

Издается с 2008 года

# ГИДРОТЕХНИКА

Морские ГЭС. Гидроэнергетика. Безопасность ГЭС. Строительство.  
Эксплуатация ГЭС. Техника. Оборудование. Гидромеханизация.  
Подводно-технические работы

**2011**  
№ 2 (23)

апрель-июнь 2011



# Журнал ГИДРОТЕХНИКА

преемник журнала «Техника для гидротехнического строительства» (2005–2008)

## www.hydroteh.ru

Оформите бесплатную подписку на журнал «ГИДРОТЕХНИКА»

### Учредитель: издательство «ТАНДЕМ» (ООО)

Адрес редакции:

**192007, Санкт-Петербург,  
Тамбовская ул., д. 8, лит. Б  
Т./ф.: (812) 712-90-48, 712-90-66,  
640-03-34, 640-19-84**

Для макетов:

**gts2005@yandex.ru**

Главный редактор:

**Ильина Татьяна Владимировна**  
(812) 712-90-48, 8 921 961 79 62, info@hydroteh.ru

Зам. главного редактора:

**Павлова Виктория Михайловна**  
(812) 640-03-34, vp@hydroteh.ru

Отдел рекламы:

**Ковалевич Елена Валентиновна**  
(812) 712-90-66, evk@hydroteh.ru

**Афанасьева Нина Евгеньевна**

(812) 640-19-84, pr@hydroteh.ru

**Аксеновская Любовь**

(812) 640-03-34, reclama@hydroteh.ru

**Филиппович Полина**

(812) 712-90-48, gts2005@yandex.ru

Технический редактор:

**Кудрявцева Ольга Вадимовна**

Дизайн и верстка:

**Елена Владимировна**

Корректор:

**Мария Доброва**

Отпечатано в ООО «Скай ЛТД»,

Санкт-Петербург

Распространяется **бесплатно** целевой адресной рассылкой,  
на конференциях, выставках, семинарах отраслевой тематики

Уст. тираж 8 000 экз.

Подписано в печать 28.03.2011

Свидетельство о регистрации федерального, международного СМИ  
выдано **2 декабря 2008 г.**, ПИ № ФС 77-34599

Использование любых информационных и иллюстративных материалов  
возможно только с письменного разрешения редакции.

Все рекламируемые товары и услуги имеют соответствующие  
сертификаты и лицензии.

За содержание рекламных объявлений  
редакция ответственности не несет.

### Редакционно-экспертный совет:

**Абубакиров Ш. И.**, к. т. н., зам. главного инженера по  
технологическому оборудованию ОАО «Институт Гидропроект»

**Алексеев М. И.**, д. т. н., профессор, академик РАЕН,  
зав. кафедрой водоотведения и экологии СПбГАСУ

**Беллендир Е. Н.**, д. т. н., генеральный директор ОАО «ВНИИГ  
им. Б. Е. Веденеева»

**Ватин Н. И.**, д. т. н., проф., зав. каф. «Технология, организация  
и экономика строительства» СПбГПУ

**Волосухин В. А.**, д. т. н., проф., засл. деятель науки РФ,  
ректор Академии безопасности гидротехнических сооружений

**Жигульский В. А.**, к. т. н., директор ООО «Эко-Экспресс-Сервис»

**Каминская В. И.**, к. т. н., руководитель лаборатории  
гидромеханизации и гидротехнических работ ВНИИГС

**Лошак В. К.**, генеральный директор ЗАО «Гидроэнергострой»

**Лукьянов С. В.**, к. ф.-м. н., директор Морского института РГГМУ

**Меншиков В. Л.**, к. т. н., президент Ассоциации  
«Морпортэкспертиза», главный инженер проекта  
«Союзморниипроект»

**Мигуренко В. Р.**, генеральный директор ОАО «Ордена Трудового  
Красного Знамени Трест «Спецгидроэнергомонтаж»

**Станкевич В. Л.**, зам. генерального директора ОАО «Ордена  
Трудового Красного Знамени Трест «Спецгидроэнергомонтаж»

**Улицкий В. М.**, д. т. н., профессор, зав. кафедрой оснований  
и фундаментов СПбГУПС, председатель международного  
технического комитета «Взаимодействие оснований  
и сооружений»

**Хазиахметов Р. М.**, член правления ОАО «РусГидро»,  
управляющий директор БЕ «Инжиниринг»

**Цвик А. М.**, к. т. н., заместитель директора СПКТБ  
«Ленгидросталь»

**Цернант А. А.**, д. т. н., профессор, академик РАТ, РАЕН;  
зам. генерального директора по науке,  
главный инженер ЦНИИС

**Шилин М. Б.**, д. г. н., профессор РГГМУ и СПбГПУ, главный  
специалист ООО «Нефтегазгеодезия»

**Шуйский В. Ф.**, д. б. н., профессор, академик РАЕН,  
нач. отд. ООО «Эко-Экспресс-Сервис»

**Юркевич Б. Н.**, к. т. н., первый зам. генерального  
директора — главный инженер ООО «Ленгидропроект»



# ГИДРОУЗЕЛ

Ассоциация  
инженеров-гидротехников

Ассоциация инженеров-гидротехников "Гидроузел" является одной из ведущих организаций в России в области проектирования, строительства и эксплуатации ГТС. ЗАО НТПЭЦ "Промтехэксперт", один из учредителей Ассоциации, является Аналитическим Центром по ведению мониторинга технической безопасности ГТС объектов промышленности и входит в перечень экспертных центров для проведения экспертизы деклараций безопасности ГТС, поднадзорных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору России.

## Проектирование

- ▶ Работы по подготовке схемы планировочной организации земельного участка;
- ▶ работы по подготовке архитектурных, технологических и конструктивных решений;
- ▶ работы по подготовке сведений о наружных и внутренних сетях инженерно-технического обеспечения, о внутреннем инженерном оборудовании, о перечне инженерно-технических мероприятий;
- ▶ работы по подготовке проектов организации строительства, сносу и демонтажу зданий и сооружений, продлению срока эксплуатации и консервации;
- ▶ работы по подготовке проектов мероприятий по охране окружающей среды;
- ▶ работы по организации подготовки проектной документации, привлекаемым застройщиком или заказчиком на основании договора юридического лицом или индивидуальным предпринимателем (генеральным проектировщиком);
- ▶ работы по разработке специальных разделов проектной документации, таких как: разработка декларации по промышленной безопасности опасных производственных объектов и ГТС;
- ▶ работы, оказывающие влияние на безопасность особо опасных, технически сложных и уникальных объектов, предусмотренные статьей 48.1 Градостроительного кодекса РФ.

## Декларирование и экспертиза

- ▶ Преддекларационное обследование технического состояния ГТС;
- ▶ разработка деклараций безопасности ГТС на стадиях проектирования, строительства, ввода в эксплуатацию, эксплуатации, вывода из эксплуатации гидротехнического сооружения, а также после его реконструкции, капитального ремонта, восстановления либо консервации, оценка риска аварий ГТС;
- ▶ разработка критериев безопасности ГТС;
- ▶ экспертиза деклараций безопасности эксплуатируемых ГТС на стадии эксплуатации, вывода из эксплуатации, а также после их реконструкций, капитального ремонта, восстановления или консервации;
- ▶ подготовка экспертных заключений об оценке технического состояния ГТС;
- ▶ оценка последствий возможных аварий ГТС (расчет зон затопления, расчет вероятного вреда от аварий);
- ▶ разработка 3D-моделей в формате AUTODESK 3D MAX с различными сценариями развития возможных чрезвычайных ситуаций в случае аварии.

## Научно-технические услуги

- ▶ Разработка проектов эксплуатации хвостохранилищ, шламонакопителей и гидроотвалов согласно ПБ 03-438-02;
- ▶ разработка проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР);
- ▶ разработка экологического паспорта (ГОСТ Р 17.0.0.06-2000);
- ▶ разработка проекта нормативов предельно-допустимых выбросов в атмосферу (ПДВ);
- ▶ разработка проекта нормативов допустимых сбросов (НДС);
- ▶ разработка проекта обоснования размеров санитарно-защитной зоны (СЗЗ);
- ▶ разработка проекта обустройства санитарно-защитной зоны;
- ▶ оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС);
- ▶ разработка перечня мероприятий по охране окружающей среды;
- ▶ разработка перечня мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций;
- ▶ разработка паспортов ГТС;
- ▶ разработка проектов мониторинга;
- ▶ разработка местных инструкций по эксплуатации ГТС;
- ▶ расчет и проектирование систем удаления и складирования отходов промышленных предприятий;
- ▶ расчеты устойчивости откосов плотин и дамб по произвольной поверхности скольжения с учетом неоднородности геологического строения основания и намывного массива, а также всех силовых факторов, действующих на эти сооружения, в том числе сейсмических воздействий;
- ▶ разработка эффективных противофильтрационных мероприятий в водохранилищах и хвостохранилищах;
- ▶ разработка технико-экономического обоснования и проектов систем сгущения пульпы и транспортировки сгущенных хвостов;
- ▶ комплексная разработка и научно-техническое сопровождение проектов наращивания хвостохранилищ и гидроотвалов.

## Обучение

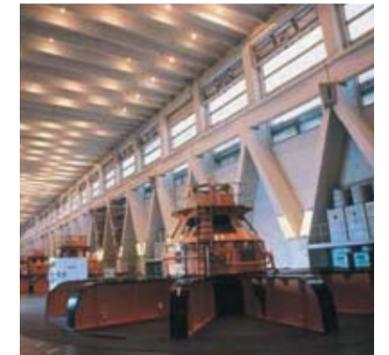
Обучение руководителей предприятий и специалистов, эксплуатирующих ГТС объектов промышленности, энергетики и водохозяйственного комплекса осуществляется по согласованным программам, в соответствии с требованиями Ростехнадзора, с последующей подготовкой к аттестации по тестовым вопросам в компьютерном классе. Обучение проводится в г. Москве и в г. Белгороде. Возможно проведение выездных занятий на предприятии заказчика.

308002, Россия, г. Белгород,  
просп. Б. Хмельницкого, 133-К, офис 4  
телефон/факс: (4722) 34-61-75  
телефоны: (4722) 26-73-93, 26-46-47  
e-mail: promtehexpert@mail.ru

[www.gidrouzel.ru](http://www.gidrouzel.ru)

107023, Россия, г. Москва, ул. Малая  
Семеновская, 15/17, корпус 6, офис 252  
телефон/факс: (495) 963-15-21  
e-mail: promtehexpert2@mail.ru

# ГИДРОТЕХНИКА



## Раздел 1

<b>МОРСКИЕ СООРУЖЕНИЯ. ПОРТЫ</b> .....	5–21
Конференция «Морские портовые гидротехнические сооружения» .....	6
Анкеры Manta Ray, Stingray и Duckbill: надежно, просто, экономично .....	7
Шилин М. Б., Мамаева М. А. Экологический статус Балтийского моря: факторы воздействия, методы измерения и оценки .....	8
Макаров К. Н., Коблев А. Х. О влиянии подводных каньонов на гидродинамику прибрежной зоны моря .....	11
Гоненко С. В. «ЮГТРАНС–2011»: взгляд проектировщика .....	14
Куратов Л. Е. Проблемы затопления прибрежных территорий и пути их решения .....	16
Шилин М. Б. Разработка методики построения карт уязвимости морских акваторий и берегов от разливов нефти .....	18
Ибраимов Э. Ш. «Сочиморстрой» — гидростроитель России № 1 .....	20

## Раздел 2

<b>ГИДРОЭНЕРГЕТИКА</b> .....	22–37
Иванченко И. П., Прокопенко А. Н. Анализ систем мониторинга и диагностики технического состояния гидротурбин .....	24
ПромгидроЭнергомаш — ваш надежный партнер в сфере энергетики .....	31
К 50-летию Братской ГЭС. Молодкин К. А. Братская ГЭС — флагман российской гидроэнергетики .....	32
Курочкин А. С., Курочкин С. А., Осадчий В. Л., Ширяев А. А. Метод сверхглубокой очистки энергетических масел и внутренних поверхностей маслonaполненного оборудования как способ повышения надежности и эффективности функционирования объектов энергетики ОАО «РусГидро» .....	35

## Раздел 3

<b>БЕЗОПАСНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И СООРУЖЕНИЙ</b> .....	38–51
Давиденко В. М., Штильман В. Б., Фотиев П. И. Обоснование критериев безопасности и надежности бетонных и железобетонных строительных конструкций гидротехнических сооружений при использовании современных материалов и технологий их защиты и ремонта .....	40

