осуществляющие контроль за поведением условно осужденных в течение испытательного срока, считают условное осуждение разновидностью наказания, преследуют контролем цели, характерные для наказания, и предлагают усилить «репрессивную» составляющую данного института.

Но не только правоприменители вкладывают в условное осуждение карательный смысл. Так, например, Р. В. Минин допускает возможность условного осуждения юридических лиц при назначении им наказания в виде лишения права заниматься определенной деятельностью [11, с. 20]. Данное предложение не может быть поддержано по следующим соображениям. Во-первых, суд назначает условное осуждение при установлении возможности исправления субъекта преступления без отбывания наказания. Конечно, субъектом уголовной ответственности юридическое лицо может быть. Однако категория исправления относится только к психическим, субъективным качествам физического лица. Подобными качествами юридическое лицо не наделено. Во-вторых, испытательный срок, исходя из самого названия, установлен для «испытания», для

проверки правопослушности условно осужденного. Очевидно, что работники, руководители юридического лица в любой момент могут смениться, а правосознание каждого носит строго индивидуальный характер. Соответственно подвергать «испытанию» при условном осуждении юридического лица просто некого. И в-третьих, условно осужденного предупреждают от повторного совершения преступления угрозой усиленного наказания при повторном преступлении. Очевидно, что такая угроза оказывает, прежде всего, психологическое воздействие. А признать действенность такого психологического воздействия в отношении юридического лица вряд ли возможно. Таким образом, расширение института условного осуждения в отношении юридических лиц представляется недопустимым.

Вполне естественно, что популярность взгляда на условное осуждение как на наказание приводит к постепенному переносу акцентов в содержании этой меры с воспитательно-исправительного на принудительный. Как отмечено С. Ф. Милюковым, «юридически считаясь видом освобождения от наказания, условное осуждение все больше превращается в реальное наказание» [9, с. 579]. Однако подобный подход противоречит тому социальному смыслу, который вкладывался в условное осуждение при его разработке.

Условное осуждение появилось в середине XIX в. в странах англосаксонской правовой системы как система пробации (США), как система надзора за испытуемыми с элементами поручительства (Англия). В конце XIX — начале XX в. условное осуждение распространилось в странах континентальной Европы. Это было вызвано кризисом краткосрочного тюремного заключения, которое не столько устрашало или исправляло преступника, сколько наделяло навыками преступного профессионализма.

Отмечалось, что «задача условного осуждения лежит в области специальной превенции — она состоит в предупреждении рецидива со стороны случайного не крупного преступника» [18, с. 142; 21, с. 387]. Анализируя зарубежный опыт того

времени, С. К. Гогель писал: «громадное значение приобретает институт условного осуждения, который поставил себе задачей специально препятствовать переходу преступника случайного в преступника по ремеслу» [3, с. 297].

Соответственно назначение испытательного срока заключалось в проявлении к лицу, совершившему преступление впервые, доверия, основанного на предположении о случайном характере его противоправного деяния. Карательная составляющая условного осуждения сводилась к угрозе «двойным» наказанием — за первое и повторное преступление. Как отмечал С. К. Гогель, условное осуждение — осуждение без репрессии, главное средство общества при условном осуждении — психологическое принуждение [3, с. 175].

Сам термин «условное осуждение», по данным П. П. Пусторослева, был изобретен и впервые употреблен на французском языке (*la condamnation conditionelle*) профессором А. Пьерантони в ноябре 1885 г. во время международного тюремного конгресса в Риме [18, с. 133]. Практически сразу было отмечено, что термин «условное осуждение» страдает неточностью, так как употребляется для обозначения такого института, в котором безусловное осуждение соединено с условным исполнением присужденного наказания» [18, с. 134]. Сравним эту критику с современным мнением Ю. М. Ткачевского, что само словосочетание «условное осуждение» является не вполне корректным и неточным [22, с. 200] в связи с тем, что, как следует из ч. 1 ст. 73 УК РФ, назначив осужденному какой-либо из перечисленных в этой норме видов наказаний, суд придет к выводу о возможности достижения такой цели наказания, как исправление осужденного, без реального отбывания наказания, то он освобождает такого осужденного от отбывания наказания, а назначенное наказание постановляет считать условным, то есть реально не исполняемым. Как видим, больше чем за вековую историю название не изменилось, не претерпели су-

щественного изменения и аргументы против данного термина.

Уже на рубеже XIX–XX вв. условное осуждение нередко рассматривалось как своеобразный вид наказания [14, с. 321–322; 17, с. 102], выдвигались теории, определявшие условное осуждение как замену наказания своеобразными положительными мероприятиями, как помилование, как своеобразный правовой институт, имеющий своей сущностью приостановку карательной деятельности государства [21, с. 246–249]. П. П. Пусторослев вместо термина «условное осуждение» предлагал называть его «судебным освободительным испытанием преступника» [18, с. 129].

В России 13 мая 1903 г. в связи с принятием Уголовного уложения, была учреждена Особая комиссия для разработки мероприятий, вызываемых изданием уложения. Осенью 1903 г. отдел уголовно-правовых вопросов этой комиссии составил проект закона об условном осуждении [18, с. 1]. После многочисленных отклонений, доработок в 1909 г. законопроект об условном осуждении был принят Государственной Думой, но отклонен Государственным Советом [14, с. 326]. И только в Декрете о суде № 2, изданном ВЦИК 7 марта 1918 г., институт условного осуждения получил признание в законодательстве [8, с. 18].

К сожалению, законодатель и тогда, и в настоящее время пользуется неудачным термином «условное осуждение», который собственно и порождает споры, маскирует действительный социально-правовой смысл и предназначение данного института. На практике это приводит к усилению карательной составляющей в контроле за условно осужденными. А ведь еще Н. С. Тимашев отмечал, что «правильно поставленный надзор сам prepares испытуемого к последующей жизни в нормальных условиях» [21, с. 422]. Таким образом, задачей уголовно-исполнительных инспекций должно стать не создание дополнительных лишений условно осужденным, а помощь в формировании условий для их правопослушной жизни.

Список литературы

1. *Алексеев А. И., Овчинский В. С., Побегайло Э. Ф.* Российская уголовная политика: преодоление кризиса. — М., 2006.
2. *Гилинский И. Я.* Наказание: криминологический подход // Отечественные записки. — 2008. — № 2.
3. *Гогель С. К.* Курс уголовной политики в связи с уголовной социологией. — СПб., 1910.
4. *Звечаровский И.* Меры уголовно-правового характера: понятие, система, виды // Законность. — 1999. — № 3.
5. *Зельдов С. И.* Освобождение от наказания и его отбывания. — М., 1982.
6. *Карпец И. И.* Индивидуализация наказания. — М., 1961.
7. *Кригер Г. А.* Условное осуждение и роль общественности в его применении. — М., 1963.
8. *Лядов Э. В.* Условное осуждение к лишению свободы как институт уголовного и уголовно-исполнительного права: дис. ... канд. юрид. наук. — Рязань, 2001.
9. *Милюков С. Ф.* Нетрадиционные методы обращения с преступниками // Современные проблемы и стратегия борьбы с преступностью / науч. ред. В. Н. Бурлаков, Б. В. Волженкин. — СПб., 2005.
10. *Милюков С. Ф.* Российское уголовное законодательство: опыт критического анализа. — СПб., 2000.
11. *Минин Р. В.* Институт уголовной ответственности юридических лиц: проблемы обусловленности и регламентации: автореф. дис. ... канд. юрид. наук. — Тюмень, 2008.
12. *Михайлов К. В.* О понятии и правовой природе условного осуждения // Российская юстиция. — 2008. — № 1.
13. *Музеник А. К., Уткин В. А., Филимонов О. В.* Условное осуждение и отсрочка исполнения приговора. — Томск, 1990.
14. *Немировский Э. Я.* Учебник уголовного права: Общая часть. — Одесса, 1919.
15. *Ной И. С.* Вопросы теории наказания в советском уголовном праве. — Саратов, 1962.
16. *Орехов В. В.* Условное осуждение // Уголовное право России: Общая часть: учебник / под ред. Н. М. Кропачева, Б. В. Волженкина, В. В. Орехова. — СПб., 2006.
17. *Пионтковский А.* Об условном осуждении, или Системе испытания. — Одесса, 1894.
18. *Пусторослев П. П.* Иностранные системы освободительного испытания преступников. — Юрьев, 1905.
19. *Ружников А. Н.* Условное осуждение и отсрочка исполнения приговора. — М., 1994.
20. *Сабанин С. Н.* Справедливость освобождения от уголовного наказания. — Екатеринбург, 1993.
21. *Тимашев Н. С.* Условное осуждение. — СПб., 1914.
22. *Ткачевский Ю. М.* Освобождение от наказания // Курс уголовного права: Общая часть: учебник / под ред. Н. Ф. Кузнецовой, И. М. Тяжковой. — М., 1999. — Т. 2: Учение о наказании.
23. *Ткачевский Ю. М.* Освобождение от отбывания наказания. — М., 1970.
24. *Яковлева Л. В.* Институт освобождения от наказания в российском праве. — М., 2002.

А. В. Бурков,
канд. экон. наук, доц., СПГУВК

КОНЦЕПЦИЯ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ АКТИВАМИ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ СРОКОВ ПОЛЕЗНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ ЗАТРАТ ЗА ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ

THE CONCEPTION OF CAPITAL ASSET EFFECTIVE MANAGEMENT ON THE BASE OF ESTIMATION OF USE TERM AND CONTROL OF COSTS FOR LIFE CYCLE

Статья посвящена эффективному управлению капитальными активами (ОПФ) крупных предприятий, компаний и отраслей-владельцев флота. В частности, рассматриваются проблемы оценки стоимости судов, прогнозирования их физических и экономических сроков службы и полезного использования, организации эффективного управления флотом на основе контроля затрат за жизненный цикл судов.

The article dedicates to the theoretical and practical aspects of capital asset effective management to be used in large companies and branches which own fleet. In particular the article raises problems such as contract costing and controlling, ship costs and value estimation, prognosis of physical and economical life of vessels, organization of effective fleet management based on structure of its integrated life cycle cost control.

Ключевые слова: эффективное управление, капитальные активы, флот, флот-менеджмент, физический и экономический сроки службы судов, срок полезного использования, затраты на постройку, рыночная стоимость судов, управление жизненным циклом судна.

Key words: effective management, capital assets, fleet, fleet-management, physical and economical life of vessel, building costs, use term, market value of commercial vessels, life cycle management of fleet.

ПОИСКУ путей эффективного управления средствами производства, основными производственными фондами, активами и собственностью всегда уделялось много внимания в теоретическом и прикладном значении. Не утратила актуальности эта проблема и в настоящее время, скорее наоборот, рост сложности и затрат на создание высокотехнологичных производств и продукции, как следствие, требуют эффективного управления. За рубежом разработан ряд моделей для некоторых крупных предприятий (и отраслей), и которые стали международными в этой области; среди них можно выделить: Design to Cost, Integrated Logistics Support, Total Quality Management и некоторые другие [1]. В нашей стране некоторые национальные разработки и адаптированные западные модели менеджмента также находят свое практическое применение, однако наблюдается недостаток обобщающих теоретических работ в данной области применительно для водного транспорта.

В заголовок статьи вынесен термин капитальные активы, который похож на отечественное понятие основных производственных фондов (ОПФ), но не является во всем тождественным последнему. К капитальным активам необходимо относить активы, составляющие, как и ОПФ, существо бизнеса компании, без прямого участия которых нет конкретного производства и которые относятся на затраты долями, амортизируясь в течение срока полезного использования (срока службы). Представляется, что отечественное понятие основных производственных фондов является несколько расширенным, куда подпадают как машины и оборудование (в том числе перегрузочное), станки, транспортные средства (в том числе флот), здания, сооружения (в том числе доки, причалы, каналы, гидроузлы и т. п.), так и сравнительно недорогие активы, например ПЭВМ и оргтехника, мебель и бытовая техника и т. д. Последние объекты не являются предметной областью нашего исследования. В контексте темы управления капитальными

ми активами нас могут интересовать ОПФ с длительными сроками использования (службы) — например 8, 9 и 10-я группы ОПФ по ОКОФ.

Управление капитальными активами — это термин, широко используемый сейчас в крупном бизнесе, причем абсолютно разным, например в финансах, недвижимости, автоматизированном производстве, транспорте и логистике. Если говорить применительно к логистике, и в частности ее водно-транспортной составляющей, то можно сформулировать термин «управление капитальными активами» как модель управления, направленную на эффективный менеджмент всех процессов на этапах жизненного цикла активов (составление спецификации, проектирование, производство, эксплуатация, обслуживание и обеспечение, вывод из эксплуатации и утилизация), необходимых для того, чтобы капитальные активы могли максимально эффективно использоваться или быть готовыми к оперативному использованию, то есть соответствовали оперативным запросам потребителя-пользователя в наиболее эффективной форме. Эффективное управление дорогостоящими активами на морском и речном отечественном транспорте, как части логистики систем типа supply chain, касается не только собственно судовладельцев, но и тех структур, которые владеют (управляют) портово-транспортной инфраструктурой, водными путями, особенно искусственными, крупными центрами формирования грузовой базы флота и т. п. Необходимо помнить, что на морском и речном транспорте существуют такие активы, которые коммерчески не рентабельны, а значит, могут оцениваться только по затратам на создание и эксплуатацию (ледоколы, вспомогательный флот). К рассматриваемой предметной области следует также добавить береговую инфраструктуру других отраслей-владельцев флота, которая не приносит прямых доходов (инфраструктура ВМФ), а значит, может быть оценена только по затратам на ее создание и поддержание.

Проблема эффективного управления активами актуальна и в других отечественных отраслях. Кроме судовладельцев, прочие собственники капитальных активов, вклады-

вающие крупные инвестиции в обновление своих производственных фондов, обосновывают и внедряют различные управленческие подходы. Считается, что многие такие подходы (модели, методы и т. п.) могут быть востребованы и эффективны в той или иной отрасли, с высокой фондоемкостью. Например, в металлургической, химической, транспортного машиностроения, энергетической, нефтегазовой, особенно в тех подразделениях, которые работают на шельфе и соответственно владеют и управляют таким активом, как стационарные или плавучие морские буровые платформы (стоимость которых доходит до нескольких сотен миллионов долларов).

Конечно, применительно к водному транспорту необходимо в первую очередь говорить об эффективном управлении флотом. Это связано с несколькими основными причинами, в частности за последние годы отечественные владельцы флота находятся в фазе непрерывного реформирования и возрастающей конкуренции. Реформирование касается не только торгового (коммерческого) флота, но особенно это относится к военно-морскому флоту и другим видам флота, находящегося в государственной собственности. Главным образом первоначально необходимость реформирования лежала в основе проблемы раздела наследства бывших пароходств и поиска затем модели эффективного управления капитальным активом судовладельцев — флотом. Реформирование обостряется отказом правительства в начале 1990-х от бюджетного финансирования торгового флота (морского и внутреннего водного), рыбопромыслового и резкого его свертывания для ВМФ, научного флота, ледокольного, дноуглубительного и т. п. Другая причина повышенного внимания к поиску путей эффективного флот-менеджмента связана с ростом тоннажа и сложности судов (кораблей) — технических систем, состоящих из совокупности технических подсистем, которые они воплощают, а также транспортных (промысловых, боевых, исследовательских) систем, в которых они сами воплощены (функционируют как подсистемы систем более высокого порядка). Проиллюстрируем сказанное примером из управления в сфере

контейнерного судоходства как части транспортной логистики.

С начала финансового кризиса, например, контейнеровозы в большем количестве выводятся из эксплуатации. На середину марта 2009 г. в мире простаивало около 480 контейнеровозов суммарной провозной способностью около 1,4 млн. TEU. Согласно [2] коэффициент дохода на инвестиции (ROI) десяти крупнейших мировых линейных контейнерных операторов не превышал 1 % в год (без учета инфляции), который эти компании заявили за 1980–1989 гг.; в то же время за указанный период суммарные вложения во флот и терминалы этих компаний возросли на 15 млрд долларов.

Критериев и показателей эффективного управления может быть много, все зависит от того, какие управленческие проблемы поднимать и какие цели перед управлением ставить в конкретный период времени: максимизация рыночной стоимости активов и компании или снижение издержек и сокращение бюджетов подразделений. Таким образом, говоря об эффективном управлении капитальными активами, необходимо еще на этапе их проектирования оперировать такими технико-экономическими понятиями, как этапы жизненного цикла, сроки службы, сроки кредитования, стоимость активов в постройке и использовании (себестоимость, контрактная стоимость и эксплуатационные затраты). Некоторые основные аспекты, области знаний, связанные с эффективным управлением капитальными активами, приведены на рис. 1.

Одна из главных современных проблем эффективного управления капитальными активами (ОПФ) состоит в правильном (обоснованном) анализе логики затрат, выборе метода измерения (учета) и контроля затрат, возникающих на этапе создания (строительства) таких активов, и на этапе их эксплуатации. Эксплуатации в соответствии с потребностями той системы, для которой они проектируются (создаются) как составные части на всех этапах жизненного цикла таких активов, включая ремонтные работы, модернизацию, конверсию и, наконец, утилизацию.

Эффективное управление связано с теорией качества, в частности с менеджментом

качества. Поэтому логично сказать, что на всех этапах жизненного цикла каждого судна качество управляющих воздействий на них определяет эффективность управления всем флотом компании, отрасли и наоборот (рис. 2). Оценить такие воздействия по отдельности очень трудно, поэтому в практике торгового мореплавания о качестве и эффективности управления можно также судить по таким количественным экономическим показателям, как, например, рыночная стоимость судна и рыночная стоимость флота компании. В свою очередь, помимо ставок фрахта, рыночных цен на другие суда, на рыночную стоимость отдельного судна (и всего флота) компании влияют технические показатели:

- 1) возраст судна;
- 2) классификационный статус судна;
- 3) проведенный плановый и/или аварийный ремонт корпусных конструкций, главной (судовой) энергетической установки, котлов, валов, движителей;
- 4) выполненный и/или отложенный объем плановых и/или аварийных ремонтных работ;
- 5) состояние корпуса;
- 6) состояние главной (судовой) энергетической установки.

Фактический (хронологический) возраст является важным интегральным показателем, характеризующим состояние судна (как с технической, так и с экономической точки зрения). При заданном сроке полезного использования (службы) и выполняемой плановой ремонтной схеме, фактический возраст должен показать ресурс, исчерпанный объектом на дату оценки, а также «потенциал», оставшийся до конца срока его использования (службы). Таким образом, рыночная стоимость определяется именно через технико-экономический «потенциал» судна, который по аналогии с исчерпаемым ресурсом может быть оценен двумя переменными — временем и деньгами. Деньги — это ожидаемые выгоды владельца от использования имущества в будущем, в нашем случае — это чистый доход от эксплуатации коммерческого судна при его сдаче, например, в долгосрочный тайм-чартер, а также возможные доходы от продажи судна в конце периода его использования. Известно,

что ожидания большинства субъектов фрахтового рынка всегда оптимистичны, даже тогда, когда рынок находится в безнадежно депрессивном состоянии. Поэтому суда часто оцениваются несколько выше того, что реально способны принести своему владельцу (что подтверждается разницей предложения судов к продаже и фактическими ценами сделок).

Время характеризуется оставшимся сроком использования (службы) судна — его экономической или физической жизнью. При этом если срок полезного использования (службы) изначально являлся техническим показателем, связанным с полным физическим изнашиванием судов, затратами на постройку и их эксплуатацию, то жизненный цикл связан с инвестициями и должен пока-

зать экономически обоснованную «жизнь» актива, то есть срок, за который произойдет полная экономическая или функциональная детериорация судна при его эффективной эксплуатации. Под физическим необходимо понимать срок службы, за который судно износится при нормальной эксплуатации и своевременном техническом обслуживании под воздействием различных нагрузок до такой степени, что его дальнейшая эксплуатация будет небезопасна. Теоретическая часть исследований сроков службы, сроков полезного использования и жизненного цикла флота поэтому может быть усовершенствована и дополнена понятиями, которые могут рассматриваться отдельно для коммерческого и некоммерческого флота.



Рис. 1. Связь эффективного управления капитальными активами с основными областями исследований (на примере флота)

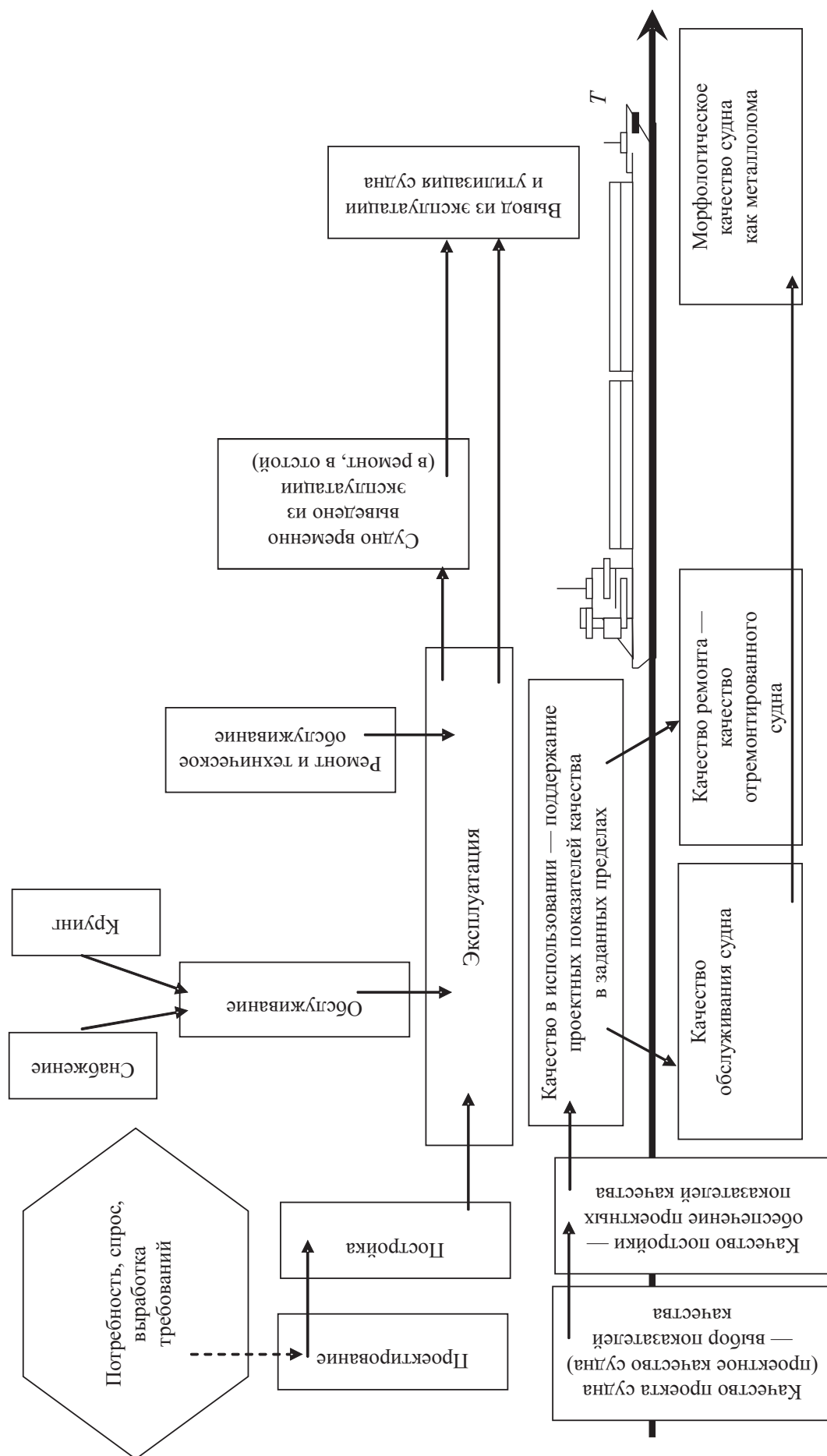


Рис. 2. Связь между показателями качества судна и этапами его жизненного цикла

До 2002 г. применительно к торговым судам использовались понятия — действительный, амортизационный и нормативный сроки службы. Сроки службы коммерческих судов устанавливались в момент ввода его в эксплуатацию после постройки в соответствии с действующими нормами амортизации. С 2002 г. стал также применяться термин «срок полезного использования», но только в отношении коммерческих активов. С позиций эффективного управления флотом необходимо еще на этапе проектирования судов анализировать и прогнозировать сроки их будущей эксплуатации, с четким разделением на все периодические этапы (фазы) жизненного цикла (постройка, прием экипажем и ввод в эксплуатацию, система ремонта и обслуживания, система обеспечения экипажами, топливом, провизией, водой, маслом, ЗИП, возможная модернизация, вывод из эксплуатации, отстой, утилизация), прогнозируя основные элементы риска незапланированных затрат и путей их минимизации.

Теоретическая база понятийного аппарата сроков полезного использования торгового флота может быть дополнена такими определениями, как действительный, физический, экономический, эффективный сроки использования (службы).

Сейчас для большинства машин и оборудования согласно стандартам Российского общества оценщиков [3] применяются указанные выше понятия, что постепенно распространяется и на суда (плавсредства). Возможная взаимосвязь приведенных выше понятий показана на рис. 3.

Действительный (хронологический) срок использования — это возраст судна на какой-то момент времени $t_{оц}$, в который происходит его оценка для различных целей. Содержание понятия амортизационного срока использования (службы) было приведено выше. От него зависит и выбор (если таковой имеется) метода начисления амортизации. Поэтому представляется, что понятия «нормативный» и «амортизационный» сроки использования (службы) являются тождественными. Амортизационный или нормативный сроки использования должны быть экономически обоснованы. В идеале эти сроки должны быть минимальны и должны показывать время, за которое в экономической системе полностью возмещается стоимость актива по ставке возврата капитала (без учета ставки дохода на капитал).

Экономический срок использования — это период времени, в течение которого судно приносит прибыль. Экономический срок службы судна, как правило, несколько мень-

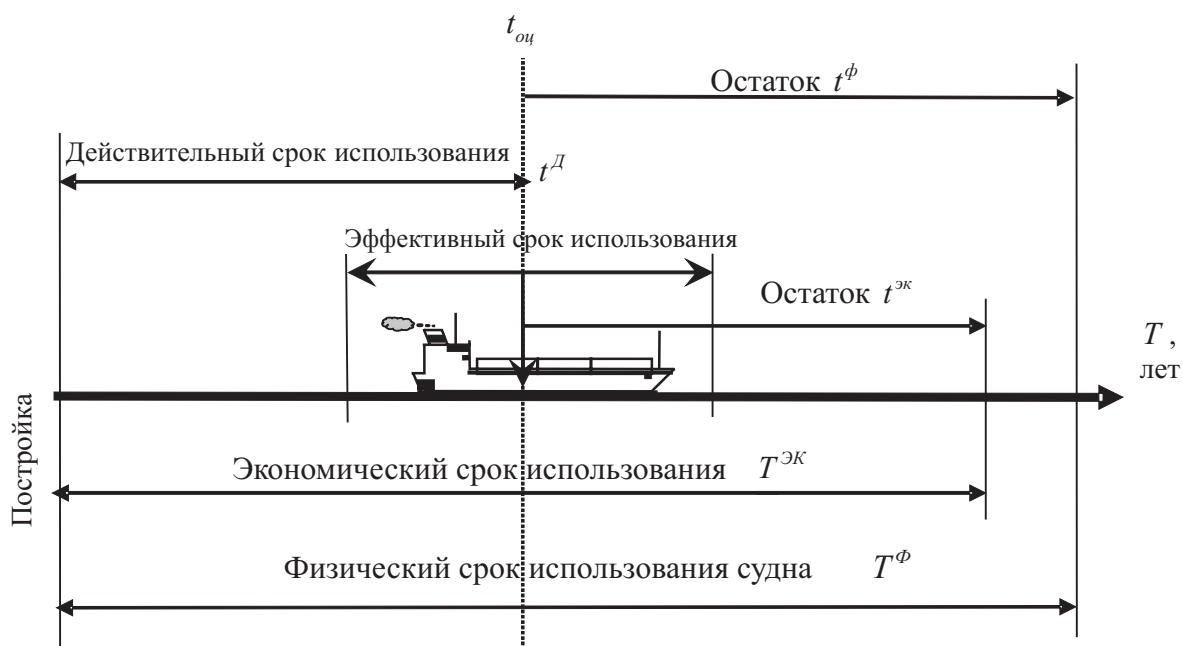


Рис. 3. Графическая интерпретация сроков использования (службы) торговых судов

ше, чем физический срок полезного использования (службы) судна или равен ему.

Эффективный срок службы — это численная оценка возраста актива, определяющая, на сколько лет оно «выглядит», какой производит «эффект». Например, после проведения очередного ремонта, скажем на 20 году (действительный возраст) эксплуатации, судно стало «выглядеть» на 10 лет (эффективный возраст). Данный эффект усиливается при проведении ремонтных работ капитального характера, модернизации или конверсии судна. Однако в случаях, когда судно подвергалось авариям, эксплуатировалось не по назначению, с превышением нагрузок на корпус, двигатели и движители, оборудование и механизмы, когда в компании пренебрегали ремонтно-восстановительными работами, нарушали периодичность, объемы ремонта, может наблюдаться и обратная тенденция, когда эффективный возраст превысит действительный. Таким образом, эффективный возраст судна может быть равен действительному (хронологическому), быть больше него или меньше. В идеале, амортизационный (нормативный), экономический и физический сроки использования (службы) должны равняться, а эффективный лучше поддерживать меньше действительного, однако такой ситуации добиться трудно [4]. Тем не менее управление в компании должно стремиться хотя бы к тому, чтобы действительный и эффективный возраст судов совпадали, то есть флот компании должен соответствовать требованиям рынка к данной возрастной категории судна конкретного назначения, тоннажа и района плавания.

С понятиями действительного и эффективного возраста связана степень экономического и функционального износа судна, то есть снижения его рыночной стоимости из-за несоответствия в момент времени $t_{\text{оц}}$ конъюнктурным требованиям рынка. Поэтому действительный и эффективный возраст судна зависят от ряда внешних и внутренних по отношению к судоходной компании факторов. Основными внешними факторами являются:

— фрахтовые ставки по грузам, которые судно может перевозить в соответствии с назначением, классом Регистра и выданными свидетельствами;

— контрактные цены судоверфей на новые суда, аналогичные тем, которые находятся в собственности судовладельца;

— рыночные цены на действующие в регионе суда, аналогичные тем, которые находятся в собственности судовладельца.

Главными внутренними технико-экономическими контрольными факторами будут являться поддерживаемый класс судна, показывающий район плавания, в котором судно может безопасно эксплуатироваться, и уровень ремонтных затрат по судну, возрастающий по мере увеличения действительного возраста (старения) судна.

В дополнение к сказанному ранее для повышения эффективности управления флотом также важно уделять внимание эффективному планированию и контролю затрат на техническое обслуживание и ремонт судов, особенно в части обеспечения и снабжения флота сменно-запасными частями на протяжении всего жизненного цикла судов.

В связке «человек–машина» все большее внимание необходимо уделять именно человеку как социоэлементу и оператору усложняющихся активов. В судоходных компаниях, например, рост технически насыщенного флота приводит к необходимости учета рисков, связанных с аварийностью судов, так как фактор аварийности прямо связан с эффективностью управления флотом. Согласно данным национальных классификационных обществ и Международной морской организации, основная причина возникновения аварийных ситуаций в судоходстве кроется во влиянии так называемого «человеческого фактора» (human factor; в авиации принят термин human element). Аварийность любого флота нежелательна, но теоретически допустима; так в управлении коммерческим флотом присутствуют определенные компромиссы — сравнительно недорогие суда эксплуатируются «дешевыми» экипажами. Учитывая, что смешанные экипажи — это сложившаяся практика управления компанией, направленная на сокращение операционных затрат, становится понятным, что каждый моряк привносит в экипаж элементы риска, связанные с его способностью адекватно реагировать на опасные ситуации и их последствия. По данным P&I Club, ошибки че-

ловека стоят судоходному бизнесу около 600 млн долл. в год. Проанализировав 6091 страховой случай, связанный с крупными исками за 15 лет (по крупным искам разовая выплата составляет более 100 тыс. долл. США), подсчитано, что эти иски стоили страховщикам 2,6 млрд долл. США, из них 62 % связаны с «человеческим фактором» (рис. 4).