Волосухин В. А., Чижов Е. А., Чижов А. Е., Новиков С. Г., Чижов М. Е. Наводнения: проблемы снижения ущерба. Обоснования защиты .....	46
--	----

## Раздел 4

<b>СТРОИТЕЛЬСТВО. РЕМОНТ. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГТС</b> .....	52–73
Ватин Н. И., Улыбин А. В. Принципиальные отличия ГОСТ р 53778–2010 от старых нормативов по обследованию зданий и сооружений .....	54
Елицур Д. В., Егоров А. В. Набережная правого берега р. Туры в г. Тюмени как уникальное инженерно-архитектурное сооружение .....	57
Смирнов В. М. Гидротехнические сооружения рыбохозяйственного комплекса .....	60
Письменский В. В. Методика подбора параметров обратного фильтра с конструктивными элементами, выполненными из нетканых синтетических материалов, для защиты сульфидионного основания судоходного шлюза .....	63
Лупачев О. Ю. Исследование повреждаемости геомембраны частицами грунта защитных слоев .....	66
Технология напыляемого бесшовного покрытия — эффективное решение гидроизоляции и антикоррозийной защиты гидротехнических сооружений .....	70
Мамедов Р. С. Технологические решения для ремонта и защиты бетонных конструкций .....	72

## Раздел 5

<b>ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ. ПОДВОДНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ</b> .....	75–92
Waterking — машины-амфибии .....	76
Жигульский В. А., Обуховский А. Ф., Солопов Д. В., Смелик А. М. О недопустимости отнесения грунтов, извлекаемых при дноуглублении, к отходам производства и потребления .....	79
Чупин А. С. Каждое погружение может оказаться погружением в загрязненную воду .....	83
Сосновский С. В. Проектирование и изготовление технологической оснастки для подводно-технических работ на глубинах до 60 метров .....	86
Дунчевская С. В. Использование комплексного подхода для обследования акваторий, подводных переходов и обеспечения подводно-технических работ .....	89

## ГИДРОГРАФИЧЕСКИЙ КАТЕР ПРОЕКТА 1403А «КАЙРА»

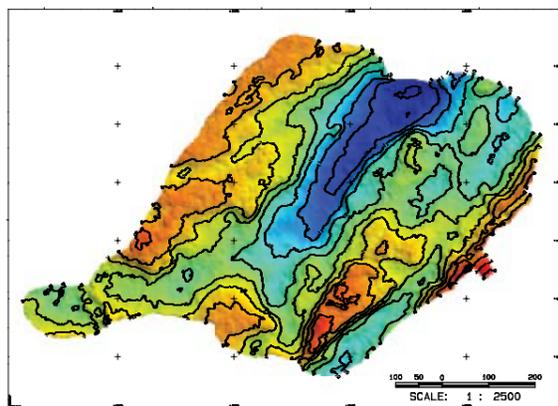
В ноябре 2010 года на Судостроительном заводе «ПЕЛЛА» ([www.pellaship.ru](http://www.pellaship.ru)) был принят в эксплуатацию гидрографический катер проекта 1403а «Кайра».

Основные технические параметры катера «Кайра»:

- материал корпуса — стеклопластик;
- длина наибольшая — 11,25 м;
- ширина наибольшая — 3,3 м;
- высота борта — 1,66 м;
- осадка — 0,67 м;
- скорость — 14,5 узлов;
- рабочая партия: штатная — 4 человека;
- дополнительная — 10 человек;
- главный двигатель — 25—300 л. с.;
- движитель — водометный комплекс.

Катер предназначен для производства съемки рельефа дна в районах с глубинами до 100 м; перевозки и высадки на необорудованный берег личного состава гидрографических партий до 10 человек; транспортировки различных грузов до 1000 кг.

На катере предусмотрена штатная установка гидрографического комплекса на базе многолучевого эхолота EM3002 производства фирмы Kongsberg Maritime, Норвегия. Продукция этой компании аккумулирует новейшие разработки в области многолучевых эхолотов.



Результаты проверки работы гидрографического комплекса на базе многолучевого эхолота EM3002S, р. Нева (акватория завода)

Многолучевой эхолот позволяет выполнять детальную площадную съемку рельефа дна с гарантией отсутствия пропусков и с высоким разрешением, а также получать истинное трехмерное представление рельефа дна.



195112 Санкт-Петербург, пр. Шаумяна, д. 18, оф. 118  
Тел./факс (812) 574-56-65, [www.marimeter.ru](http://www.marimeter.ru)



Ходовые испытания катера «Кайра»



# 1.

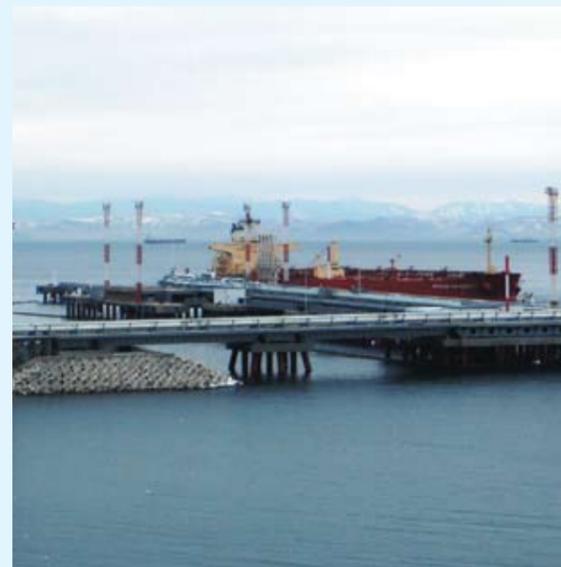
5-21

## МОРСКИЕ ГТС. ПОРТОВАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ  
БЕЗОПАСНОСТЬ МОРЯ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ,  
СТРОИТЕЛЬСТВО ПОРТОВ

ОГРАДИТЕЛЬНЫЕ,  
БЕРЕГОЗАЩИТНЫЕ  
СООРУЖЕНИЯ





**ГИДРОТЕХНИКА**  
журнал для специалистов



**19 мая 2011 г., Москва, ВЦ «Гостиный двор»**

## КОНФЕРЕНЦИЯ

### МОРСКИЕ ПОРТОВЫЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

#### Организаторы конференции:

Ассоциация экспертных организаций по техническому контролю портовых ГТС «МОРПОРТЭКСПЕРТИЗА»; Ассоциация морских торговых портов (АСОП); редакция журнала «ГИДРОТЕХНИКА»

#### Ключевые проблемы для обсуждения:

- Состояние и перспективы развития морских портовых ГТС, портовой инфраструктуры.
- Обеспечение безопасности и надежной эксплуатации портовых ГТС.
- Нормативно-правовое регулирование технической эксплуатации морских портовых ГТС, исполнение технического регламента.
- Новые технологии строительства, ремонта. Современная техника и оборудование для морских портовых ГТС.

Конференция проводится при поддержке и участии Министерства транспорта РФ, Федерального агентства морского и речного транспорта, Генеральной дирекции программ развития морского транспорта, РОСТРАНСНАДЗОРА, РОСМОРПОРТА, Росрыболовства, Минрегионразвития.

#### Условия участия:

- **Стоимость участия одного слушателя — 15000 рублей** (включает НДС и питание в течение дня). Оплата проезда и проживания производится слушателем самостоятельно. Оплата участия осуществляется по счету при заключении договора.
- **Скидка на участие двух человек — 10%.**

Конференция проводится в рамках международного форума «МОРСКАЯ ИНДУСТРИЯ РОССИИ»,  
18-20 мая, организатор — «МегаЭкспо», [www.mir-forum.ru](http://www.mir-forum.ru)

Заявки принимаются до **29 апреля** по факсу в Санкт-Петербурге (812) 712-90-48, e-mail: [info@hydroteh.ru](mailto:info@hydroteh.ru)

**Координатор конференции — редакция журнала «ГИДРОТЕХНИКА» (Санкт-Петербург)**

(812) 712-90-48, [info@hydroteh.ru](mailto:info@hydroteh.ru), Татьяна Ильина  
(812) 712-90-66, [evk@hydroteh.ru](mailto:evk@hydroteh.ru), Елена Ковалевич  
(812) 640-03-34, [vp@hydroteh.ru](mailto:vp@hydroteh.ru), Виктория Павлова

(812) 640-19-84, [pr@hydroteh.ru](mailto:pr@hydroteh.ru), Нина Афанасьева  
(812) 640-03-34, [reclama@hydroteh.ru](mailto:reclama@hydroteh.ru), Любовь Аксеновская  
(812) 712-90-48, [gts2005@yandex.ru](mailto:gts2005@yandex.ru), Полина Филиппович

## АНКЕРЫ MANTA RAY, STINGRAY И DUCKBILL: надежно, просто, экономично

ООО «ТПК» является официальным и полномочным представителем производителей анкеров Manta Ray, Stingray и Duckbill в Северо-Западном регионе РФ.

Мы предлагаем инновационный метод укрепления шпунтовых и подпорных стен, стен котлованов и траншей, всевозможных конструкций и коммуникаций с использованием анкерных тяг и анкеров.

Анкерная тяга в сборе состоит из тяг (стержней), соединительных муфт, подкладок (опорных пластин) и гаек. Анкерные тяги по всей длине имеют винтовую резьбу, выполненную методом накатывания, а не стандартной нарезки. Данный вид нанесения резьбы не уменьшает прочностные характеристики тяги. Стержень можно отрезать в любом месте по нужной длине, а при необходимости увеличения длины тяги — соединить стержни муфтами.

Рабочая часть анкера, так называемый «грунтовый якорь», представляет собой опрокидывающуюся в грунте пластину, изготовленную из горячеоцинкованной стали, которая несет растягивающую нагрузку. Горячее цинкование является антикоррозийной обработкой и значительно увеличивает срок службы грунтового якоря.

Закрепление анкерной тяги к удерживаемой конструкции производится с использованием опорных пластин и гаек.

Анкера подбираются с учетом требований к нагрузкам (в пределах от 1 тн (10кН) до 50тн (445кН) в зависимости от типоразмера). Для выбора типоразмера анкера и глубины установки анкера под указанные нагрузки, необходимы данные геологических изысканий.

Область использования анкеров Manta Ray, Stingray и Duckbill очень широка. Данные анкера используются как для частного применения (растяжки для деревьев и столбов, защита от кражи предметов), так и в промышленности и строительстве: крепление высотных конструкций, укрепление трубопроводов, кессонов и резервуаров для предотвращения всплытия; крепление фундаментных плит, шпунтовых ограждений, подпорных стенок, стен котлованов и траншей; крепление георешеток и других удерживающих грунт систем; крепление полотна в дорожных работах и применение в ландшафтном дизайне; использование в акваториях рек и морей; при борьбе с эрозией почв.

Каждый Заказчик грунтовых анкеров находит применение для своих целей, когда узнает простоту и универсальность данной конструкции.

ООО «ТПК Строй» тел.: (812) 329-88-67, 324-97-55 [sale@tpk-stroy.ru](mailto:sale@tpk-stroy.ru) [www.tpk-stroy.ru](http://www.tpk-stroy.ru)  
Санкт-Петербург, Богатырский пр., д. 18, корп. 2, офис 205

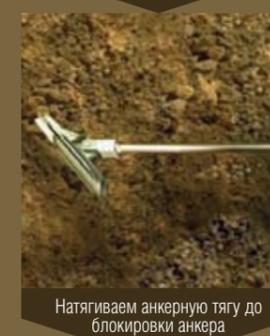
#### Процесс установки:



Погружаем анкер на заданную глубину



Вынимаем установочный стержень



Натягиваем анкерную тягу до блокировки анкера



Проверяем анкер под нагрузкой

# ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС БАЛТИЙСКОГО МОРЯ: ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ, МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ И ОЦЕНКИ

По материалам круглого стола, проведенного в Санкт-Петербурге в рамках Дня Балтийского моря

**Шилин М. Б.,**

доктор географ. наук, проф. Российского государственного гидрометеорологического университета (РГГМУ)

**Мамаева М. А.,**

канд. физ.-мат. наук, начальник Управления международных связей РГГМУ

21–23 марта 2011 года в Санкт-Петербурге прошел XII Международный экологический форум «День Балтийского моря». Постоянные авторы экологического раздела журнала «Гидротехника» собрались в рамках форума на традиционном круглом столе «Экологический статус Балтийского моря: основные факторы воздействия, методы измерения и оценки». Этот круглый стол проведен в рамках форума уже в десятый раз, т. е. может считаться юбилейным.

В работе круглого стола приняли участие более 80 специалистов из России, Голландии, Финляндии и Эстонии — представители различных научных, производственных и проектно-исследовательских организаций, а также сотрудники администрации Санкт-Петербурга и федеральных структур (Роснедра, Росприроднадзор, РосАтом и др.).

Работа круглого стола была разделена на четыре секции, содержание которых отвечало основным на сегодняшний день экологическим проблемам Балтийского моря:

- качество воды в бассейне моря, заливах и Невской губе;
- донные отложения и факторы, влияющие на их загрязнение;
- дреджинг — один из основных антропогенных факторов, влияющих на состояние экосистем прибрежных акваторий;
- моделирование природных экосистем и процессов.

На каждой из секций было заслушано 2–4 основных доклада, остальное время было отведено дискуссии.

На первой секции два доклада сделали представители Российской гидрометеослужбы и Невско-Ладожского бассейнового управления. В докладах основное внимание было уделено оценке нагрузки различных районов Балтийского моря биогенами. Главным вопросом, обсуждавшимся докладчиками и участниками дискуссии, стало соответствие выделенных Планом действия по Балтийскому морю (ПДБМ) квот на снижение нагрузки по биогенам сегодняшнему реальному уровню их поступления в Балтику. В докладах было отмечено, что уровень концентраций фосфора и азота, как в водах залива, так и в водах губы, остался на уровне 2008–2009 годов. В третьем докладе — «Оценка состояния вод Финского залива по индикаторам ХЕЛКОМ на основе данных наблюдений», представленном сотрудниками РГГМУ Т. Р. Ереминой и А. А. Ершовой, по результатам многолетних исследований (2001–2011 гг.) показано отсутствие за указанный период значимых трендов

в увеличении прозрачности воды и уменьшении содержания хлорофилла «а» во всех исследованных районах. Основную роль в формировании экологической обстановки играли природные циклические затопы «грязных» вод с запада (2001, 2003, 2006 и 2010 годы), а в последнем году — также климатические условия. Мощное влияние естественных факторов не позволяет выявить тенденции улучшения экологического состояния вод Финского залива в результате зафиксированного снижения биогенной нагрузки с российской территории, а также сделать вывод о снижении уровня эвтрофированности Восточной части Финского залива (ВЧФЗ). Четвертый доклад, сделанный С. Кнууттила из Финского института окружающей среды, был посвящен потенциалу сокращения поступления биогенов в Финский залив в соответствии с ПДБМ. В нем оценен вклад различных стран в поставку биогенов в Финский залив, и подчеркнута лидирующая роль в этом процессе Польши. Отмечено, что и Россия выделяется большим уровнем нагрузок по сравнению с допустимым по мнению ХЕЛКОМ. Из всех прибалтийских стран только Финляндия и Эстония вписываются в рамки ПДБМ. В прениях по этим докладам выступили Т. А. Преснякова (Совет Федерации), С. А. Кондратьев (Институт озераведения РАН), З. А. Жаковская (Научно-исследовательский центр экологической безопасности НИЦЭБ) и А. С. Аверкиев (РГГМУ), отметившие крайнюю сложность выявления эффектов воздействия антропогенных факторов на фоне природных трендов.



На второй секции было заслушано два доклада, а в прениях выступили шесть человек. В первом докладе, посвященном проблеме загрязнения донных осадков (А. Е. Рыбалко и др. — «Оценка загрязнения донных отложений Российской части Балтийского моря и методы ее проведения» / ФГУНПП «Севморгео»), обсуждались конкретные результаты работ по геохимическому мониторингу в ВЧФЗ. Сделан вывод о разнотипности методик, используемых различными организациями при отборе проб донных осадков, а также об отсутствии до сих пор официальных нормативов загрязнения донных осадков, что делает проблематичным единую оценку их состояния. Показано, что появление аномалий в содержании ряда токсичных элементов связано как с антропогенными (загрязнение), так и с природными факторами (циклическое изменение содержания кислорода в придонных слоях воды). В заключение был сделан предварительный анализ возможности определения особо важных вредных веществ по классификации ХЕЛКОМ в лабораториях Санкт-Петербурга. В дискуссии по этому докладу высказывались мнения о недостаточной изученности биогенных компонентов в донных осадках и слабо обоснованных критериях загрязнения грунтов. Второй доклад, который от имени Зоологического института РАН был сделан С. М. Голубковым («Гидробиологические методы оценки состояния природной среды в Балтийском море»), был посвящен вкладу гидробиологических методов в проблему мониторинга морской среды. В вопросах докладчику была отмечена крайняя неопределенность признака «неблагоприятное состояние среды», что делает нереальным разделением вклада природных и антропогенных факторов.

Дискуссию по тематике второй секции открыл А. А. Музалевский, который обосновал приоритетное использование разработанных в РГГМУ критериев риска при оценке состояния природной среды водоемов. В. А. Кравцов (Атлантическое отделение Института океанологии РАН, г. Калининград) дал оценку результатов мониторинга донных отложений в районе подводного месторождения «Кравцовское» вблизи Самбийского полуострова и высказал свое мнение о методике проведения геохимического мониторинга, в частности — об использовании «правила пелитовой фракции». В докладе С. Э. Волосастова из Московского технического университета совместно с представителями администрации Санкт-Петербурга была рассмотрена роль предприятий зарубежных стран в загрязнении Балтийского моря по данным Европейского регистра выбросов / сбросов и переносов загрязняющих веществ, а также данным «Ленводхоза». Было показано, что основной вклад в загрязнение Балтийского моря, как от европейских стран, так и от России, дает жилищно-коммунальный комплекс. Для европейских стран отмечаются также значительные объемы поступления ртуты в Балтийское море, причем более всего ее поступает со стороны Польши. В кратком сообщении, сделанном в порядке дискуссии представителем Радиового института В. Н. Душиным, рассматривались проблемы состояния радиоактивного загрязнения в районе Ленинградской АЭС, а также в Финском заливе. Был сделан вывод, что активности <sup>137</sup>Cs в районе станции ниже фона, а в заливе прекратился рост активности радиоцезия.

В третьей секции заглавным был доклад «Актуальные проблемы управления воздействием гидростроительства на водную, околотовую и наземную биоту», сделанный от имени ООО «Эко-Экспресс-Сервис» В. Ф. Шуйским. В докладе проанализированы основные препятствия на пути эффективного управления воздействием на биоту при ведении различных гидростроительных работ. Отдельно рассмотрены вопросы нормирования воздействия на биоту и на охраняемые природные территории, оценки и прогнозирования ущерба (вреда) основным компонентам биоты и компенса-



ции негативных воздействий. В последнем случае специально рассмотрены нормативно-правовые проблемы определения необходимости и выбора методики исчисления компенсационных платежей за ущерб (вред), наносимый различным компонентам биоты, и современные особенности процедуры и порядка взыскания и использования компенсационных платежей за биотический ущерб (вред) и необходимые меры по улучшению ситуации. Во втором докладе, представленном от имени РГГМУ и Всероссийского геологического института (ВСЕГЕИ) О. В. Волниной и Ю. А. Ледновой (см. фото), подробно проанализировано влияние сброса в подводные отвалы грунта, извлекаемого при проведении дреджинговых работ, на состояние прибрежных экосистем ВЧФЗ. Особое внимание уделено оценке состояния грунтов, которые должны быть помещены в эти отвалы. Сделан вывод о резком возрастании концентраций взвешенного вещества в результате производства дноуглубительных работ в Невской губе в 2006 году и отрицательном влиянии этого процесса на состояние гидробионтов. В дискуссии О. А. Кийко (ЗАО «Экопроект») остановилась на оценке качества вод и состояния донных отложений Лужской губы Финского залива в районе строительства морского портового комплекса Усть-Луга» по результатам объектового мониторинга, выполняемого по заданию недропользователя. Было показано, что наиболее грязные воды по ряду показателей (кроме содержания цинка и свинца) были зафиксированы в мае 2010 года. Одновременно произошла смена доминант в бентосе. Вместо олигохетно-хириноидного комплекса в августе 2010 года в районе исследований преобладало сообщество североамериканских полихет-вселенцев *Marenzelleria neglecta*, ставших доминирующей формой макрозообентоса не только в прибрежной зоне, но и в глубоководных районах. В выступлениях Е. Ф. Чичковой (ЦНИИ РТК) и Л. Л. Сухачевой (Институт космофотогеологии) были подняты важные вопросы использования космических методов в мониторинге и обсуждены проблемы пространственно-временного распространения взвешенного материала в ВЧФЗ и Невской

губе. Показано, что выход антропогенной взвеси в наиболее восточной части залива оказывает большее воздействие на состояние среды, чем природные циклические затопы обогащенных фосфором и бедных растворенным кислородом вод с запада. Участники дискуссии отметили возрастание уровня стрессового воздействия дреджинга на экосистемы Восточной части Финского залива в связи с интенсивным освоением морского дна в результате осуществления проектов строительства новых портов, подходных каналов и намыва новых городских территорий. Представители Управления международных связей РГГМУ подчеркнули необходимость продолжения распространения международного опыта наилучшей практики обеспечения экологической безопасности дреджинга путем проведения обучающих тренинг-семинаров, подготовки методических документов и справочных пособий.

В четвертой секции были обсуждены две модели, одна из которых предназначена для оценки изменений экосистемы

Балтийского моря при планируемых снижениях биогенной нагрузки с учетом возможных изменений климата (подготовлена группой ученых из Санкт-Петербургских филиалов Института океанологии РАН и Государственного океанографического института, а также Института озераведения РАН под руководством В. А. Рябченко и С. А. Кондратьева и в настоящее время рассматривается в Минприроде как официальная модель), а вторая — предназначена для прогноза распространения нефтяных загрязнений в Финском заливе с использованием оперативной океанографической системы (разработана РГГМУ). Обсуждение этих моделей показало, что решение одной из насущных задач экологического нормирования, в том числе обсуждения квот сбросов биогенов отдельными странами, возможно только на основе верифицированных и имеющих государственный статус моделей, признанных также ХЕЛКОМ. В ходе дискуссии представители Голландско-Русского международного центра сделали сообщение о путях внедрения «зеленых инноваций» в условиях изменения климата.

**Заслушав и обсудив выступления, участники круглого стола отмечают:**

1. В 2011 году заседания круглого стола происходили в новом формате, который отводит больше места для дискуссий по актуальным проблемам экологии Балтийского моря.
2. Представленные доклады показали, что исследования в мониторинговом режиме в ВЧФЗ и в Невской губе продолжаются, но в их осуществлении наблюдается раскоординированность, что во многом связано с раздробленностью системы мониторинга по различным агентствам Минприроды. Наиболее регулярно ведутся, в соответствии с законодательством, объектовые мониторинги водопользователей, но как раз эти данные и являются наименее доступными для включения в базы данных и использования при моделировании.
3. Развитие экологических исследований акваторий, в том числе и Балтийского моря, невозможно без установле-

- ния единых экологических критериев оценки состояния природной среды. В настоящее время практически отсутствует обоснованное нормирование по донным грунтам, загрязнению биоты и пр. Необходимо обратиться от имени форума в Минприроды с инициативой постановки работ по разработке комплексных экологических критериев состояния природной среды.
4. Одной из важнейших проблем, с которой сталкиваются исполнители работ по программам мониторинга, является почти полное отсутствие среднегомерного научно-исследовательского флота, что сильно затрудняет реализацию даже имеющих финансирование научных тем. Необходимо обратиться в Минприроды с просьбой о создании специальной программы обеспечения экологических исследований научным флотом.

**Участники круглого стола рекомендуют:**

1. Пользуясь высоким уровнем представительства на конференции государственных природоохранных органов, обратить их внимание на необходимость координирования деятельности подведомственных им организаций. Это наиболее актуально для такого региона, как Санкт-Петербург и Ленинградская область. Предлагается создать координационный совет по осуществлению мониторинга российской части Балтийского моря, возможно — на основе уже существующего координационного совета Невско-Ладожского бассейнового управления. Считать первоочередными задачами этого совета:
  - составить реестр организаций, осуществляющих мониторинг водных объектов бассейна Балтийского моря;
  - оценить наличие материалов наблюдений с целью создания единого банка данных;
  - подготовить положение для МПР о передаче данных мониторинга в ХЕЛКОМ;
  - подготовить рекомендации об использовании единых программ обработки данных в форматах, сходных с ХЕЛКОМ;
  - организовать постоянно действующий семинар с приглашением специалистов из других стран ХЕЛКОМ;
  - подготовить и представить в МПР РФ для включения в виде отдельного блока в подготавливаемую ФЦП «Национальная программа мер по оздоровлению и реабилитации Балтийского моря» перечень приоритетных

- научных исследований в части работ по мониторингу водных объектов на водосборах Российской части Балтийского моря.
2. Обратиться в администрацию Санкт-Петербурга и правительство Ленинградской области с просьбой об организации межведомственного общественного совета по экологии Финского залива и Невской губы, где предварительно рассматривать экологические аспекты предлагаемых крупных гидротехнических и дреджинговых проектов.
3. Просить МПР РФ выступить с законодательной инициативой о необходимости сосредоточения всех получаемых данных о характеристиках экосистем морских бассейнов в едином государственном фонде хранения. При этом должна быть обеспечена возможность широкого доступа к этим данным физических и юридических лиц.
4. Обратиться в МПР РФ с просьбой разработать комплексную программу экологического мониторинга водной системы Ладожское озеро — река Нева — Невская губа — Восточная часть Финского залива, в которой должен быть прописан координатор этой программы и непосредственные исполнители. Разработанная программа с целью ее реального выполнения должна быть утверждена распоряжением Правительства РФ с выделением средств из федерального бюджета, средств бюджетов субъектов РФ, а также собственных средств министерств и ведомств.