Большее число аварийных рисков с судами в компаниях мирового флота можно распределить под одну из категорий, перечисленных ниже:

- общие организационные ошибки в управлении флотом и управленческие процедуры (на судне и в компании);
- устаревшие аппаратные средства или их отсутствие;
- недостатки, «заложенные» в проекте судна;
- недостатки в управлении процедурами ремонта, технического обслуживания и снабжения флота;
- дополнительные условия, усиливающие риск (например, погодные, ледовые);
- неудовлетворительные условия обитания на судах;
- несовместимые цели при оперативном управлении флотом (например, желание ускорить рейс и, следовательно, «срезать» маршрут с прокладкой курса через опасный для плавания район);
- недостатки в организации связи «судно–берег»;

— несоответствующая подготовка, низкая тренированность и/или чрезмерная загруженность экипажей.

Слабое место многих судоходных компаний — низкая эффективность управления персоналом (HRM — human resource management), и особенно в части качественного подбора и обеспечения флота тренированными экипажами плавсостава. Зачастую береговые структуры управления и судовладельцы экономически не в состоянии или не желают (или и то и другое) подкреплять управленческие требования к безопасности плавания и работы на судах реальными вложениями в свои активы — флот и персонал. Соответственно в концепцию эффективного управления флотом необходимо вводить методы элиминации «человеческого фактора» на судах и в транспортных системах, обосновывать эффективный круинг-менеджмент компаний.

Возможная организационная структура эффективной системы управления крупной судоходной компанией с дифференцированным по назначению и тоннажу флотом предложена на рис. 5.

Управление жизненным циклом судов, сроками их полезного использования еще только находит свое применение в отечественных проектно-конструкторских организациях, крупных отечественных судоходных компаниях, но почти не учитывается на уровне отраслей-владельцев флота, что связано с доминированием на рынке финансово слабых

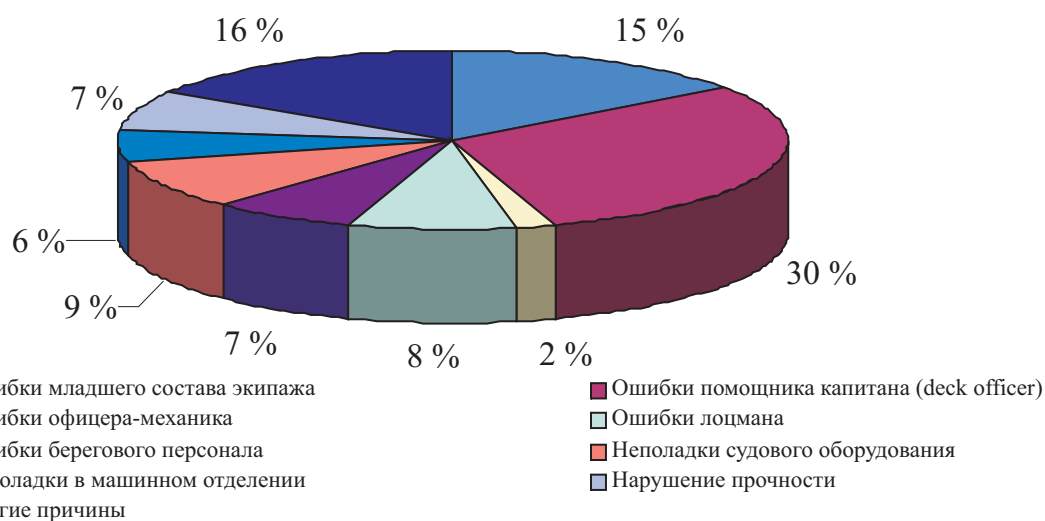


Рис. 4. Распределение причин аварийности торговых судов (P&I, 2003)

«субстандартных» судовладельцев как заказчиков флота. Последние еще в состоянии оценить логику затрат и эффективного управления ими в рамках своей компании, но не могут этого сделать в системе «судно–терминал», то есть даже в рамках локальной транспортной системы. Поэтому с 1990-х гг. проектирование в отечественных КБ снова «откатилось» на отдельное проектирование флота (для судовладельцев) и отдельное проектирование перегрузочной техники (для владельцев портовых терминалов). Трудно ожидать нового в управлении старым флотом. Однако там, где есть финансово серьезный заказчик, проектируются и вводятся эффективные транспортные технологии типа «судно–терминал» в рамках логистики типа supply chain (дословно — звено цепи снабжения). Примеры — Приморский и Усть-Лужский порты.

Как уже говорилось выше, сложность в эффективном управлении капитальными активами на основе жизненного цикла состоит в том, как конкретизировать понятийный

аппарат, выбрать критерии и методы оценки наступления сроков (фаз) полезного использования или жизненного цикла отдельно для коммерческого и некоммерческого флота. Например, согласно [5] «даже если актив в отличном состоянии, жизненный цикл инвестиции заканчивается, как только исчезает рынок для данного продукта или услуги». Что тогда принять за критерий эффективности для некоммерческих судовладельцев, которые не могут оценивать свой флот доходами и рыночной стоимостью?

Скорее всего должна существовать какая-то измеряемая связь между судном (кораблем) и задачей его конкретного использования по назначению. Качественный критерий эффективности здесь — это функциональная возможность флота выполнять предписанную ему задачу. А количественный критерий такой эффективности снова — время и деньги, но теперь это сроки производительного и непроизводительного использования флота, а также затраты средств и времени на произ-

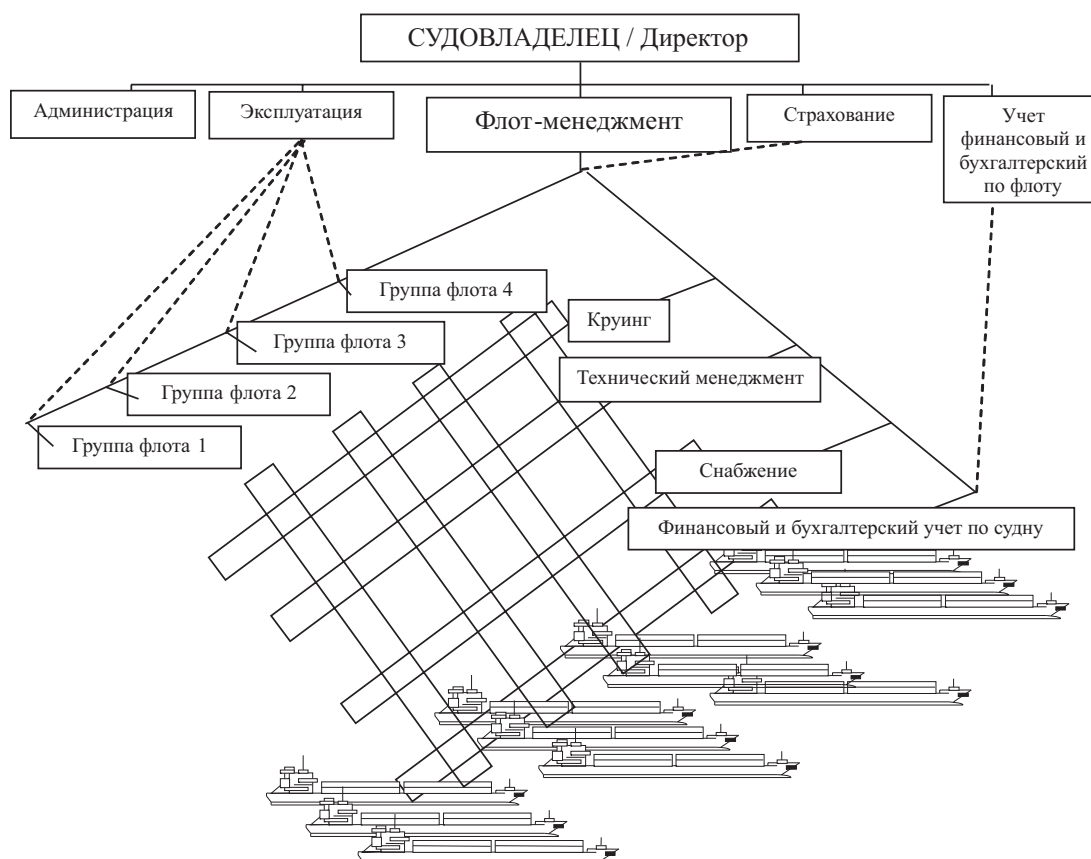


Рис. 5. Матричная ОССУ крупной судоходной компании с оперативным управлением и учетом по группам флота

водительное использование, особенно связанное с аварийностью. Другими словами, минимальное время, необходимое для обеспечения оперативной готовности флота выполнять поставленные задачи, будет одним из критериев эффективного управления, например, некоммерческим флотом (ледокольным, дноуглубительным и др.).

Кроме упоминавшихся выше интересов отраслей-владельцев флота, проблема эффективного управления капитальными

активами затрагивает такие аспекты, как оценка альтернатив приобретения новых судов (кораблей) и выбор времени выхода в эксплуатацию (оперативную готовность) новых судов (кораблей), принятие и развитие судостроительных (кораблестроительных) программ, эффективность эксплуатации крупнотоннажных и специализированных судов (кораблей), их эффективный ремонт, модернизация и/или замена новыми проектами.

Список литературы

1. Cost Effective Management Control of Capital Assets. An integrated Life Cycle Management approach / J. Stavenuiter. — Published by Asset Management Control Research Foundation. The Netherlands, 2002. — 405 p.
2. Design Innovations in Shipping / prof. N. Wijnolst. — Delft University Press, 1995. — 570 p.
3. Оценка имущества. Оценка судов и плавучих технических средств освоения океана, шельфа и внутренних водных путей и водоемов. Основные положения / Стандарт Российского общества оценщиков: принят 27.02.98 г. // Российский оценщик. — 1998. — С. 9–19.
4. Бурков А. В., Никифоров В. Г. и др. К вопросу о стратегии обновления флота (на основе оценки рыночной стоимости судов) Информационные проблемы транспортных систем / под ред. А. С. Бутова; Российская академия транспорта — СПб., СПГУВК. 2000.
5. Хелферт Э. Техника финансового анализа / пер. с англ. под ред. Л. П. Белых. — М.: Аудит. ЮНИТИ, 1996. — 663 с.

В. И. Голинев,
канд. экон. наук, проф., СПГУВК;

Е. В. Щурова,
аспирант, СПГУВК

МЕТОДОЛОГИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМАТИВОВ ЧИСЛЕННОСТИ ИНСПЕКТОРОВ ПОРТОВОГО КОНТРОЛЯ МОРСКИХ ПОРТОВ

METHODOLOGY OF DEFINING STANDARD OF PORT CONTROL INSPECTORS' QUANTITY IN SEA PORTS

В статье рассматриваются методологические подходы к определению нормативов времени и нормативов численности инспекторов портового контроля на основе экспертных оценок продолжительности отдельных его операций.

This article considers methodological approaches for defining time standards and port control inspectors' quantity standards, based on expert estimations of duration of certain port control operations.

Ключевые слова: морские порты, инспекции, портовый контроль, виды флота, нормативы времени, нормативы численности, численность инспекторов.

Key words: sea ports, inspections, port control, vessels' types, time standards, quantity standards, inspectors' quantity.

Снижение расходов на персонал в развивающихся кризисных условиях для многих предприятий приобретает особый смысл. Это достигается, прежде всего, наиболее простым путем — сокращением численности занятого персонала. Но для сокращения персонала, как правило, необходимо иметь веские основания. Правда, в рыночных условиях хозяйствования многие предприятия такие вопросы решают субъективным порядком. На предприятиях государственных форм собственности для сокращения персонала необходимо находить убедительные аргументы. Одним из таких аргументов является обоснованный расчет потребной численности персонала для выполнения предназначенных для них функций. Сокращением численности персонала обычно достигают одновременно две цели — повышение производительности труда и сокращение расходов. В нынешнее время (и применительно к инспекторам портового контроля) наиболее актуальной является вторая цель.

Существует несколько способов определения потребности в персонале: по функциям управления, по действующим нормативам (если они имеются), путем разработки соответствующих нормативов и затем опре-

деления по ним необходимой численности работников и, наконец, экспертным путем, что стало «модным» направлением в последнее время.

В статье рассматривается использование комбинированного метода — путем разработки нормативов с использованием экспертных оценок. Объектом исследования являются морские порты, в которых назрела необходимость обоснования требуемого количества инспекторов портового контроля для проведения различного рода инспекций. В расчетах были использованы результаты экспертных оценок, проведенных в морских портах, представленных по морским администрациям в табл. 1.

В настоящее время численность инспекторов государственного портового контроля определяется в соответствии с Руководством по проектированию объектов комплексного обслуживания транспортного флота, утвержденного инструктивным письмом ММФ СССР от 14.01.1988 г. № 9. В соответствии с этим документом проектная среднегодовая численность работников инспекции портового контроля определяется в зависимости от количества судозаходов и длины причального фронта (табл. 2).

Таблица 1

Администрации морских портов

№ п/п	Наименование АМП	Морские порты
1	АМП «Большой порт Санкт-Петербург»	«Большой порт Санкт-Петербург», Приморск, Пассажирский порт Санкт-Петербург, Усть-Луга
2	АМП Высоцк	Высоцк, Выборг
3	АМП Архангельск	Архангельск, Онега, Мезень, Нарьян-Мар, Витино, Варандей, Игарка
4	АМП Калининград	Калининград

Таблица 1
(Продолжение)

5	АМП Мурманск	Мурманск, Кандалакша, Дудинка
6	АМП Новороссийск	Новороссийск, Сочи, Анапа, Геленджик
7	АМП Таганрог	Таганрог
8	АМП Ейск	Ейск
9	АМП Астрахань	Астрахань, Оля, Махачкала
10	АМП Туапсе	Туапсе
11	АМП Тамань	Темрюк, Кавказ
12	АМП Владивосток	Владивосток, Посъет, Ольга
13	АМП Находка	Находка, Находка наливная
14	АМП Ванино	Ванино, Советская гавань, Де-Кастри, Николаевск-на-Амуре
15	АМП Петропавловск-Камчатский	Петропавловск-Камчатский
16	АМП Чукотка	Анадырь
17	АМП Магадан	Магадан
18	АМП Восточный	Восточный
19	АМП Сахалина	Корсаков, Холмск, Шахтерск, Бошняково, Углегорск, Красногорск, Набиль, Поронайск, Александровск-на-Сахалине, Пригородное

Как показали дальнейшие расчеты, введенные нормативы значительно завышены, поэтому была предпринята попытка более

детального определения численности инспекторов путем расчетов нормативов времени и нормативов численности.

Таблица 2

Проектная среднегодовая численность работников инспекции портового контроля

Количество судозаходов	Длина причального фронта, км									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
До 500	4	5	6	7	8	—	—	—	—	—
501–1000	4–5	5–6	6–7	7–8	8–9	—	—	—	—	—
1001–2000	5–7	6–8	7–9	8–10	9–11	10–12	—	—	—	—
2001–3000	—	8–10	9–11	10–12	11–13	12–14	—	—	—	—
3001–4000	—	10–12	11–13	12–14	13–15	14–16	—	—	—	—
4001–5000	—	—	13–15	14–16	15–17	16–18	17–19	18–20	—	—
5001–6000	—	—	15–17	16–18	17–19	18–20	19–21	20–22	—	—
6001–7000	—	—	17–19	18–20	19–21	20–22	21–23	22–24	23–25	—
7001–8000	—	—	—	20–22	21–23	22–24	23–25	24–26	25–27	26–28
8001–9001	—	—	—	22–24	23–25	24–26	25–27	26–28	27–29	28–30
9001–10 000	—	—	—	—	25–27	26–28	27–29	28–30	29–31	30–32

Современные международные и национальные требования к функциям государственного портового контроля в соответствии с Парижским, Токийским и Черноморским меморандумами определяют новые методические подходы к установлению численности таких инспекторов.

Портовые власти России осуществляют контроль за соблюдением следующих 11 международных правовых актов:

1. Международная конвенция о грузовой марке 1966 г. (МКГМ-66);
2. Протокол 1988 г. к Международной конвенции о грузовой марке 1966 г.;
3. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 г. (СОЛАС-74);
4. Протокол 1978 г. к Международной конвенции по охране человеческой жизни на море 1974 г.;
5. Протокол 1988 г. к Международной конвенции по охране человеческой жизни на море 1974 г.
6. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 г., измененная Протоколами 1978 и 1997 гг., относящимися к этой Конвенции (МАРПОЛ 73/78).
7. Международная конвенция по подготовке и дипломированию моряков и несению вахты 1978 г. (ПДНВ-78).
8. Конвенция по международным правилам предотвращения столкновений судов в море 1972 г. (МППСС-72).
9. Международная конвенция по обмеру судов 1969 г.
10. Конвенция о торговом мореплавании (минимальные стандарты) 1976 г. (Конвенция МОТ № 147).
11. Протокол 1966 г. к Конвенции по торговому мореплаванию (минимальные стандарты) 1976 г. (Конвенция МОТ № 147, МОТ 147 ПРОТ-96).

После вступления в силу Конвенции 2006 г. о труде в морском судоходстве, когда ее ратифицируют 30 % государств, обладающих 33 % мирового тоннажа, инспекторы государственного портового контроля будут проверять соответствие требованиям 12 международных нормативных документов.

В практике работы морских портов используются следующие виды инспектирования.

Первичная инспекция — проверка наличия и действующих сроков судовых документов и документов экипажа, наличие откорректированных навигационных карт и пособий, оформление отхода на борту судна.

Детальная проверка — проверка наличия и действующих сроков судовых документов и документов экипажа, оценка технического состояния судна, более глубокая проверка в той области, где были выявлены несоответствия и замечания.

Расширенная проверка — проверка наличия и действующих сроков судовых документов и документов экипажа, оценка технического состояния судна, подготовленности экипажа в борьбе за живучесть судна и спасения на море. Проверяются в работе ключевые механизмы, использование спасательных средств, борьба с пожаром и др.

Задержание судна — отказ в разрешении на выход судну из порта в связи с явными несоответствиями действующим нормативным документам, неукомплектованности экипажа, явной угрозе жизни людей и (или) окружающей среде и т.д.

Каждая из вышеперечисленных инспекций обычно состоит из следующих операций:

- доставка инспектора на судно;
- подготовка к инспекции;
- проведение инспекции;
- оформление инспекции.

Для расчета нормативов времени на проведение инспекций были использованы экспертные оценки трудозатрат на выполнение этих операций в каждом порту по всем администрациям морских портов

Расчет нормативов времени на инспектирование судов проводился по экспертным оценкам, произведенным в портах за 2007 г.

Расчет нормативов времени на проведение инспекций проводился по отдельным операциям инспекций, как отмечалось выше: доставка инспектора, подготовка к инспекции, проведение инспекции и оформление инспекции. Каждый из перечисленных видов инспекций зависит от разных факторов. Поэтому устанавливать средний (суммарный)

норматив на все виды проверок в целом было бы некорректным. По этой же причине существующую практику установления численности инспекторов портового контроля в зависимости от длины причального фронта также нельзя признать обоснованной и логичной. В связи с этим расчет нормативов производился по отдельным их видам.

Расчет норматива времени на доставку инспекторов на суда. Нормативы времени на доставку инспекторов на суда не зависят ни от вида проверок, ни от вида флота, ни от дедвейта судов. Для расчета нормативов времени были использованы экспертные оценки по всем портам. Они были использованы в усредненном виде, так как по отдельным портам разброс экспертных оценок был очень велик. Например, по Калининградскому морскому порту экспертное время было указано в интервале от 0,3 до 3 часов, то есть в 10 раз! Такое же значение приведено и по порту Кавказ: от 1 до 10 часов. По другим портам результаты экспертных оценок приведены более объективные, и максимальный размер составил 3 часа, минимальный — 0,5 часа.

Затем была рассчитана средневзвешенная величина по количеству судозаходов и по количеству инспекций. Хотя, логически рассуждая, сразу можно утверждать, что средневзвешенная величина по количеству инспекций должна быть более достоверной величиной, чем по количеству судозаходов, однако в расчетах были приняты оба варианта.

Расчет норматива времени на подготовку к инспекции. При расчете этого норматива исследования проводились по сухогрузному и нефтеналивному флоту, по пассажирскому флоту отклонений в экспертных оценках не выявлено. Продолжительность операции подготовки к инспекции действительно мало зависит от вида флота и от других факторов. Тем не менее отклонения для нефтеналивного флота все-таки выявлены в экспертных оценках и учтены в расчетах. Эти нормативы времени были получены как средневзвешенная величина по количеству судозаходов, что более обоснованно, так как в некоторых портах отдельных видов инспекций либо вообще не было, либо их было очень мало. В последующие годы ситуация

может существенно измениться: количество проверок может резко возрасти (при том же количестве судозаходов). Следовательно, более весомым мерилom может служить количество судозаходов, которое более стабильно для портов в течение длительного периода. В расчетах были приняты только те судозаходы, по которым были представлены экспертные оценки.

Как видно из произведенных расчетов (табл. 3), норматив времени на подготовку к инспекции для сухогрузного флота составил 0,7 чел-ч/ед, а для наливного — 1,0 чел-ч/ед. Такое различие, на наш взгляд, представляется логичным. Для пассажирского флота (за неимением экспертных данных по портам) этот норматив можно принять применительно к сухогрузному флоту, то есть 0,7 чел-ч/ед.

Таблица 3

Средние нормативы на инспекции флота

Виды инспекций	Средние нормативы времени, чел-ч/ед.		
	сухогрузный флот	наливной флот	пассажирский флот
Доставка инспектора	1,9	1,9	1,9
Подготовка к инспекции	0,7	1,0	0,7
Проведение инспекции	2,8	4,0	3,4
Оформление инспекции	1,7	2,8	1,7
Суммарный норматив	7,1	9,7	7,7

Расчет норматива времени на проведение инспекции. Это наиболее сложный и трудоемкий норматив. Прежде всего, необходимо отметить факторы, от которых зависит продолжительность проведения инспекций:

- от вида инспекции (первичная, детальная, расширенная и задержание судна);
- от вида флота (сухогрузный, нефтеналивной, пассажирский);
- от дедвейта судов.

Как было отмечено выше, не по всем портам были представлены экспертные оценки соответствующего качества, где не прослеживалась зависимость экспертной трудоемкости инспекций от дедвейта судна. Сначала был рассчитан норматив инспекций как простая средневзвешенная величина по количеству судозаходов и без разбивки по видам инспекций. По сухогрузному флоту этот норматив составил 2,8 ч, по нефтеналивному — 4,0 ч. По пассажирскому флоту из-за отсутствия экспертных данных норматив был принят на уровне сухогрузного флота с увеличением на 20 %, то есть 3,4 ч. В дальнейшем размерность норматива времени на инспекции будет представляться не просто в часах, а в человеко-часах на одну инспекцию, то есть чел-ч/ед. (как принято в размерности трудовых показателей).

Расчет норматива времени на оформление инспекции. Процедура оформления инспекции практически не зависит ни от дедвейта, ни от вида флота и вида инспекций. Поэтому результаты расчетов приведены по оформлению инспекций как средневзвешенная величина по количеству судозаходов: по сухогрузному флоту норматив составил 1,7, по нефтеналивному — 2,8 чел-ч/ед. По пассажирскому флоту — опять на уровне сухогрузного.

В табл. 3 приведены сводные результаты расчетов рассмотренных нормативов (на доставку инспекторов, на подготовку к инспекции, проведение инспекции и ее оформление).

Нормативы по пассажирскому флоту, как уже отмечалось выше, приняты на уровне сухогрузного флота, за исключением операции проведения инспекции, по которой время увеличено на 20 %. Это объясняется тем, что на пассажирских судах при численности экипажей более 150 человек много времени дополнительно затрачивается на проверку документов экипажа. По нефтеналивному флоту

результаты получены по материалам обработки первичных данных.

Несмотря на корректность и логичность полученных нормативов, была проведена дополнительная обработка первичных данных на предмет выявления зависимости норматива времени на проведение инспекции (как третьей операцией инспекции) от дедвейта судов, хотя некоторые порты, как отмечалось выше, не отражали эту зависимость и приводили экспертную трудоемкость инспекции однозначно (без разбивки по дедвейтам). Кроме того, непосредственное проведение инспекции зависит также от вида флота (сухогрузного, наливного, пассажирского) и вида инспекции (первичной, детальной, расширенной и задержания судна).

При расчете норматива времени на проведение инспекций средневзвешенность величин производилась по количеству соответствующих видов инспекций, а не по количеству судозаходов, как принималось ранее, так как на проведение инспекций, по отчетным данным, экспертные оценки приведены по видам инспекций и по дедвейту, что позволило провести более достоверную обработку.

Логически рассуждая, можно сделать вывод, что продолжительность проведения инспекции должна зависеть от дедвейта. Однако по представленным экспертным оценкам этой зависимости либо вообще не наблюдается (по всем дедвейтам проставлено одинаковое время), либо наблюдается обратная зависимость (с увеличением дедвейта время проведения инспекции уменьшается). Была предпринята еще одна попытка проанализировать эту зависимость.

Таким образом, после всех промежуточных расчетов окончательный вариант нормативов приведен в табл. 4 как проектируемый (рекомендуемый): по видам инспекций, по отдельным операциям инспекций, по видам флота и по дедвейту.

Таблица 4

Проектируемый (рекомендуемый) вариант нормативов времени на инспекции флота (чел-ч/ед)

Операции инспекций	Дедвейт, т	Виды инспекций			
		Первичная	Детальная	Расширенная	Задержание судна
1	2	3	4	5	6
Сухогрузный флот					
Доставка инспектора	—	1,9	1,9	1,9	1,9
Подготовка к инспекции	—	0,7	0,7	0,7	0,7
Проведение инспекции	< 500	2,9	3,5	3,9	3,8
	501–3000	3,0	3,7	4,1	4,0
	3001–10 000	3,2	3,9	4,3	4,2
	10 001–30 000	3,4	4,1	4,5	4,4
	> 30 000	3,6	4,3	4,7	4,6
Оформление инспекции	—	1,7	1,7	1,7	1,7
Комплексный норматив времени на инспекции	< 500	7,2	7,8	8,2	8,1
	501–3000	7,3	8,0	8,4	8,3
	3001–10 000	7,5	8,2	8,6	8,5
	10 001–30 000	7,7	8,4	8,8	8,7
	> 30 000	7,9	8,6	9,0	8,9
Нефтеналивной флот					
Доставка инспектора	—	1,9	1,9	1,9	1,9
Подготовка к инспекции	—	1,0	1,0	1,0	1,0
Проведение инспекции	< 10000	3,4	4,2	5,2	4,0
	10 001–30 000	3,6	4,4	5,9	4,2
	30 001–70 000	3,8	4,6	7,3	4,4
	> 70 000	4,0	4,8	7,8	4,6
Оформление инспекции	—	2,8	2,8	2,8	2,8
Комплексный норматив времени на инспекции	< 10 000	9,1	9,9	10,9	9,7
	10 001–30 000	9,3	10,1	11,6	9,9
	30 001–70 000	9,5	10,3	13,0	10,1
	> 70 000	9,7	10,5	13,5	10,3
Пассажирский флот					
Доставка инспектора	—	1,9	1,9	—	1,9
Подготовка к инспекции	—	0,7	0,7	—	0,7
Проведение инспекции	< 500	2,3	5,3	—	7,7
	501–5000	2,5	5,6	—	8,1
	> 5000	2,8	5,9	—	8,5
Оформление инспекции	—	1,7	1,7	—	1,7
Комплексный норматив времени на инспекции	< 500	6,6	9,6	—	12,0
	501–5000	6,8	9,9	—	12,4
	> 5000	7,1	10,2	—	12,8

Что же касается способа взвешивания — по судозаходам или по инспекциям, то произведенные расчеты показали, что количество инспекций в удельном весе судозаходов по годам отличается незначительно (13,4 % — в 2007 г. и 12,5 % — в 2008 г.). Так что оба метода взвешивания допустимы.

Методика расчета численности инспекторов портового контроля

Расчет численности инспекторов портового контроля осуществляется на основе разработанных нормативов времени.

В основу положен принцип отношения суммарной трудоемкости (T_p) на проведение соответствующей инспекции к фонду рабочего времени одного инспектора за год ($\Phi_{p.вр.}$):

$$Ч_{инсп} = T_p / \Phi_{p.вр.}, \text{ чел.}$$

Трудоемкость проведения соответствующей инспекции определяется произведением норматива времени (чел-ч/ед) для этой инспекции на количество таких инспекций за год (ед).

Фонд рабочего времени одного инспектора определяется по рабочему календарю за текущий или на планируемый год за вычетом нерабочих и праздничных дней, а также невыходов на работу по различным причинам: отпуск, время болезни, командировки, возможные невыходы на работу по различным уважительным или неуважительным причинам.

С достаточной для практических целей точностью фонд рабочего времени одного работника за год может быть рассчитан по следующему алгоритму:

$$365 / 7 = 52 \text{ рабочие недели в году;}$$

$$52 \times 40 = 2080 \text{ рабочих часов в году (40 — количество рабочих часов в неделю согласно трудовому законодательству);}$$

$$2080 \times 0,87 = 1810 \text{ ч в год, где коэффициент } 0,87 \text{ как раз и учитывает различные невыходы на работу.}$$

Для сравнения: по рабочему календарю 2009 г. при семичасовом рабочем дне количество рабочих часов в году составляет 1987 ч. Если вычесть продолжительность отпуска в среднем 24 дня по 7 ч, что составит 168 ч, в итоге останется 1819 ч, что достаточно близко к предложенному.

Апробация полученных нормативов.

Для примера в табл. 5 произведен расчет численности инспекторов в порту Мурманск по итогам деятельности (количества инспекций) в 2007 г.

Общая трудоемкость по всем видам инспекций получена равной 13 907 чел-ч. ($424,8 + 13108,7 + 286,7 + 87,4$). Тогда расчетная численность инспекторов составит: $13907/1810 = 7,7$ чел. (ставки).

В расчетах принята полная загруженность инспекторов по времени. Практически всегда бывают «технологические перерывы» в ожидании очередных инспекций, что следует дополнительно скорректировать на местные условия работы.

В то же время возможно «непредвиденное» увеличение количества инспекций в отдельные дни, что должно быть редким исключением. Например, в Мурманском морском порту за 2007 г. было произведено 1552 инспекции (всех видов), это приходится 5 инспекций в день ($1552 / 365 = 4,2$; округлим даже до 5). По нормативам трудоемкости практически приходится по одному рабочему дню на инспекцию. Таким образом, 5 инспекций приходится на 8 инспекторов, полученных расчетным путем. В практической деятельности морских портов удобнее пользоваться готовыми нормативами численности (а не нормативами времени). С этой целью далее рассматривается методика расчета нормативов численности на основе рассчитанных нормативов времени.

Методика расчета нормативов численности инспекторов портового контроля

Нормативы численности инспекторов должны зависеть от определяющих их величину факторов: объем грузопереработки и связанное с ним количество судозаходов, тип флота (сухогрузный, наливной и пассажирский), дедейт судов, виды инспекций (первичная, детальная, расширенная, задержания судов).

Отправным моментом с точки зрения прогнозируемости показателей является объем грузопереработки и связанное с ним количество судозаходов, что позволяет весьма объективно определить численность инспекторов портового контроля.

Таблица 6

Расчет численности инспекторов по порту Мурманск

Дедейт судна, т	Виды инспекций											
	первичная			детальная			расширенная			задержание судна		
	Кол-во инспек- ций	Норматив времени, чел-ч/ед	Трудо- емкость, чел-ч	Кол-во инспек- ций	Норматив времени, чел-ч/ед	Трудо- емкость, чел-ч	Кол-во инспек- ций	Норматив времени, чел-ч/ед	Трудо- емкость, чел-ч	Кол-во инспек- ций	Норматив времени, чел-ч/ед	Трудо- емкость, чел-ч
Сухогрузный флот												
< 500	12,0	7,2	86,4	95,0	7,8	741,0	6,0	8,2	49,2	0,0	8,1	0,0
501–3000	4,0	7,3	29,2	189,0	8,0	1512,0	7,0	8,4	58,8	1,0	8,3	8,3
3001–10 000	8,0	7,5	60,0	199,0	8,2	1631,8	1,0	8,6	8,6	2,0	8,5	17,0
10 001–30 000	3,0	7,7	23,1	203,0	8,4	1705,2	14,0	8,8	123,2	1,0	8,7	8,7
> 30 000	1,0	7,9	7,9	188,0	8,6	1616,8	4,0	9,0	36,0	6,0	8,9	53,4
Итого по су- хогрузному флоту	28,0		206,6	874,0		7206,8	32,0		275,8	10,0		87,4
Нефтеналивной флот												
< 10 000	11,0	9,1	100,1	176,0	9,9	1742,4	1,0	10,9	10,9		9,7	0,0
10 001–30 000	2,0	9,3	18,6	72,0	10,1	727,2		11,6	0,0		9,9	0,0
30 001–70 000	7,0	9,5	66,5	189,0	10,3	1946,7		13,0	0,0		10,1	0,0
> 70 000	2,0	9,7	19,4	89,0	10,5	934,5		13,5	0,0		10,3	0,0
Итого по не- фтеналивному флоту	22,0		204,6	526,0		5350,8	1,0		10,9	0,0		0,0
Пассажирский флот												
< 500	0,0	6,6	0,0	13,0	9,6	124,8					12,0	0,0
501–5000	2,0	6,8	13,6	41,0	9,9	405,9					12,4	0,0
> 5000	1,0		0,0	2,0	10,2	20,4					12,8	0,0
Итого по пас- сажирскому флоту	3,0		13,6	56,0		551,1				0,0		0,0
ИТОГО	53,0		424,8	1456,0		13108,7				10,0		87,4

Таблица 7

Нормативы численности инспекторов

№ п/п	Кол-во судозаходов	Виды флота												
		сухогрузный						нефтеналивной						пассажирский
		Делвейты судов												
		< 500	501– 3000	3001– 10 000	10 001– 30 000	> 30 000	< 10 000	10 001– 30 000	30 001– 70 000	> 70 000	< 500	501– 5000	> 5000	
Норматив численности, чел														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	0–500	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	
2	501–1000	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5	0,7	
3	1001–1500	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	0,9	0,8	1,0	
4	1501–2000	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,2	1,1	1,3	
5	2001–2500	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,7	1,7	1,8	1,8	1,5	1,4	1,6	
6	2501–3000	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	2,1	2,0	2,2	2,2	1,8	1,6	2,0	
7	3001–3500	1,9	1,9	2,0	2,1	2,1	2,4	2,4	2,5	2,5	2,1	1,9	2,3	
8	3501–4000	2,1	2,2	2,3	2,3	2,5	2,8	2,7	2,9	2,9	2,4	2,2	2,6	
9	4001–4500	2,4	2,5	2,5	2,6	2,8	3,1	3,1	3,2	3,2	2,7	2,5	3,0	
10	4501–5000	2,7	2,8	2,8	2,9	3,1	3,5	3,4	3,6	3,6	3,0	2,7	3,3	
11	5001–5500	3,0	3,0	3,1	3,2	3,4	3,8	3,7	4,0	4,0	3,3	3,0	3,6	
12	5501–6000	3,2	3,3	3,4	3,5	3,7	4,2	4,1	4,3	4,3	3,7	3,3	4,0	
13	6001–6500	3,5	3,6	3,7	3,8	4,0	4,5	4,4	4,7	4,7	4,0	3,6	4,3	
14	6501–7000	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,9	4,7	5,1	5,0	4,3	3,8	4,6	
15	7001–7500	4,0	4,1	4,2	4,4	4,6	5,2	5,1	5,4	5,4	4,6	4,1	4,9	
16	7501–8000	4,3	4,4	4,5	4,7	4,9	5,5	5,4	5,8	5,8	4,9	4,4	5,3	
17	8001–8500	4,6	4,7	4,8	5,0	5,2	5,9	5,8	6,1	6,1	5,2	4,7	5,6	
18	8501–9000	4,8	5,0	5,1	5,3	5,5	6,2	6,1	6,5	6,5	5,5	4,9	5,9	
19	9001–9500	5,1	5,3	5,4	5,6	5,8	6,6	6,4	6,9	6,9	5,8	5,2	6,3	
20	9501–10 000	5,4	5,5	5,6	5,9	6,1	6,9	6,8	7,2	7,2	6,1	5,5	6,6	
21	10 001–10 500	5,6	5,8	5,9	6,2	6,4	7,3	7,1	7,6	7,6	6,4	5,8	6,9	
22	10 501–11 000	5,9	6,1	6,2	6,4	6,7	7,6	7,5	7,9	7,9	6,7	6,0	7,2	

Определение нормативов численности инспекторов осуществлялось поэтапно в следующей последовательности.

Сначала была сформирована структура инспекций по дедвейтам судов и видам инспекций. В результате было получено процентное соотношение количества произведенных инспекций по дедвейтам судов и по видам инспекций. По этому проценту (удельному весу) были скорректированы проектируемые нормативы времени (указанные в табл. 4). Они представляют собой долю от суммарного норматива времени, приходящуюся на соответствующий вид инспекции по каждому диапазону дедвейта судов. С использованием скорректированных нормативов был произведен расчет нормативов численности инспекторов в зависимости от количества инспекций и вида флота. Зависимость количества инспекций от числа судозаходов является весьма устойчивой, что прослеживается по каждому порту. Количество инспекций в среднем было принято в размере 13 % от числа судозаходов. Количество судозаходов более предсказуемо при перспективном планировании, поэтому оно было принято за основу. Расчет численности инспекторов был произведен через

трудоемкость проведения инспекций, которая была получена путем умножения среднего комплексного норматива времени на количество инспекций. Средний комплексный норматив времени учитывает приведенные затраты времени на все виды инспекций. Норматив численности был получен как отношение трудоемкости к фонду рабочего времени одного человека за год (1810 ч, обоснование см. выше). Результаты расчетов были сведены в табл. 6.

Порядок пользования нормативами

1. Определить количество судозаходов в порт по типам флота: сухогрузному, нефтеналивному и пассажирскому в отдельности.
 2. Определить максимальный судопоток по дедвейтам для каждого типа флота.
 3. На пересечении количества судозаходов и выбранного дедвейта по каждому типу флота получить норматив численности инспекторов портового контроля.
 4. Для определения численности инспекторов в целом по порту сложить их нормативную численность по каждому типу флота (сухогрузный, нефтеналивной и пассажирский).
- В таком виде нормативы численности инспекторов портового контроля будут направлены в порты для их практического применения.

И. К. Марат,
СПГУВК

СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ ИЗОЛИРОВАННЫХ КОЛЛЕКТИВОВ

MANAGEMENT OF PERSONNEL OF ISOLATED PROFESSIONAL GROUPS: SOCIAL-PSYCHOLOGICAL CHARACTERISTICS

В статье рассмотрены проблемы управления персоналом коллективов, длительное время находящегося в условиях изоляции. Описывается влияние профессионального стресса на психологическое и физическое состояние персонала. Предложен ряд практических рекомендаций по корректровке негативных психологических состояний персонала.

Problems of managing personnel spending a long time in the state of isolation are analyzed. Influence of stress caused by specifics of professional activity on psychological and physical states of employees is investigated. A variety of practical recommendation concerning correcting negative psychological states of employees is presented.

Ключевые слова: управление персоналом, изоляция, монотония, фрустрация, профессиональный стресс.
Key words management of the personnel, isolation, monotony, frustration, professional stress.

Управление персоналом на предприятиях водного транспорта имеет свои четко выраженные особенности, наиболее ярко проявляющиеся в управлении плавсоставом.

Проблема управления персоналом в отношении плавсостава прежде всего связана с особыми условиями его деятельности: работой в изолированных коллективах, в замкнутом пространстве, однообразием выполняемой деятельности и образа жизни.

Особые условия деятельности предъявляют повышенные требования к работникам, являются причиной ошибок и срывов в работе, неблагоприятно влияют на работоспособность и состояние здоровья, ведут к межличностным конфликтам. Поэтому руководителю подобного коллектива гораздо сложнее выполнять свои функции, чем в обычных условиях. От него требуются дополнительные знания и умения, выходящие за рамки его профессиональных навыков и лежащие в области психологии, социологии, медицины.

Особые условия деятельности всегда связаны с воздействием экстремальных факторов или возникновением экстремальных ситуаций. В зависимости от частоты их возникновения и продолжительности выделяют:

1) особые условия деятельности, связанные эпизодическими действиями экстремальных факторов;

2) экстремальные условия деятельности, постоянно связанные с действиями экстремальных факторов.

Работа даже в эпизодических экстремальных условиях ведет к психической напряженности. Психическая напряженность может быть операционной и эмоциональной. Операционная напряженность возникает под воздействием факторов деятельности. К таким факторам относятся:

- 1) монотонность;
- 2) гипокинезия;
- 3) выполнение совмещенной и непрерывной деятельности;
- 4) изоляция и т. п.

Монотонность ведет к монотонии — психическому состоянию, возникающему у работника в ответ на однообразную и бедную впечатлениями деятельность. Она бывает двигательная (характеризуется однообразным

повторением движений) и сенсорная (обуславливается однообразным повторением сигналов и стимулов среды). Монотония характеризуется понижением психической активности, снижением переключаемости внимания, ухудшением адаптивных способностей, сонливостью, скукой, нарушением координации и т. п. В работе она прежде всего влияет на снижение мотивации к труду.

Гипокинезия — состояние пониженной двигательной активности человека, характеризующееся недостатком движений. К гипокинезии ведет как недостаточная общая двигательная активность, так и интенсивная однообразная работа отдельных групп мышц. Длительная гипокинезия снижает физическую и психическую работоспособность, приводит к детренированности организма, ухудшает здоровье. Страдают многие психические процессы, особенно внимание, мышление, память. Поэтому следует разнообразить двигательную активность персонала, менять производственные задания, создавать условия для занятий спортом и т. п.

Все эти факторы способствуют возникновению профессионального стресса.

Стресс — это эмоциональное состояние, которое возникает при несоответствии нагрузок, действующих на человека, адаптивным возможностям его организма. Стресс ведет к множественным изменениям в организме и личности человека. Переживаемое напряжение сопровождается изменением интенсивности многих психических процессов в сторону их повышения или понижения.

Симптомами стресса выступают:

- раздражительность и расстройства настроения;
- вялость, апатия и снижение работоспособности;
- расстройства сна;
- проявление неорганизованности деятельности (рассеянность, суетливость).

Профессиональный стресс может проявляться в двух ситуациях. Первый тип ситуации возникает из-за недостатка информации, ее однообразия, недостатка межличностных контактов, низкой двигательной активности, а также малой интенсивности выполняемой работы.

Второй тип ситуации противоположен первой. Он возникает вследствие интенсивной работы, когда производственные задания выполняются в условиях дефицита времени и требуют от работника мобилизации всех его возможностей. Эта ситуация часто сопровождается сильными внешними воздействиями (шум, вибрация, крайние температуры).

Руководители «замкнутых» коллективов гораздо чаще сталкиваются с проявлениями стресса у персонала, чем руководители коллективов, функционирующих в нормальных условиях. Вынужденная изоляция по производственным причинам несет в себе общий для всех видов изоляции фактор, провоцирующий стресс, — непереносимость окружающей среды, людей, обстановки. Поэтому необходимо своевременно предупреждать и корректировать негативные психические состояния коллектива.

Наиболее важными для воздействия являются психические состояния в виде утомления, нервно-психического напряжения, фрустрации.

Для борьбы с переутомлением необходим щадящий режим. Переутомление сопровождают различные невротические явления, которые делают работников чрезмерно чувствительными к событиям, которые в нормальном состоянии воспринимаются работниками спокойно. Это может привести к внезапным вспышкам гнева, обидам, конфликтам. Поэтому режим труда и отдыха играет важную роль, позволяя рационально сочетать нагрузки и восстановительные мероприятия.

Для проведения восстановительных мероприятий необходимы специальные условия. На судне должна быть создана комната (каюта) отдыха (комната психологической разгрузки (КПР)).

КПР — это специально оборудованное помещение, в котором проводятся сеансы по снятию, накопившегося у человека утомления и напряженности.

При создании такой комнаты следует учитывать следующие моменты [3]:

— интерьер этого помещения должен отличаться от интерьера рабочих помещений;

— при оформлении помещения необходимо создать иллюзию большого открытого пространства, но одновременно с возможностью уединения для отдельного человека (объясняется это требованием тем, что в замкнутых пространствах у людей повышается уровень возбуждения, неблагоприятный для проведения психологической релаксации);

— помещение должно быть изолировано от шума, вибрации и т. п.;

— оптимальная температура воздуха в помещении — 20–22 °С, хорошая вентиляция воздуха;

— помещение должно быть оборудовано удобной мягкой мебелью;

— при создании цветосветовой композиции помещения рекомендуется учитывать психофизиологический эффект цветов: в цветовом интерьере должны преобладать цвета, успокаивающие нервную систему, — зеленый, голубой, синий;

— пол должен быть мягким, гармонизирующим с цветом стен.

Другое негативное психологическое состояние — фрустрация (разногласие между желаемым и реальным). Это состояние может сочетаться с утомлением и избыточным нервно-психологическим напряжением, но может выступать как самостоятельный феномен.

Большое значение в этом случае играет поддержание устойчивого позитивного настроения работника. Смена хорошего и плохого настроения — естественный процесс в психике человека, однако доминировать должно хорошее настроение. Оно создается с помощью социальных и физических факторов.

К социальным факторам относятся:

— чаепития в дружеской обстановке;
— наблюдение за животными, природой;

— высказывание похвалы, одобрения;
— беседы «по душам»;
— приобретение новых знаний.

Физическими факторами, способствующими хорошему настроению, выступают:

— чистая одежда;
— хороший сон;
— наличие свободного времени;
— хорошая пища и т. п.

Поэтому на судне необходимо сформировать коллекцию аудио- (кроме музыки следует иметь и записи успокаивающих звуков) и видеозаписей (не только художественные фильмы, но и записи спортивных состязаний,

познавательных передач и т. д.). Желательно наличие хотя бы мини-библиотеки.

Руководство должно поощрять стремление работников к повышению квалификации, получению дополнительного образования.

Список литературы

1. *Марищук В. Л., Евдокимов В. И.* Поведение и саморегуляция человека в условиях стресса. — СПб.: Издательский дом «Сентябрь», 2001. — 260 с.
2. *Смирнов Б. А., Долгополова Е. В.* Психология деятельности в экстремальных ситуациях. — Харьков: «Гуманитарный центр», 2007. — 276 с.
3. *Сопов В. Ф.* Психические состояния в напряженной профессиональной деятельности. — М.: Академический проект, 2005. — 128 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В. Е. Марлей,

д-р техн. наук, проф., СПГУВК

АЛГЕБРА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПОТОКОВ НА ОСНОВЕ
ДОЛЕВЫХ СТРУКТУРTHE ALGEBRA OF MULTICOMPONENT FLOWS BASED ON PORTION
STRUCTURES

В статье рассмотрен подход к построению моделей систем многокомпонентных потоков на основе применения долевого структур.

The article is devoted to the method of creation models of multicomponent flows using of portion structures.

Ключевые слова: многокомпонентные потоки, долевого структуры, отношения, операции, взаимодействие.

Key words: multicomponent flows, portion structures, relations, operations, transaction.



ДОЛЕВЫЕ структуры встречаются повсюду, и с ними сталкивается каждый. Например, рассматриваются доли продукции отраслей в общей продукции промышленности, концентрации веществ в растворе, половозрастная структура населения и т. п. Все, кто занимался моделированием, когда-то эти структуры использовали, выводили нужные формулы на их основе, потом забывали, выводили вновь и т. д. Все свойства данных структур вытекают из известных соотношений теории множеств и алгебры, однако автору не удалось найти в литературе систематического рассмотрения данного вопроса. Заинтересованность в подобном исследовании возникла при работе над препринтом [1], некоторые результаты рассматривались ранее [2–3].

Наличие долей предполагает разбиение некоторого ограниченного множества на непересекающиеся классы, то есть его факторизация. Например, людей можно разделить по половому признаку — мужчины и женщины. Данные классы не пересекаются, таким образом можно говорить о доле женщин или доле мужчин, которые будут отношением к общему числу людей. Рассмотрим понятие «долевая структура».

Рассмотрим сначала на примере дискретного конечного множества. B , $|B|$ — число эле-

ментов множества. Данное множество факторизовано и включает n классов. То есть $B_i \subseteq B$, $B = \bigcup_{i=1}^n B_i$, $B_{i1} \cap B_{i2} = \emptyset \leftrightarrow i1 \neq i2$, $|B_i|$ — число элементов i -го класса, тогда для рассматриваемого факторизованного множества $|B| = \sum_{i=1}^n |B_i|$, $|B| \geq |B_i|$. В дальнейшем через B и B_i будем обозначать величины взаимодействующих потоков и их компонент.

Распространим это на общий случай, где $|B|$, $|B_i|$ будут рассматриваться как некоторые объемы. Таким образом, окончательное определение доли:

Определение 1

Доля d_i класса (компоненты) $B_i \subseteq B$ — отношение величин B_i и B , $B = \sum_{i=1}^n B_i$, n — число классов в B . $d_i = \frac{B_i}{B}$, $d_i \in [0, 1]$.

В соответствии с определением доля d_i есть рациональное число. При этом

$$\sum_{i=1}^n d_i = \sum_{i=1}^n \frac{B_i}{B} = \frac{1}{B} \sum_{i=1}^n B_i = \frac{B}{B} = 1,$$

$$\text{отсюда } d_i = 1 - \sum_{\forall j(j \neq i)} d_j.$$

Определим понятие долевой структуры:

Определение 2

Долевая структура — дискретное конечное множество, задаваемое перечислением компонент $D_n(B) = \{d_1, \dots, d_n\}$, где d_i — доля i -й компоненты. $\sum_{i=1}^n d_i = 1$, n — число классов, или длина долевой структуры, порядок следования долей несуществен.

Отметим, что исходя из определения $n = |D_n(B)|$. Если множество не разбито на классы ($n = 1$), то структура называется единичной. Долевая структура пустого потока — единичная.

Определение 3

Долевые структуры строго равны ($=$), если они равной длины, одинаково упорядочены и на одинаковых местах в структуре находятся равные доли.

Долевые структуры эквивалентны ($\sim$), если они могут быть упорядочены так, чтобы стать равными.

Внесение в долевую структуру доли, равной нулю, не изменяет значения остальных долей, но увеличивает n , таким образом можно уравнивать длины структур. Долевые структуры разной длины слабо эквивалентны ($\approx$), если внесением нулевых долей их можно сделать эквивалентными.

Внесение в единичную долевую структуру долей, равных нулю, образует слабо эквивалентную единичную долевую структуру $D1(B) \approx D_n(B)1$, где $D_n(B)1$ — обозначение слабо эквивалентной единичной долевой структуры.

С учетом введенного понятия долевых структур многокомпонентный поток может быть описан парой

$$\bar{B} = (B, D^n(B)),$$

где: $\bar{B}$ — многокомпонентный поток;

B — суммарная величина всех составляющих многокомпонентного потока;

$D^n(B)$ — долевая структура многокомпонентного потока объемом B .

Рассмотрим возможные преобразования введенного объекта, считая, что элементы множеств, на которых берется структура, не взаимодействуют друг с другом.

Пусть имеются два потока $B1$, $B2$. В каждом потоке есть несколько компонент,

$i = 1, n$ — индекс компоненты в $B1$, $j = 1, m$ — индекс компоненты в $B2$, n , m — число компонент в $B1$, $B2$ соответственно. Таким образом, можно считать, что заданы долевые структуры $D(B)1$, $D(B)2$.

Определим, чему будет равна долевая структура результата взаимодействия двух потоков или некоторого преобразования исходного.

Определение 4

Многокомпонентные потоки $\bar{B}'$ и $\bar{B}''$ равны, если $B'' = B'$ и долевые структуры потоков равны или находятся в одном из вариантов эквивалентности.

Рассмотрим теперь преобразования многокомпонентных потоков и долевых структур.

Упорядочивание структуры потока в соответствии со структурой заданного

Считаем, что число компонент у обоих потоков одинаково и между компонентами может быть установлено взаимно однозначное соответствие.

$$\bar{B}'' = R(\bar{B}', \bar{B})$$

$$B'' = B'$$

$$D^n(B'') = D^n(B'),$$

$\bar{B}''$ — это поток $\bar{B}'$, упорядоченный в соответствии с порядком компонент потока $\bar{B}$ (R — символ операции).

Дополнение структуры нулевыми долями

Поток дополняется нулевыми компонентами до заданного числа компонент.

$$\bar{B}'' = O(\bar{B}', N)$$

$$B'' = B'$$

$$|D^n(B'')| = |D^n(B')| + N,$$

$\bar{B}''$ — это поток $\bar{B}'$, дополненный нулевыми компонентами до числа компонент N (O — символ операции).

Слияние многокомпонентных потоков

Рассмотрим пример: при смешении двух растворов масса получаемого раствора равна сумме масс исходных, и суммарная масса одинаковых компонент в растворе будет равна сумме их масс в исходных. Значения входных потоков всегда известны, поэтому в формулах

используется соотношение входных потоков

$$p = \frac{B_2}{B_1}.$$

Результирующий потока будет

$$\overline{B} = \overline{B_1} + \overline{B_2}, \text{ где: } B = B_1 + B_2$$

Доли компонент определяются:

$$\begin{aligned} d(B_i) &= \frac{B_{1i} + B_{2i}}{B_1 + B_2} = \frac{B_{1i} + B_{2i}}{B_1 + p \cdot B_1} = \frac{d_{1i} \cdot B_1 + d_{2i} \cdot B_2}{B_1 + p \cdot B_1} = \\ &= \frac{B_1 \cdot (d_{1i} + d_{2i} \cdot p)}{B_1 \cdot (1 + p)} = \frac{d_{1i} + d_{2i} \cdot p}{1 + p}. \end{aligned}$$

С учетом введенных правил объединения потоков вводится операция объединения многокомпонентных потоков

$$D^n(B_1 + B_2) = D^n(B_1) + D^n(B_2) = D^n(B);$$

$$B = B_1 + B_2.$$

Вычитание многокомпонентных потоков

По аналогии с предыдущим преобразованием:

$$\overline{B} = \overline{B_1} - \overline{B_2}, \text{ где } B = B_1 - B_2$$

$$\begin{aligned} d(B_i) &= \frac{B_{1i} - B_{2i}}{B_1 - B_2} = \frac{B_{1i} - B_{2i}}{B_1 - p \cdot B_1} = \frac{d_{1i} \cdot B_1 - d_{2i} \cdot B_2}{B_1 - p \cdot B_1} = \\ &= \frac{B_1 \cdot (d_{1i} - d_{2i} \cdot p)}{B_1 \cdot (1 - p)} = \frac{d_{1i} - d_{2i} \cdot p}{1 - p}. \end{aligned}$$

Однако данная формула работает только если: $d_{1i} - p d_{2i} \geq 0$, $1 - p \geq 0$.

Если это не соблюдается, то формула вычитания для каждой компоненты, чтобы удовлетворять введенным определениям долевой структуры и доли, приобретает вид $B_i = \max(0, B_{1i} - B_{2i})$, тогда результирующий поток будет $B = B_1 - B_2 = \sum_{i=1}^n \max(0, B_{1i} - B_{2i})$, а доля компоненты в результирующем потоке будет

$$\begin{aligned} d_i &= \frac{\max(0, B_{1i} - B_{2i})}{\sum_{i=1}^n \max(0, B_{1i} - B_{2i})} = \\ &= \frac{\max(0, B_1 \cdot (d_{1i} - d_{2i} \cdot p))}{\sum_{i=1}^n \max(0, B_1 \cdot (d_{1i} - d_{2i} \cdot p))} = \\ &= \frac{\max(0, (d_{1i} - d_{2i} \cdot p))}{\sum_{i=1}^n \max(0, (d_{1i} - d_{2i} \cdot p))}. \end{aligned}$$

Таким образом, вводится операция вычитания многокомпонентных потоков

$$D^n(B_1 - B_2) = D^n(B_1) - D^n(B_2) = D^n(B);$$

$$B = B_1 - B_2 = \sum_{i=1}^n \max(0, B_{1i} - B_{2i}).$$

При этом если $B = B_1 + B_2$, то $B_1 = B - B_2$ будет соблюдаться только при выполнении $d_{1i} - p d_{2i} \geq 0$; $1 - p \geq 0$.

Раскрытие (подстановка) долевой структуры

В одном из выделенных классов $B_i \subseteq B$ выделяются подклассы, то есть рассматривается $D^m(B_i)$. Необходимо определить, как изменится долевая структура $D^n(B)$, если подклассы B_i рассматривать как классы B .

$$D^n(B) = \{d_1, \dots, d_i, \dots, d_n\},$$

$$D^m(B_i) = \{d_1^i, \dots, d_j^i, \dots, d_m^i\},$$

$$D^{n+m-1}(B) = \{d_1, \dots, d_i, \dots, d_{n+m-1}\},$$

где для всех $i' \in [i, i+m-1]$, $d_{i'} = d_i \cdot d_j^i$. Длина получаемой долевой структуры будет $n + m - 1$, значение исходного потока B останется неизменным, увеличивается только степень подробности рассмотрения структуры исходного потока.

Свертка долевой структуры

Часть ранее выделенных классов сводится в один класс, при этом считаем, что долевая структура упорядочена так, что объединяемые компоненты находятся рядом, часть классов объединяется.

$$D^n(B) = \{d_1, \dots, d_i, \dots, d_{i+m-1}, \dots, d_n\}$$

Классы с i по $i+m-1$ объединяются:

$$D^{n-(m-1)}(B) = \{d_1, \dots, d_{i'}, \dots, d_{n-(m-1)}\},$$

где $d_{i'} = \sum_{i=i'+m-1}^{i=i'+m-1} d_i$, длина получаемой структуры $n - m + 1$, значение величины исходного потока не меняется, уменьшается степень подробности рассмотрения структуры потока.

Умножение многокомпонентного потока на скаляр (усиление потока)

Не изменяет долевой структуры потоков, но изменяет величину потока:

$$B' = \lambda \cdot B; D^m(B') = D^m(B) = D^m(\lambda \cdot B).$$

Умножение на вектор-строку (изменение единиц измерения потока)

Данное преобразование позволяет выразить содержимое компонент в других единицах измерения. Например, перейти от объемной концентрации в растворе к весовой, перейти от объемных показателей к денежным. Для этого нужно знать удельные веса всех компонент раствора. Например, водка содержит 0,4 объема спирта и 0,6 объема воды. При переходе от объемной концентрации к весовой, с учетом того, что удельный вес спирта 0,9, а воды 1,0, получим 0,375 доли спирта и 0,625 доли воды. При этом числовое значение величины потока, выраженное в других единицах измерения, может измениться.

$$D^n(B) \cdot \langle g_1, \dots, g_2 \rangle = D^n(B') = \{d'_1, \dots, d'_i, \dots, d'_n\},$$

$$B' = \sum B_i \cdot g_i = B \cdot \sum d_i \cdot g_i,$$

где: $d'_i = \frac{d_i \cdot g_i}{\sum_{i=1}^n d_i \cdot g_i}$, длина структуры остается

прежней — n .

Выбор минимального (максимального) многокомпонентного потока

Пример, есть потребности в различных видах ресурсов для выпуска какого-либо изделия, есть наличие ресурсов — необходимо установить фактическое количество ресурсов, которое может быть затрачено. Очевидно, что для каждого вида ресурсов нельзя взять более того, что есть в наличии и незачем брать более того, что требуется. Таким образом, результирующий поток B двух взаимодействующих многокомпонентных потоков B_1 , B_2 будет равен:

$$B = \sum_{i=1}^n \min(B_{1i}, B_{2i}).$$

Долевая структура потока

$$D^n(B) = \min(D_1^n, D_2^n) = \{d_1, \dots, d_i, \dots, d_n\},$$

$$\begin{aligned} \text{где: } d_i &= \frac{\min(B_{1i}, B_{2i})}{\sum_{i=1}^n \min(B_{1i}, B_{2i})} = \frac{\min(d_{i1} \cdot B_1, d_{i2} \cdot p \cdot B_1)}{\sum_{i=1}^n \min(d_{i1} \cdot B_1, d_{i2} \cdot p \cdot B_1)} = \\ &= \frac{\min(d_{i1}, d_{i2} \cdot p)}{\sum_{i=1}^n \min(d_{i1}, d_{i2} \cdot p)}, \quad p = \frac{B_2}{B_1}, \end{aligned}$$

длина структуры остается прежней — n .

Аналогично для случая выбора максимального потока.

Декартово произведение долевых структур

Декартово произведение долевых структур соответствует выделению в каждом компоненте многокомпонентного потока новых компонент с одинаковой долевой структурой, то есть соответствует применению раскрытия (подстановки) долевой структуры столько раз, какова длина долевой структуры, являющейся первым сомножителем $D^{n \cdot m}(B) = D^n(B) \times D^m(B)$,

$$D^n(B) = \{d_1, \dots, d_i, \dots, d_n\},$$

$$D^m(B_i) = \{d_1, \dots, d_j, \dots, d_m\}; \forall i (i = \overline{1, n}),$$

$$D^{n \cdot m}(B) = \{d'_1, \dots, d'_i, \dots, d'_{n \cdot m}\},$$

где: для всех $i' \in [1, n \cdot m]$, $d'_i = d_i \cdot d_j$, $i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$, при этом i увеличивается только после того, как j пробежит все свои значения. Длина получаемой долевой структуры будет $n \cdot m$, значение исходного потока B останется неизменным, увеличивается только степень подробности рассмотрения структуры исходного потока. То есть каждый компонент исходного потока B_i разбивается на компоненты в соответствии с заданной структурой $D^m(B_i)$, которая одинакова для всех компонент.

Задержка по времени для многокомпонентных потоков

Для моделирования динамических процессов, связанных с многокомпонентными потоками, вводится оператор задержки. Значение потока на выходе оператора в текущий дискрет времени соответствует значению некоторого потока на входе в оператор в предыдущий дискрет, также для значений долей компонент.

$$\overline{B'}(t) = DL(\overline{B}(t)) = DL((B(t)), D^n(B(t))) —$$

$$\text{это } B'(t) = B(t-1),$$

$$D^n(B'(t)) = D^n(B(t-1)).$$

Задержку можно также записать не только относительно прошедшего, но и относительно текущего момента времени.

$$B'(t+1) = B(t),$$

$$D^n(B'(t+1)) = D^n(B(t)).$$

Если поток $\overline{B'}(t-1)$ в предыдущий момент времени участвует в фор-

мировании потока $\overline{B'}(t)$, то можно обойтись рекуррентным выражением без явного представления оператора задержки: $\overline{B'}(t) = DL(\overline{B'}(t) + \overline{F}(t)) = \overline{B'}(t-1) + \overline{F}(t-1)$.

Выделение части потока в самостоятельный поток

Каждая компонента или набор компонент любого потока может рассматриваться как самостоятельный поток. Операция выделения части потока

$$\overline{B''} = STR(\overline{B'}, K, L),$$

$\overline{B''}$ это часть потока $\overline{B'}$, состоящая из его компонент от $i = K$ до $i = L$, дополненная нулевыми компонентами до числа компонент N .

$$B'' = \sum_{i=K}^{i=L} B' \cdot d'_i, \quad d''_{i'} = \frac{d'_i}{\sum_{i=K}^{i=L} d'_i}, \quad \text{для}$$

на долевой структуры получаемого потока

$$|D^m(B)| = L - K + 1.$$

Приведенные преобразования составляют алгебру взаимодействий многокомпонентных потоков. Следует отметить свойства введенных операций:

- все операции ассоциативны;
- слияние, максимальный (минимальный) поток, умножение на скаляр коммутативны;
- слияние и вычитание дистрибутивны с умножением на скаляр и на вектор-строку;
- сложение с пустым потоком не изменяет потока; вычитание пустого потока не изменяет потока; вычитание из пустого потока — пустой поток.

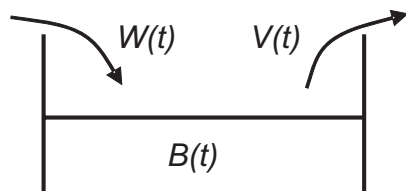


Рис. 1. Изменение объема в емкости

Рассмотрим пример (рис. 1). Пусть имеется емкость, в которой находится смесь нескольких жидкостей. В течение некоторого времени в эту емкость влили некоторый объем смеси жидкостей со своим составом и вылили

часть содержимого. Жидкости не взаимодействуют между собой.

Запись рассмотренного примера с учетом введенных операций

$$\overline{B(t+1)} = \overline{B(t)} + \overline{W(t)} - \overline{V(t)},$$

где: $B(t)$ — общий объем, который был в емкости к началу периода t ;

$W(t)$ — общий объем, который был влит в емкость в период t ;

$V(t)$ — общий объем, который был вылит из емкости в период t .