# О ВЛИЯНИИ ПОДВОДНЫХ КАНЬОНОВ НА ГИДРОДИНАМИКУ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ МОРЯ



**Макаров К. Н. (на фото),**  
доктор техн. наук, профессор, зав. каф. Сочинского государственного университета туризма и курортного дела, академик Академии транспорта РФ

**Коблев А. Х.,**  
студент 5-го курса инженерно-экологического факультета СГУТиКД

В настоящее время, в связи с подготовкой к проведению в г. Сочи зимних Олимпийских игр 2014 года, ведется проектирование ряда олимпийских объектов (ледовых дворцов для хоккея и фигурного катания и олимпийской деревни) на территории Верхнеимеретинской бухты (Имеретинской низменности) в Адлерском районе г. Сочи (рис. 1). Кроме того, для доставки необходимых при строительстве олимпийских объектов строительных материалов и оборудования проектируется морской порт.

Общая длина берега междуречья рек Мзымты и Псоу — около 8 км. От устья р. Мзымты до м. Константиновского (участок проектирования порта) бровка свала глубин приближена к берегу на 50–400 м. Подводный склон здесь на всем протяжении расчленен шельфовыми долинами (каньонами) — рис. 2 [1]. Непосредственно в пределах междуречья р. Мзымта — р. Псоу насчитывается до 11 каньонных систем, из которых 4 (каньоны Мзымтинский, Новый, Константиновский и Джарский) являются действующими. По ним осуществ-

ляется современный транспорт наносов на глубину, и их верховые отвершки находятся в приурезовой зоне на глубинах 10–15 метров. Средние уклоны тальвегов каньонов в интервале глубин 20–40 м находятся в пределах 0,25–0,30.

Наиболее выраженным и активным является каньон Новый. Порт проектируется к западу от вершины этого каньона (рис. 2). Вершина каньона Новый максимально приближена к берегу (рис. 3). Его бровка выражена в рельефе с глубин 7–8 м. Русло каньона в верхней части относительно прямолинейное. В диапазоне глубин 25–75 м оно имеет узкое ложе и очень крутые (до 30°) боковые откосы. Фронтальная часть каньона достигает ширины 400 м.

При эскизном проектировании порта некоторыми исследователями на основе разработок [2] было высказано мнение, что близость каньонов Новый и Константиновский к проектируемому порту создает большие трудности при определении расчетных элементов волн на подходах к порту. И что волновые расчеты здесь якобы в принципе не могут быть выпол-



**Рис. 1. План Верхнеимеретинской бухты (Имеретинской низменности)**

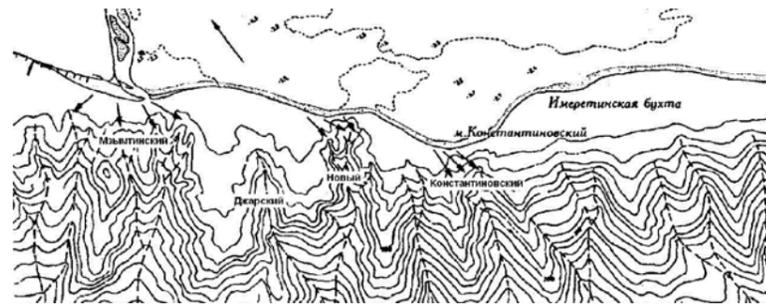


Рис. 2. Батиметрический план от устья р. Мзымты до Имеретинской бухты с расположением каньонов и предполагаемым расположением порта



Рис. 3. Подводный каньон Новый

нены на основе действующих нормативных и рекомендательных методов [3, 4].

В качестве основного довода к данному утверждению приводится то обстоятельство, что берегозащитные или ограждающие сооружения, располагавшиеся вблизи локальных понижений дна и рассчитанные якобы в соответствии с нормативными методами, часто разрушались. В то время как такие же сооружения, расположенные на соседних участках, были устойчивы.

В этой связи представляется уместным вначале напомнить некоторые известные теоретические положения о распространении волн в мелководной прибрежной зоне с подводными каньонами или прорезями подходных каналов к портам.

Схематично подводный каньон представлен на рис. 4. Волновые лучи могут подходить к берегу либо параллельно оси каньона (фронт волны 1), либо под некоторым углом  $\alpha \neq 0$  (фронт волны 2).

В случае распространения волнения с волновыми лучами, параллельными оси каньона (фронт волны 1), центральный луч пройдет вдоль оси каньона, и волна разрушится в непосредственной близости от берега. Таким образом, участок сооружения, расположенный против вершины каньона, окажется практически в начале зоны наката волн, т. е. гораздо ближе к линии обрушения, чем соседние участки.

Согласно [3, 4], волновые нагрузки на сооружения максимальны на линии обрушения волн и линейно убывают по мере удаления сооружения от нее. Следовательно, волновые нагрузки на участок сооружения, расположенный против вершины каньона, будут значительно выше, чем на соседних участках. Это обстоятельство необходимо учитывать при про-

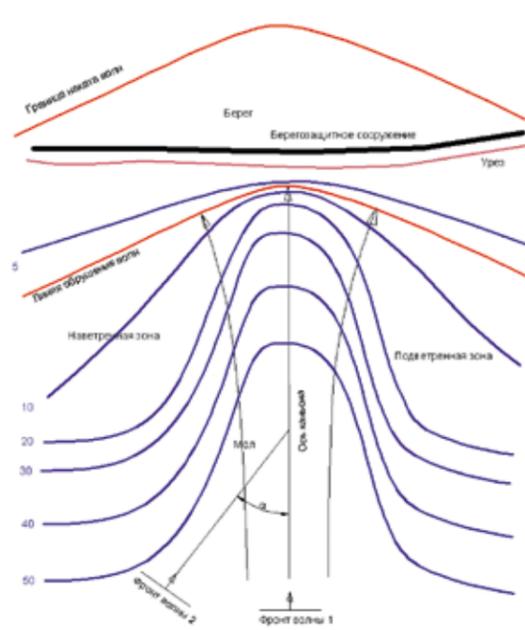


Рис. 4. Схема подводного каньона с направлениями волнения, линией обрушения волн, границей их наката на берег при фронтальном подходе и берегозащитным сооружением

ектировании (чего не было сделано в тех примерах, на которые ссылаются уважаемые оппоненты). Тогда для расчета волновых нагрузок и устойчивости сооружения вполне справедливы нормативные методы [3, 4], и рассуждения о некой дополнительной концентрации волновой энергии в зонах каньонов представляются необоснованными.

В случае косоугольного подхода волн к оси каньона (фронт волны 2) имеет место двойное неполное косое отражение волн — от передней и задней по отношению к подходящей волне бровок каньона [5]. Это приводит к образованию картины косоугольной интерференции волн с наветренной стороны каньона (рис. 5). В результате возникает колебание уровня в виде прогрессивной волны, движущейся вдоль наветренной бровки каньона. Амплитуда этой волны представляет собой сумму амплитуд прямой и отраженной волн. Причем отраженная «добавка» к амплитуде экспоненциально убывает с удалением от бровки каньона [5].

Непосредственно в зоне каньона и на его подветренной стороне амплитуда волны оказывается меньше, чем амплитуда исходной волны, т. к. часть волновой энергии отражена каньоном.

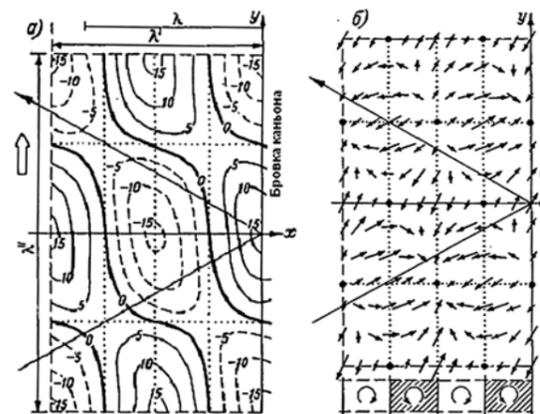


Рис. 5. Неполное косое отражение волн от подводного каньона: а) свободная поверхность; б) течения

Таким образом, характер распространения косо подходящей волны вдоль подводного каньона напоминает ее распространение вдоль буны.

Приведенные теоретические положения нашли отражение в нормативном документе [6]. Согласно этому документу, по данным измерений и расчетов с учетом спектральной структуры волнения установлено, что существенные изменения (более 10%) высот волн в зоне каньона происходят при выполнении следующих условий:

1. В прибрежной зоне, где расположена прорезь (каньон), уклоны дна составляют от 0,1 до 0,01.
2. Относительная глубина окружающего мелководья  $H/\bar{\lambda}_0 < 0,25$ , где  $H$  — глубина,  $\bar{\lambda}_0$  — средняя длина волн на глубокой воде.

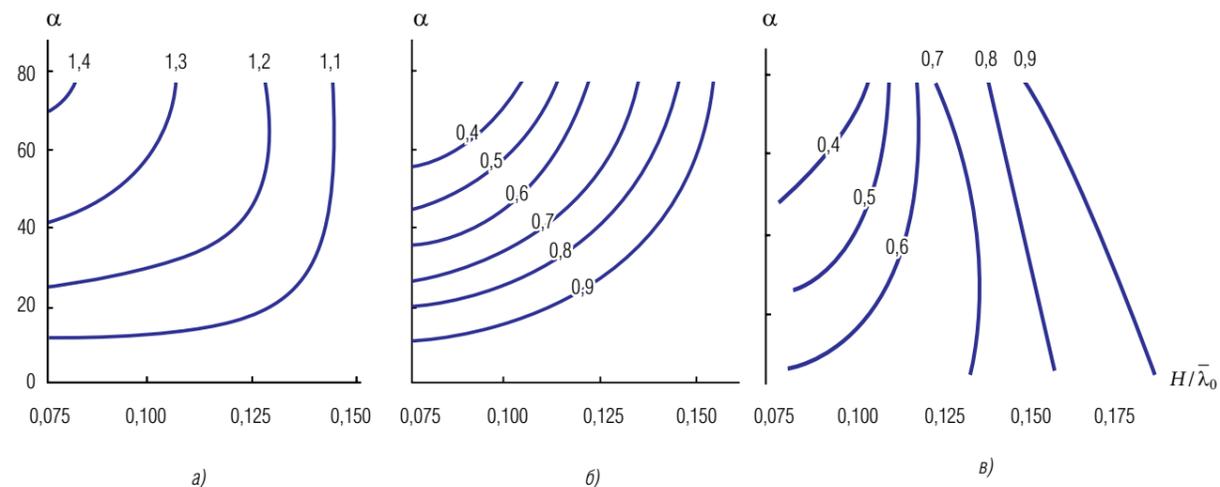


Рис. 6. Графики для вычисления средних высот волн на наветренной (а), подветренной (б) бровках прорези (каньона) и на ее оси (в)

Литература

1. Сафьянов Г. А., Меншиков В. А., Пешков В. М. Подводные каньоны — их динамика и взаимодействие с береговой зоной океана. — Краснодар, 2007.
2. Радионов А. Е. Влияние понижений дна на концентрацию энергии волн в прибрежной зоне моря. — Вторая междунар. научно-практ. конф. «Строительство в прибрежных курортных регионах». — Сочи, 2003.
3. СНиП 2.06.04-82\*. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов) Госстроя СССР. — М.: Стройиздат, 1995.
4. Лаппо Д. Д., Стрекалов С. С., Завьялов В. К. Нагрузки и воздействия ветровых волн на гидротехнические сооружения. — Л.: ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, 1990.
5. Некрасов А. В. Приливные волны в окраинных морях. — Л.: Гидрометеоиздат, 1975.
6. Руководство по расчету элементов гидрологического режима в прибрежной зоне морей и в устьях рек при инженерных изысканиях. — Л.: Гидрометеоиздат, 1978.

## «ЮГТРАНС-2011» — ВЗГЛЯД ПРОЕКТИРОВЩИКА



**Гоненко С. В.,**  
генеральный директор ООО «НовоморНИИпроект»

17–18 марта в Геленджике прошел ставший традиционным международный транспортный форум «Югтранс-2011». Мероприятие состоялось в одном из лучших отелей города Hilton Gelendzhik Resort & Spa 5\*, где за несколько месяцев до этого совещались президенты России и Украины, что невольно навело определенные ассоциации, но об этом чуть позже.

На работу форума существенное влияние оказала неожиданная коллегия Минтранса, не позволившая прибыть отдельным титулованным гостям. Однако тон работе задало интересное выступление председателя комитета по транспорту Государственной Думы Сергея Шишкарева, не только рассказавшего о законодательных актах в области транспорта, над которыми трудится комитет, но и давшего свою оценку событиям, которые в настоящее время происходят в Новороссийском морском торговом порту после смены собственников.

Проектировщики, принимающие участие в подобных мероприятиях, всегда с интересом ждут выступление руководителя Федерального агентства морского и речного транспорта А. А. Давиденко, который, как правило, дает наиболее полный набросок проектов, предполагаемых к реализации в текущем году. На прошедшем форуме такого выступления не было, а жаль: у проектировщиков наверняка накопилось достаточно вопросов. В частности, хотелось бы знать, почему интересный проект строительства комплекса на острове Беринга финансируется таким странным образом: при максимальном сроке проектирования в 450 дней не предусмотрены авансовые платежи.

Наверняка возникли бы вопросы и к не прибывшему на форум руководителю Росморпорта И. М. Русу, в докладе которого предполагалось дать развернутую характеристику готовящегося строительства порта накатных грузов в Порту-Кавказ. Орга-

низация устойчиво работающей паромной переправы на Азово-Черноморском побережье — задача важная, недаром этой проблемой в свое время занимались инвесторы в самых разных точках южного региона. Помимо Порт-Кавказа предпроектные работы осуществлялись в Сочи, Туапсе, Новороссийске, Ейске, Приморско-Ахтарске. В настоящее время паромная переправа для нужд олимпийского строительства нужна как воздух. Достаточно сказать, что после оползневых явлений в районе Джубгы движение по трассе Туапсе — Сочи для большегрузного транспорта было перекрыто, и паромы стали принимать в порту Импретинский, правда, ценой героических усилий и мужества моряков, поскольку порт к такой работе объективно не готов.

Представляет несомненный интерес факт участия Росморпорта в тендере на проектирование сухогрузного района порта Тамань, что означает, что Росморпорт стал полноправным членом проектировочного сообщества. Организациям, занимающимся проектированием гидротехнических сооружений, небезынтересно знать, как это повлияет на дальнейшие мероприятия Росморпорта по распределению заказов на проектирование.

Возвращаясь к Порт-Кавказу, необходимо отметить, что для судов Ро-Ро комплекс, несомненно, нужен, но тогда возникают вопросы к представителям ФГУ «Ространсmodernизация», являющемуся заказчиком проекта строительства нового сухогрузного района порта Тамань. Строительство такого масштабного объекта обойдется бюджету в сумму, превышающую 100 млрд руб. И это только объекты государственной собственности. Столько же будут стоить объекты частных инвестиций. Разумеется, это не может не сказаться на экономике Краснодарского края. Здесь важно, чтобы



местные строительные организации не остались, что называется, не у дел. Краснодарский край располагает большим количеством предприятий, имеющих опыт гидротехнического строительства любой сложности, — это и «Спецфундаментстрой» (директор Г. И. Дьяченко), и «Портгидрострой» (директор Н. В. Савич), и «Новоростехфлот», и мн. др.

Транспортная инфраструктура региона также претерпит положительные изменения. Достаточно сказать, что для обеспечения порта грузами планируются железнодорожная составляющая пропускной способностью 40 млн т с развитием до 58 млн и автомобильные дороги, предназначенные для заезда 18 млн т грузов.

Теперь о минусах, которые можно выразить целым рядом проблем и вопросов, на которые если и есть ответы, то весьма не однозначные. Как всякое масштабное строительство, создание сухогрузного района несомненно окажет негативное влияние на экологическую ситуацию в регионе, привлечет пристальное внимание со стороны природоохранных и общественных организаций Краснодарского края и страны в целом.

Выше говорилось о порте накатных грузов в Порту-Кавказ, но в новом порту на Тамани также предусмотрено строительство комплекса накатных грузов на 2 млн т. Насколько обосновано строительство двух аналогичных комплексов, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга?

Или взять хотя бы вопрос, связанный с запланированным приемом судов водоизмещением до 300 тыс. т. Хотелось бы напомнить, что пролив Босфор не предназначен для прохода судов такого размера.

Или проблема дноуглубления и строительства подходного канала. Куда девать такую массу грунта?

Нельзя не сказать о том, что выполненная ранее итальянской фирмой «Д'Аполония» работа по обоснованию инвестиций так и не дала ответа на вопрос, где же лучше располагать порт, т. е. проектировщикам на первой стадии необходимо провести изыскания и прийти к однозначному выводу, где быть порту — у мыса Тузла или у мыса Панагия?



К слову сказать, при всем уважении к итальянским специалистам, их работа показала, что система тендеров «Ространсmodernизации», при всей ее внешней демократичности и несомненной законности, отнюдь не гарантирует того, что генпроектирование возьмет на себя действительно профессиональная команда. Не зря на форуме прозвучали критические замечания в адрес организаций, которые в свое время выиграли тендеры на проектирование таких объектов, как «Комплексное развитие новороссийского транспортного узла» — омский институт «Мостовик», «Ростовский универсальный порт» — ставропольский институт «Энергопроект», та же «Д'Аполония», сотрудники которой узнали о существовании 87-го постановления Правительства РФ только на этапе прохождения экспертизы.

Как известно, тендер на проектирование сухогрузного района порта Тамань выиграл институт «ЛенморНИИпроект». Хотелось пожелать коллегам из Санкт-Петербурга успехов в решении столь сложных задач и заверить, что наш институт всегда готов протянуть руку помощи.

Возвращаясь к началу публикации, хотелось бы напомнить о ключевой теме встречи президентов России и Украины — строительстве моста через Керченский пролив. На двусторонней встрече глав государств было принято однозначное решение — мосту быть. Но, как говорится, от решения до его конкретного воплощения дистанция огромного размера. Об этом говорил в своем выступлении один из главных идеологов этого проекта генеральный директор ООО «Спецфундаментстрой» Г. И. Дьяченко. Свое в высшей степени интересное и эмоциональное выступление он дополнил макетом моста и техническими выкладками, подтверждающими реальность данного проекта. К сожалению, даже принятые на самом высоком уровне решения у нас не торопятся выполняться. Даже анонсированные Внешэкономбанком маркетинговые исследования по Керченскому транспортному переходу в очередной раз были отменены.

В целом форум, несмотря на его несомненную нужность, оставил без четкого ответа многие вопросы. Ответы эти, вероятно, требуют прежде всего профессиональных решений.

*Фото: А. Поздняков, газета «Новороссийский рабочий»*

# ПРОБЛЕМЫ ЗАТОПЛЕНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ



**Куратов Л. Е.,**  
начальник отдела экологического мониторинга  
ФКП «Дирекция КЗС Минрегиона России»

На протяжении многих веков человечество, предпринимающее разноплановые усилия для защиты от наводнений, никак не может преуспеть в этом мероприятии. С каждым веком ущерб от наводнений продолжает неуклонно расти. Особенно сильно, примерно в 10 раз, он возрос за вторую половину ушедшего века. Ежегодно от наводнений, вызванных различными причинами, на планете гибнут тысячи людей, сотни тысяч становятся бездомными беженцами.

Глобальное нарастание угрозы наводнений на планете вызывает глубокую озабоченность на всех континентах. Правительство Великобритании в дополнение к уже существующей с 1984 года системе защиты Лондона от подъема уровня воды до 11 м планирует построить новую систему защиты, предусматривающую вероятность подъема уровня воды в Темзе до 30 м. Италия спешно заканчивает грандиозный проект по спасению погружающейся в пучину Венеции, с 80-х годов XX века надежно защищена от повторения катастрофического наводнения территория Королевства Нидерландов. Печальный опыт Нового Орлеана заставил правительство США привлечь корпус военных инженеров к созданию защитного комплекса.

За более чем три века существования Северной столицы зафиксировано 320 подъемов уровня воды свыше 1,6 м на посту у Горного института. При этом наиболее опасных случаев подъема воды свыше 2 м было зарегистрировано в XVIII в. — 27, в XIX в. — 16, а в XX в. — уже 47 случаев.

Санкт-Петербург не является исключением из общемировых климатических процессов, характеризующихся нарастани-

ем частоты, неуклонным повышением уровней подъема воды, а также сдвигом периода наводнений на зимние месяцы.

В новом тысячелетии только за короткий зимний промежуток с 15.12.2006 г. по 18.01.2007 г. произошло 5 случаев подъема уровня воды, в то время как за весь XVIII век зимних невыхов наводнений было всего 3.

Завершение в этом году строительства Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений (КЗС) означает собой формирование нового природно-техногенного комплекса в восточной части Финского залива, предназначенного для оказания регламентированного воздействия на процесс перемещения вод Балтийского моря при невыхов наводнении.

В период отсутствия угрозы наводнений водопропускной фронт КЗС суммарной протяженностью 1,5 км, состоящий из 8 судно- и водопропускных сооружений, постоянно открыт, что обеспечивает свободное перемещение воды, льда, а также водных обитателей. В условиях наводненческой ситуации этот просвет за 90 минут будет перекрыт 67 затворами на период сохранения повышенного уровня воды — как правило, около 12 часов.

При проектировании КЗС была учтена возможность затопления города с другой стороны стоками Невы, сброс которых может достигать более 3000 куб. м в секунду. С учетом общей площади акватории Невской губы менее 400 кв. км, небольших глубин, темп повышения уровня воды с невыхов стороны КЗС при всех закрытых затворах, по проектным расчетам, может составить более 5 см в час, т. е. за период на-



воднения в 12 часов уровень воды за счет стока реки может повыситься до 60 см.

В настоящее время реализуются масштабные инвестиционные проекты по расширению границ города Санкт-Петербурга и намыву значительных территорий, которые постепенно приводят к уменьшению вмещаемого объема воды в акватории Невской губы, росту скорости повышения уровня воды с невыхов стороны защитных дамб при закрытых в период наводнения затворах и возникновению потенциальной угрозы подтопления городских объектов уже не балтийской, а невыховской водой.

Таким образом, параметры и условия состояния Невской губы и застройки прибрежных территорий, которые брались за основу проектировщиками в советское время для стабильной работы КЗС, сильно изменились. Новый природно-техногенный объект, Комплекс защитных сооружений от наводнений, выполняя свое прямое предназначение по защите жизни, здоровья и имущества петербуржцев, требует учитывать возникшие изменения гидрологического режима в условиях наводненческой ситуации при принятии решений о создании и местах размещения искусственных намывных территорий и возможного берегоукрепления примыкающих районов.

В основополагающем документе, регламентирующем водные отношения в стране, — «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 года», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 27.08.2009 г.

№ 1235-р, указано, что «риск наводнений и иного негативного воздействия вод будет сохраняться и усиливаться в будущем в связи с учащением опасных гидрологических явлений в новых климатических условиях и продолжающимся антропогенным освоением территорий, что требует реализации мероприятий по строительству сооружений инженерной защиты и использованию принципиально новых подходов в рамках решения задач по защите населения и объектов экономики».

Примером нового законодательного подхода является законопроект, внесенный Правительством РФ в Государственную Думу, о правовом регулировании хозяйственного освоения территорий, подверженных затоплению и подтоплению, предусматривающий введение ограничений использования таких территорий и процедуры наблюдения за режимом их использования, для чего вносятся соответствующие изменения в Градостроительный и Водный кодексы России. Проект закона принят в первом чтении.

Изменения российского законодательства, направленные на запрещение строительства новых объектов на потенциально затопляемых территориях, регламентирующие защиту или вынос уже построенных объектов за их пределы, при условии незамедлительной реализации, а также регламентированное воздействие Комплекса защитных сооружений на процесс перемещения вод Балтийского моря при невыхов наводнении позволят предотвратить всегда неожиданный урон, который способна нанести бушующая водная стихия.



# РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ КАРТ УЯЗВИМОСТИ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ И БЕРЕГОВ ОТ РАЗЛИВОВ НЕФТИ

ПО МАТЕРИАЛАМ РАБОЧЕЙ ВСТРЕЧИ ЭКСПЕРТОВ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ



Материал подготовил Шилин М. Б., доктор географ. наук, профессор РГГМУ, СПбГПУ

В настоящее время при осуществлении процедур ОВОС, разработки мероприятий по предупреждению разливов нефти и ликвидации их последствий отсутствует единство трактовки понятий «экологическая чувствительность» и «экологическая уязвимость» специалистами различных организаций и институтов. При оценке чувствительности морских побережий к различным видам антропогенного воздействия в разных регионах применяются различные подходы, которые условно можно назвать «рыбохозяйственным», «биотическим», «геоэкологическим», «индексным», «ресурсным» и др.

Разное понимание экспертами одних и тех же понятий, применение различных подходов при решении схожих задач создают трудности в разработке программ развития береговых зон и подготовке мероприятий по ликвидации разливов нефти ЛРН. Многие из существующих и применяемых на практике методик выделения чувствительных зон не обеспечивают должного уровня организации эффективных работ по реагированию на аварийные разливы нефти.

По инициативе Московского офиса Всемирного фонда природы России (WWF/Russia) 27–29 октября 2010 г. в Санкт-Петербурге проведена рабочая встреча «Разработка методики построения карт уязвимости морских акваторий и берегов от разливов нефти». Участниками мероприятия стали научные и консалтинговые российские организации — разработчики методик выделения чувствительных зон, природоохранные общественные организации России, представи-

тели государственных учреждений и независимые эксперты, занимающиеся предупреждением и ликвидацией экологических последствий аварийных разливов нефти, а также оценкой уязвимости морских побережий к этому виду антропогенного воздействия. Рабочая встреча, проходившая в отеле посвящена разработке у «Соко» в саду Олимпия, что на Московском проспекте, была нифицированной общероссийской методикой картирования уязвимости морских берегов, которую можно было бы эффективно использовать при проведении природоохранных мероприятий на различных акваториях — от Баренцева моря на Северо-Западе России до берегов Сахалина на Дальнем Востоке. Очевидно, что подобная методика может быть разработана на основе анализа и доработки существующих как отечественных, так и зарубежных методик оценки.

В соответствии с позицией участников рабочей встречи, среди природоохранных мероприятий приоритетное внимание должно быть уделено системе ликвидации аварийных разливов нефти ЛРН, важность которой возрастает в связи с началом активного освоения запасов нефти и газа на шельфе морей Северо-Запада и Дальнего Востока Российской Федерации.

В качестве формы проведения рабочей встречи было выбрано совещание за круглым столом. Функции фасилитатора были возложены на главу отдела нефтегазовых проектов Московского офиса Всемирного фонда природы А. Ю. Книжникова.

Рабочую встречу открыл руководитель Баренцевоморского отделения WWF России О. К. Суткайтис, призвавший участников рабочей встречи, учтя международный и отечественный опыт, взять из каждой разработки все лучшее, органично соединить, гармонизировать и вписать в российское и международное законодательство. При этом методика должна быть достаточно простой для реализации и наглядной для различных специалистов, которые ей будут пользоваться.

Фасилитатор рабочей встречи А. Ю. Книжников подчеркнул, что интенсификация природопользования (в частности, добычи и транспортировки нефти) на шельфе невозможна без повышения уровня научного обеспечения и совершенствования нормативно-правовой базы.

Вниманию участников рабочей встречи были представлены следующие доклады.

Главный специалист ЗАО «Экопроект» (Санкт-Петербург), доктор биол. наук В. Б. Погребов сделал обзор существующих зарубежных подходов к определению чувствительности и устойчивости морских экосистем к нефтяным загрязнениям. Также на докладе были представлены собственная разработка ЗАО «Экопроект» — методика оценки интегральной экологической чувствительности (подход компании «Экопроект» на примере Балтики) и рекомендации к созданию методики КУМАП («картирование уязвимости морских акваторий и побережий»). За основу предлагаемой к разработке единой методики предложено взять методику картирования экологической чувствительности Международной морской организации (ИМО) и Международной ассоциации представителей нефтяной промышленности по охране окружающей среды (IPIECA). Она дополняется подходом ЗАО «Экопроект» (который опробован на всех морях России) и полезными наработками группы экспертов, работавшей по заказу WWF Россия ранее.

Заведующий отделом Мурманского морского биологического института Кольского научного центра РАН канд. техн. наук А. А. Шавыкин (Мурманск) представил результаты работы по оценке интегральной уязвимости акватории Баренцева моря к нефтяному загрязнению с использованием оригинальной методики картирования уязвимости морей и побережий для нефти (методика КУМПОН). В основу подхода КУМПОН были положены голландская методика SafetyatSea (SafetyatSea, 2007), норвежская методика MOB (MOB, 2000), доклады и рекомендации международных организаций (ИМО/IPIECA).

Заведующая кафедрой Института защиты моря (Владивосток) Я. Ю. Блиновская осветила вопросы поведения нефти и нефтепродуктов при разливе на водной поверхности. В докладе прозвучало, что для построения карт уязвимости берегов от нефтяных загрязнений необходимо учитывать следующие характеристики нефти: плотность, вязкость, точка текучести, температура вспышки. В зависимости от типа

нефти (легкая, средняя, тяжелая) мы можем говорить о ее испарении, плавучести, растворении и погружении. Например, при разливе легкой нефти донные биоценозы не пострадают, в отличие от воздействия разлива тяжелой нефти.

Научный сотрудник ЗАО «Экопроект» доктор геол.-минер. наук С. М. Усенков предложил для разрабатываемой методики оригинальную таблицу уязвимости берегов, разработанную согласно рекомендациям ИМО и IPIECA.

Научный сотрудник НИИ Арктики и Антарктики М. В. Гаврило познакомила участников рабочей встречи с международными наработками в области оценки чувствительности к нефтяному загрязнению морских птиц.

Заместитель начальника отдела охраны морской среды ФГУ «Госморспасслужба России» канд. техн. наук Е. А. Сребняк сделала ряд сообщений по уточнению правовых аспектов контроля нефтяных разливов и устранения их последствий.

Участники рабочей встречи отметили, что среди используемых российских методик наиболее адекватно отражающей экологическую ситуацию в прибрежной зоне, формализованной и реально учитывающей задачи и потребности лиц, принимающих решения (ЛПР), является методика оценки интегральной экологической чувствительности ЗАО «Экопроект» (Санкт-Петербург) (разработчик — доктор биол. наук В. Б. Погребов), которая прошла практическую апробацию на ряде акваторий Балтийского, Белого, Черного, Каспийского морей и шельфе Сахалина, а также успешно модифицирована сотрудниками Мурманского морского биологического института (ММБИ) для акватории Баренцева моря.

Участники рабочей встречи считают, что для эффективного планирования мероприятий ЛРН, контроля и дозирования антропогенного пресса, формирования и развития системы комплексного управления прибрежными зонами (КУПЗ) необходим единый подход к оценке экологической чувствительности морских прибрежных экосистем на нескольких уровнях принятия решений ЛПР. Должна быть обеспечена согласованность методик оценки интегральных экологических характеристик морей и береговой зоны, позволяющих на разных уровнях детализации карт чувствительности/уязвимости к загрязнению и другим видам антропогенного воздействия использовать их для стратегической экологической оценки проектного ОВОС, определения рыбохозяйственной категории водных объектов, планирования особо охраняемых территорий (ООПТ) в прибрежной зоне, рыбохозяйственных заповедных зон и других форм регулирования хозяйственной деятельности в территориальном море, исключительной экономической зоне и на континентальном шельфе. Необходим государственный запрос на разработку единой методики подготовки карт чувствительности / уязвимости морских акваторий и побережий к нефтяному загрязнению для планов ЛАРН.



Редакция журнала «ГИДРОТЕХНИКА»  
и участники совещания  
ПОЗДРАВЛЯЮТ

**Блиновскую Яну Юрьевну**

с блестящей защитой диссертации по оценке экологической чувствительности морских побережий к нефтяным разливам и с присвоением ученой степени доктора наук! Желаем успешного воплощения всех научных работок и новых научных изысканий!

# «СОЧИМОРСТРОЙ» — ГИДРОСТРОИТЕЛЬ РОССИИ № 1



**Ибраимов Э. Ш.,**  
генеральный директор ООО «Сочиморстрой»

ООО «Сочиморстрой» было создано в 2002 году на базе государственного предприятия, входившего в структуру Министерства транспортного строительства, и на сегодняшний день является одной из крупнейших гидростроительных компаний в России. На счету компании множество сложнейших объектов в портах разных регионов страны — от Черноморского побережья до Дальнего Востока: Туапсе, Усть-Луга, Железный Рог, Приморск, Козьмино, Имеретинский, Морской порт Сочи — это причалы, трубопроводные системы, комплексы перевалки грузов, объекты портовой и береговой инфраструктуры.

В настоящее время ООО «Сочиморстрой» принимает участие в строительстве **двух олимпийских объектов** — грузового района порта Сочи с созданием береговой инфраструктуры в устье р. Мзымты с дальнейшим перепрофилированием в инфраструктуру яхтинга, а также в строительстве объекта «Морской порт Сочи с береговой инфраструктурой с целью создания международного центра морских пассажирских и круизных перевозок».

У заказчиков, — а среди них такие крупнейшие организации, как ЗАО «Таманьнефтегаз», ФГУП «Росморпорт», ОАО «Роснефтьбункер», «Транснефть», Федеральное агентство речного и морского транспорта, ООО «Роснефть-Туапсенефтепродукт», ФГУП «Кавказский ВСО» ФСБ РФ, — компания «Сочиморстрой» имеет репутацию надежного и профессионального партнера.

По мнению генерального директора компании Эльдара Шукриевича Ибраимова, **достичь этой репутации позволило**

осознание, что «каждый из возводимых объектов — это объект заказчика, это его идея, финансирование и эксплуатация по окончании строительства, а мы — помощники в воплощении идеи».

Четкое понимание своей миссии надежного партнера является фундаментом успеха компании. На этой основе базируются четыре составляющих конкурентного преимущества компании «Сочиморстрой»:

- ♦ Уникальные технологии.
- ♦ Техническое оснащение.
- ♦ Коллектив профессионалов.
- ♦ Сотрудничество с лучшими.

## УНИКАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Специалисты «Сочиморстрой» не только осваивают уже готовые технологические решения, но и осуществляют разработку новых технологий, позволяющих эффективно вести работы на сложном объекте и достигать нужного результата в четко обозначенные сроки. К примеру, в 2004 году инженеры компании совместно со специалистами ЦНИИС «Мосты» (Москва) разработали и запатентовали специальный странственный кондуктор с гидрофицированными захватами, с помощью которого была освоена технология, позволяющая вести работы по строительству гидротехнических сооружений «пионерным» способом без использования плавсредств, что в свою очередь позволило не зависеть от штормов в море и

сократить сроки строительства объектов в 2 раза в сравнении с нормативными. На сегодняшний день технология четко отработана и доведена сотрудниками компании до идеала. Суть ее заключается в следующем: с плавсредств в море погружаются основные сваи, далее на них заводятся подкранные балки — они позволяют удерживать кран, работающий в режиме строительства и монтажа. В то же время строительство ведется и с берега, что значительно сокращает срок сдачи объекта.

Важно отметить, что технические средства компании «Сочиморстрой» позволяют проводить уникальные работы в открытом море. Так, платформа «Марина» грузоподъемностью 450 т — уникальное в своем роде оборудование — способна работать вне зависимости от погодных условий. Она устанавливается на грунте таким образом, что даже сильный ветер и волнение моря не влияют на работу. Использование техники такого уровня обеспечивает минимальные сроки строительства и исключительное качество выполнения заказа.

Также ООО «Сочиморстрой» имеет большой опыт работы в скальных породах и особо твердых грунтах. Не секрет, что существуют сложные участки, где из-за характера грунтов установка свай не представляется возможной. Специально для таких технических условий на вооружении ООО «Сочиморстрой» есть буровая установка VIRT с различными бурами большого диаметра. Это позволяет выполнять работы практически в любых условиях.