Запишем уравнение движения жидкости в терминах многокомпонентных потоков, считая, что долевые структуры взаимодействующих потоков выровнены.

$$\overline{B(t+1)} = \overline{B(t)} + \overline{W(t)} - \overline{V(t)} \quad \text{иначе} \\ (B(t+1), D^n(B(t+1))) = (B(t), D^n(B(t))) + \\ + (W(t), D^n(W(t))) - (V(t), D^n(V(t))).$$

$$\text{Обозначим } \frac{W(t)}{B(t)} = K_w(t), \quad \frac{V(t)}{B(t)} = K_v(t).$$

$K_w(t)$, $K_v(t)$ — соотношения вливаемого $W(t)$ и выливаемого $V(t)$ объемов относительно $B(t)$. Считаем, что выполняются условия, которые при вычитании позволяют обойтись без максимумов, — результирующее выражение для доли i -й компоненты в $B(t+1)$ с учетом описанных правил взаимодействия многокомпонентных потоков будет

$$d_i(t+1) = \frac{d_i(t) + K_w(t) \cdot d_{iw}^w(t) - K_v(t) \cdot d_{iv}^v(t)}{1 + K_w(t) - K_v(t)}.$$

Многокомпонентные потоки в случае взаимодействия их компонент

Рассмотрим описание многокомпонентных потоков с взаимодействующими компонентами, например процесс сборки изделия. Структура изделия представляется в виде дерева, вершинами которого являются компоненты, используемые в процессе, корневая вершина соответствует готовому изделию, листья — исходным узлам или деталям, остальные вершины — промежуточным сборочным узлам. Каждой вершине приписывается число, указывающее количество сборочных единиц, необходимых для сборки узла более высокого уровня, с которым они связаны, —

применимость $(g(ij))$, где i — индекс сборочной единицы, j — индекс узла более высокого уровня, куда она непосредственно входит). Пример простейшего двухуровневого дерева сборки приведен на рис. 2, изображающего сборку изделия ГИ, состоящего из 4 деталей Д1 и 6 деталей Д2.

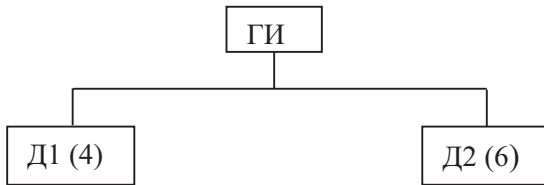


Рис. 2. Дерево сборки изделия ГИ

Пусть имеется некоторое количество деталей Д1 и Д2, каждый дискрет времени в цеху происходит сборка некоторого количества изделий ГИ и поступает некоторое количество деталей Д1 и Д2, из цеха вывозится часть готовых изделий. То есть имеет место трехкомпонентный поток с составляющими соответствующим количеством Д1, Д2, ГИ.

Количество в компонентах и в суммарном потоке измеряем в штуках (то есть в целых числах), не различая наименований компонент.

Состояние в цехе можно описать следующим многокомпонентным потоком:

$$\bar{B} = (B, D^3(B)),$$

где: $B = B1 + B2 + B3$; $D3(B) = \{d1, d2, d3\}$;

$B1$ — количество ГИ;

$B2$ — количество Д1;

$B3$ — количество Д2;

$d1, d2, d3$ — $B1, B2, B3$ доли соответственно.

Входной поток в цех:

$$\bar{W} = (W, D^3(W)),$$

где: $W = W1 + W2 + W3$;

$D3(W) = \{dw1, dw2, dw3\}$;

$W1$ — количество ГИ;

$W2$ — количество Д1;

$W3$ — количество Д2;

$dw1, dw2, dw3$ — доли $W1, W2, W3$ соответственно.

При этом $W1 = 0$ и $dw1 = 0$, поскольку готовые изделия ГИ в цех не поступают.

Выходной поток из цеха:

$$\bar{V} = (V, D^3(V)),$$

где: $V = V1 + V2 + V3$;

$D3(V) = \{dv1, dv2, dv3\}$;

$V1$ — количество ГИ;

$V2$ — количество Д1;

$V3$ — количество Д2;

$dv1, dv2, dv3$ — доли $V1, V2, V3$ соответственно.

При этом $V2 = V3 = 0$ и $dv2 = dv3 = 0$, поскольку из цеха забирают только готовые изделия ГИ. То есть $D3(V)$ слабоэквивалентная единичная структура $D3(V)1$, из цеха забирают только то, что там есть.

Если не учитывать взаимодействие, то состояние в цехе на начало периода $t + 1$ будет описываться, как и в предыдущем примере:

$$\bar{B}(t + 1) = \bar{B}(t) + \bar{W}(t) - \bar{V}(t)$$

или

$$(B(t + 1), D^n(B(t + 1))) = (B(t), D^n(B(t))) + (W(t), D^n(W(t))) - (V(t), D^n(V(t))).$$

Однако компоненты потока взаимодействуют. Пусть каждый дискрет времени производится m изделий ГИ. Соответственно количество Д1 и Д2 уменьшается:

для Д1 на $m * g(Д1, ГИ)$ (в нашем случае, как видно из дерева разузлования $g(Д1, ГИ) = 4$, далее будем обозначать $g(2, 1)$);

для Д2 на $m * g(Д2, ГИ)$ ($g(Д2, ГИ) = 6$, далее будем обозначать $g(3, 1)$).

В данном случае m — скорость процесса сборки, постоянная величина. Таким образом, если не вносить и не выносить ничего из цеха, то в каждый дискрет времени, каждый компонент потока $\bar{B}(t)$ изменяется на величины:

$$\Delta' B_1(t) = \min(m, \min([B_2(t) / g(2, 1)], [B_3(t) / g(3, 1)])),$$

$$\Delta' B_2(t) = \Delta B_1(t) \cdot g(2, 1),$$

$$\Delta' B_3(t) = \Delta B_1(t) \cdot g(3, 1).$$

Здесь $\Delta' B_i(t)$ — изменение компонент потока $\bar{B}(t)$, обусловленное только их взаимодействием. Выражение для изменения числа ГИ учитывает, что в единицу времени нельзя собрать больше изделий, чем возможная скорость сборки, и нельзя собрать большее число изделий, чем это позволяет наличие сборочных единиц. Если количество компонент хотя бы одного вида недостаточно для

сборки хотя бы одного готового изделия, то ни один из видов компонент не будет использоваться. Прирост числа готовых изделий будет складываться с входным потоком $\Delta' B_i(t)$, приросты для деталей будут складываться с выходным потоком. Рассмотрим как единичные многокомпонентные потоки с долевыми структурами $D3(\Delta' B_i(t))1$, тогда окончательное выражение результирующего многокомпонентного потока, описывающее состояние, будет:

$$\bar{B}(t+1) = \bar{B}(t) + (\bar{W}(t) + \overline{\Delta' B_1(t)}) - (\bar{V}(t) + \overline{\Delta' B_2(t)} + \overline{\Delta' B_3(t)})$$

или

$$(B(t+1), D^n(B(t+1))) = (B(t), D^n(B(t))) + ((W(t), D^n(W(t))) + (\Delta' B_1(t), D^3(\Delta' B_1(t))^1) - ((V(t), D^n(V(t))) + (\Delta' B_2(t), D^3(\Delta' B_2(t))^1) + (\Delta' B_3(t), D^3(\Delta' B_3(t))^1).$$

Таким образом, описание изменения многокомпонентных потоков с внутренним взаимодействием может быть описано ранее введенной алгеброй взаимодействий многокомпонентных потоков, но для этого необходимо знать скорость взаимодействия и соотношения пропорциональности.

В общем виде выражение прироста для i -го порождаемого компонента:

$$\Delta' B_i(t) = \min(v, \min(\{B_{j1}(t) / kp1\},$$

$$\{B_{j2}(t) / kp2\}, \dots, \{B_{jn}(t) / kpn\})),$$

где: v — скорость порождения компоненты;
 $kp1$ — коэффициент пропорциональности, показывающий, сколько единиц 1-й

компоненты, участвующей во взаимодействии ($l \in [1, n]$), требуется на одну единицу порождаемого компонента. Возможно наложение ограничения по целочисленности.

Для реагирующих (поглощаемых) компонент:

$$\Delta' B_{jl}(t) = \Delta B_i(t) \cdot kpl.$$

Назовем эти соотношения выражениями порождения и поглощения.

Скорость может не быть константой, например, зависеть от долей реагирующих компонент (концентраций в химических реакциях) $v = f(d_{j1}, \dots, d_{jn})$. Значения коэффициентов пропорциональности и скорости взаимодействия невозможно определить без понимания физического смысла взаимодействия компонент потока, в рассмотренном примере коэффициенты пропорциональности применимости сборочных единиц, в химических реакциях это будут уравнивающие коэффициенты в уравнениях химических реакций и тому подобного, в принципе тоже могут не быть постоянными.

Введенные преобразования охватывают основные практические задачи моделирования многокомпонентных потоков в ряде предметных областей (описание машиностроительных производств, химия, логистика), однако не исключено, что может потребоваться ее расширение. Предлагаемая алгебра обладает конструктивными свойствами и может не только более компактно описывать операции над многокомпонентными потоками, но и получать в ряде случаев аналитические решения. В следующей работе будет показано, как с использованием введенных операций возможно построение некоторых типов дифференциальных уравнений и их аналитическое решение.

Список литературы

1. *Иванищев В. В.* Реализация математической модели плановой экономики с элементами рынка в терминах алгоритмических сетей / В. В. Иванищев и [др]. — Л.: ЛИИАН, 1991. — Препринт. — 60 с.
2. *Марлей В. Е.* Долевые структуры и моделирование в относительных величинах // Тр. СПИИРАН. — СПб., Наука, 2005. — Вып. II. — Т. II. — С. 94–100.
3. *Марлей В. Е.* Моделирование в относительных единицах, долевыми структурами // Теория и практика системной динамики: труды Всероссийской конференции. — Апатиты, 2004. — С. 20–26.

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

И. А. Сикарев,
канд. техн. наук, СПГУВК

БЕЗОПАСНОСТЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ КАНАЛОВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ НА ВОДНОМ ТРАНСПОРТЕ

SECURITY OF INFORMATION CHANNELS OF AUTOMATION SYSTEMS ON WATER TRANSPORT

Изложены общие принципы построения системы информационной безопасности автоматизированных систем. Для автоматизированных идентификационных систем внутренних водных путей исследован один из аспектов обеспечения информационной безопасности — электромагнитная защищенность информационных каналов.

General principles of building the system of information security of the automation systems. One of the aspects of providing information security — electromagnetic protection of information channel — is investigated for automated identification systems of inland waterways.

Ключевые слова: информационная безопасность, автоматизированные идентификационные системы, электромагнитная защищенность.

Key words: information security, automated identification systems, electromagnetic protection.

ИНФОРМАЦИОННАЯ безопасность (ИБ) относительно новая, стремительно развивающаяся область знаний, несмотря на то что проблема защиты информации от постороннего доступа возникла давно. Кодирование, по свидетельству Геродота, появилось более 2500 лет тому назад. Современные темпы и направления развития информационных технологий во многих сферах деятельности человека приносят новые возможности нарушения ИБ.

Основы обеспечения информационной безопасности

Обеспечение ИБ — это комплекс мероприятий, базирующийся на согласованном применении методов защиты информации законодательного, административного, процедурного и технического уровня. Нормативной базой для оценки ИБ автоматизированных систем (АС) стал Руководящий документ «Критерии оценки безопасности информационных технологий», принятый в 2002 г. Гостехкомиссией России [1]. Проблемы административного и процедурного уровней помогает решить Международный стандарт ISO/IEC 17799 : 2005

«Информационные технологии. Свод правил по управлению защитой информации» (ISO/IEC FDIS 17799 : 2005(E) Information technology — Security techniques — Code of practice for information security management [2]). Правила управления ИБ в соответствии со стандартом ISO/IEC 17799 разбиты на одиннадцать разделов.

1. Политика безопасности.
2. Общеорганизационные аспекты защиты информации.
3. Классификация ресурсов и управление ими.
4. Безопасность персонала.
5. Физическая безопасность.
6. Администрирование автоматизированных систем и вычислительных сетей.
7. Управление доступом к АС и сетям.
8. Разработка и сопровождение информационных систем.
9. Система управления ИБ в условиях нештатных ситуаций.
10. Планирование бесперебойной работы организации.
11. Контроль соответствия политике безопасности.

Политика безопасности предполагает наличие защитных служб [3]:

- а) идентификация и аутентификация всех субъектов доступа;
- б) управление доступом к ресурсам службы безопасности;
- в) протоколирование, аудит функционирования и подотчетность пользователей службы безопасности;
- г) обеспечение конфиденциальности и целостности аппаратно-программной и информационной частей службы безопасности;
- д) обеспечение доступности коммуникационных каналов;
- е) обеспечение невозможности обхода защитных средств.

Общеорганизационные аспекты защиты состоят из двух частей: обеспечение безопасности информации внутри организации и создание безопасного доступа к информационным ресурсам для внешних пользователей. Безопасность персонала предполагает понимание ответственности обслуживающего персонала за надлежащее использование аппаратного и программного обеспечения. Раздел физической безопасности подразумевает организацию защищенных областей, предупреждение утери, повреждения и несанкционированной модификации оборудования, уничтожение использованного оборудования, данных и программного обеспечения.

Администрирование автоматизированных систем включает в себя документирование операционных процедур, контроль изменений оборудования и программных средств обработки информации, повседневное обслуживание систем, резервное копирование, ведение протокола действий операторов, регистрацию и устранение сбоев в работе систем.

Правила управления доступом прописываются в политике безопасности и должны обеспечивать авторизацию, выделение и контроль прав доступа к программным средствам операционных систем, к приложениям, ведущим обработку данных, и самим данным.

В разделе разработки и сопровождения систем определены требования, регулирующие безопасность операционных систем, инфраструктуры, прикладных программ, процессов разработки и модификации инфор-

мационных систем, а также использование средств криптографии, таких как шифрование, электронные цифровые подписи, средства управления ключами.

На наш взгляд, основополагающим требованием является интеграция системы ИБ на стадии проектирования автоматизированной системы. К сожалению, нередко сначала проектируют и создают АС и только потом задумываются о проблемах информационной безопасности АС. Так, например, авторы [4], рассматривая концепцию построения и принципы функционирования интегрированных систем управления судном (ИСУ), включают в их состав системы управления: судовождения и навигации; средств радиосвязи; энергетических процессов; целевого назначения судна, административной и диспетчерской деятельностью, но не задаются вопросами обеспечения информационной безопасности (ИБ). При этом более глобальная проблема обеспечения транспортной безопасности напрямую зависит от обеспечения информационной безопасности ИСУ. Автор [5], обсуждая проблемы разработки национального отраслевого стандарта электронных карт для внутренних водных путей (ВВП), предлагает включить в рабочую группу по развитию электронной картографии для ВВП ведущих специалистов различных отраслей, кроме специалистов по обеспечению ИБ. Хотя подмена даже одного фрагмента картографической информации может привести к серьезным последствиям. Таких примеров можно привести достаточно много.

Девятый раздел стандарта ISO/IEC 17799 обеспечивает ситуационное управление системой ИБ при возникновении попыток нарушения ИБ. Предпоследний раздел направлен на обеспечение бесперебойной деятельности организации и включает в себя выделение критически важных производственных процессов, определение возможных последствий аварийных ситуаций, создание плана реагирования на нештатные ситуации, сопровождение и регулярную переоценку планов обеспечения бесперебойного функционирования организации. Этот раздел предполагает проведение анализа рисков возникновения тех или иных нештатных ситуаций. Актуальность и важность требований этого раздела состоит еще и

в том, что недостаточно просто составить список предполагаемых угроз, надо знать, «как и стоит ли» реагировать на каждую из них, то есть необходимо планировать возможный ущерб от появления нештатной ситуации.

Анализ защищенности автоматизированных идентификационных систем

Исследования, связанные с работой речных автоматизированных систем управления движением судов (АСУДС), автоматизированных идентификационных систем (АИС), с различными аспектами их безопасности (например, [6, 7]) проводятся на кафедрах Санкт-Петербургского государственного университета водных коммуникаций: «Комплексное обеспечение информационной безопасности» и «Технические средства судовождения и связи».

Увеличение интенсивности судоходства на внутренних водных путях (ВВП), как в Европе, так и в Российской Федерации, настоятельно требует повышения безопасности и эффективности судоходства. В этом плане весьма перспективными являются структуры на ВВП, получившие название «Речные информационные системы» (РИС).

Основным звеном РИС является одна или несколько АСУДС. АСУДС для ВВП имеет ряд характерных специфических особенностей, вызванных необходимостью управления движением судов в условиях постоянной «узкости».

Структура речных АСУДС включает в себя центр управления движением судов, систему видеонаблюдения, систему УКВ-радиостанций, береговые радиолокационные станции (БРЛС), спутниковые информационные системы GPS/ГЛОНАСС и DGPS, а также АИС.

АИС наряду с системой УКВ-радиостанций и береговых радиолокационных станций является важным источником информации для мониторинга и управления в структуре АСУДС.

Одним из важнейших направлений исследований является анализ электромагнитной защищенности АИС на ВВП при воздействии сосредоточенных помех.

На верность приема цифровых сообщений в информационных каналах АИС на ВВП,

наряду с флюктуационным шумом, существенное влияние оказывают сосредоточенные по спектру помехи, причиной которых в основном являются соседние работающие радиостанции в диапазоне речных АИС 155÷160 МГц. Такие помехи могут значительно снизить дальность связи на линии «судовой транспондер» — базовая станция (СТ-БС).

Был проанализирован один из наиболее тяжелых случаев для электромагнитной защищенности АИС, который имеет место при незамирающих как полезном цифровом сигнале, так и сосредоточенной помехе. Предполагая некогерентный прием сигналов, имеющих по существу неперекрывающиеся спектры, можно оценить вероятность ошибки поэлементного приема цифрового сообщения. Она определяется соотношением:

$$P_{ош} = \frac{1}{2} \exp \left[-\frac{h^2}{2} (1 + g_r^2) \right] \cdot I_0(h^2 g_r) + \frac{1}{2} [1 - Q(h_i h g_r)] \quad r = 1; 2, \quad (1)$$

$$\text{где: } g_r^2 = \frac{h_n^2}{h^2} \left(\frac{\sin \Omega_r T / 2}{\Omega_r T / 2} \right)^2, \quad (2)$$

$$\Omega_r = |k_r \omega_o - \omega_n|, \quad \omega_o = \frac{2\pi}{T} \quad —$$

коэффициент взаимного различия сигнала и сосредоточенной помехи;

ω_n — несущая частота помехи;

T — длительность элемента цифрового сигнала.

$$Q(h_i h g_r) = \int_{h g_r}^{\infty} \chi \exp \left[-\frac{(\chi^2 + h^2)}{2} \right] \cdot I_0(h \chi) d\chi, \quad (3)$$

где: $Q(h_i h g_r)$ — функция Мархума, подробно табулированная в [8];

$I_0(h \chi)$ — модифицированная функция Бесселя первого рода, нулевого порядка;

h^2 — отношение сигнал-шум;

h_n^2 — отношение помеха-шум.

Учитывая параметры реальных приемопередающих трактов сигнала и помехи, обозначим

$$h^2 = \frac{\chi}{R^4}, \quad \chi = \frac{P_c G_1 \eta_1 G_2 \eta_2 (h_1^2 + h_o^2) (h_2^2 + h^2)}{2 P_{ш} 10^{-12}}, \quad (4)$$

$$h_n^2 = \frac{\chi_n}{R_n^4}, \quad \chi_n = \frac{P_n G_{1n} \eta_{1n} G_2 \eta_2 (h_{1n}^2 + h_o^2) (h^2 + h^2)}{2 P_u 10^{-12}}, \quad (5)$$

где: P_c и P_n — мощность передатчиков соответственно сигналов АИС и помехи;

P_u — мощность шумов в информационной полосе частот на выходе линейной части приемника;

G_1, η_1 и G_{1n}, η_{1n} — к.н.д. и к.п.д. антенны и фидерного тракта соответственно передатчиков сигнала от БС помехи;

G_2, η_2 — к.н.д. и к.п.д. приемной антенны и ее фидерного тракта для судового транспондера;

h_1 и h_{1n} — высоты антенн соответственно передатчика БС и сосредоточенной помехи;

h_0 — некоторое усредненное для физико-географических условий данного региона значение высоты заграждающего (переизлучающего) препятствия;

R и R_n — расстояние от БС и передатчика помех соответственно до судового транспондера.

Подставляя (2), (4) и (5) в (1), получим

$$P_{oui} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \exp \left[-\frac{\chi}{2R^4} - \frac{\chi_n}{2R_n^4} \left(\frac{\sin \frac{\Omega_r T}{2}}{\Omega_r T/2} \right)^2 \right] \times \quad (6)$$

$$\times I_o \left(\frac{\sqrt{\chi \chi_n}}{R^4 R_n^4} \cdot \frac{\sin \frac{\Omega_r T}{2}}{\Omega_r T/2} \right) - \frac{1}{2} Q \left(\sqrt{\frac{\chi}{R^4}}, \sqrt{\frac{\chi_n \sin \frac{\Omega_r T}{2}}{R_n^4 \Omega_r T/2}} \right).$$

При $R \rightarrow \infty$ $P_{oui} = \frac{1}{2}$, а при $R_n \rightarrow \infty$ следует

$$P_{oui} = \frac{1}{2} \exp \left[-\frac{\chi}{2R^4} \right], \quad (7)$$

то есть совпадает с выражением для канала БС-СТ без сосредоточенных помех.

Не поступаясь существенно корректностью учета сущности процесса воздействия помехи, можно, несколько упрощая, предположить, что помеха синусоидальна на частоте реализации сигнала Ω_r . Тогда

$$\frac{\sin \frac{\Omega_r T}{2}}{\Omega_r T/2} = 0.5. \quad (8)$$

Если предположить достаточно тяжелую ситуацию воздействия помехи, «равномощностной» сигналу, то есть при $\chi = \chi_n$, то (6) преобразуется к виду

$$P_{oui} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \exp \left(-\frac{\chi}{2R^4} - \frac{\chi}{4R_n^4} \right) \cdot I_o \left(\frac{\chi}{R^2 R_n^2 \sqrt{2}} \right) - \frac{1}{2} Q \left(\frac{\chi^{1/2}}{R^2}; \frac{\chi^{1/2}}{R_n^2 \sqrt{2}} \right). \quad (9)$$

Учтем далее, что на P_{oui} влияет случайный характер перемещения судового транспондера относительно базовой станции и источника помех. При этом ограничимся весьма характерным для Северо-Западного региона водных путей рэлеевским законом плотности вероятности $W(R)$. В этом случае авторы [7] оценивают ее:

$$W(R) = \frac{R}{\sigma^2} \exp \left(-\frac{R^2}{2\sigma^2} \right), \quad R \geq 0, \quad (10)$$

$$W(R_n) = \frac{R_n}{\sigma_n^2} \exp \left(-\frac{R_n^2}{2\sigma_n^2} \right), \quad R_n \geq 0, \quad (11)$$

$$\text{где: } \sigma_c^2 = \frac{\pi}{8} R^2, \quad \sigma_g^2 = \frac{\pi}{8} R_n^2.$$

А усредненная вероятность ошибки равна:

$$P_{oui} = \int_0^\infty \int_0^\infty W(R) W(R_n) P_{oui}(R, R_n) dR dR_n. \quad (12)$$

Подставляя в (12) соотношения (9), (10) и (11), получим следующее окончательное выражение для вероятности ошибки:

$$P_{oui} = \frac{1}{2} + \iint_{00}^{\infty} \frac{RR_n}{2\sigma_c^2 \sigma_n^2} \cdot I_o \left(\frac{\chi}{R^2 R_n^2 \sqrt{2}} \right) \exp \left(-\frac{\chi}{2R^4} - \frac{\chi}{4R_n^4} - \frac{R^2}{2\sigma_c^2} - \frac{R_n^2}{2\sigma_n^2} \right) dR dR_n - \iint_{00}^{\infty} \frac{RR_n}{2\sigma_c^2 \sigma_n^2} \exp \left(-\frac{R^2}{2\sigma_c^2} - \frac{R_n^2}{2\sigma_n^2} \right) \cdot Q \left(\frac{\chi^{1/2}}{R^2}; \frac{\chi^{1/2}}{R_n^2} \right) dR dR_n. \quad (13)$$

По соотношению (13) были построены зависимости вероятности ошибки P_{oui} от энергетического параметра χ для $R = 4$ км

и $R = 8$ км при расстояниях от мешающей станции 4 км, 8 км и 16 км. Эти зависимости показали, что сосредоточенные помехи наносут существенный урон защищенности АИС. Так для наиболее благоприятных случаев удаленного на 16 км источника помех энергетический системы составляет при $P_{ош} = 10^{-4}$ величину 4 дБ в первом случае и 9 дБ — во втором.

Электромагнитная защищенность АИС от сосредоточенных помех существенно зависит также от удаленности источника помех от судового транспондера по сравнению с удаленностью БС. При $R \geq R_n$ система мо-

жет становиться практически неработоспособной.

Заключение

В завершение следует отметить, что абсолютной информационной безопасности не существует, но надо уметь управлять рисками. По выражению одного из признанных специалистов в области безопасности и защиты информации — Брюса Шнайера: «Безопасность — это не продукт, а процесс» [9], то есть система управления информационной безопасностью должна постоянно развиваться и совершенствоваться.

Список литературы

1. Руководящий документ. Безопасность информационных технологий. Критерии оценки безопасности информационных технологий. — Гостехкомиссия России, 2002.
2. ISO/IEC 17799:2005. Information technology — Security techniques — Code of practice for information security management, 2005.
3. Галатенко В. А. Стандарты информационной безопасности / под ред. В. Б. Бетелина. — М.: ИНТУИТ.РУ «Интернет-университет информационных технологий», 2004. — 328 с.
4. Андриушечкин Ю. Н., Дмитриев В. И. Интегрированная система управления судном // Безопасность водного транспорта: тр. Международной научно-практической конференции. — СПб.: СПГУВК, 2003. — Т. 4. — С. 79–84.
5. Малов А. А. О стандартизации электронных навигационных карт внутренних водных путей // Безопасность водного транспорта: тр. Международной научно-практической конференции. — СПб.: СПГУВК, 2003. — Т. 4. — С. 140–144.
6. Нырков А. П., Сикарев И. А. О некоторых аспектах комплексного обеспечения информационной безопасности автоматизированных систем на водном транспорте // Транспортная безопасность и технологии. 2006. — № 2(7).
7. Бродский Е. Л., Сикарев А. А., Холин А. В. Современные аспекты развития автоматизированных идентификационных систем в речных АСУДС // Межвуз. сб. науч. тр. ТССиС на морских и внутренних водных путях. — СПб.: СПГУВК, 2003. — Вып. 4. — С. 43–48.
8. Барк Л. С., Большев Л. М., Кузнецов П. Т. Таблицы распределения Рэлея–Райса. — М.: Выч. центр АН СССР, 1964. — 246 с.
9. Шнайер Б. Секреты и ложь. Безопасность данных в цифровом мире. — СПб.: Питер, 2003. — 368 с.

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА «АЛЬТ-ИНВЕСТ» ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ШЛЮЗА

USING SOFTWARE “ALT-INVEST” TO ESTIMATE ECONOMIC EFFICIENCY OF THE LOCK

Судоходные шлюзы на внутренних водных путях, являясь исключительно важным элементом транспортной инфраструктуры, требуют особого подхода при анализе экономической эффективности их строительства или реконструкции. В основе такого подхода лежит необходимость учета особенностей водных путей вообще и судоходных гидротехнических сооружений в частности как объектов инвестиций. При этом использование средств автоматизации инвестиционного анализа позволяет глубже и обоснованнее сделать выводы об экономической целесообразности гидротехнического строительства.

Navigation locks on inland waterways, as an essential element of transport infrastructure, require a special approach when analyzing the economic efficiency of their construction or reconstruction. In the base of this approach there is need to consider characteristics of waterways in general and navigation hydraulic structures as objects of investment in particular. The use of automation of investment analysis allows to draw deeper and more reasonable conclusions about economic feasibility of hydraulic construction.

Ключевые слова: судоходные шлюзы, инвестиционный анализ, экономическая эффективность, программные средства.

Key words: shipping locks, investment analysis, economic efficiency, software.

В ОЛГО-БАЛТИЙСКИЙ водный путь (ВБВП) является важнейшей транспортной артерией в европейской части России. Его значение невозможно переоценить как для внутренних перевозок страны, так и для интеграции России в систему международных транспортных коридоров.

Однако в последние несколько лет пропускная способность водного пути стала сдерживать дальнейшее развитие грузовых и пассажирских потоков в бассейне. Причины этому общеизвестны — это старение механического оборудования шлюзов, разрушение отдельных элементов гидротехнических сооружений и бюджетное недофинансирование работ по поддержанию и дальнейшему развитию шлюзованной системы. Средний возраст судоходных сооружений Волго-Балта — 38 лет. Верхне-Свирскому шлюзу — 52 года, Нижне-Свирскому — 71 год, Волховскому — 78 лет. Нормативный же срок работы гидромеханического оборудования таких объектов — 40 лет. По сути дела можно говорить о том, что пропускная способность

Волго-Балта, начавшего свою современную историю с 1964 г., исчерпана и необходимы срочные меры для серьезной и масштабной реконструкции транспортной артерии.

В Минэкономразвития России решается вопрос о выделении 8 млрд руб. на проект развития ВБВП по программе его модернизации на период до 2014 г. Одной из первоочередных задач и основным объектом в этой программе является строительство второй нитки Нижне-Свирского шлюза (НСШ). Это самый короткий из девяти шлюзов Волго-Балта. В остальные шлюзы входят по два крупнотоннажных судна, а в НСШ — только одно, поэтому здесь постоянно возникают очереди. На этом участке грузовые суда в среднем простаивают до 14 часов.

По заказу Федерального агентства морского и речного транспорта в университете было выполнено технико-экономическое обоснование (ТЭО) строительства второй нитки НСШ. При обосновании развития существующих или строительства новых постоянных устройств на транспорте первосте-

пенное значение имеет определение перспективного грузооборота. Выполненные исследования показывают, что имеются реальные потребности в увеличении речных перевозок в бассейне. Возможные и принятые в расчет перспективные грузо- и пассажиропотоки в створе НСШ определены на период до 2025 г. на основе анализа имеющихся проработок ЗАО «Ленгипроречтранс» и отчетных данных ГБУ «Волго-Балт» за ряд последних лет, по которым сделаны некоторые уточнения ранее установленных итоговых величин.

Предполагается, что к 2015 г. (принятая в расчетах дата ввода в строй второй нитки НСШ) через гидроузел сможет пройти только 14 млн т грузов в судах в грузовом направлении (к Балтике), что определяется возможностями шлюзов Северного склона ВБВП (13 млн т) и грузопотоком минерально-строительных грузов (1 млн т) из бассейна Онежского озера. При этом общий грузооборот шлюза в обоих направлениях принят на уровне 15,8 млн т, из них: 10,967 — сухогрузы; 4,833 — нефтегрузы.

Судоходные шлюзы на внутренних водных путях, являясь исключительно важным элементом транспортной инфраструктуры, требуют особого подхода при анализе экономической эффективности их строительства или реконструкции. В основе такого подхода лежит необходимость учета особенностей водных путей вообще и судоходных гидротехнических сооружений в частности как объектов инвестиций. К таким особенностям относятся следующие:

- будучи объектом федеральной собственности, источником финансирования строительства шлюзов и содержания их в эксплуатации является федеральный бюджет;

- на шлюзах не реализуются транспортные услуги, возмещаемые получателем таких услуг;

- в силу своей высокой фондоемкости и весьма значительных сроков полезного использования, шлюзы строятся с большим резервом пропускной способности, а значит, имеют повышенную капиталоемкость;

- при строительстве или реконструкции шлюзов экономический эффект проявляется в смежных звеньях речного транспорта,

а также в других отраслях экономики (например, в сфере туризма).

Отмеченные факторы были учтены при оценке эффективности инвестиций по строительству второй нитки НСШ универсальной компьютерной программой «Альт-Инвест». Существует несколько программных продуктов для инвестиционного анализа, например, Project Expert, но сознательно было отдано предпочтение «Альт-Инвест» в силу ряда преимуществ, которыми обладает данное программное средство.

Это, в частности: открытость программы с точки зрения доступности алгоритма расчетов для просмотра и изменений; адаптируемость его к специфике конкретной отрасли, предприятия и проекта (как в части ввода исходной информации, так и в части алгоритма расчетов). Защита расчетных формул от изменения может быть установлена/снята по желанию пользователя; количество инсталляций (копий) программного продукта в пределах организации-пользователя не ограничено, что позволяет университету использовать эту программу не только в научных, но и в учебных целях для студентов; в программном продукте реализована интегрированная система документации, что позволяет при изменении исходных данных проекта оперативно отслеживать влияние этого изменения на показатели эффективности и финансовой состоятельности инвестиционного проекта; специфической особенностью программы является возможность оценки бюджетной эффективности проекта с точки зрения федеральных и территориальных органов управления, а также учет требований СНиП 11-01.95 «Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений».

В соответствии с официальными документами по оценке эффективности инвестиционных проектов (ИП) предусматривается определение следующих видов эффективности: коммерческой, бюджетной и общественной.