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ

ООО «Сочиморстрой» обладает широким спектром плавучих технических средств, сухопутных механизмов и иного оборудования для выполнения задач любой сложности. Политикой компании в области освоения новых технологий является приобретение высокопроизводительного оборудования ведущих мировых производителей. Для сооружения свайных оснований применяется инновационная технология ведения работ с плавучей самоподъемной строительной платформой, что позволяет максимально уменьшить воздействие волновых и ветровых факторов при производстве работ.

Флот компании, включающий самоподъемную платформу «Марина», водолазный бот, буксирно-моторные катера, плавпонтон, морские буксиры, самоходные морские плавкраны, позволяет выполнять сложнейшие строительные работы в морских акваториях. Управление и эксплуатация флотом происходят в строгом соответствии с требованиями судоходной инспекции. Особое внимание в компании уделяется вопросам безопасности эксплуатации флота.

Технический парк компании насчитывает более 100 единиц спецтехники и оборудования, среди которых краны, вибропогружатели, молоты, компрессоры, электростанции, сварочные агрегаты, автотехника, буровые установки, строительная и погрузочно-разгрузочная техника.

## КОЛЛЕКТИВ ПРОФЕССИОНАЛОВ

Кадровая политика в ООО «Сочиморстрой» ориентирована на постоянный профессиональный рост и поддержку сотрудников в реализации своего интеллектуального и профессионального потенциала. Сегодня штат сотрудников компании насчитывает почти 1500 человек различных строительных специальностей: плавсостав технического флота, водолазы, сварщики, копровщики, монтажники, бетонщики; в том числе и 80 инженерно-технических работников, непрерывно ведется работа по подготовке и привлечению молодых специалистов.

Все специалисты компании имеют большой опыт строительства морских, портовых и промышленных объектов, многим из них присвоены почетные звания и вручены государственные награды. Флот компании «Сочиморстрой» укомплектован дипломированными специалистами-судоводителями и механиками.

Но главный залог профессионального успеха — в понимании каждым специалистом важности его работы, в принятии личной ответственности за надежность и безопасность объекта, на котором коллектив ведет работу. В компании уверены, что без слаженной, четко организованной работы каждого на своем участке и в то же время работы единой командой, в которой ценен каждый специалист, невозможно достичь общего успеха. Компании удалось добиться кадровой стабильности, высокого профессионализма за счет не только правильной мотивации, но и преемственности поколений.

## СОТРУДНИЧЕСТВО С ЛУЧШИМИ

«Стиль «Сочиморстрой» для себя мы определили как надежность в квадрате и в строительстве, и в отношениях с заказчиками и партнерами, — говорит Эльдар Ибраимов. — Это ко многому обязывает, как и наш союз с «Корпорацией Инжтрансстрой» — компанией, которую возглавляет легендарный строитель Ефим Владимирович Басин. Именно на таких людях сегодня держится строительный комплекс страны. А если нам есть на кого равняться, есть желание покорять новые высоты, есть к чему стремиться, можно не сомневаться, что «Сочиморстрой» будет достойно работать и развиваться».

## НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И УСЛУГИ

ООО «Сочиморстрой» специализируется на таких направлениях, как:

- ♦ Строительство, ремонт, восстановление гидротехнических сооружений.
- ♦ Строительство водных сооружений, подводных инженерных сооружений и объектов портовой инфраструктуры.
- ♦ Дноуглубительные и берегоукрепительные работы.
- ♦ Подводно-технические, водолазные работы.
- ♦ Общестроительные работы по возведению зданий.
- ♦ Изготовление, монтаж сборных и монолитных бетонных, железобетонных конструкций.

Обладая мощным кадровым, техническим, технологическим потенциалом, компания «Сочиморстрой» ведет работы в четко обозначенные сроки, в строгом соответствии современным нормативам и требованиям, используя при этом новейшие эффективные технологии и средства, поэтому на объектах «Сочиморстрой» гарантированы качество и надежность.



Морской терминал для перегрузки светлых нефтепродуктов в МТП Приморск



Объект Таманской базы сжиженных углеводородных газов



Строительство азария в районе парка им. Фрунзе (г. Сочи)



**354000 Краснодарский край,**  
**г. Сочи, ул. Гагарина, 49а**  
**Тел.: (8622) 90-12-99; 90-12-98**  
**<http://www.sochimorstroy.biz>**  
**E-mail: [info@sochimorstroy.com](mailto:info@sochimorstroy.com)**

# 2.

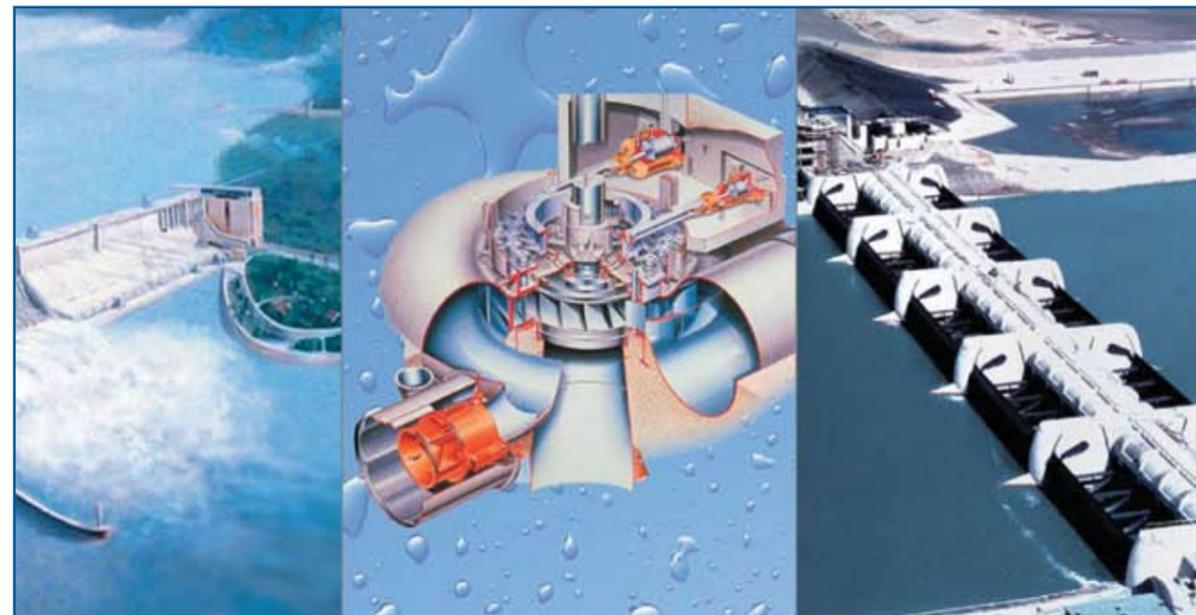
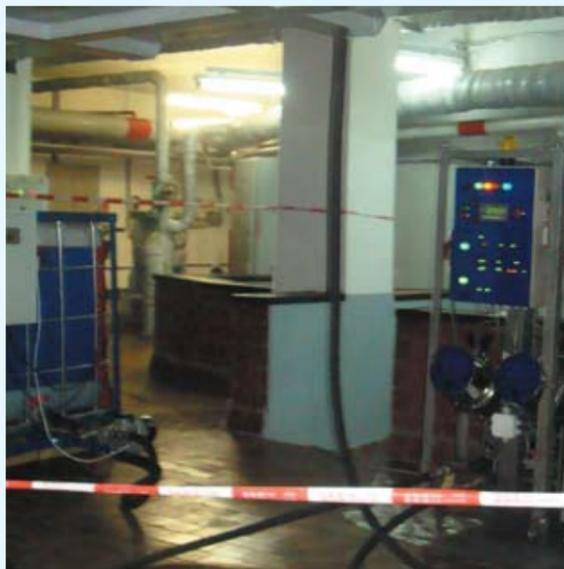
22-37

## ГИДРОЭНЕРГЕТИКА

МОНИТОРИНГ И ДИАГНОСТИКА  
ОБОРУДОВАНИЯ

ЮБИЛЕЙ БРАТСКОЙ ГЭС

ОБОРУДОВАНИЕ, СИСТЕМЫ  
ЗАЩИТЫ



deva.metal®



deva.bm®



deva.glide®



deva.tex®

## Передовые технологии подшипников скольжения для гидроэнергетики

Турбины, затворы, гидромеханическое оборудование и цепи

В следующий раз, когда вы решите разработать новое оборудования для гидроэлектростанций или модернизировать старое, не тратьте свое время. Вы можете обратиться к нам, к экспертам в применении самосмазывающихся подшипников скольжения для гидроэнергетики. Federal-Mogul DEVA сможет помочь вам в поиске технического решения, адаптированного под ваши требования.



www.deva.de



www.federalmogul.com

Federal-Mogul DEVA GmbH · Schulstrasse 20 · 35260 Stadtlendorf / Germany · Phone +49 6428 701-0 · Fax +49 6428 701-108  
Телефон / Факс в Москве +7 499 502-41-44

# АНАЛИЗ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОТУРБИН

**Иванченко И. П.,**  
канд. техн. наук, зам. зав. отделом по научной работе  
ОАО «НПО ЦКТИ»

Под системой мониторинга понимается система, обеспечивающая непрерывный контроль измеряемых параметров и сравнение их величин с пороговыми значениями. Стержень такой системы являются возможности средств измерений при минимальных требованиях к оператору.

Задача системы диагностики значительно сложнее. Она обеспечивает интерпретацию результатов измерений, производимых системой мониторинга, т. е. осуществляет переход к оценке технического состояния оборудования. Эффективность диагноза зависит от квалификации и опыта экспертов, выполняющих анализ результатов измерений.

Система технической диагностики состоит из трех частей. Первая составная часть — это средства измерения сигнала. Второй составляющей является компьютерное оборудование с пакетом программ для мониторинга. Третья часть системы — интеллектуальная, обеспечивающая идентификацию дефектов по результатам измерений, подготовленными средствами мониторинга.

В настоящее время в мировой гидроэнергетике отсутствуют диагностические системы в указанном выше понимании. Устанавливаемые на ГЭС системы являются, по существу, системами мониторинга, содержащими в отдельных случаях элементы диагностирования. Известные нам системы мониторинга не обеспечивают эффективного контроля за техническим состоянием оборудования по следующим причинам:

- Критерием оценки состояния гидроагрегатов является в этих системах общий уровень виброперемещений опорных узлов (анализ амплитудно-частотного спектра не ведется).
- Игнорируются высокочастотные колебания, определяющие усталостную прочность рабочих колес и разрушение крепежа опорных узлов.
- Аппаратная часть систем имеет неудовлетворительные технические характеристики.

Эти недостатки свойственны всем зарубежным системам мониторинга, на которые сегодня ориентируется Россия. По-кажем сказанное на конкретных примерах.

Отсутствие контроля за частотным составом вибраций опорных узлов агрегатов привело к развитию катастрофы на Саяно-Шушенской ГЭС, машины которой были оборудованы вибрационной аппаратурой фирмы Vibro SystM (Канада). Регистрируемая аппаратурой вибрация изменялась до наступления аварии следующим образом.

С апреля месяца 2009 года на ГЭС наблюдалось сезонное наполнение водохранилища, в результате чего проис-

**Прокопенко А. Н.,**  
зав. отд. гидроэнергетики и гидроэнергетического  
оборудования ОАО «НПО ЦКТИ»; г. Санкт-Петербург

ходило повышение напора со 175 до 212 м (август 2009 г.), и в соответствии с этим увеличивалась мощность агрегатов (с 480–490 до 590–630 МВт). Вибрации опорных узлов возрасли в этот период на **всех** агрегатах, включая аварийный гидроагрегат 2. После выхода гидроагрегатов на максимальный напор  $H = 212$  м вибрационное состояние агрегата 2 (впрочем, как и других машин) стабилизировалось и оставалось неизменным до развития аварии (табл. 1).

Поскольку **общий уровень вибраций был примерно одинаковым на всех машинах**, то у оперативного персонала ГЭС не было оснований для беспокойства.

Но если бы установленная на агрегатах ГЭС вибросистема мониторинга вела непрерывный спектральный анализ вибраций опорных узлов, то перед аварией выявилось бы нарастание колебаний частотой  $f \leq 0,5 f_{об}$  (здесь  $f_{об}$  — оборотная частота), и развития катастрофы на ГЭС удалось бы избежать. Возникновение таких вибраций является неперенным диагностическим признаком разрушения крепежа несущих элементов турбины [1, 2].