Коммерческая эффективность ИП учитывает экономические результаты инвестиционного проекта в виде прибыли от снижения затрат на производство, от увеличения объ-

емов продаж, от повышения качества товара (услуги) и цены соответственно цены реализации. В случае гидротехнического строительства на водных путях такие экономические результаты реализуются в сфере перевозок и поэтому применительно к НСШ можно говорить лишь о бюджетной и общественной (народнохозяйственной) видах эффективности.

Бюджетная эффективность ИП характеризует его привлекательность для государственных органов управления с точки зрения соотношения расходов и доходов бюджетов всех уровней, которые аккумулируются в ИП.

Общественная эффективность призвана учитывать социально-экономические последствия осуществления ИП для общества в целом, то есть не только непосредственные финансовые затраты и результаты собственно проекта, но и «внешние» — в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты, которые могут иметь как количественные, так и качественные показатели своего измерения. Подобного рода эффекты рекомендуется учитывать в количественной форме при наличии соответствующих нормативов и методик ведомственного или межотраслевого характера, которых на данный момент нет. Поэтому возможно отметить лишь качественные признаки социальной и общественной эффективности.

В известной мере в данном ИП общественная эффективность отражена и в коммерческой эффективности величиной дополнительной прибыли, получаемой судоходными компаниями, туроператорами, другими организациями, пользующимися услугами шлюза.

Социальные аспекты общественной эффективности строительства шлюза заключаются в создании новых рабочих мест, общем развитии территории, появлении новых инфраструктурных и градообразующих объектов — коммунально-бытового сервиса, транспортно-дорожного, энергетического и другого обеспечения производственных объектов и жилищных массивов.

Эффективность ИП оценивается в течение расчетного периода, охватывающего временной интервал от начала проекта до его прекращения. Общая продолжительность расчетного периода включает две фазы: ин-

вестиционную (проектирование и строительство) и эксплуатационную. Предположительно длительность проектно-строительной фазы проекта — 8 лет, после чего начинается эксплуатационная стадия проекта, которая продолжается 12 лет. Длительность эксплуатационной фазы ИП обуславливается двумя основными факторами: нормативным сроком службы шлюза и приемлемым горизонтом прогноза объемов перевозок. Таким образом, общий расчетный период — срок жизни проекта — составляет 20 лет.

Расчетный период разбивается на отдельные шаги — интервалы планирования. Для каждого из интервалов планирования формируются исходные данные: доходы и расходы; налоги, темпы инфляции и др. В данном ИП шагом планирования является год, поэтому расчетный период состоит из 20 интервалов — с 1-го по 20-й.

Инвестиционный проект, как любая финансовая операция, то есть операция, связанная с осуществлением расходов и с получением доходов, формирует денежные потоки (потоки реальных денег). Денежный поток — это денежные платежи и поступления денег, вызванные ИП, которые определяются для каждого шага расчетного периода.

На каждом шаге значение денежного потока характеризуется:

притоком, равным размеру денежных поступлений или иных экономических результатов в стоимостном выражении на этом шаге;

оттоком, равным платежам на этом шаге;

сальдо, равным разности между притоком и оттоком.

В данном ИП к оттокам относятся капитальные вложения на строительно-монтажные работы и планово-проектные изыскания по шлюзу (*KB*) и затраты на увеличение оборотного капитала, связанные с необходимостью обеспечения работы построенного и находящегося в эксплуатации сооружения (*OK*), а также эксплуатационные (производственные) издержки по содержанию шлюза (*ПИ*) (без учета амортизации).

Особенностью данного ИП, который оценивается по бюджетной эффективности,

является то, что выручка от реализации (доходы) на шлюзе не образуется из-за отсутствия законодательной базы по введению платы за шлюзование. Кроме этого, привлечение заемных средств и выпуск ценных бумаг также не предусматриваются. В связи с этим в составе денежных потоков отсутствуют главные компоненты притока. И поскольку производится оценка бюджетной эффективности ИП, притоком денежных средств рассматриваются налоговые поступления в бюджеты всех уровней (НП) в составе:

- налога на прибыль от перевозок грузов;
- единого социального налога к заработной плате плавсостава и работников самого шлюза;
- налога на доходы физических лиц вышеперечисленных категорий работников;
- налогов и платежей от прочих доходов от обслуживания транзитного судопотока (налог на прибыль).

На основе сопоставления притоков и оттоков, точнее по разности притоков и оттоков, определяется чистый доход бюджетов (ЧД). В данном проекте ЧД определяется на каждом шаге ИП в следующем порядке:

$$ЧД_i = НП_i - (KB + ОК + ПИ)_i$$

Для того чтобы адекватно оценить ИП с точки зрения эффективности использования инвестируемых средств, нужно все потоки будущих поступлений и платежей привести в сопоставимый вид путем их дисконтирования. При оценке бюджетной эффективности ИП значение норматива дисконтирования было принято на уровне величины прогнозируемой ставки рефинансирования ЦБ РФ на уровне 12 %.

После того, как все значения чистого дохода проекта на каждом шаге срока жизни проекта (ЧД_i) будут умножены на соответствующие коэффициенты дисконтирования, подсчитывается их сумма. Полученная величина представляет собой показатель чистого дисконтированного дохода бюджетов (ЧДД_i). Программа «Альт-Инвест» выполняет автоматически расчет ЧДД_i на каждом шаге и его суммирование за весь срок жизни проекта. Итоговые показатели бюджетной эффективности проекта приведены в табл. 1.

Таблица 1

Итоговые показатели бюджетной эффективности проекта

Показатели	Величина, млн руб.
1. Чистые доходы федерального бюджета (доходы за вычетом расходов — ЧДД)	3020
2. То же с учетом дисконтирования (12 %)	–1323
3. Чистые доходы территориального бюджета (доходы за вычетом расходов — ЧДД)	4089
4. То же с учетом дисконтирования	1516
5. Чистые доходы бюджетов всех уровней с учетом дисконтирования	193

Как показывают результаты расчетов, федеральный бюджет имеет отрицательный финансовый результат (сальдо) — чистый поток денежных средств дисконтированный (ЧПДС) или ЧДД = –1323 млн руб. Это обусловлено тем, что все финансирование проекта предусмотрено только за счет средств федерального бюджета, в то время как налоги распределены между бюджетами разного уровня, что предусмотрено налоговым законодательством.

Вместе с тем в целом бюджетная система имеет положительное сальдо доходов и расходов. ЧПДС (дисконтированный) бюджетов всех уровней равен 193 млн руб., что свидетельствует об экономической целесообразности строительства второй нитки НСШ для бюджетной системы РФ.

Бюджетная эффективность может значительно возрасти за счет дополнительных доходов от канального сбора (платы за шлюзование) с судов даже если его применять только для иностранных судовладельцев. Если даже 50 % грузов в рамках МТК «Север–Юг» будут перевозиться в иностранных судах, то это образует судопоток, проходящий через шлюз, объемом около 2000 тыс. т-жа или свыше

6 млн м³ по модулю судов в год. При ставке сбора 9 руб. за 1000 м³ дополнительные доходы бюджета составят свыше 50 млн руб. в год.

Использование программного продукта «Альт-Инвест» для оценки эффективности инвестиционных проектов позволяет определить как бюджетную, так и коммерческую эффективность. В коммерческой эффективности учитываются наряду с бюджетными расходами и доходами также и прибыль от перевозок, получаемая судоходными компаниями, после ввода в эксплуатацию нового шлюза.

В результате сравнения всех доходов (бюджетных доходов и коммерческой прибыли) и всех расходов по отраслевому комплексу «шлюз-флот», определяются показатели коммерческой эффективности: чистый дисконтированный поток денежных средств (*ЧПДС* дисконтированный) или *NPV*, срок окупаемости инвестиций (простой и дисконтированный), а также внутренняя норма доходности инвестиций (*IRR*), которые представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Показатели коммерческой
эффективности проекта**

Показатели	Величина
1. Чистый поток денежных средств (<i>ЧПДС</i>) за весь период срока жизни проекта, млн руб.	78 871
2. Дисконтированный <i>ЧПДС</i> (<i>NPV</i>), млн руб.	14 170
3. Дисконтированный срок окупаемости, лет	8,0
4. Внутренняя норма доходности (<i>IRR</i>), %	34

Положительное значение *ЧПДС* (*NPV*) свидетельствует о том, что расходы по инвестиционному проекту возмещаются доходами (прибылью) и приносят участникам проекта чистый доход за весь срок жизни проекта в сумме 14 170 млн руб.

Внутренняя норма доходности (*IRR*) показывает величину этого чистого дохода, приходящуюся на рубль инвестиции, выраженную в процентах. Поскольку эта величина

больше ставки сравнения (12 %), то это говорит о том, что средства, вложенные в проект, принесут прибыль, большую той, которая могла бы быть получена за счет банковского процента, а значит, деньги вкладывать в проект выгоднее, чем держать их на депозитном счете в банке.

Все сказанное говорит и о высокой коммерческой эффективности проекта по строительству второй нитки НСШ. В данной ситуации коммерческая эффективность в значительной степени характеризует и общественную эффективность, так как затрагивает интересы бюджетной сферы государственной экономики, а также интересы коммерческих структур речного транспорта.

Версия программы «Альт-Инвест (СНиП)» является расширенной версией стандартного программного продукта «Альт-Инвест», которая ориентирована на подготовку проектов, проходящих проверку в органах государственной (вневедомственной) экспертизы, что является необходимым условием ТЭО строительства второй нитки НСШ. Данная версия программы содержит дополнительный лист SNIP, на котором результаты расчетов по проекту, выполненные на листе MAIN, автоматически представляются в виде 11 официально утвержденных форм, соответствующих требованиям СНиП 11-01.95:

- производственная программа;
- расчет выручки от реализации;
- сводная ведомость инвестиционных издержек;
- состав инвесторов и предполагаемые источники финансирования в предпроизводственный и производственный период;
- сроки и объемы погашения банковских кредитов;
- сводная ведомость накладных затрат;
- сводная ведомость производственных издержек;
- структура себестоимости (по экономическим элементам);
- расчет чистой прибыли и налога на прибыль (тыс. руб.);
- движение потоков наличностей в период строительства и эксплуатации пред-

приятия (тыс. руб.) (проектно-балансовая ведомость доходов и расходов);

— обобщенные данные об эффективности инвестиций в создание (развитие) предприятия.

Показатели эффективности любого ИП могут существенно измениться при неблагоприятном изменении (отклонении от проектных) основных параметров. В рассматриваемом проекте такими параметрами являются:

— инвестиционные затраты (прежде всего сметная стоимость строительства шлюза, а также сроки начала и окончания строительства);

— объем перевозок (судопропуск) и динамика его развития в пределах эксплуатационной фазы срока жизни проекта;

— производственные издержки по содержанию шлюза в эксплуатации;

— макроэкономическое окружение проекта.

Вероятностное изменение основных параметров проекта обуславливает необходимость учета риска и неопределенности. Инвестиционные риски относятся к финансовым рискам и связаны с процессом инвестирования капитала.

Одним из методов учета неопределенности и риска при оценке инвестиционных проектов является метод вариации параметров, или анализ чувствительности. Программа «Альт-Инвест» при анализе чувствительности проекта (для коммерческой эффективности) позволяет:

— проследить степень влияния изменений основных параметров проекта на его чистую текущую стоимость (NPV) (или чистый дисконтируемый доход) и дисконтируемый срок окупаемости;

— определить границы изменения параметров, при которых проект остается безубыточным.

Анализ чувствительности проводится в графической и табличных формах. В качестве основных изменяющихся параметров проекта в программе используются:

— норма дисконта;

— уровень «цен на реализуемую продукцию» (поскольку в рассматриваемом ИП доходами являются налоговые поступления в бюджет, то «цены» — это фрахтовые ставки за перевозки и ставки налогов, поступающих в бюджеты всех уровней);

— уровень «объема производства» — размер перспективного грузопотока;

— уровень «выручки от реализации» — при оценке бюджетной эффективности (это доходы бюджета за счет налоговых поступлений);

— уровень «операционных затрат» — расходы по содержанию шлюза в эксплуатации (без амортизации) и себестоимость перевозок;

— уровень постоянных инвестиционных затрат.

При однопараметрическом анализе чувствительности изменяемым параметром являются инвестиционные затраты, а результирующими показателями — NPV и срок окупаемости. Как показал анализ, с увеличением инвестиционных затрат даже на 30 % NPV снижается с 14170,3 до 12783,7 млн руб., то есть менее, чем на 10 %, а срок окупаемости увеличивается с 8,0 до 8,6 года.

Такие изменения показателей эффективности не снижают целесообразность осуществления проекта и свидетельствуют о его довольно высокой устойчивости к изменению (в данном случае) сметной стоимости строительства.

В заключение следует отметить то, что использование универсального программного продукта «Альт-Инвест» для инвестиционного анализа в области гидротехнического строительства хотя и требует внесения значительных изменений в структуру расчетных таблиц и в макросы отдельных расчетов, но, несмотря на это, автоматизация процесса анализа вполне оправдана и позволяет существенно увеличить глубину анализа и обоснованность выводов по сравнению с ручными операциями.

С. С. Соколов,
аспирант, СПГУВК

МОДЕЛЬ УГРОЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОРГАНИЗАЦИЙ

MODEL OF THREATS OF ORGANIZATION'S INFORMATION SECURITY

Результатом данной научной работы является классификация и систематизация предложенных в нормативно-правовых документах признаков и угроз информационной безопасности (ИБ) организации. Также сделаны выводы об источниках, способах реализации угроз, активах, наиболее подверженных атакам, видах воздействия и нарушения их безопасности и предложены конкретные методы предупреждения атак с использованием данных угроз.

The result of this scientific work is classification and systematization of signs and threats of organization's information security (IS) which have been offered in standard-legal documents. Also conclusions are drawn about sources, ways of realizing threats, the actives more subject to attacks, kinds of influence and infringement of their security and certain methods of preventing attacks using these threats are offered.

Ключевые слова: информационная безопасность, модель угроз, информационные угрозы, информационные риски, уровень ущерба, источник угрозы.

Key words information security, model of threats, information threats, information risks, damage level, threat source.

С ЦЕЛЮ упрощения и дальнейшего разбиения процесса обоснования и обеспечения информационной безопасности разработана модель вероятных угроз. Разработка модели угроз производилась в соответствии с Руководящим документом (РД) РФ «Безопасность информационных технологий. Критерии оценки безопасности информационных технологий» (Гостехкомиссия в 2003 г.), РД РФ «Безопасность информационных технологий. Типовые модели угроз безопасности информационных технологий автоматизированных систем критического применения (2-я ред.)» (Гостехкомиссия в 2003 г.), Федеральный закон РФ № 184-ФЗ от 27.12.2002 г. «О техническом регулировании», ФЗ РФ (специальный технический регламент) «О безопасности информационных технологий» (проект).

Для создания результирующей таблицы необходимо провести предварительное обследование объекта на предмет общей информационной защищенности, для этого надо максимально точно определить защищаемые активы организации, возможные каналы утечки информации и пути возникновения угроз информационной безопасности организации.

При рассмотрении общего подхода по оценки защищенности и перечислению угроз данные были структурированы и представлены в форме итоговой таблицы, путем наложе-

ния на которую результатов предварительного обследования получаем реальные описания угроз, возможных негативных воздействий на информационную безопасность организации и путей их реализации.

При конкретизации свойств угрозы выполняются операции уточнения, назначения и выбора. Первые две операции подразумевают расширение и конкретизацию свойства применительно к исследуемой системе, третья — предварительный анализ и выбор конкретного свойства с дальнейшим его обобщением.

Рассмотрим более подробно столбцы итоговой таблицы:

первый столбец — «№ п/п» — представляет собой сквозную нумерацию угроз;

второй столбец — «Наименование угроз» — выраженное относительно простым техническим языком наименование угрозы, дающее возможность понимания угрозы;

третий столбец — «способ реализации угрозы» — описывает одной фразой основной предполагаемый способ успешной реализации угрозы;

четвертый столбец — «используемые уязвимости» — дает смысловое описание предполагаемых уязвимостей системы, используя которые возможно нанести ущерб ИБ путем реализации соответствующей угрозы;

пятый столбец — «вид защищаемых активов» — здесь называются активы, которые наиболее подвержены воздействию на них факторов, угрожающих ИБ системы, и соответственно эти активы должны защищаться в первую очередь при принятии мер по защите системы от рассматриваемой угрозы;

шестой столбец — «вид воздействия на активы» — указываются наиболее вероятные воздействия на активы, рассматриваемые в пятом столбце;

седьмой столбец — «нарушаемые свойства безопасности активов» — указываются те свойства безопасности указанных ранее активов (столбец пять), которые будут нарушаться при реализации угрозы;

восьмой столбец — «возможные последствия» — данные вносятся в результате конкретного исследования — последствия для рассматриваемой организации (системы), которое может повлечь за собой успешная реализация данной угрозы;

девятый столбец — «вероятность реализации угрозы» — данные вносятся в результате конкретного исследования — указывается возможная вероятность реализации данной угрозы в процентном соотношении или в числовом эквиваленте (от 0 до 1 — в сотых долях);

десятый столбец — «уровень ущерба» — данные вносятся в результате конкретного исследования — отражает максимальные убытки для организации после успешной реализации данной угрозы — выражается в денежном эквиваленте;

одиннадцатый столбец — «значение (уровень) риска» — данные вносятся в результате конкретного исследования — оценивает уровень риска системе при реализации угрозы — обычно рассматривается пятиуровневая шкала: очень низкий уровень — 1; низкий — 2; средний — 3; высокий — 4; очень высокий — 5;

двенадцатый столбец — «перечень контрмер» — предлагается перечень контрмер по уменьшению вероятности успешной реализации угрозы.

Наложение данных предварительного обследования следует производить следующим образом:

1) рассмотреть активы организации, подлежащие информационной защите, согласно данным столбца № 5;

2) сопоставить выявленные угрозы и каналы их реализации с типовой (приведенной ниже) таблицей, выявить нарушаемые свойства безопасности и сравнить со столбцом № 7;

3) на основе полученных данных составить свою — индивидуальную для организации таблицу угроз, просчитать данные, связанные с вероятностью реализации и возможными последствиями;

4) с учетом финансовых, материальных и ресурсных возможностей организации внести изменения и дополнить перечень контрмер.

Так как типовая модель является интеллектуальной собственностью разработчика, представление ее в пояснительной записке к научно-исследовательской работе будет не общим, а частным — применительно к кафедре комплексного обеспечения информационной безопасности Санкт-Петербургского университета водных коммуникаций (КОИБ СПбГУВК). Ниже рассмотрены (путем выбора наиболее распространенных угроз из итоговой таблицы) пять угроз. Автор осознает, что не вся информация, обрабатываемая в локально-вычислительной сети (ЛВС) КОИБ, относится к информации ограниченного доступа, однако следует учесть, что предложенное практическое применение модели не полное и служит лишь наглядным доказательством ее применимости на практике.

Полученные данные дают общую картину качеству защищенности (с точки зрения защиты информации) организации. Данные позволяют увидеть уязвимые места и наметить перспективы дальнейшего развития в направлении информационной защищенности. Данные полезны также и для оценки финансовой составляющей комплексной системы защиты. Результаты проведенного исследования и данные таблицы могут служить основой при написании Концепции информационной безопасности организации, стратегического плана (в области защиты информации) развития организации, должностных инструкций отделов, связанных с обеспечением информационной безопасности (и вставки в должностные инструкции прочих работников организации), инструкции пользователя АС и других документов. Также на основе полученных данных должен быть составлен обобщенный портрет нарушителя для внесения конкретики при разработке и реализации плана мероприятий по защите информации.

Таблица 1

Пример угроз информационной безопасности КОИБ СПГУВК

№ п/п	Угроза № 3	Угроза № 24	Угроза № 38	Угроза № 53	Угроза № 59
Наименование угрозы	неправильное задание требований по защите информации	маскировка под зарегистрированного пользователя	использование дефектов программного обеспечения	доступ к защищаемой информации с применением средств радиоэлектронной разведки	дистанционные деструктивные воздействия на ТС АС с использованием специальных технических средств
Источник угрозы	разработчик АС	внешний злоумышленник	внешний злоумышленник	внешний злоумышленник	внешний злоумышленник
Способ реализации угрозы	нарушение установленных правил защиты ИПР	выдача злоумышленника за пользователя	получение доступа к конфиденциальной информации путем обхода наименее защищенных мест ПС АС	использование специальных технических средств радиоэлектронной разведки, находящихся вне АС, позволяющих снимать информацию	использование специальных технических средств, излучающих мощные целенаправленные ЭМИ
Используемые уязвимости	недостаточно полно описаны меры и средства обеспечения безопасности	недостаточно полно организованы меры по обеспечению безопасности	уязвимости нелегальных программных продуктов	недостаточны меры и средства защиты ТС АС от возможности их использования для съема информации	уязвимость отдельно стоящих серверов, расположенных в помещениях вместе с РС
Вид защищаемых активов	информация	информация	программы	ТС обработки данных	ТС обработки данных
Вид воздействия на активы	искажение	разглашение	блокировка	разглашение	искажение, блокировка

Таблица 1
(Продолжение)

Нарушаемые свойства безопасности активов	целостность	конфиденциальность	доступность	конфиденциальность	целостность, доступность
Возможные последствия	искажение информации и возможность ее потери	разглашение информации и, в зависимости от привилегий пользователя, искажение, потеря информации	нарушение корректной работы ПС АС	разглашение информации, циркулирующей в АС	разрушение, блокировка информации в АС
Вероятность реализации угрозы	0,5	0,6	0,3	0,5	0,6
Вероятность реализации угрозы	100 000 руб.	5 000 000 руб.	1 000 000 руб.	5 000 000 руб.	2 000 000 руб.
Значение (уровень) риска	1	3	1	3	2
Значение (уровень) риска	периодический пересмотр политики безопасности с инвентаризацией защищаемых ресурсов, определение новых угроз и уязвимостей, пересмотр политик после утверждения новых РД	парольная политика, неиспользование внутренних идентификационных данных во внешних сетях, шифрование аутентификационных данных, использование VPN, ограничение доступа в АС из внешних сетей	использование лицензионного программного обеспечения известных производителей, регулярное обновление, ограничение установки ПО пользователям, разработка списков программ, допустимых в использовании в АС, запрещение установки уязвимых программ интернет-пейджеры и др.)	использование активных генераторов и фильтров, правильное размещение ТС	размещение всей защищаемой информации на серверах, установленных в металлических шкафах, расширение границ контролируемой зоны

Список литературы

1. РД РФ «Безопасность информационных технологий. Критерии оценки безопасности информационных технологий». — Гостехкомиссия, 2003.
2. РД РФ «Безопасность информационных технологий. Типовые модели угроз безопасности информационных технологий автоматизированных систем критического применения» — 2-я ред. — Гостехкомиссия, 2003.
3. ФЗ РФ «О техническом регулировании». № 184 от 27.12.2002 г.
4. ФЗ РФ «О коммерческой тайне» № 98 от 29.07.2004 г. (в ред. Закона РФ № 9-ФЗ от 02.02.2006 г., с изм., внесенными Федеральным законом № 231-ФЗ от 18.12.2006 г.).
5. ФЗ РФ «О государственной тайне» № 5 485-1 от 21.07.1993 г. (в ред. Федеральных законов № 131-ФЗ от 06.10.1997 г., № 86-ФЗ от 30.06.2003 г., № 153-ФЗ от 11.11.2003 г., № 58-ФЗ от 29.06.2004 г., № 122-ФЗ от 22.08.2004 г., с изм., внесенными Постановлением Конституционного Суда РФ № 8-П от 27.03.1996 г., определениями Конституционного Суда РФ № 293-О от 10.11.2002 г., № 314-О от 10.11.2002 г.).

И. К. Фомина,

канд. техн. наук, доц., СПГУВК

**РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ, СВЯЗАННЫХ СО СЛОЖНОЙ СИСТЕМОТЕХНИЧЕСКОЙ
СТРУКТУРОЙ ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ ПРИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМ
АНАЛИЗЕ ДАННЫХ**

**ADDRESSING THE CHALLENGES ASSOCIATED WITH COMPLEX SYSTEM
OF TECHNICAL SUBJECT AREAS, WITH A SMART DATA ANALYSIS**

В данной статье рассмотрены вопросы структуризации предметной области, подготовки и представления формальных данных в разрезе прогнозных, экспертно-ориентированных, символично-статистических моделей. Анализ особенностей современных технологий интеллектуального анализа данных. Раскрыта тематика проблем многофакторности и сложности предметных областей, а также применение алгоритмов и моделей data mining.

This article examines questions of the structure organization of subject area, preparation and presentation of formal data in forecast, expert-oriented, symbolic-statistical models. Analysis of peculiarities of modern technologies of intellectual data analysis. The themes of problems of many factors and complex nature of subject areas are revealed, and also the application of algorithms and models of data mining.

Ключевые слова: специальное программное обеспечение, информационная поддержка, предметная область, анализ данных, качество системы интеллектуального анализа данных.

Key words: special software, Information Support, subject area, data analysis, quality of intellectual analysis data.

СЛОЖНОСТЬ и многофакторность предметной области [1, 3], а также традиционность современных пакетов, опыт и профессиональное искусство эксперта не в состоянии обеспечить эффек-

тивности результатов в широких масштабах корпоративного или государственного применения, больших объемах разнородной информации, разном уровне подготовки пользователей информации и специалистов, эксплуати-

рующих эти системы. Необходимо применять специальное программное обеспечение (специальные автоматизированные информационные системы), направленное на эффективность и результативность реализации именно таких задач.

Анализ существующих в настоящее время реализаций аналитического инструментария показывает, что в большинстве своем соответствующие средства и системы строятся, в основном, как пакеты статистической обработки. Такие системы либо вообще не снабжены аппаратом экспертной аналитики, либо не дают необходимой строгости решения задач, особенно в разрезе прогнозирования и классификации данных. Применение таких систем не достигает требуемой эффективности результатов и не обеспечивает полноты совокупности процедур обработки, анализа, прогнозирования и их увязки в сквозной единый высокоавтоматизированный процесс. Применение этих средств и систем ограничивается разработкой отдельных составляющих конкретных классов систем в разрезе выбранной отрасли знаний.

Сформулируем основные концепции информационной поддержки. Конструктивный подход [5] позволяет выдвинуть ряд требований к программному обеспечению, реализация которых позволяет характеризовать инструментарий как функционально полную комплексную экспертно-аналитическую автоматизированную систему, обладающую свойством адаптивности к предметным областям и средствам представления знаний.

С точки зрения пользователя специального программного обеспечения (СПО) важными моментами являются:

1) возможность формального представления данных и знаний в рамках единого информационного фонда;

2) автоматизация накопления, изменения, хранения и представления информации об анализируемых предметных областях;

3) возможность представления иерархических структур;

4) возможность проведения локального анализа в рамках указанных уровней представления с произвольной степенью детализации;

5) удобство эксплуатации с позиций эргономики и технической эстетики.

Структура технологии автоматизированного анализа включает:

2) основу технологии автоматизированного анализа должна составлять открытая совокупность взаимосвязанных процедурных модулей, обеспечивающая необходимый уровень сбора и хранения данных, формализации, обоснования, документирования экспертных решений;

3) методика эксплуатации должна быть ориентирована на совместную обработку и системный анализ разноаспектных специфицированных данных и знаний;

4) средства анализа должны включать обеспечение синтаксического и семантического анализа и проверку полноты моделей представления в рамках определений эксперта;

5) оперативное представление необходимой информации о свойствах и элементах анализируемых объектов (систем данных), подготовка отчетной документации;

6) методические материалы, ориентированные на более эффективное использование СПО;

Выделяют следующие базовые функции СПО с учетом современного уровня развития информационных технологий:

1) обеспечение для пользователя возможности постановки задачи для компьютера путем сообщения только ее условий, без задания программы решения;

2) возможность для пользователя самостоятельно формировать операционную среду решения задачи на базе терминов и понятий из предметной области;

3) обеспечение для пользователя естественных форм представления информации, а также выбор приемлемых для него способов организации диалога;

4) возможность изменения по желанию пользователя структуры диалога (диалог с архитектурой меню, обмен произвольными сообщениями);

5) обеспечение работы в условиях ошибок, допускаемых пользователем в сообщениях, с использованием средств, объясняющих пользователю его ошибки и непонятные места в ходе решения задачи.

6) объектно-ориентированная технология представления информации. Манипуляции алгоритмами, видами документации (диаграмм, графиков), математического аппарата и прочими объектами производятся путем их классификации по каталогам (библиотечный принцип), с возможностью дальнейшего расширения или коррекцией отдельных объектов.

СПО интеллектуального анализа данных — интегральная экспертно-аналитическая система, позволяющая проводить всесторонний статистический анализ разнородных данных, полученных и накопленных на основе эмпирических фактов исследуемой предметной области, оснащенная инструментарием классификации, диагностики и распознавания образов, интерпретации закономерностей и прогнозирования.

СПО представляет инструментальную многокомпонентную систему, настраиваемую на функциональные требования заказчика, и комплектуемую отдельными модулями. В состав (архитектуру) современного СПО могут входить следующие подсистемы и модули.

Подсистема формирования знаний. Система поиска скрытых закономерностей и поддержки принятия решений в предметных областях со сложной системной организацией, ориентированной на решение задач корпоративного типа с неоднородными, семантически различными структурами и большими объемами данных в режиме распределенных систем. Расширение и углубление возможностей аналитического инструментария системы основывается на новейших научных методах отечественной и зарубежной науки и базируется на широком классе методов, известных под классификацией Data Mining (автоматического поиска закономерностей в данных). Методы Data Mining относятся к алгоритмическому решению задач классификации, диагностики, интерпретации закономерностей, распознавания образов.

Набор модулей, образующих основу подсистемы статистического анализа. Данная подсистема, как правило, предоставляет в интерактивном режиме набор отдельных модулей профессионально-ориентированных на

выполнение унифицированных алгоритмов и методик статистической обработки:

— унифицированный модуль управления данными (основные функции: настройка на форматы данных, конвертирование, редактирование, модуль снабжен полным инструментарием реляционной алгебры для манипулирования данными «плоских» таблиц с адаптивным аппаратом настройки на различные форматы хранения);

— унифицированный модуль управления данными статистического анализа и представления результатов (работа с графиками, таблицами, документами для интернет-публикаций);

— расширенный модуль генерации отчетов (инструментарий настройки на виды документации, манипулирующий графиками и таблицами);

— расширенный модуль обработки статистических данных и построения графиков распределения (модуль снабжен большим набором алгоритмов из аппарата теории математической статистики.

— расширенный модуль бизнес-публикаций. Модуль предназначен для создания высококачественной математической и технической отчетности. Большая встроенная библиотека 2D- и 3D-диаграмм, графиков, презентаций. Различные форматы представления и механизмы интеграции документов с внешними пакетами.

Основными требованиями, предъявляемыми к качеству системы интеллектуального анализа данных [2, 4], являются следующие.

— *Интеграция* (использование единых функциональных спецификаций и интерфейсов, общих информационных и системно-технических ресурсов). Использование в производстве и технологиях международных стандартов: CMM, разработанный (Software Engineering Institute), и стандарты серии ISO, принятые Международным комитетом по стандартизации (International Organization for Standardization).

— *Открытость* (архитектурная открытость программного обеспечения для функционального расширения и модернизации). Модульный принцип организации изначально предполагает повышенную открытость,

взаимозаменяемость программ, механизм подключения новых компонент. Архитектурная открытость системы подтверждается, как правило, условиями поставки отдельных модулей, написанных и разработанных разными фирмами с применением различного инструментария разработки.

— *Масштабируемость* (увеличение количества рабочих мест и количества задач без изменения программного обеспечения). СПО может поставляться как для работы на отдельном рабочем месте, так и в локальной сети и в сети Интернет. Архитектура поставляемого СПО тождественна количеству рабочих мест и количеству задач.

— *Адаптивность* (настраиваемость). СПО обладает свойствами совместимости и адаптивности:

— совместимости — работает должным образом не только автономно, в базовой комплектации, расширенной комплектации, но и как составная часть компьютерного обеспечения (различные платформы, операционные среды, утилиты и пр.);

— адаптивности — допускает быструю модификацию с целью приспособления к изменяющимся условиям функционирования. Адаптивность в значительной степени отражается в конструкции СПО, а также в квалификации составления и полноты снабжения документацией. Должен быть предусмотрен способ передачи пользователям системы доработанных или измененных программных модулей без общего обновления всех модулей.

— *Надежность и безопасность* (обеспечение бесперебойной работы, получение достоверных результатов и защита от несанкционированных действий). Надежность, универсальность и защищенность — неотъемлемые свойства поставляемого СПО. Особая политика тестирования новых версий, долгосрочная эксплуатация модулей на различных предприятиях, контроль и техническая поддержка поставщика, развитие новых версий с учетом эволюции информационных технологий позволяют утверждать, что:

— в процессе эксплуатации СПО при всех равных условиях обеспечивается полная повторяемость результатов и правильность работы при любых допустимых вариантах ис-

ходных данных. Выдаваемые числовые данные имеют допустимые отклонения от аналогичных результатов, полученных с помощью «идеальных математических зависимостей»;

— в СПО должны быть предусмотрены специальные средства защиты от ввода неправильных и несанкционированных данных по управлению, обеспечивающие целостность системы. Предусмотрен механизм защиты данных путем ее шифрования при обмене по информационным каналам (клиент-сервер);

— СПО должна сохранять работоспособность при возникновении прогнозируемых сбоев. Это качество особенно важно для программ, предназначенных для решения задач в режиме реального времени и манипулирующего огромными массивами информации, потери которых из-за сбоев могут привести к катастрофическим последствиям;

— должна быть предусмотрена возможность проверки таких свойств программы, как правильность и универсальность. Имеются в виду такие неформальные приемы, как прогоны с остановами в контрольных точках, промежуточные результаты, обсуждения результатов с заинтересованными пользователями и др.

— *Экономичность* (обеспечение важнейших функций при ограничениях на трудоемкость и стоимость создания, эксплуатации, сопровождения и развития). Существование поставляемого продукта на рынке программных услуг на протяжении многих лет, большое количество инсталляций, отработанные технологии разработки и поставки СПО позволят пользователю снизить затраты на внедрение, эксплуатацию, создание новых версий и проводить политику экономичности.

— *Эргономика и техническая эстетика*. Требования к эргономике и технической эстетике основаны на принципах монотонного, постоянного использования системы на рабочем месте пользователя с большой вероятностью психологической усталости. Такие принципы эксплуатации предполагают использование в СПО «не возбуждающих» и «не агрессивных» цветовых схем, а также минимизацию и унификацию одновременно представляемой информации.

Программное обеспечение поддерживает концепцию «дружественного пользовательского интерфейса». В основу реализации такого интерфейса была положена концепция «программной оболочки». Оболочка СПО ориентирована на объектную архитектуру приложений, набор возможностей Drag and Drop (Перетащить и Оставить), длинные имена файлов, настройку панелей управления и др.

СПО — инструментальная объектно-ориентированная программная система. Это означает, что в СПО реализовано рабочее окружение компьютера, моделирующее действительное физическое рабочее окружение в виде виртуального рабочего стола с виртуальными инструментами. Инструментарий предлагает много различных способов выполнения одной и той же задачи. Это многообразие позволяет пользователю самому накладывать некоторые ограничения в зависимости от того, как он хочет работать.

Windows-ориентированный интерфейс основывается на нескольких разновидностях окон: окна программы, вторичные окна, вспомогательные окна, окна диалога и пр. С помощью мыши и кнопок управления можно изменять размер и расположение окон.

СПО является многозадачной системой, и под ее управлением могут одновременно выполняться несколько программ. На экране могут одновременно находиться окна

нескольких программ, поэтому интерфейс системы — многооконный, но в каждый момент времени только одно окно является активным, а остальные — неактивны. Активное окно всегда располагается поверх других.

Для запроса значений тех или иных параметров, а также для вывода информационных сообщений и предупреждений, программы СПО выводят на экран соответствующие окна диалогов. Вид диалога может быть как простым — с некоторым сообщением и одной или двумя кнопками для ответа, так и сложным — с десятками полей различных типов. Тем не менее основные правила по использованию диалоговых запросов такие же, как у всех Windows-совместимых программ.

Особенности организации интерфейса:

- интеграцию вновь включаемых компонент целевых подсистем с существующими модулями и интерфейсами взаимодействия;
- предоставление пользователю оперативной информации о процессе обработки запросов к хранилищу данных;
- предоставление пользователю информации о статусе информационных ресурсов, их полноте и достоверности;
- возможность формирования регламентных и нерегламентированных запросов в терминах предметной области и получения информации с необходимым уровнем обобщения или детализации;
- многоязыковый интерфейс СПО.

Список литературы

1. Гиг Дж. ван. Прикладная общая теория систем. — М.: Мир, 1981.
2. Дюк В. А., Эмануэль В. Л. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях. — СПб.: Питер, 2003. — 525 с.
3. Киселев М., Соломатин Е. Средства добычи знаний в бизнесе и финансах // Открытые системы. — 1997. — № 4. — С. 41–44.
4. Кречетов Н. Продукты для интеллектуального анализа данных // Рынок программных средств. — 1997. — № 14–15. — С. 32–39.
5. Математические методы для анализа последовательностей ДНК: пер. с англ. / под ред. М. С. Уотермена. — М.: Мир, 1999. — 349 с.

ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ВОДНОЙ СРЕДЫ

С. П. Зубрилов,

д-р техн. наук, проф., СПГУВК

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДОЙ БОЛЬШОГО ГОРОДА

PROVIDING A BIG CITY FOR FRESH WATER

В статье приводятся данные анализа химического состава питьевой воды. Обосновано, что при приготовлении физиологически полноценной питьевой воды должна предшествовать серьезная работа с хозяйствующими субъектами — загрязнителями источников воды.

The article presents data of the chemical analysis of fresh drinking water. The author proves that a significant work with industrial plants — which pollute water sources — must be done before preparing good fresh water for drinking.

Ключевые слова: питьевая вода, химический состав, контроль качества, ПДК.

Key words: fresh drinking water, chemical structure, quality control.

ОСНОВАТЕЛЬ медицинской географии Гиппократ еще в IV в. до н. э. в своем трактате «О воздухах, водах и местностях» писал о связи болезней с «дурной водой», а врачи в XVIII в. выявили связь эндемического зоба с «плохой почвой». Крупные города, как пространственная концентрация населения, дающая более высокую производительность общественного труда, несут человеку не только благо, но и «горе... за роскошь его» (апостол Павел). Проблема оптимизации мегаполисов сегодня — одна из основных наиболее противоречивых общепланетарных проблем, а их водообеспечение и канализация занимают особое положение. Горький опыт эпидемий холеры в Европе при-

вел к созданию сложных систем водоснабжения и водоотведения в Лондоне, Париже и других крупных городах (рис. 1). Однако качество питьевой воды городского водоснабжения постоянно ухудшается и горожане «ищут спасение» в домашних водоочистителях, бутилированной воде и т. п.

Рассмотрим проблему питьевой воды на примере такого мегаполиса, как Санкт-Петербург. Естественно, эта проблема для каждого города индивидуальна и зависит прежде всего от источника водоснабжения и места водоотведения городских стоков. Для Санкт-Петербурга — это, в основном, река Нева и Невская губа Финского залива Балтийского моря соответственно.

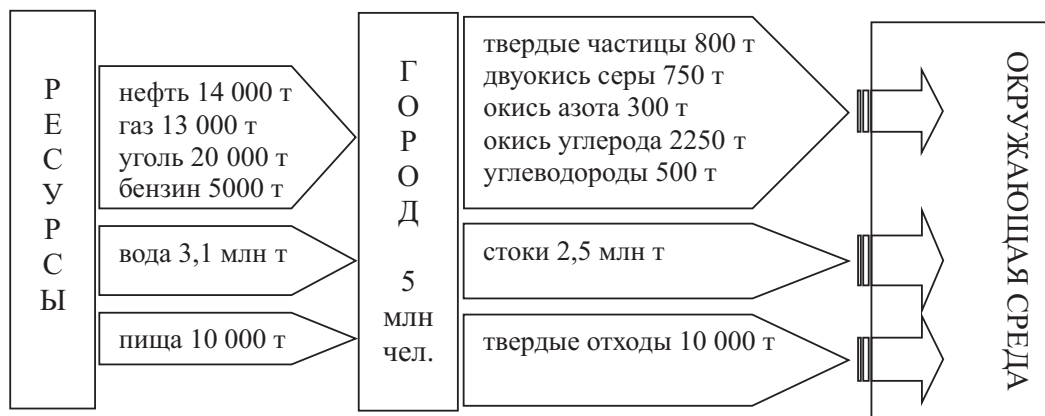


Рис. 1. Ежесуточное потребление и загрязнение окружающей среды большим городом с населением 5 млн чел.

В межень и зимой сток Невы не в состоянии обеспечить необходимые нормативы разбавления, а весной к сточным водам самого города добавляются загрязненные талые воды городской территории и бассейна реки Невы и Ладожского озера. Проблема питьевой воды усугубляется недостаточным содержанием необходимых солей и микроэлементов в невиской воде. В этом плане ее

нельзя назвать физиологически полноценной для горожан.

В табл. 1 приведены основные данные химического анализа воды для Санкт-Петербурга по сравнению с Москвой и Новочеркасском. Состав воды реки Невы по месяцам года (табл. 2) отличается низким общим содержанием солей железа, кальция, магния, высоким содержанием хлора и высокой окисляемостью.

Таблица 1

Химический состав водопроводной воды гг. Санкт-Петербург, Москва, Новочеркасск

Питьевая вода	pH	Щелочность, мг-экв/л	Плотный остаток	Fe, мг/л	Общая жесткость, мг- экв/л	Ca, мг-экв/л	Mg, мг-экв/л	SO ₄ , мг/л	Cl, мг/л	Окисляемость по кислороду, мг-экв/л
Санкт-Петербург	6,63	0,28	62,7	0,228	0,59	0,43	0,05	29,8	8,68	7,83
Москва	—	—	161,3	—	2,5	1,8	0,7	40,4	7,5	6,1
Новочеркасск	7,12	2,7	689,6	1,2	6,70	5,01	1,7	205,3	3,94	—

Таблица 2

Состав воды реки Невы по месяцам года

Месяц	Водородный показатель, pH	Общее содержание солей, (мг/л)	Содержание ионов SO ₄ ⁻² , (мг/л)	Температура, °C
Январь	6,7	38,75	15,96	1
Февраль	6,5	39,25	19,52	0,8
Март	6,58	39,65	18,01	0,9
Апрель	6,5	31,25	18,28	1,82
Май	6,5	35,9	18,25	10,9
Июнь	6,5	31,0	15,63	15,35
Июль	6,5	31,2	15,43	17,5
Сентябрь	6,5	32,1	14,77	10,2
Октябрь	6,5	—	—	4,2

Рассмотрим, как изменилось за последние 20 лет качество поставляемой Водоканалом Санкт-Петербурга воды и состояние водоотведения. Сначала приведем несколько общих сведений: средний расход реки Невы — 2500 м³/с, объем годового стока — 78,9 км³. Нева от истока до Санкт-Петербурга на протяжении 74 км своего течения вместе с притоками принимает сточные воды (различной степени очистки и без очистки) 35 крупных промышленных предприятий, 29 населенных пунктов.

1. По отчетным данным 1990 г., общее количество использованной городом воды составило 1714 тыс. м³, в том числе: на хозяйственно-питьевые нужды — 754 млн, на производственные нужды — 842 млн, на питьевые нужды — 1136 млн, на технические нужды — 577 млн м³.

2. Сброшено неочищенных вод — 1136 млн, в том числе: без очистки — 646 млн, недостаточно очищенных — 937 млн, сброшено нормативно чистых — 182 млн м³.

3. Мощность очистных сооружений: принадлежащих Петросовету — 924 млн м³, всем остальным министерствам и ведомствам — 84 млн м³.

4. Сброшено в составе сточных вод в год: нефтепродуктов — 1690 т, фосфора — 8316 т, сульфатов — 62 750 т, хлоридов — 74 030 т, азота аммонийного — 9863 т, фенолов — 410 кг, нитратов — 2958 т, ртути — 12 т, цинка — 229 т, хрома — 57 т, железа — 1865 т, меди — 91 т, свинца — 67,8 т, кобальта — 25 т.

Как видно из этих данных, в 1990 г. очищалось 10 % всех стоков, недостаточно очищенных было — 50 %, без очистки вообще — 37 %. Имело место смешивание бытового стока с производственным, так как из 900 городских предприятий только около 100 имело локальные очистные сооружения и в Балтийское море поступало большое количество нефтепродуктов, солей тяжелых металлов, азота, фосфора и т. д. Использование реагентов при очистке вод, и особенно сернокислого алюминия — $Al_2(SO_4)_3$, вело ко вторичному загрязнению воды, высокой ее токсичности. Избыточное поступление алюминия в организм человека ведет, как известно, к замещению им кальция, фосфора,

калия, железа в костях, печени, мозге и особенно в паращитовидной железе, развивается остеопороз. Снижается уровень АТФ и содержание гемоглобина в крови с одновременным (в 20 раз) увеличением содержания алюминия. Основные источники поступления алюминия в организм человека (при суточной потребности 35–45 мг) — пища, вода, алюминиевая посуда, лекарства, дезодоранты. Содержание алюминия: в яблоках, цветной капусте, помидорах — до 150 мг/кг, в мясе — 1,6–20 мг/кг, пшенице — 42 мг/кг. Общее содержание в суточном рационе — 80 мг. Содержание в виде $Al(OH)_3$ в концентрации 42,9 мг/л (в пересчете на металл) представляет смертельную опасность для крупного рогатого скота. Содержание нитратов, сульфатов алюминия — 0,1 мг/л убивает трехигловую колюшку через 6 дней.

Сточные воды могут иметь на протяжении недели концентрацию $Al(OH)_3$ не более 3 мг/л, $Al_2(SO_4)_3$ — 5 мг/л, $Al(NO_3)_3$ — 2 мг/л.

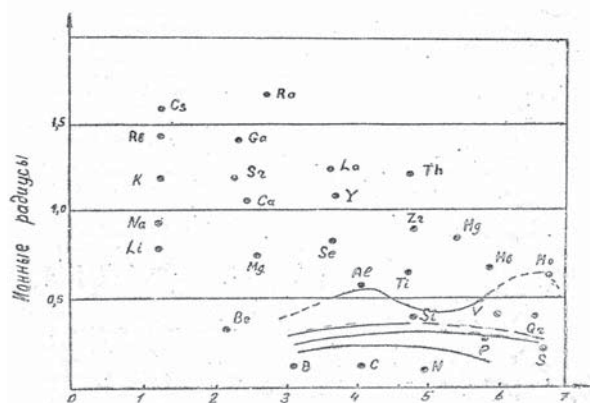


Рис. 2. Коэффициенты обогащения наземных растений различными элементами

Установлено, что степень вреда, наносимого людям загрязнением, зависит от легкости поглощения растениями загрязняющих веществ. На рис. 2 показано, что элементы, расположенные в верхней левой части, имеют низкие электродные потенциалы, а в правой нижней — высокие. Алюминий имеет слабую тенденцию к миграции, он легко осаждается. Как отмечалось, избыток одного микроэлемента приводит к дисбалансу в составе микроэлементов, что приводит к заболеваниям, вызванным дефицитом одного из них.

Таким образом, применение алюминия в процессах коагуляции приводит к дополнительному загрязнению водоемов, накоплению его в донных отложениях, в живых организмах водной флоры и фауны, что связано с меньшей подвижностью катионов алюминия.

За истекшие 20 лет ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» (Генеральный директор Ф. В. Кармазинов — д. т. н., профессор, лауреат Государственной премии РФ, почетный гражданин Санкт-Петербурга) стал качественно другим. Это комплекс современных инженерных сооружений, обеспечивающих подачу потребителям необходимого количества воды с параметрами, соответствующими действующим нормативам (СанПиН 1.1.1058-01, ГН 2.1.5.1315). Контроль качества питьевой воды производится по 55 физико-химическим, 5 микробиологическим показателям, а также по паразитологическим, микробобиологическим и по показателям радиационной безопасности. Качество питьевой воды соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 и гигиеническим нормативам ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». Качество подаваемой питьевой воды отслеживается в 496 точках по всему городу.

ПДК как «норматив» защищенности человека от антропогенного воздействия, на наш взгляд, характеристика не содержательная. ПДК и ПДВ не могут учитывать сложных коллективных взаимодействий различных веществ. Для многих веществ не заложена оценка мутагенности, канцерогенности, иммуно- и психотоксичности, эмбриотоксичности. Следует обратить внимание на то, что в невиской воде перед водозаборами Водоканала имеется более 700 антропогенных химических соединений, ПДК, которые, сложно отследить, обезвредить в процессах очистки. Кроме того, они дают вместе с пролонгированным свободным и особенно связным хлором целый комплекс более опасных канцерогенных, токсичных хлорорганических веществ. К ним, например, относится бутилхлорид (ПДК = 0,004 мг/л). Очистка невиской воды от бензина (ПДК = 0,1 мг/л), если бы хлор отсутс-

твовал, была бы проще. То есть вынужденное пролонгирование хлором воды, текущей в изношенных водопроводных сетях, которые, к сожалению, имеют сейчас место, требует из экономических соображений наличия в них хлора, из-за чего после очистки мы имеем хлорорганические соединения, которые более опасны, чем хлор и органические соединения по отдельности. Например, хлорированные дифенолы, одним из которых является печально известный диоксин (ПДК = 0,00002 мг/л), хлорофенолы не задерживаются системами физико-химической и биологической очистки. Нельзя не отметить, что трихлорметан (CHCl_3), тетрахлорметан (CCl_4), метан CH_4 изначально присутствуют в воде Ладожского озера в результате спонтанного их газовыделения по многочисленным разломам земной коры в этом районе.

По сравнению с 1990 г. среднесуточная подача питьевой воды в город заметно снизилась и составила в 2005 г. 2514,7 тыс. м³, а в 2006-м — 2466,9 тыс. м³ при снижении неучтенных потерь при транспортировке воды с 17 до 16,2 % соответственно. Вся работа Водоканалом Санкт-Петербурга ведется согласно «Программе развития системы водоснабжения Санкт-Петербурга и пригородов до 2012 года». Ежегодные инвестиции в развитие, только за счет собственных средств, достаточно большие. Например, в 2006 году они составили свыше 8 млрд руб. Это — реконструкция и строительство очистных сооружений, ликвидация дефицита питьевой воды, отказ от использования опасного в эксплуатации жидкого хлора с заменой его гипохлоритом натрия, строительство заводов по производству гипохлорита натрия, повсеместное внедрение ультрафиолетового облучения для обеззараживания питьевой воды не только от бактерий, но и от вирусов, строительство заводов по сжиганию осадков сточных вод, пуск комплекса Юго-Западных очистных сооружений, внедрение установок дозирования порошкообразного активированного угля на всех водопроводных станциях, внедрение систем биомониторинга для раннего обнаружения токсичных веществ, удаление из стоков азота и особенно фосфора биологическими и химическими методами до нормативов ХЕЛ-

КОМ (1,5 мг/л по общему фосфору, и 10 мг/л по общему азоту) и многое другое.

По сравнению с 1990 г. снижается суточный объем сточных вод. Например, в 2005 г. он составлял 2,96 млн.м³, в 2006-м — 2,8 млн м³. Если в 1990 г. без очистки в Финский залив сбрасывалось 37 % всех стоков, то сейчас — 15 %. Программой «Прекращения сбросов неочищенных сточных вод в водоемы Санкт-Петербурга» предусмотрено к 2012 г. прекратить сброс неочищенных стоков в Балтийское море. Пока степень очистки сточных вод по общему азоту составляет 58 %, а по общему фосфору — 70 %; в год сбрасывается 12,4 т азота и 1,77 т фосфора.

Несмотря на все принятые меры и некоторое улучшение качества питьевой воды, горожане достаточно широко стали употреблять бутилированную питьевую воду. Подготовить питьевую воду (централизованно в условиях города до физиологически полноценной с учетом различных возрастных групп населения) путем ее обогащения полезными для человека добавками затруднительно из-за отсутствия достоверных научных данных и надежной длительной медицинской апробации свойств такой синтезированной воды.

На рис. 3 показана динамика показателей заболеваемости детей, фактором риска в

развитии которых является дисбаланс макро- и микроэлементов в питьевой воде, на рис. 4 приведена динамика заболеваемости детей группой болезней, обусловленных дефицитом микронутриентов (материалы научно-технической конференции «150 лет ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»»).

Как видно из этих графиков, динамика неблагоприятная. Предпринимаются усилия по созданию законодательной базы (табл. 5) физиологически полноценной питьевой воды, которая, возможно, будет готовиться ГУП «Водоканалом Санкт-Петербурга» и централизованно поставляться или в виде отдельной сети питьевого водопровода, или в виде бутилированной воды. С другой стороны, вызывает сомнение централизованное приготовление синтезированной воды, например, с добавкой кальция для старшей возрастной группы населения, привыкшей к употреблению нежесткой невиской воды. Известны массовые случаи заболевания мочекаменной болезнью людей, сменивших место жительства, где питьевая вода отличалась от невиской большей жесткостью. Поэтому такие глобальные изменения режима жизни людей должны быть санкционированы физиологами, диетологами, генетиками и т. д.



Рис. 3. Динамика показателей заболеваемости детей, фактором риска в развитии которых является дисбаланс макро- и микроэлементов в питьевой воде

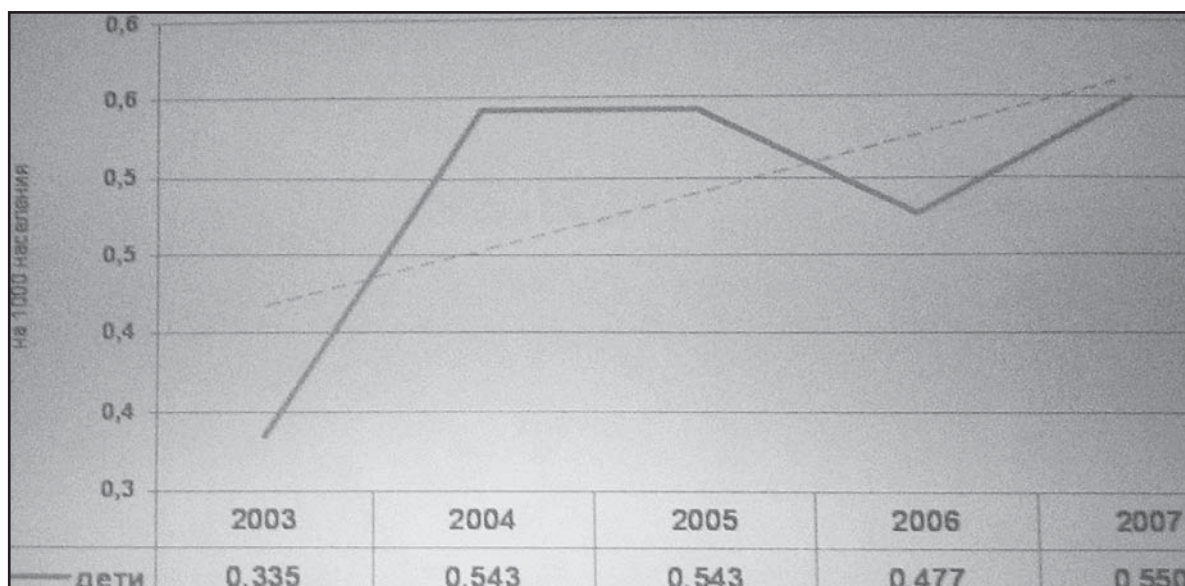


Рис. 4. Динамика заболеваемости детей группой болезней, обусловленных дефицитом микронутриентов

Таблица 3

**Физиологическая полноценность макро- и микроэлементного состава питьевой воды
Санкт-Петербурга улучшенного качества**

Показатели	Единицы измерения	Нормативы воды высшей категории (СанПин 2.1.4. 116-02)	Нормативы полноценности ФППВ (СПб)
Общая минерализация	Мг/л	100–1000	300–400
Общая жесткость	Мг/экв/л	1,5–7	3–4
Кальций (Ca^{++})	Мг/л	25–130	50–70
Магний (Mg^{++})	Мг/л	5–65	25–35
Калий (K^{++})	Мг/л	Нет	10–15
Бикарбонаты (HCO_3^-)	Мг/л	30–400	250–400
Фторид ионы (F^+)	Мг/л	0,5–1,5	0,7–0,8
Иодид ионы (I^-)	Мг/л	10–125	40–50

Рассмотрим данный вопрос более детально. Физико-химические и другие свойства питьевой воды в настоящее время регламентированы соответствующими санитарными нормами и правилами. Следует заметить, что различные синтетические добавки, например в сельском хозяйстве, применяются давно. Известно, что земли (соответственно и воды Нечерноземья) бедны микроэлементами. В жи-

вом организме медь активизирует процессы дыхания, молибден — синтез белков, кобальт — азотный обмен. Открытие в 1960 г. профессором Н. Толбергом ретарданта (замедлителя), который тормозит рост нижней части стебля злаков как средство против их залегания, повышающего фотосинтез и активизирующего азотный обмен, несмотря на его широкое распространение, потребовал высокой культуры

земледелия и в ряде случаев привел к серьезным ошибкам и снижению качества зерновых. Также, например, при строительстве Байкало-Амурской магистрали, в Муйской и Чарской котловинах, в почвах которых был позже обнаружен недостаток йода и фтора, имели место заболевания эндемическим зобом среди строителей. И только срочное подключение медико-географов и составление медико-географических карт по всей трассе БАМа исключило массовость подобных заболеваний. Подобных примеров множество. Связь качества питьевой воды и различных онкологических рецидивов бесспорно доказана. Однако проводящийся сейчас мониторинг водных объектов по остаточному принципу, на наш взгляд, не эффективен и является одной из причин сокращения численности населения РФ, высокой детской смертности, низкой продолжительности жизни россиян по сравнению с аналогичными показателям развитых стран. Нельзя также не отметить широкое внедрение генетически модифицированных продуктов питания. Несмотря на убедительные доводы оппонентов (медиков, физиологов, ботаников), в РФ разрешено использовать импортные трансгенные культуры 13 сортов и линий видов растений: соя, кукуруза, картофель, рис, свекла. Пороговый уровень для маркировки пищевых продуктов из ГМИ — 0,9 % их содержания в общей массе продукта. Таким образом, добавки (в удобрения, продукты питания и т. д.) стали довольно распространенным явлением. Аналогичное положение складывается и с добавками к питьевой воде. Ее исключительная важность, несоответствие качества возросшим требованиям горожан вызвали к жизни множество предложений по синтезированию питьевой воды, улучшению качества путем введения добавок к водопроводной воде различных веществ, вплоть до спекуляций, например, употреблять в качестве питьевой воды дистиллированную воду (П. Брегг). Нет необходимости останавливаться на таких предложениях. Одной из первых добавок к водопроводной воде, предложенной медиками, стало предложение добавлять концентрированный раствор кальция и магния Институтом физиологии им. И. П. Павлова РАН. Эта добавка поступила в торговую сеть

Санкт-Петербурга в 2002 г. и была сопровождена подробной инструкцией по ее применению. Не останавливаясь на деталях, вначале необходимо ответить на следующие вопросы:

1. Нужно ли добавлять синтетические добавки к водопроводной питьевой воде централизованно на городских водопроводных станциях?

2. Кто будет потребителем такой воды, требующей отдельных водопроводных сетей, систем учета и увеличенных тарифов?

3. Какие добавки следует добавлять к водопроводной воде и все ли возрастные группы населения будут в них нуждаться?

4. Будет ли обеспечено качество воды, когда в процессе смешивания различных добавок будет происходить их физико-химическое взаимодействие и какой физиологический результат мы будем иметь в итоге?

Остановимся более подробно на последнем вопросе. В настоящее время в зарубежной и отечественной практике для обеззараживания питьевых вод стали применяться гипохлорит натрия и ультрафиолетовая обработка воды. Небольшие добавки хлора, как отмечалось выше, необходимы для исключения заражения воды при ее транспортировке от водопроводной станции до потребителя. В принципе безреагентная обработка (ультрафиолет, ультразвук, высокочастотная обработка и т. д.) более перспективна по сравнению с реагентной. Она не приводит ко вторичному загрязнению очищаемой воды. Безреагентным методам очистки воды посвящена обширная литература и нет необходимости на этом останавливаться. Что касается ультрафиолетовой обработки, то ее применение, безусловно, положительно, но уничтожение вместе с болезнетворными бактериями и вирусами всей полезной человеку микрофлоры является безусловным недостатком метода. Главное, в воде остаются продукты распада всей микрофлоры, бактерий и вирусов под действием ультрафиолета, влияние которых на здоровье человека на сегодня не исследовано. Автор придерживается положения, что растворяющая и диссоциирующая способность воды обусловлена снижением (а не повышением) диэлектрической проницаемости в зонах контакта молекул воды с кальцием, а

растворяющая способность возрастает при увеличении степени электролитической диссоциации воды. Можно предположить, что при растворении кальция (других веществ или их композиций) можно ожидать увеличения и свободных радикалов. Необходимость

их нейтрализации потребует введения в воду антиоксидантов, что ухудшит физиологическую полноценность питьевой воды.

Рассмотрим состав основных конечных продуктов при введении в водопроводную воду, например, добавки кальция (табл. 4).

Таблица 4

Влияние кальция на состав воды

Водопроводная исходная вода (с основными примесями)	Добавка концентрированного раствора $Ca(OH)_2 \leftrightarrow Ca^{++} + 2OH^-$	Конечные продукты	
H ₂ O	Система сложных (в несколько этапов) физико-химических превращений. Эволюцию системы можно попытаться описать с помощью функции А. М. Ляпунова: $\frac{d\varphi}{dt} = \sum_i \frac{d\varphi}{dX_i} \cdot \frac{dX_i}{dt}$	H ₂ O	Ca(OH) ₂
O ₂		H ₂ O ₂	Mg(OH) ₂
N ₂		NH ₃	Fe(OH) ₃
CO ₂		HCOH	
H ₃ O ⁺		OH	CaCl ₂
OH ⁻		Ca(OH) ₂	MgCl ₂
Fe ⁺⁺			MgSO ₄
Ca ⁺⁺		CaO ₂	
Mg ⁺⁺		CO ₂	CaCO ₃
Cl ⁻		H ₂ CO ₃	CaSO ₄
SO ₄ ⁻⁻			
и т. д.		SO ₄ ⁻⁻	и т. д.

Как видно, к водопроводной воде, кроме основных исходных веществ и гидратированных ионов при взаимодействии с кальцием, добавляется еще значительное количество новых промежуточных химических соединений. Распавшиеся микроорганизмы будут взаимодействовать с возникшими примесями, что делает невозможной оценку выхода конечных химических соединений с точки зрения их физиологической пригодности для человека. Даже этот общий подход не дает положительного ответа на вопрос о возможности централизованной подготовки синтезированной воды на водопроводных станциях. Не дожидаясь централизованного приготовления физиологически полноценной питьевой

воды, в последнее время ряд фирм выпустили в продажу минеральную добавку «Северянка» (кальций, магний, калий, йод, селен), которая рекомендуется Зеленым Крестом, выдавшим сертификат на широкую продажу населению этой добавки к водопроводной воде. Добавка селена как антиоксиданта выполнена изготовителями данного продукта без учета исходной воды разбавления разных регионов, качество которой меняется в зависимости как от времени года, так и от других факторов (табл. 1, 2). Кроме того, состав антиоксидантов должен быть расширен и сбалансирован в соответствии с табл. 4. Соединение кальция и магния в одном концентрированном растворе в составе добавки не рекомендовано Инсти-

тутот физиологии им. И. П. Павлова. Отсутствие утверждающих документов Минздрава на данную минеральную добавку («Северян-ка») должно заставить покупателей от нее воздержаться, тем более «в детских учреждениях», как это рекомендуется изготовителями. Следует отметить, что ежесуточная норма приема микроэлементов по стандартам,

например, США (табл. 5) существенно выше той, которая записана в инструкции: по кальцию в 6 раз, по магнию в 5 раз, по селену в 5 раз, по калию в 150 раз и по йоду в 1,5 раза. Покупателей данной добавки просто вводят в заблуждение. Анализ минеральных добавок других фирм приводит к аналогичному выводу.

Таблица 5

Необходимая суточная норма потребления микроэлементов человеком, (RDA) США

№ п/п	Наименование	Норма
1	Кальций (кальция гидрофосфат)	1000 мг
2	Фосфор (кальция гидрофосфат)	1000 мг
3	Йод (калия йодид)	150 мкг
4	Железо (железа фумарат)	18 мг
5	Магний (магния оксид)	400 мг
6	Медь (меди оксид)	2 мг
7	Цинк (цинка оксид)	15 мг
8	Калий (калия хлорид)	400 мг
9	Марганец (марганца сульфат)	2 мг
10	Селен (натрия селенат)	100 мкг
11	Хром (хрома хлорид)	100 мкг
12	Молибден (натрия молибдат)	75 мкг
13	Хлорид (калия хлорид)	3600 мг
14	Алюминий	25 мг

Таким образом, в итоге можно сделать следующие выводы.

1. Обеспечение питьевой водой Санкт-Петербурга за последние 5–8 лет улучшилось. Однако качество питьевой воды требует дальнейшего улучшения.

2. Попытки приготовления «физиологически полноценной питьевой воды» путем корректировки состава микроэлементов в водопроводной воде различными минеральными добавками, выпущенными в продажу рядом фирм, нельзя назвать научно обоснованными. Сертификаты Минздрава РФ на них отсутствуют.

3. Производству не только безопасной, но и полезной воды должна предшествовать длительная работа с хозяйствующими субъектами — загрязнителями р. Невы, приведение Ладожского озера в порядок, корректировка законодательства, модернизация коммунального сектора города.

4. Необходимо продолжить поиск альтернативных хлору обеззараживающих средств в целях исключения загрязнения питьевой воды хлорорганическими соединениями, вредными для здоровья населения.

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ УЧРЕЖДЕНИИ

Е. Н. Андрианов,
канд. техн. наук, проф., СПГУВК

ИСТОРИЧЕСКИЕ ВЕХИ РАЗВИТИЯ ФАКУЛЬТЕТА ПОРТОВОЙ ТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКИ

HISTORICAL LANDMARKS OF DEVELOPMENT OF FACULTY PORT HANDLING EQUIPMENT AND ELECTROMECHANICS

В статье рассматриваются этапы становления и развития факультета портовой техники и электромеханики, приводятся хронологические даты образования ведущих кафедр, их научно-производственная и учебная деятельность, а также указываются основные ученые, определившие развитие факультета.

The article presents the main stages of establishing and developing the faculty «Port handling equipment and Electromechanics», chronological dates of founding the leading departments, their scientific-business and educational activities. The article introduces the main scientists who contributed very much to the development of the faculty.

Ключевые слова: факультет, кафедра, возникновение, развитие, деятельность.
Key words: faculty, department, the emergence, development, activities.



ФАКУЛЬТЕТ портовой техники и электромеханики (ФПТиЭ) возник в 2001 г. в результате реорганизации двух факультетов: портовой подъемно-транспортной техники и электромеханического. При этом кроме ФПТЭ был организован факультет информационных технологий. У каждого из реорганизованных факультетов своя богатая событиями история.

Факультет портовой подъемно-транспортной техники ведет свою историю от механического факультета, созданного в 1930 г. при организации Ленинградского института инженеров водного транспорта (ЛИИВТа). На механизаторском отделении готовились инженеры-механики по механизации трудоемких и тяжелых физических работ в портах, на заводах и в строительных организациях.

В связи с ростом потребности в специалистах-механизаторах в 1938 г. механический факультет был разделен на два факультета: механизаторский и судомеханический. Вскоре механизаторский факультет стал называться факультетом механизации перегрузочных работ. Первым деканом этого факультета был профессор П. С. Козьмин.

В соответствии с учебным планом на факультете началась подготовка инженеров-механиков по двум специальностям: «Подъемно-транспортные машины»; «Строительные машины».

На факультет механизации перегрузочных работ с факультета перешли кафедры: теоретической механики; теории машин и механизмов и деталей машин; графики; электротехники; транспортных и строительных машин и механизации перегрузочных работ.

Последняя из указанных кафедр (специальная кафедра) называлась кафедрой строительных и подъемно-транспортных машин, а в 1940–1942 и в 1944–1954 гг. она называлась кафедрой подъемно-транспортных машин. С 1937 по 1945 г. специальной кафедрой занимался проф. П. С. Козьмин, а в период 1945–1958 гг. — проф. А. И. Дукельский.

Факультет в послевоенный период получил название факультета механизации и оборудования портов и вел подготовку инженеров по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование».

В 1954 г. на основе части дисциплин этой кафедры была создана вторая специаль-

ная кафедра механизации и эксплуатации портов (МЭП), которую возглавил д. т. н., проф. В. Ф. Сиротский. В 1973 г. она была преобразована в кафедру технологии, эксплуатации и автоматизации работы портов (ТЭАРП), существующую в настоящее время. После В. Ф. Сиротского кафедрой заведовал к. т. н., доц. П. П. Артемьев (1974–1985). С 1985 г. по настоящее время кафедрой возглавляет к. т. н., проф. П. А. Головачев.

Кафедрой подъемно-транспортных машин после А. И. Дукельского заведовали: д. т. н., проф. А. А. Долголенко (1958–1979); к. т. н., доц. В. А. Евграфов (1979–1984 и 1986–1997), А. К. Миненко (1984–1986), К. А. Волков (1997–2001). С 2001 г. кафедрой возглавляет к. т. н., проф. Е. Н. Андрианов.

С 1966 г. начался прием студентов для обучения по специальности «Механизация портовых перегрузочных работ». Факультет механизации и оборудования портов с 1974 г. стал называться факультетом портовой подъемно-транспортной техники.

Обязанности декана факультета выполняли проф. П. С. Козьмин (1938–1942), доц. Ю. А. Рейнгольдт (1944–1949), проф. А. А. Долголенко (1949–1955), проф. В. Ф. Сиротский (1955–1959), доц. П. А. Самойлович (1959–1969), доц. П. П. Артемьев (1969–1976), доц. А. К. Миненко (1976–1980), проф. Ю. В. Силиков (1980–1994), проф. Е. Н. Андрианов (1994–2001).

Основная тяжесть работы по созданию материальной базы факультета, учебно-методическому обеспечению специальной подготовки студентов легла на плечи проф. П. С. Козьмина, проф. Н. Н. Емцова и проф. А. И. Дукельского. Одновременно ими были развернуты научные исследования, установлены связи с производством, решены вопросы организации и проведения учебных и производственных практик студентов, организовано курсовое и дипломное проектирование, начата работа по подготовке научно-педагогических кадров. Профессором П. С. Козьминым были подготовлены базовые учебники по машинам непрерывного транспорта, проф. А. И. Дукельским — фундаментальные учебники по грузоподъемным машинам и механизации портовых перегрузочных работ, проф.

Н. Н. Емцовым заложены основы технической эксплуатации и ремонта портовых перегрузочных машин.

Развитием учебно-методического обеспечения специальных дисциплин и научных исследований в 1950–1969-х годах занимались проф. А. А. Долголенко и В. Ф. Сиротский, которые активно продолжали развитие базовых дисциплин механизаторской специальности.

После объединения ЛИИВТа и ЦНИИРФа в 1959 г. и создания отраслевого учебно-научного комплекса ЛИВТ на специальных кафедрах факультета появились научные подразделения (лаборатории и секторы), выполняющие исследования, опытно-конструкторские разработки, создающие нормативные и методические документы для речных портов.

Основными направлениями работы были: создание новой высокопроизводительной перегрузочной техники, комплексное решение вопросов механизации и автоматизации перегрузочных работ, повышение надежности портового оборудования.

Учитывая сложность решаемых проблем, большое число участников (научных и проектно-конструкторских организаций, производственных предприятий), приказом Минречфлота на институт и факультет были возложены функции головной организации по созданию и совершенствованию технических средств комплексной механизации и автоматизации перегрузочных работ в портах и создан Координационный совет, который последовательно возглавляли проф. В. Ф. Сиротский и доц. П. П. Артемьев.

Значительное внимание уделялось подготовке специалистов высшей квалификации. При факультете с 1950 г. работал Совет по защите кандидатских диссертаций. В послевоенный период на факультете было подготовлено 85 кандидатов технических наук. Докторские диссертации в период работы на факультете защитили 9 сотрудников.

На кафедре подъемно-транспортных машин в начале 1960-х гг. были созданы научно-исследовательские лаборатории грузоподъемных машин, машин непрерывного транспорта и пневмотранспортных устано-

вок. Лаборатория грузоподъемных машин (заведующий — к. т. н. Ю. В. Силиков) проводила натурные испытания, осуществляла статистические наблюдения за отказами порталных кранов, выполняла обоснования проектов их модернизации, создала методику расчетной оценки показателей надежности металлоконструкций и механизмов кранов. Результаты исследований опубликованы в серии монографий научного руководителя работ проф. В. И. Брауде.

В лаборатории машин непрерывного транспорта (заведующий — к. т. н. С. И. Смольский) под научным руководством проф. А. А. Долголенко был выполнен большой цикл исследований по обоснованию параметров скребковых конвейеров сплошного волочения, на базе которого Ленгипроречтранс создал проект ротерно-конвейерного перегружателя РКП-500 для выгрузки апатита производительностью 500 т/час. Также были проведены исследования по определению путей герметизации и автоматизации процессов погрузки и выгрузки апатита, на основании результатов которых в Медвежьегорском, Пермском и Астраханском портах построены склады силосного типа, позволившие решить эти вопросы.

В лаборатории пневмотранспортных установок (заведующий — к. т. н. В. Ф. Климов) проводились исследования и выполнялись работы по созданию нового типа ленточного конвейера на воздушной подушке. На основании результатов, полученных доц. П. П. Оноховым и научным сотрудником Ю. М. Маховым, такой конвейер был создан и установлен на причале химических грузов Пермского порта.

Полученные научные результаты были опубликованы в трудах института и использованы при подготовке учебников и учебных пособий для студентов.

На кафедре механизации и эксплуатации портов (с 1973 г. — кафедра технологии, эксплуатации и автоматизации работы портов) были созданы три научно-исследовательских подразделения: лаборатория технической эксплуатации перегрузочных машин; лаборатория гидромеханизации (впоследствии — сектор технологии гидромехани-

зированной перегрузки песчано-гравийных материалов); сектор пылевидных грузов (впоследствии — сектор технологии портовых перегрузочных работ). Общее научное руководство осуществлял проф. В. Ф. Сиротский.

В результате работы были созданы «Правила технической эксплуатации перегрузочных машин речных портов», «Методика оценки уровня технической эксплуатации перегрузочных машин», утвержденные Минречфлотом. Были выполнены циклы работ по автоматизированному управлению порталными кранами, грейферно-бункерными и гидроперегрузчиками, по сокращению пылеобразования в разгрузочных железнодорожных галереях, по разработке системы автоматического управления выгрузки апатитового концентрата из бункеров разгрузочных галерей, по созданию высокопроизводительных гидроперегрузчиков и эжекторных снарядов для добычи песчано-гравийных материалов с большим содержанием гравия с глубин до 30 м, их обогащение и классификации.

Электротехнический факультет получил свое название в 1974 г. в результате переименования электромеханического факультета, созданного в 1955 г. на базе кафедры электротехники факультета механизации и оборудования портов. Необходимость его создания была связана с резким возрастанием потребности в инженерах-электромеханиках широкого профиля на предприятиях и в организациях водного транспорта. Это вызывалось: пополнением транспортного и технического флота новыми типами судов с дизельными и дизель-электрическими энергетическими установками, укомплектованными электроприводными механизмами; развитием механизации перегрузочных работ в портах; строительством и эксплуатацией судоходных гидротехнических сооружений; электрификацией судоходной обстановки на водных путях; повышением уровня механизации судостроительных и судоремонтных заводов; необходимостью квалифицированного решения вопросов электроснабжения развивающихся объектов водного транспорта.

Первым деканом электромеханического факультета и его организатором был доц. Ю. А. Рейнгольдт. Подготовка инженеров-электромехаников в первые годы велась по специальности «Электрификация промышленных предприятий и установок». Для ведения учебного процесса кафедра электротехники была преобразована в кафедру электротехники и электрооборудования. В 1958 г. произведено ее разделением на две: общепромышленную кафедру теоретической и общей электротехники (ТОЭ) и специальную кафедру электрооборудования предприятий и установок водного транспорта.

Кафедрой ТОЭ заведовали доц. В. А. Эрслер (1958–1971), проф. Ю. А. Светликов (1971–1978). С 1978 г. кафедру возглавляет проф. В. В. Сахаров.

В 1970 г. на базе судовых дисциплин возникла самостоятельная кафедра, которая в 2003 г. была передана на судомеханический факультет. Вопросы электрооборудования портов, гидротехнических сооружений и промышленных предприятий стала вести кафедра электропривода и электрооборудования береговых установок. Специальной кафедрой заведовали проф. Ю. А. Рейнгольдт (1958–1971), проф. В. П. Шорин (1971–1985). С 1985 г. возглавляет кафедру проф. В. А. Шошмин, под руководством которого значительная научно-исследовательская работа была проведена по модернизации и повышению надежности электрооборудования шлюзов Волго-Балтийского водного пути.

Деканами электромеханического и электротехнического факультетов были проф. Ю. А. Рейнгольдт (1955–1963) и проф. В. П. Шорин (1963–1968 и 1981–1986), доц. П. И. Гриценко (1968–1973), проф. В. В. Тихонов (1973–1978), доц. К. Т. Витюк (1978–1981), проф. А. А. Ишимикли (1986–1995) и Ю. М. Кулибанов (1995–2001).

После создания в 1959 г. ЛИВТа как учебно-научного отраслевого комплекса на кафедрах факультета возникли научные подразделения, осуществлявшие работу на основе хозяйственных договоров с управлениями Минречфлота, его линейными организациями, а также с организациями смежных отраслей.

В этом же году факультет перешел на подготовку инженеров по специальности «Электропривод и автоматизация промышленных установок», которая в 1988 г. трансформировалась в специальность «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов». Такая специальность в большей степени отвечала характеру должностей, занимаемых выпускниками факультета.

Большую помощь в постановке преподавания специальных дисциплин оказали профессора ведущих вузов Ленинграда, которые работали по совместительству (А. Е. Алексеев, А. С. Каплянский, П. Л. Сиверс, Б. И. Норневский и др.).

Факультет портовой техники и электромеханики в настоящее время осуществляет подготовку специалистов по двум специальностям: «Эксплуатация перегрузочного оборудования портов и транспортных терминалов»; «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов».

Деканом с момента создания факультета является проф. Е. Н. Андрианов.

В составе факультета две общепромышленные и три специальные кафедры. Общепромышленную подготовку ведут кафедры: основ инженерного проектирования, заведующий — проф. С. О. Барышников; теоретической и общей электротехники, заведующий — проф. В. В. Сахаров. Специальную подготовку осуществляют кафедры: подъемно-транспортных машин, заведующий — проф. Е. Н. Андрианов; технологии, эксплуатации и автоматизации работы портов, заведующий — проф. П. А. Головачев; электропривода и электрооборудования береговых установок, заведующий — проф. В. А. Шошмин.

За время подготовки инженеров-механиков портов и инженеров-электриков береговых объектов водного транспорта выпущено около 8 тыс. специалистов, в числе которых участник Великой Отечественной войны Герой Советского Союза М. Н. Тургель и Герой Социалистического Труда К. Ф. Реквава, член Союза писателей, автор романов и повестей Н. Е. Дементьев.

В. П. Евланников,
д-р. филос. наук, проф. СПГУВК

ВЫСШЕЕ СОЦИАЛЬНО-ПОЛИТИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПАРАДИГМЕ

THE HIGHER SOCIOPOLITICAL FORMATION IN A SYNERGETIC PARADIGM

В статье изложена проблема использования методов синергетики в организации изучения социально-политических дисциплин в высшей школе. Автор описывает возможность создания междисциплинарных предметов с целью повышения качества гуманитарного образования.

The article is devoted to the problem of using methods of synergetics in the organisation of studying social-political subjects in the higher school. The author describes possibility of creating interdisciplinary subjects for improving quality of arts education.

Ключевые слова: синергетика, парадигма, социально-политическое знание, междисциплинарные предметы, качество гуманитарного образования.

Key words: synergetics, paradigm, social-political knowledge, interdisciplinary subjects, quality of arts education.

В ДАННОЙ статье я предполагаю рассмотреть возможность применения методологии синергетики к формированию содержания гуманитарного образования, детерминантой которого является социально-политическое знание. Его генезис демонстрирует поведение, характерное для открытых систем, описываемых синергетикой. Роль внешнего воздействия играет соотношение объема накопленных знаний и способа их упорядочения и переработки. При достижении этим соотношением критического значения появляется новый элемент структуры гуманитарных знаний и содержания гуманитарного образования.

Замечу предварительно, что различные науки проходят сходные пути развития, когда формируются системы аксиом, правила вывода, связи между инвариантами, то есть основные понятия и законы. Все науки, так или иначе, проходят (индуктивный) этап развития. Происходит это с разными скоростями, на различных этапах исторического развития науки, но каждая при этом «примеряет», так сказать, методы другой, «изобретая велосипед» только в случае крайней нужды. Если говорить о социально-политическом знании, то можно отметить встречающиеся факты неоднозначности понятийного аппарата, приводящие к тому, что формулировки основных

понятий, даваемые различными авторами, существенно различаются между собой. Поэтому, приступая к работе, ученый вынужден проводить изыскания по поводу формулировок основных понятий по разрабатываемой проблеме, наилучшим образом отвечающих его требованиям как ученого. Подобные ситуации редки в науках, находящихся на дедуктивном этапе развития, характеризующемся наличием строгой системы основных понятий, аксиом, правил вывода, законов, моделей и т. п. Одним из подходов, «заимствованных» философией из естественных наук, является системный подход. Он применяется в таких методологических процедурах, как: отбор содержания материала в преподавании; оптимизация познавательной деятельности студентов; управление процессом обучения и др. Применение системного подхода является, безусловно, плодотворным. Система гуманитарного образования, понятно, не может ограничиваться этим подходом. Тем более что она подчиняется тем законам развития, которые определяют поведение открытой термодинамической системы. Показать это — цель настоящей статьи. Изучением поведения таких систем собственно и занимается синергетика. Причем же тут синергетика? Возможны три варианта применения методологии синергетики. Два первых — классические, они исполь-

зуются: 1) при описании открытых термодинамических систем; 2) и при исследовании нетермодинамических систем (политических, экономических, социальных); которые описываются нелинейными дифференциальными уравнениями того же вида, что и открытые термодинамические системы, изучаемые синергетикой. Третий вариант — это применение общих закономерностей поведения систем, описываемых в первых двух случаях к новой системе. При этом важно показать, что материал, полученный при изучении новой системы, явно демонстрирует особенности поведения, наблюдающиеся в первых двух ситуациях, и имеются общие основания считать, что исследуемая система относится к тому же классу, что и ранее описанные синергетикой. Забегая вперед, отметим, что в нашем случае имеет место именно третья ситуация. Общим и основным свойством систем, изучаемых синергетикой, является способность к самоорганизации при их эволюции. Самоорганизация, как известно, имеет место в усложнении структуры изучаемой системы, которое возникает, когда внешнее воздействие на систему превосходит некоторые критические значения. При этом, как правило, в таких системах или появляются новые структурные элементы, или происходит специализация старых так, что они начинают выполнять новые функции. Благодаря этой специализации эффективность «работы» системы в целом возрастает, так что она справляется с возросшими требованиями современной системы образования. Следует отметить, что процесс самоорганизации органично связан с понижением степени симметрии системы. Проиллюстрируем высказанное положение хрестоматийными примерами из естествознания. Первый пример: явление Бенара. Оно возникает при нагревании тонкого слоя жидкости снизу. При малых значениях перепада температур по высоте слоя перенос тепла в жидкости происходит только за счет теплопроводности жидкости, то есть за счет молекулярного переноса тепла. При этом все части жидкости покоятся, и в ней нет потоков вещества. При достижении перепадом температур критического значения молекулярный механизм переноса оказывается не в состоянии обеспечить дальнейший рост потока теп-

ла, и в жидкости возникают конвективные потоки в виде замкнутых контуров. При взгляде сверху эти контуры выглядят как шестигранная сетка, которую называют «ячейки Бенара», по имени первооткрывателя. Таким образом, мы видим, что в докритических состояниях система пространственно однородна, а при сильном отклонении от равновесия в ней возникает структура, обладающая следующими видами симметрии: трансляционная в плоскости, центральная, зеркальная и поворотная шестого порядка. При этом исходная система однородна и имеет более высокую степень симметрии. Появление специализированных элементов жидкости позволяет ей резко увеличить перенос тепла. Второй, не менее часто приводимый пример: органическая реакция Белоусова–Жаботинского. Исследуется окислительно-восстановительная реакция в растворе серной и малоновой кислот, сульфата церия и бромида калия. Добавленный в такой раствор индикатор (ферроин) позволяет фиксировать изменения концентрации ионов в растворе по изменению его цвета. Если при малых значениях концентраций веществ (ниже критического значения сродства) цвет раствора однородный по всему объему и не меняется, то при достижении ими критических значений наблюдаются весьма необычные явления: а) при превышении концентрации веществ, определяющих ход процесса, изменение концентрации ионов церия носит характер колебаний. Цвет раствора периодически меняется от красного (избыток) до синего (недостаток); б) при дальнейшем росте определяющих концентраций, после временных колебаний цвета спонтанно возникают неоднородности концентрации по объему и образуются устойчивые красные и синие слои, которые можно наблюдать в течение около 30 минут. Третий пример: окраска шкуры животного. Если шкура животного пигментирована двумя цветами (ягуар, кошка и т. д.), то туловище покрыто пятнами одного цвета на фоне другого. В основе образования этих пятен лежит химический процесс, сходный с реакцией Белоусова–Жаботинского. Математическое описание синергетической модели этого явления на основе топологии показывает, что распределение пятен на протяженных

объектах имеет вид полос, поэтому все пятнистые животные имеют полосатые хвосты.

Анализ этих и подобных им явлений позволяет сделать вывод о том, что: новые структуры могут возникать в природе во всех тех случаях, когда выполняются следующие условия: система является термодинамически открытой, то есть может обмениваться веществом или энергией со средой. Динамические уравнения системы нелинейны. Кроме того, отклонение от равновесия превышает критическое значение. Иными словами, самой общей закономерностью систем, изучаемых синергетикой, является то, что структура системы в критических точках усложняется скачком.

Каким же образом можно использовать выводы синергетики в преподавании социально-политических наук? Содержание любого (и гуманитарного) образования характеризуется двумя детерминантами: структурой деятельности; и структурой объекта изучения, которым в данном случае является социально-политическая действительность. Последняя, в свою очередь выступает детерминантой содержания образовательного процесса опосредованно, то есть через гуманитарное знание. Это приводит к необходимости анализа влияния структуры социально-политического знания на структуру содержания гуманитарного образования. В соответствии с классификацией гуманитарного знания, философию следует отнести к наукам, объект и предмет которых характеризуются, прежде всего, процессами информационных обменов.

Социология и политология — это науки, изучающие сущность, закономерности, принципы, методы и формы организации процесса познания социально-политической действительности. Познавательный процесс в свою очередь представляет собой специально организованное взаимодействие (или даже цепочку взаимодействий) старшего и младшего (обучающего и обучаемого). Целью этого взаимодействия, как известно, является передача старшими и освоение младшими социального опыта, необходимого для жизни в обществе. Таким образом, в широком смысле речь идет о системах, обменивающихся с окружающими системами потоками информации. Безусловно, к таким системам можно отнести и пред-

мет социально-политической науки, а это и является тем общим основанием, которое необходимо, как я уже отмечал, для переноса общих закономерностей синергетики в область преподавания социологии и политологии. Очевидно, что при таком переносе необходимо учитывать уже имеющийся опыт прямого применения методологии синергетики в науках, объектом которых также не являются классические открытые термодинамические системы (экономика, например). Однако, в отличие от экономики, имеющей множественные формализованные модели, к которым применимо математическое описание, прямое использование аппарата синергетики в области социологии и политологии пока затруднено, так как формирование ее собственных моделей находится на начальном этапе. Тем не менее представляется возможным и даже необходимым, перенос общих закономерностей систем, изучаемых синергетикой, и в сферу социально-политического знания, прежде всего с целью облегчить в дальнейшем формирование собственных формальных моделей, учитывающих специфику объектов, исследуемых социологией и политологией, где давно настало время использования методологии синергетики, так как «...бифуркационный механизм развития, в основе которого лежит процесс самоорганизации, чередование хаоса и порядка, является универсальным принципом мироустройства, характерным для систем самого общего вида»¹. Тем не менее, предостерегая от буквального переноса методов синергетики в социологию и политологию, следует отметить, что неопровержимо лишь то, что при доминировании нелинейных состояний управление системой утрачивается. А цель синергетического подхода в области преподавания социологии и политологии может состоять... в глубоком осмыслении социально-политического наследия как творческого синергетического процесса и исключает механистическое его толкование. Возможно также использование идей синергетики при рассмотрении самоорганизации в области социально-политического мышления. Синергетический подход в социологии и политоло-

¹ Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. М., 1986. С. 133.

гии есть восполнение недостающих звеньев, «перебрасывание мостов, самодоистраивание целостного образа». Главным объектом для приложения синергетических знаний является изучающий социологию и политологию студент, как система «обучаемая и самообучающаяся», «воспитываемая и самовоспитываемая». Основные понятия синергетики могут представлять естественную методологическую основу для понимания родства систем разной природы, общности механизмов их развития и взаимодействия с другими системами, они выступают в качестве интеграторов в процессе объединения разных предметных полей. Опираясь на отмеченные варианты применения методологии синергетики, попытаюсь обобщить и конкретизировать ее применение на примере гуманитарного образования, области, в которой, как ни в одной другой, существует удобная возможность перехода от общих принципов к их предметной реализации. Следует в первую очередь отметить, что в данном случае рассматриваются два взаимосвязанных объекта применения методологии синергетики. Первым из них является система социально-политического образования в ее историческом аспекте, в единстве с определяющим этот аспект генезисом гуманитарного знания в целом. Второй объект — это собственно социально-политическое образование как система, имеющая свою особую структуру (ступени, сквозные линии и т. п.). Кроме общих соображений, позволяющих отнести объект социологии и политологии к классу систем, подлежащих исследованию методами синергетики, необходимо найти данные, подтверждающие, что объект, исследуемый данными науками, явно демонстрирует особенности, характерные для данных систем. Известно, что одной из важнейших закономерностей поведения открытых систем является то, что при достижении критических значений параметров внешнего воздействия на систему она откликается усложнением своей структуры. Это усложнение является способом решения системой напряженных задач, поставленных перед ней внешним воздействием, с целью восстановления динамического равновесия с окружением. Можно рассматривать наблюда-

емый в современных условиях растущий объем информации как внешнее воздействие на объект социально-политического знания.

При достижении данным объемом некоторых критических значений происходит усложнение структуры как социально-политического знания, так и содержания гуманитарного образования. Это превосходно подтверждается историей науки, в более широком смысле — историей человеческой культуры. Наблюдаемое сейчас «переполнение» информацией происходит далеко не впервые в истории человечества. Например, в конце классического (индуктивного) этапа развития философии в Древней Греции были накоплены огромные философские знания в виде отдельных, неупорядоченных философских теорий, суждений. Эти знания представлялись огромными по двум причинам.

Первая из них заключается в том, что когнитивные средства были примитивными (отсутствовала позиционная система, научная методология и т. д.), вследствие чего осмысление и доказательства, сопровождающие каждую такую теорию, занимали непомерно большое количество времени и сил. Вторая причина более серьезна: она заключается в том, что эти теории были разобщены и неупорядочены, так как отсутствовали систематические логические связи между ними.

Окончание классического этапа развития философии и переход к дедуктивному этапу связан с появлением логики как особого структурного элемента философии и других мировоззренческих наук. Наибольший вклад в становление логического метода в науке внесли Фалес Милетский (первые теоремы математики), Евклид (аксиоматическое построение геометрии), ну и, конечно, Аристотель (систематическое изложение логики как науки). Так, первые теоремы в истории человечества доказаны Фалесом Милетским с использованием понятия «зеркальной симметрии» в качестве первичного дедуктивного понятия. Благодаря этим достижениям философская наука, которая до того была аморфной грудой суждений, приобрела внутреннюю структуру с выделенным ядром в виде логики.

В связи с этим следует отметить, что вершиной логики является аксиоматический

метод (Евклид–Аристотель), который сам имеет четкую внутреннюю структуру:

— базис (первичные дедуктивные понятия и аксиомы);

— способы вывода — ядро метода,

— различные высказывания (дилеммы, теоремы, апории, производные дедуктивные понятия и т. д.).

На следующем, дедуктивном этапе развития философии возникли новые проблемы и трудности, связанные с критикой позиции Фалеса его последователями. Выяснилось, что первичные дедуктивные понятия, принятые ими в противовес Фалесу, также являются неопределенными и могут приводить к противоречиям, если их не уточнять; аксиомы, связанные с этими понятиями, можно выбирать с определенным произволом и в зависимости от этого выбора можно получить различные геометрии мира: Евклида, Лобачевского, Римана — в любой строгой аксиоматической системе существует утверждение, относительно которого нельзя (методами данной аксиоматической системы) показать логически ни что оно верное, ни что оно неверное (теорема Геделя). Второй пример подобной ситуации возникает в конце следующего значительного этапа развития гуманитарного знания.

К концу XIX в. философия специализируется и представляет собой огромное, хаотически выстроенное здание без какой-либо отчетливой архитектуры. Даже самые известные философы могли работать в весьма специфических, узких областях философского знания. Эта дифференциация все росла и уже начинала мешать развитию гуманитарного знания. Сложившаяся ситуация нашла разрешение в знаменитой философской системе Гегеля. Ее основная идея состояла в наделении философии четкой внутренней структурой, ядро которой составляет понятие троичной симметрии. Идеи Гегеля сейчас положены в основу построения большинства современных научных систем, а построение гуманитарного знания с единых позиций — необходимое условие решения противоречий, касающихся ее основ.

В рассмотренных случаях эволюция содержания социологии и политологии повторяет ход эволюции гуманитарного знания

вообще, но это, по-видимому, не является обязательным условием. Мало того, социология и политология, как и содержание гуманитарного образования в целом, находятся в сложной связи, для характеристики которой приходится решать задачу о том, что первично: яйцо или курица.

Принимая, что генезис социально-политического знания демонстрирует поведение, характерное для открытых систем, описываемых синергетикой, обратим внимание на следующие моменты: соотношение объема накопленных знаний и способа их упорядочения и переработки, роль внешнего воздействия; процесс передачи социально-политического опыта. К концу классического периода такое соотношение достигает критического значения и в структуре социально-политического знания появляется новый специализированный элемент — логика.

Этот рубеж разделяет классический этап на две части: с хаотичной архитектурой социально-политического знания; со стройными ее очертаниями. Роль внешнего воздействия в данном случае играет соотношение суммы накопленных знаний и способа их организации. При достижении этим соотношением критического значения появляется новый элемент структуры гуманитарного знания — логика. Таким образом, можно утверждать, что в истории гуманитарного знания возникали кризисы, разрешение которых было связано с усложнением структуры социологии и патологии.

Так как социология и патология являются детерминантой содержания гуманитарного образования, то очевидно, что генезис социологии и патологии проявляется в современной структуре содержания гуманитарного образования.

Это выражается в том, что, следуя сквозной линии гуманитарного образования, студент в ускоренном темпе проходит все этапы исторического развития гуманитарных наук. Школа (средняя) соответствует классическому этапу развития социологии и патологии, когда сумма гуманитарных знаний сравнительно невелика и отражается в содержании двух учебных дисциплин — истории и обществознания. В данном случае на этом

этапе сквозной линии имеет место ситуация, аналогичная слитному сосуществованию наук на классическом (индуктивном) этапе их развития.

Переход к высшему образованию аналогичен переходу к дедуктивному этапу развития социологии и патологии, когда логический метод позволил систематизировать большой объем накопленных знаний и привести в дальнейшем к дифференциации различных отраслей гуманитарного знания. Современная система высшего образования также связана с увеличением объема содержания гуманитарного знания и необходимостью его структурирования. Как следствие этого, курс обществознания, изучаемый в средней школе, расчленяется на курсы: философии, культурологии, социологии, политологии, логики и прочего, происходит дифференциация гуманитарного знания по различным направлениям и содержания сквозной линии гуманитарного образования, которое распадается на несколько ветвей, соответствующих разным курсам. По мере увеличения объема изучаемого материала сами курсы распадаются на отдельные дисциплины (расположенные параллельно или последовательно). Между процессами дифференциации поперечного среза содержания гуманитарного образования и степенями, на которые делится сквозная линия, существует корреляция.

Необходимо учитывать, что единую модель описанной разветвленной структуры для профессиональных различных ориентаций в институте реализовать трудно. Поэтому в последнее время появилось много профильных учебных курсов: вроде экономической социологии, этики бизнеса, социологии техники, государственного управления и т. д.

Возрастание дифференциации содержания гуманитарного образования, связанного с его «профилизацией», начинается именно в вузах. При этом структура содержания гуманитарного образования вновь усложняется, а сквозные линии испытывают дальнейшее дробление с продолжением данного процесса. Это приводит к рассогласованию элементов структуры содержания гуманитарного образования. В рамках рассматриваемой аналогии между развертыванием сквозной линии

гуманитарного образования и эволюцией социологического и политологического знания такая же ситуация (связанная с усложнением структуры) имела место в философии конца XIX — середины XX в. Организация новой структуры в социологии и патологии связана с появлением материалистической концепции Маркса, в философии это нашло выражение, в трактовке структуры области гуманитарных знаний как иерархической, в основе иерархии, как известно, Маркс испоместил экономику.

Таким образом, на основании анализа истории социологии и патологии и гуманитарного образования в целом можно утверждать, что возникавшие кризисы «переполнения информацией» разрешались посредством появления нового элемента области социологического и политологического знания и одновременно, как правило, появления нового специализированного элемента содержания гуманитарного образования, то есть посредством усложнения структуры этих объектов. В настоящее время имеются трудности в системе гуманитарного образования, выражающиеся в рассогласовании его содержания как «вдоль» сквозной линии гуманитарного образования, так и «поперек». Продолжая рассуждения, можно предположить, что очередное усложнение структуры гуманитарного образования, разрешающее эти трудности, связанные с «пресыщением» информацией, должно проявиться появлением в системе гуманитарного образования нового элемента, согласующего его содержание. При этом согласование реализуется как на межцикловом уровне, так и между степенями образования, в том числе общего и профессионального образования. Такое изменение способно осуществить необходимое согласование без коренной перестройки исторически устоявшейся структуры и содержания гуманитарного образования.

Решение этой проблемы должно строиться на основании подхода, общего для всех открытых систем. После прохождения критической точки система гуманитарного образования должна измениться, откликнувшись на возрастающее общественное воздействие усложнением своей структуры, аналогично тому, как это происходит в области других

наук. Следует отметить, что понятие сквозной линии нуждается в определенной модификации, учитывающей, что сама сквозная линия имеет сложную внутреннюю структуру, для описания которой, возможно, требуется нетрадиционный математический аппарат. На основании применения методологии синергетики можно ввести в качестве нового структурного элемента, позволяющего системе гуманитарного образования «приспособиться» к непрерывному росту объема информации, генерализующую интегративную дисципли-

ну. Что, в свою очередь, позволит решить ряд проблем.

Рассмотрим теоретическую составляющую содержания общего гуманитарного образования. Она разбита на ряд исторически сложившихся стадий и пронизывается сквозными линиями изучаемых предметов. При этом предполагается, что ее поперечное сечение на протяжении определенной ступени школьного обучения состоит из одного и того же набора сквозных линий. Часть структуры теоретического образования приведена ниже.

Фрагмент общепринятой структуры содержания образования

Социально-политическое знание	Социально-политическое знание
Обществознание	Культурология
	Логика
	История мировой культуры
	Концепция современного естествознания
	Социология
	Политология
	Религиоведение
	Философия
Среднее образование	Высшее образование

При таком описании структуры гуманитарного образования невозможно говорить о процессах одновременной дифференциации и интеграции структурных единиц, хотя объективно существует потребность в реализации обеих этих тенденций в пределах одного временного интервала. Такая потребность, с одной стороны, выражается в появлении структурных элементов, позволяющих реализовать обобщение в пределах одного занятия, темы, дисциплины и даже набора дисциплин, с другой стороны, она же проявляется в непрекращающихся попытках слияния и разделения гуманитарных дисциплин, поиске междисциплинарных образовательных форм. Приложение методологии синергетики к гуманитарному образованию позволяет создать новую генерализующую структуру, учитывающую равновесие процессов дифференциации и интеграции, то есть их синтез, путем введения на определенных эта-

пах какой-либо генерализующей интегральной дисциплины. При этом не предполагается ее сквозной характер, даже в пределах одной ступени. Вводимая дисциплина локализована по времени в конце ступени. В общеобразовательной школе такая дисциплина существует, это обществознание. Чего нельзя сказать о высшей школе. Предполагаемая генерализующая гуманитарная дисциплина могла бы состоять из того же набора сквозных предметов, из которого состоят сами ступени, однако сегодня, эти предметы рассматриваются только под углом зрения их сходства и различия. Эта дисциплина не должна прерывать линии сквозных предметов, хотя, конечно, отнимает у них некоторую часть учебного времени. И, наконец, эта дисциплина не обязательно простирается на весь период образовательной ступени. Приведенная далее схема не является конкретным решением, а лишь иллюстрирует суть подхода.

Социально-политическое знание	Социально-политическое знание	Социально-политическое знание
Обществознание	Культурология	?
	Логика	
	История мировой культуры	
	Концепция современного естествознания	
	Социология	
	Политология	
	Религиоведение	
	Философия	
Среднее образование	Высшее образование	

Другой проблемой, которая может быть решена введением локального курса, является «разведение» задач отбора содержания сквозных предметов и данной социально-политической дисциплины.

В настоящее время, отбирая содержание сквозных предметов, пытаются решить две противоположные задачи:

— сформировать навыки и умения осуществления социально-политической деятельности в рамках данного предмета;

— научить ориентироваться в широком круге социально-политических проблем, с которыми может быть связана эта деятельность.

Очевидно, что формировать социально-политические навыки и умения для осуществления некоторой деятельности целесообразнее на узком, легко обозреваемом поле, тогда как ориентация, напротив, требует обозрения широкого поля. Пренебрежение различием

этих аспектов деятельности при обучении приводит в настоящее время к неоправданному переполнению учебных программ сквозных предметов. Мотивом для этого обычно служит обывательское мнение о том, что современный грамотный человек не может не знать... (возможные варианты), конец этой фразы каждый из специалистов-предметников заполняет по своему выбору. Эффективность введения локальных обобщающих пропедевтических дисциплин наряду со сквозными курсами связана с возможностью сокращения суммарного содержания учебного материала. Это является перспективой. На данный момент для решения задач гуманитарного образования студентов негуманитарных специальностей достаточно одного социально-политического курса, который можно было бы составить с учетом применения методологии синергетики.

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

В. А. Бабурин,

канд. техн. наук, проф., СПГУВК

ПЕРВЫЙ РЕКТОР УНИВЕРСИТЕТА

THE FIRST RECTOR OF THE UNIVERSITY

В статье изложены некоторые факты из истории Санкт-Петербургского государственного университета водных коммуникаций и биографии его первого ректора Анатолия Сергеевича Бутова.

The article gives some facts from the history of Saint-Petersburg State University of Waterway Communication and biography of its first rector Doctor of Technical Sciences, professor A. S. Butov.

Ключевые слова: Институт путей сообщения, Ленинградский институт водного транспорта, университет водных коммуникаций, первый ректор, А. А. Бетанкур, Н. В. Бобков, Б. П. Арефьев, А. С. Бутов.

Key words: Institute of ways of communication, Leningrad institute of water transport, university of waterways communication, the first rector, A. A. Betancourt, H. V. Bobkov, B. P. Arefiev, A. S. Butov



ДЛЯ ТРАНСПОРТА России 2009 г. является юбилейным. 2 декабря исполняется 200 лет со дня подписания императором Александром I Манифеста «Об управлении водяными и сухопутными сообщениями», в соответствии с которым учрежден Институт корпуса инженеров водяных и сухопутных сообщений, положивший начало систематическому профессиональному транспортному образованию в России и созданию на его основе впоследствии ряда транспортных вузов, одним из которых является Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций.

Присвоение вузу статуса университета в 1993 г. было несомненным признанием заслуг коллектива Ленинградского института водного транспорта в деле подготовки высококвалифицированных кадров, научных разработок и результатов их внедрения на водном транспорте и в смежных отраслях, а также организаторской, научно-педагогической и общественной деятельности его ректора, президента Российской академии транспорта, профессора, доктора технических наук А. С. Бутова.

В 1993 г. университет осуществлял образовательную деятельность по 14 специальностям на семи факультетах. По всем фор-



Главное учебное здание Санкт-Петербургского государственного университета водных коммуникаций

мам, включая аспирантуру, обучалось около 5 тыс. человек. В последующие годы университет активно развивался: открывались новые специальности, рос контингент студентов, велась большая работа по подготовке научно-педагогических кадров. С 1994 по 2000 г. в университете было открыто 8 филиалов в различных регионах России, в 2000 г. присоединено Ленинградское речное училище, преобразованное в колледж инновационных технологий специалистов флота. Создан университетский комплекс, в котором к 2004 г.

на девяти факультетах по 24 специальностям обучалось более 10 тыс. человек.

Первым ректором университета водных коммуникаций был Анатолий Сергеевич Бутов. Всего же в истории вуза до сих пор было четыре первых ректора.

Эта статья о первом ректоре Санкт-Петербургского государственного университета водных коммуникаций, профессоре, докторе технических наук, действительном члене Российской академии транспорта Бутове Анатолии Сергеевиче.



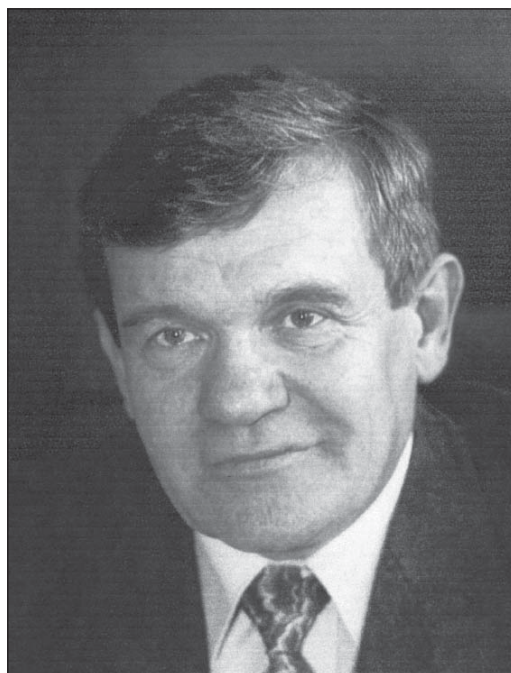
*Августин
Августинovich
БЕТАНКUR
(1758–1824),
первый ректор
(1809–1823) —
основатель Института
путей сообщения*



*Борис Павлович
АРЕФЬЕВ (1910–1997)
Первый ректор (1959–1972)
учебно-научного
института — Ленинградско-
го института водного транс-
порта (ЛИВТ), созданного
путем объединения учебно-
го и научно-исследователь-
ского институтов
ЛИИВТа и ЦНИИРФа*



*Николай Владимирович
БОБКОВ
(1890–1964)
Первый ректор
(1930–1937 и 1944–1959)
отраслевого вуза —
Ленинградского института
инженеров водного
транспорта (ЛИИВТ),
созданного на базе водного
факультета Института
путей сообщения*



*Анатолий Сергеевич
БУТОВ
(1939–2004)
Первый ректор (1993–2004)
Санкт-Петербургского
государственного университета водных
коммуникаций, созданного путем
преобразования ЛИВТа*

«*Всю свою сознательную жизнь я работал для России, делал и буду делать для нее все, что в моих силах... Я удовлетворен результатами и безмерно счастлив.*»

А. С. Бутов

Первого сентября 2009 г. исполняется 70 лет со дня рождения Анатолия Сергеевича Бутова, последние двенадцать с половиной лет своей жизни (04.02.1992–13.06.2004) проработавшего ректором Ленинградского института водного транспорта — Санкт-Петербургского государственного университета водных коммуникаций.

А. С. Бутов — волжанин. Родился в селе Малая Быковка Балаковского района Саратовской области. Всю свою жизнь посвятил водному транспорту.

Ровесник Второй мировой, он на себе ощутил ужасы и трагические последствия Великой Отечественной войны: в 1941 г. семья осталась без кормильца, мальчик — без отца. Выживать помогала великая русская река — труженица Волга.

Мать — школьная учительница сумела привить сыну уважение к людям, труду и знаниям, любовь к литературе и истории. Профессиональный выбор был определен жизнью — детскими и школьными годами.

После окончания средней школы в 1956 г. Анатолий поступает в Саратовское училище речного флота и успешно оканчивает его в 1958 г. После окончания училища работает сначала рулевым, а потом в командной должности III штурмана на пассажирских судах Волжского речного пароходства. Надо сказать, что пассажирские перевозки на внутренних водных путях в те годы активно развивались, проектировались и строились новые суда, и работать в офицерской должности на этих судах было не только престижно, но и чрезвычайно ответственно.

В 1960 г. ищущий, стремящийся к знаниям юноша со своим приятелем и коллегой, тоже штурманом, Валерием Ветчинкиным оказывается на берегах Невы. Они подают документы в Ленинградский институт водного транспорта и успешно выдерживают вступительные экзамены, а их тогда было пять: русский язык и литература (сочинение), две математики (письменно и устно), физика и иностранный язык. С 1 сентября штурманы становятся студентами инженерно-экономического факультета, Анатолий делает своеобразный подарок себе к 21-летию.

Затем пять незабываемых, насыщенных студенческих лет, в течение которых, кроме учебы, занятия спортом (плавание, водное поло), комсомольская работа с романтикой стройотрядов, работа в научно-исследовательском секторе на кафедре организации перевозок. В эти годы Анатолий создает прекрасную семью, его избранницей становится лучшая студентка курса Валентина Малашкина.

В студенческие годы во время производственных практик Анатолий Бутов работает на великой сибирской реке Лене две навигации на руководящих должностях: в 1961 г. (после окончания I курса) — мастером погрузочно-разгрузочных работ в порту Осетрово (г. Усть-Кут), а после III курса в 1963 г. — помощником начальника грузового района порта в г. Якутске.

«Во время учебы в институте, — вспоминает однокурсница И. Филимонова (Фрязинова), — Анатолий Бутов мечтал стать тем, кого сегодня называют топ-менеджером речного транспорта». Однако комиссия по распределению молодых специалистов в 1965 г. определила его судьбу, его профессиональное будущее иначе — он был распределен в должности инженера-исследователя на кафедру организации перевозок ЛИВТа, которую возглавлял доцент А. П. Ирхин, впоследствии — профессор, доктор технических наук. Александр Петрович в то время активно занимался разработкой и внедрением в практику эксплуатационной работы теории управления на водном транспорте и, естественно, в учебный процесс математических методов и вычислительной техники. Он требовал этого и от своих учеников, а Анатолий Бутов был одним из лучших его аспирантов. По рекомендации своего учителя аспирант Бутов поступает на двухгодичный курс для изучения прикладной математики в Ленинградский государственный университет. В своих диссертационных исследованиях занимается математическим и имитационным моделированием на ЭВМ транспортного процесса и составляющих его элементов. В 1973 г. блестяще защищает диссертацию «Экономико-математическое моделирование и оптимизация режимов работы линейного судоходства» на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Про-

должает с упоением заниматься наукой, ему присваивается звание старшего научного сотрудника. С 1974 г. начинает активную педагогическую деятельность в должности старшего преподавателя, а в 1976 г. — доцента.

Научные устремления А. С. Бутова были связаны с совершенствованием методов моделирования и оптимизации работы флота, внедрением ЭВМ на предприятиях речного транспорта. С 1976 по 1978 г. руководил поисковыми исследованиями в рамках творческого содружества с парокhodством «Волготанкер», с 1980 г. — комплексными исследованиями по совершенствованию управленияграничными перевозками. Постоянный участник всесоюзных научно-технических конференций по применению вычислительной техники и математических методов на водном транспорте.

В 1982 г. назначается на должность начальника вычислительного центра парокhodств Северо-Западного бассейна, становится генеральным конструктором «АСУ — Порт» Министерства речного флота и уже в новом статусе возвращается на р. Лена в порт Осетрово как идеолог и разработчик автоматизированной системы управления. Знание порта, полученное еще студентом на производственной навигационной практике, очень пригодилось Анатолию Сергеевичу. Порт Осетрово в то время был одним из крупнейших речных портов мира по переработке генеральных грузов. Через него обеспечивалось транспортное обслуживание Якутии, части побережья Северного Ледовитого океана, Чукотки, Колымы и Магаданской области. В эти годы Анатолий Сергеевич проявил себя как специалист высочайшего класса и как выдающийся руководитель.

В 1988 г. ректор ЛИВТа доктор экономических наук, профессор В. А. Легостаев приглашает его на должность проректора с правом выбора направления деятельности: наука или учебная работа. В Министерстве речного флота А. С. Бутова утверждают в должности проректора по учебной работе, по сути — первым проректором вуза.

Новая захватывающая и чрезвычайно интересная для знающего, ответственного и дисциплинированного человека работа не прерывает научных исследований. В 1990 г.

Анатолий Сергеевич защищает в Москве докторскую диссертацию «Методические основы комплексной системы текущего и оперативного планирования работы флота». Решением ВАК при Совете Министров СССР от 28 июня 1991 г. А. С. Бутову присуждается ученая степень доктора технических наук, а в 1992 г. — ученое звание профессора.

С целью внедрения информационных технологий на основе АСУ в образовательный процесс и подготовку высококвалифицированных кадров этого профиля для отрасли в ЛИВТе (1990) создается кафедра автоматизированных систем управления на речном транспорте, которую возглавил А. С. Бутов. В июне 1994 г. она преобразуется в кафедру экономической информатики и эконометрии, а в 2001-м из нее выделяется кафедра прикладной информатики в экономике, которую возглавляет одна из лучших учениц Анатолия Сергеевича профессор, доктор экономических наук Людмила Николаевна Буянова. Кафедра получает новое название — кафедра эконометрии. В 2005 г., реализуя идеи профессора А. С. Бутова, она преобразуется в кафедру математического моделирования и эконометрии, заведующий кафедрой — проф. В. А. Бабурин, научным руководителем кандидатской диссертации которого был также А. С. Бутов.

В феврале 1992 г. (после смерти Виктора Алексеевича Легостаева) проф. А. С. Бутов назначается исполняющим обязанности ректора ЛИВТа. На общем собрании работников, студентов и аспирантов вуза единогласно избирается ректором и утверждается в этой должности учредителем 10 марта.

Лидер со студенческих лет, Анатолий Сергеевич всегда имел активную жизненную позицию. Работоспособный, талантливый исследователь, даже будучи ректором и президентом Российской академии транспорта находил время для общения с молодежью не только на лекциях. Он передавал опыт молодым ученым и педагогам, беспокоился об их социально-экономическом положении, в трудные 1990-е гг. многое делал для его улучшения, был в курсе студенческих проблем, обеспечивал их решение. Способствовал развитию самоуправления, творчества и

досуга студентов. Большое внимание уделял становлению и развитию движения КВН в вузе, физической культуры и спорта. Команда КВН СПГУВК в эти годы была неоднократно чемпионом Санкт-Петербурга, студенты университета входили в состав сборной команды города — победителя Кубка Москвы, неоднократного финалиста игр международной лиги КВН «АМИК».



Команда КВН университета —
чемпион Санкт-Петербурга в 1998–1999 гг.

В университете в эти годы учились победители и призеры чемпионатов мира и Европы, члены сборных команд России по полиатлону, натурбану (санки), настольному теннису, плаванию, парусному спорту.



ПЯТЬ ЧЕМПИОНОВ МИРА - БАЛЬЗАМ ДЛЯ РЕКТОРА

●●● Для ректора Университета водных коммуникаций Анатолия Сергеевича Бутова 70-летие кафедры физвоспитания - праздник особенный. По словам руководителя вуза, еще ни разу в стенах заведения не училось столько чемпионов мира...

- Мы уделяем спорту самое пристальное внимание, - говорит Бутов. - Ведь это своего рода имидж вуза. То, что здесь обучаются профессиональные спортсмены, производит на молодежь очень сильное впечатление. Плюс ко всему, в институте есть своя команда КВН, выступающая в первой лиге чемпионата России. Летом прошел студенческий фестиваль с экскурсией на Валаам и Киж. Словом, не даем скучать ребятам. Хотим, чтобы в будущем они смогли раскрыть свой потенциал и всегда были востребованы.

- Но ведь на организацию всех мероприятий необходимы средства...
- Спортсмены получают так называемую внебюджетную помощь. К счастью, мы вовремя поняли, что от государства ждать помощи не стоит. Поэтому начали заниматься коммерческой деятельностью, открыли десять своих филиалов в городе и области, принимаем студентов на платное обучение. Между тем цена вопроса, как говорится, не такая уж и высокая.

- Неужели вынужденных средств хватает на подготовку атлетов?

- Есть и спонсорская помощь. К примеру, без поддержки киние мы бы не смогли достать средства на техническое оснащение и экипировку яхты «Акселла», которая стала победителем регаты «Катти Сарк». Причем во многом поддержку люди спорта ищут самостоятельно, без вмешательства руководства вуза.

- Чувствуете ли при этом помощь Спорткомитета?

- Он помогает в организации домашних соревнований. Берет на себя расходы на изготовление кубков, наград и грамот. Но, поверьте, это не такие уж большие деньги.

- Сколько спортивных объектов «закреплено» за университетом?

- На нашей территории расположены два больших стандартных баскетбольных зала. Есть ринг для бокса, тренажерный зал, тир, шейпинг-комплекс. Находится в хороших отношениях с плавательной СДЮШОР, имеется в на-

личии парусная база. Что говорить, если в прошлом году мы смогли самостоятельно провести чемпионат мира по полиатлону.

- И при этом ваши воспитанники становились чемпионами. А занятия спортом на усвоивших студентов не сказываются?

- Естественно, что все они занимаются по индивидуальному графику. Например, племянник Илья Жирова мы видим всего три раза за полгода. К шести атлетам, большинство из них со своими проблемами справляются. Никто из преподавателей не жалуется.

- Каковы спортивные планы Университета на ближайшее будущее?

- В этом году намерены создать собственный спортклуб. Преподаватели кафедры станут тренерами и будут получать зарплату в зависимости от результатов их подопечных. Кроме этого, моя личная мечта - воссоздать популярный в свое время футбольный клуб «Кировец». А вообще-то, я очень доволен, как мы развиваемся. За последние два года наши воспитанники получили пять золотых медалей чемпионатов мира. Повторить подобное достижение будет очень трудно.

Подготовил
Вадим ШЕРЕМЕТЬЕВ

Человек слова, Анатолий Сергеевич всегда выполнял свои обещания и принятые обязательства, способствовал решению задач и достижению поставленных целей другими на благо коллектива, заботился о материальном положении работников вуза. Благодаря его стараниям более 60 сотрудников университета улучшили свои жилищные условия.

В 1990-е гг. резко снизился выпуск специализированной технической и учебной литературы государственными издательствами. Вспоминая об этом времени, Татьяна Васильевна Емельянова, многие годы возглавлявшая издательскую деятельность в университете, отмечает, что интерес Анатолия Сергеевича к книге (это было заложено матерью) вообще и к вузовскому книгоизданию в частности был огромен. В сложившейся с книгоизданием ситуации остро встал вопрос об обеспечении учебной и научно-технической литературой потребностей вуза, создании собственного производства. И Анатолий Сергеевич сделал для этого все необходимое. В 1992 г. вуз получил лицензию на право самостоятельного издания. В 1994 г. сдано в эксплуатацию долго строившееся здание для издательско-полиграфического центра, приобретено новое оборудование. Книги стали выпускаться на собственной полиграфической

базе: в 2004 г. типографией университета было выпущено 465 изданий, тогда как в 1992–1993 гг. — всего лишь 67.

Для обеспечения необходимого качества учебного процесса, проведения учебных практик для студентов гидротехнического и частично судоводительского факультетов произведена реконструкция геобазы в пос.

Толмачево на берегу реки Луги — вместо деревянных домиков построено и введено в эксплуатацию в 2003 г. трехэтажное кирпичное жилое здание — гостиница на 108 мест.



Геобазы университета в поселке Толмачево.
Здание гостиницы

С теплотой, глубоким уважением и величайшей признательностью говорят об Анатолии Сергеевиче его многочисленные ученики, люди, которым довелось работать вместе с ним и под его началом.

Ирина Дмитриевна Шилкина (Филатова), дипломница А. С. Бутова, ныне доцент созданной им кафедры: «Возвращаясь ко времени, когда была возможность общаться с Анатолием Сергеевичем, вспоминаются прежде всего студенческие годы. И хотя мы уже были студентами III курса и успели “окунуться” в такие дисциплины, как программирование, экономическая кибернетика, математическая логика, встреча с А. С. Бутовым, читавшим курс “Управление флотом и портами”, определила нашу судьбу. Одних из нас полученные впечатления повергли в шок, других увлекли методами в экономике, математическим моделированием, матстатистикой на многие годы. Не все ученики Анатолия Сергеевича остались работать в институте и даже в системе речного флота, но те знания, а может быть, мироощущение и жизненная мудрость, которые мы впитывали при общении с ним, позволили выпускникам успешно трудиться в различных отраслях, в том числе далеких от речного транспорта.

Следующий период общения с А. С. Бутовым прошел в Вычислительном центре пароходств Северо-Западного бассейна, куда по распределению пришла довольно большая группа выпускников инженерно-экономического факультета ЛИВТа, а незадолго до

этого начальником этого ВЦ был назначен Анатолий Сергеевич. Под впечатлением учебы и дипломного проектирования под руководством А. С. Бутова молодые специалисты рвались в аспирантуру в надежде реализовать желание заняться наукой. Анатолий Сергеевич настойчиво рекомендовал вначале поработать несколько лет — поближе, уже не со студенческой скамьи, познакомиться с речным транспортом, ощутить нужды и проблемы отрасли, а затем уже идти в аспирантуру. Эту жизненную мудрость мы оценили несколько лет спустя, когда, став аспирантами, не испытывали проблем общения с работниками предприятий речного транспорта и не выглядели в их глазах “чистыми теоретиками”.

Учеба в аспирантуре была самым интересным и полезным для нас периодом общения с А. С. Бутовым. Наверное, это отчасти было потому, что мы уже серьезно повзрослели, и общение с любимым Учителем проходило частенько в виде бесед и дискуссий, конечно же, не на равных, но с достаточно высоким взаимопониманием и уважением с его стороны к мыслям своих учеников. Он не давал прямых указаний, не навязывал своего мнения молодым коллегам-ученым, но порой случайно оброненная фраза или пометки на полях рукописи статьи или диссертации позволяли после месяцев тяжелых раздумий получить неплохой результат. Анатолий Сергеевич очень много времени тратил на своих учеников. Это было, как правило, поздними вечерами после его напряженного трудового дня начальника ВЦ, а впоследствии и первого проректора института. Но все его ученики терпеливо сносили часы ожидания в приемной с надеждой — обсудить новые мысли или узнать замечания по ранее отданным ему материалам. Когда он успевал все это прочитать! На полях всегда было много его пометок. Он все отрабатывал по полной программе и не терпел “халтуры” от нас, от него можно было получить взбучку за сданный на четверку один из кандидатских экзаменов или некачественно подготовленную, на наш взгляд, проходную, статью в малоизвестном издании.

«Когда в 1987 г. вышла книга А. С. Бутова “Имитационное моделирование работы флота на ЭВМ”, я получил от автора экземп-

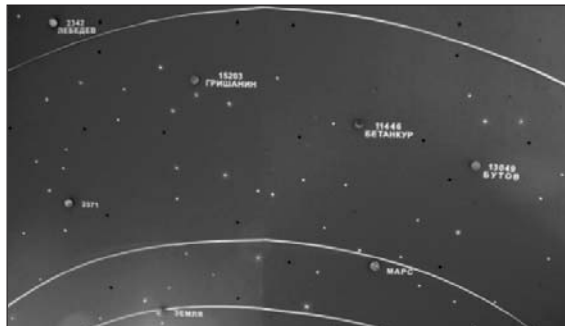
ляра книги с дарственной надписью, — вспоминает один из первых аспирантов А. С. Бутова Владимир Шилкин, — в ней Анатолий Сергеевич выразил надежду на мой “серьезный вклад в управление на речном транспорте”. Наверное, я не оправдал ожиданий Учителя, хотя защитил диссертацию и два года работал начальником вычислительного центра Северо-Западного речного пароходства. Но я горжусь тем, что моим Учителем был Анатолий Сергеевич Бутов».

Защитив диссертации, много лет работая в различных отраслях мы, ученики А. С. Бутова, теперь понимаем какого масштаба это была личность.

На нашем жизненном пути именно он был лучшим педагогом, Учителем с большой буквы; лучшим ученым, создавшим свою школу; лучшим руководителем, которого не только уважали, но и любили подчиненные.

А. С. Бутов — доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, почетный работник транспорта России — много сделал для развития эксплуатационной науки на водном транспорте и внедрения результатов научных исследований в практику его работы. Будучи последователем своего учителя, доктора технических наук, профессора А. П. Ирхина, он является одним из основоположников внедрения методов математического моделирования на водном транспорте. Ему, в частности, принадлежит приоритет в разработке методологии и методики имитационного моделирования для нормирования продолжительности технологических операций и процессов на водном транспорте.

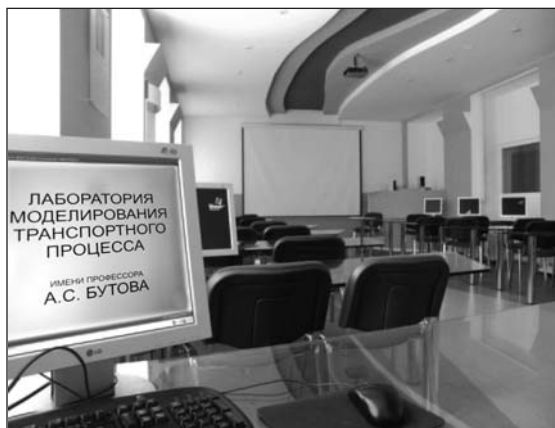
В научном архиве А. С. Бутова более 200 трудов: учебники, публикации на иностр.



Фрагмент звездного неба с планетой «БУТОВ»
в музее университета

ранных языках, сборники под его редакцией, авторское свидетельство, отчеты по научно-исследовательским разработкам.

Величайшим человеческим качеством Анатолия Сергеевича было умение думать и заботиться о людях, уметь слушать и слышать. Он по достоинству оценивал и уважал знания других и, будучи уже крупным руководителем, мог сказать: «Ты в этом разбираешься лучше меня». Он был настоящим товарищем и преданным другом, с ним можно было «идти в разведку».



Лаборатория моделирования транспортного
процесса им. проф. А. С. Бутова

О том, как много сделал профессор А. С. Бутов для отрасли и родного вуза напоминает сотрудникам и студентам университета созданная с участием спонсоров (ОАО «Завод имени А. А. Кулакова» и ОАО «Ленгипроречтранс») при дизайнерском сопровождении проекта С. В. Курбатовым лаборатория инновационных методов обучения — Лаборатория моделирования транспортного процесса имени профессора А. С. Бутова, а о признании его общественных заслуг — малая планета № 13049, которой 24 июля 2002 г. присвоено имя Бутов.

Емко звучат строки из стихотворения «Товарищу Бутову — Человеку-планете», написанного доцентом кафедры технических средств судовождения и связи СПГУВК Ю. Вишневым.

*Жизнь пароходов скоротечна:
Уходят с ними имена.
Планета «Бутков» — это вечно,
На все в России времена.*



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

ОФИЦИАЛЬНОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

о присвоении имени малой планете

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

*на основании решения от 24 июня 2002 года**Комитета по наименованию малых планет*

Международного Астрономического Союза

настоящим свидетельствует,**что малая планета,***зарегистрированная в международном каталоге малых планет
под № 13049 и имеющая предварительное обозначение 1990 RF17,***получила имя**

BUTOV

в честь

Анатолия Сергеевича Бутова

*Имя планеты заносится в международное научное издание**«Эфемериды малых планет», выпускаемое по поручению**Международного Астрономического Союза***Институтом Прикладной Астрономии Российской Академии Наук,***возглавляющим в России работы**по изучению и каталогизации малых планет Солнечной Системы***IAU official message****(13049) Butov = 1990 RF17**

Discovered 1990 Sept. 15 by L. V. Zhuravleva at the Crimean Astrophysical Observatory.

Anatolij Sergeevich Butov (b. 1939), an expert in the field of computing in transport economics, is the rector of the St. Petersburg State University for Water Communications.

Minor Planet Circular № 46011, 2002.

Официальное сообщение МАС

Малая планета (13049) Butov открыта 15 сентября 1990 г. Л. В. Журавлевой в Крымской астрофизической обсерватории.

Анатолий Сергеевич Бутов (р. 1939), специалист в области компьютеризации транспортной экономики, ректор Санкт-Петербургского Государственного Университета Водных Коммуникаций.

Minor Planet Circular № 46011, 2002.

**Вице-президент РАН,
Председатель Президиума
СПб научного центра РАН
академик****Ж. И. Алферов****Директор ИПА РАН
профессор****А. М. Финкельштейн****Санкт-Петербург
24 июня 2002 г.**

Научное издание

Журнал университета водных коммуникаций

Выпуск 2

Материалы публикуются в авторской редакции

Выпускающий редактор *Е. А. Монахова*

Дизайнер *С. В. Курбатов*

Технический редактор *М. Н. Евсюткина*

Набор *Ю. А. Курицына*

Корректор *Т. А. Кошелева*

Подписано в печать с оригинал-макета 18.06.09. Формат 60х90/8
Гарнитура Times New Roman Усл. печ. л. 23. Тираж 200 экз. Заказ № 86
Отпечатано в типографии ФГОУ ВПО СПГУВК
198035, Санкт-Петербург, Межевой канал, 2