Устанавливаемая сегодня на восстанавливаемых агрегатах Саяно-Шушенской ГЭС аппаратура фирмы Bently Nevada также использует общий уровень вибрационного сигнала как критерий оценки вибрационного состояния оборудования. При этом регистрируется полезный сигнал только на частотах выше 2,0 Гц из-за неудовлетворительной характеристики датчика, т. е. исключается информация по колебаниям ниже оборотной частоты ( $f_{об} = 2,38$  Гц). Попытка снизить нижнюю границу измерений низких частот (до  $f = 0,6$  Гц) приводит к таким размахам колебаний, которых физически не может быть в турбине. Для приведения показаний аппаратуры фирмы Bently Nevada в соответствие с реальностью осуществляется сверка этих показаний с данными замера вибраций других организаций, в частности ОАО «НПО ЦКТИ». Неудовлетворительные технические характеристики и низкая надежность аппаратуры уже привели за последние полгода (16.05.10–05.12.10 гг.) к одиннадцати ложным остановам агрегатов на ГЭС; причем два из них были аварийными со сбросом нагрузки.

Пример Саяно-Шушенской ГЭС приведен здесь с единственной целью — продемонстрировать ненормальное состояние дел в гидроэнергетике с системами виброконтроля даже на показательной гидроэлектростанции. На других ГЭС состояние этого вопроса не лучше.

Аппаратура фирмы Bently Nevada установлена, например, также на всех десяти агрегатах Воткинской ГЭС, оборудованных поворотно-лопастными турбинами единичной мощностью 100 МВт. По заказу ГЭС ЦКТИ выполнил проверку до-

стоверности вибраций, регистрируемых этой аппаратурой. Вибрации сравнивались по **общему** уровню на трех машинах, так как выполнить спектральный анализ вибраций опорных узлов аппаратурой фирмы не удалось. Разница в уровне сравниваемых вертикальных вибраций достигает 100% и более.

Установка на ГЭС систем мониторинга с упрощенным, необоснованным критерием оценки вибрационного состояния оборудования (по общему уровню) и неудовлетворительными техническими характеристиками первичных датчиков связана с незнанием и непониманием разработчиками систем многообразия природы гидравлических и кавитационных нагрузок в гидротурбинах, зависящих от режима работы машин. Ни одна энергетическая машина не имеет столь широкого спектра динамических нагрузок, какой свойствен гидромашине (от частот меньше 1,0 Гц до частот, исчисляемых сотнями Гц, а с учетом кавитационных явлений — и кГц).

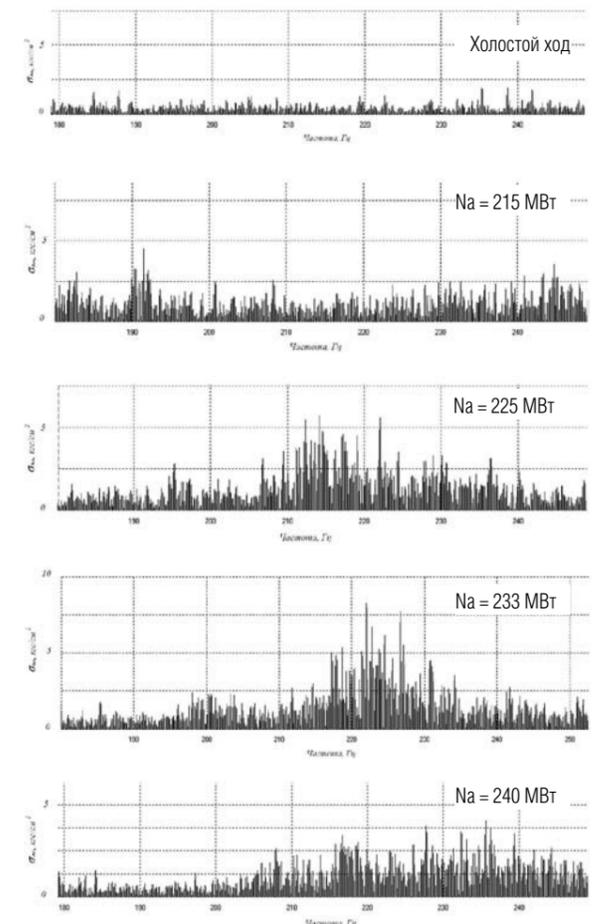
Проиллюстрируем сказанное на следующем примере. Основную роль в усталостных разрушениях лопастей радиально-осевых турбин играют **высокочастотные** динамические напряжения. Они возникают в результате воздействия на лопасть сходящих с выходной кромки вихрей, известных в литературе как вихри Кармана. На **рис. 1** показана спектрограмма **динамических** напряжений в лопасти турбины Усть-Илимской ГЭС, полученная в натурных прочностных испытаниях при напоре  $H = 87,8$  м.

На режиме холостого хода высокочастотные колебания практически отсутствовали (находились в пределах точности измерений). При достижении мощности  $N_a = 215$  МВт в лопасти появились высокочастотные динамические напряжения с наибольшей амплитудой на частоте в районе  $f = 190$  Гц. Увеличение мощности до  $N_a = 225$  МВт сопровождалось ростом амплитуд напряжений и смещением спектра их максимальных значений в область более высоких частот  $f = 217–227$  Гц. Повышение мощности до  $N_a = 233$  МВт привело к еще большему росту уровня динамических напряжений и дальнейшему смещению частотного спектра в область высоких значений. Важно отметить, что мощности  $N_a = 225–233$  МВт с повышенным уровнем высокочастотных динамических нагрузок приходится на оптимальную по КПД зону режимов работы турбины на эксплуатационной характеристике.

Переход агрегата на работу с номинальной мощностью  $N_a = 240$  МВт привел к снижению уровня динамических напряжений, хотя частотный спектр максимальных амплитуд сместился еще больше в область высоких значений (см. рис. 1). Снижение амплитуд напряжений объясняется возникновением развитых кавитационных явлений на этом режиме, которые демпфировали высокочастотные гидродинамические нагрузки. Аналогичный демпфирующий эффект оказывает выпуск **сжатого** воздуха в напорную часть турбины.

Надлежащим выбором режима работы турбины можно снизить, естественно, гидродинамические нагрузки на лопастную систему. Вопрос состоит лишь в том, как их выявить, когда отсутствуют результаты прочностных испытаний лопастей.

Существующие системы мониторинга не могут обнаружить проявление высокочастотных гидродинамических нагрузок в спектре виброперемещений опорных узлов ввиду малости сигнала. По этой же причине не удается обнаружить в спектре вибраций опорных узлов колебания лопаточной частоты, которая для турбины Усть-Илимской ГЭС равна



**Рис. 1. Спектрограммы динамических напряжений в лопасти турбины Усть-Илимской ГЭС при различных мощностях и напоре  $H = 88$  м**

$f_{лопат} = 41,6$  Гц ( $f_{лопат} = f_{об} \cdot Z_{НА}$ , где  $Z_{НА}$  — число лопаток направляющего аппарата). Гидродинамические нагрузки лопаточной частоты также определяют развитие усталостных явлений в металле рабочего колеса и сильно зависят от режима работы турбины. Но если анализ вибраций вести по **виброскорости** (а не по виброперемещению), то спектр высокочастотных гидродинамических нагрузок и нагрузок лопаточной частоты был бы установлен. Для иллюстрации сказанного ниже показано соотношение амплитуд СКЗ (среднеквадратичного значения) **виброскорости** и **виброперемещения** для различных составляющих радиальных вибраций корпуса турбинного подшипника агрегата Саяно-Шушенской ГЭС при работе на оптимальном по КПД режиме (табл. 2).

К сожалению, ни одна из известных нам систем мониторинга не выполняет сегодня анализа высокочастотных колебаний опорных узлов.

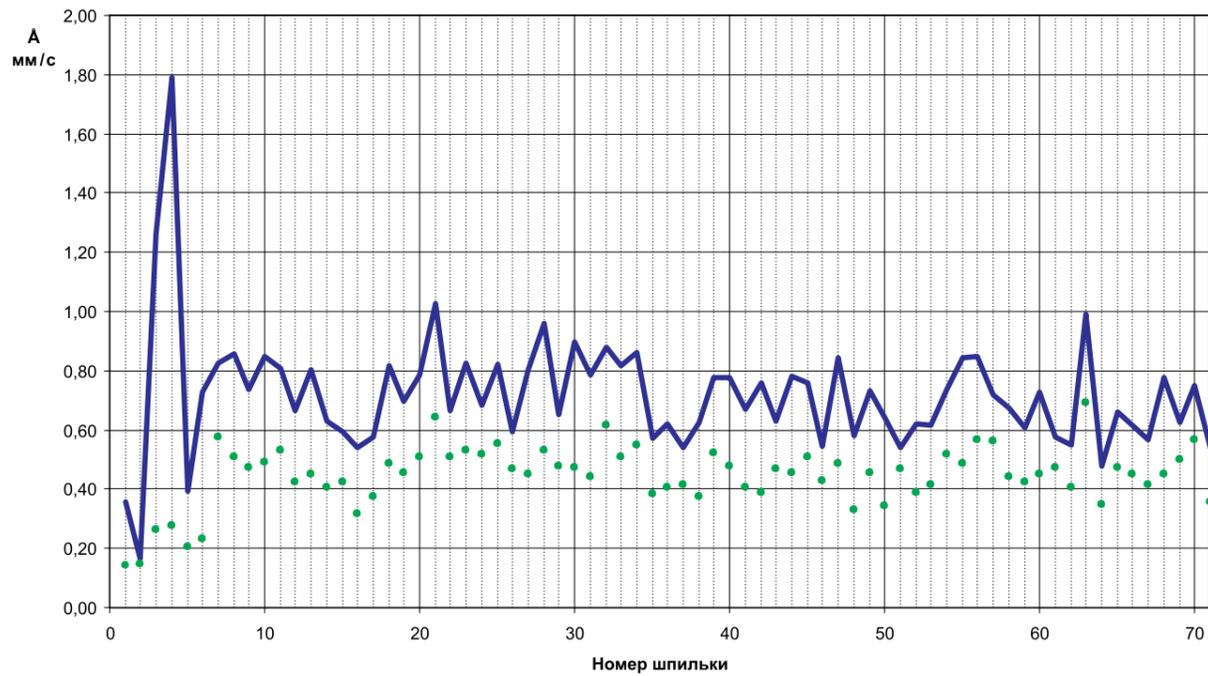
Высокочастотные динамические нагрузки являются также основной причиной разрушения крепежа крышек турбин, имевших место на Нурекской и Саяно-Шушенской ГЭС, что нашло подтверждение в материалах натурных испытаний.

**Таблица 1. Вибрации турбинного подшипника агрегатов Саяно-Шушенской ГЭС по мере повышения напора**

№ агр.	1 мая			8 июня			22 июня			6 июля			8 августа		
	H, м	Na, МВт	2A, мкм	H, м	Na, МВт	2A, мкм	H, м	Na, МВт	2A, мкм	H, м	Na, МВт	2A, мкм	H, м	Na, МВт	2A, мкм
2	175,4	487	75	193,0	540	92	200,5	565	120	205,0	582	190	212,0	600	248
3		483	64		537	178		630	210		577	198		598	251
4		454	53		558	104		540	145		571	207		600	277

**Таблица 2. Соотношение амплитуд СКЗ по виброскорости и виброперемещению**

Параметр вибрации (СКЗ)	Частотная составляющая вибраций, Гц					
	2,2–2,8	4,5–5,6	44–56	88–110	175–280	280–355
Виброскорость, мкм/с	430	290	1160	860	1040	1260
Виброперемещение, мкм	24–31	8–10	3–4	1,0–1,5	0,6–0,95	0,6–0,7



**Рис. 2. Виброскорости шпилек (точки) и крышки турбины 3 в местах установки шпилек на частоте  $f = 350\text{--}400$  Гц на режиме  $N_a = 310$  МВт и  $H = 255$  м**

Для определения природы гидродинамических нагрузок на крепеж крышки НПО ЦКТИ выполнило специальные вибрационные испытания на одной из машин Нурекской ГЭС, введенной в эксплуатацию после замены рабочего колеса.

Испытания сводились к следующему. На фиксированном режиме работы агрегата производилось одновременное измерение вибраций шпильки и крышки турбины в месте установки данной шпильки. Определялось превышение вибраций крышки над вибрацией шпильки. При нормальном натяге разница в вибрациях крышки и шпильки должна отсутствовать или быть незначительной (шпилька работает с крышкой как единое целое). В противном случае вибрации крышки по сравнению с вибрациями шпильки будут тем выше, чем меньше натяг шпильки. Обследование состояния крепежа производилось по **виброскоростям**. Испытания при напоре  $H = 255$  м показали следующее:

- основная составляющая вибраций приходится на частоту  $f = 350\text{--}400$  Гц (на всех шпильках);
- нарастание высокочастотных вибраций ( $f = 350\text{--}400$  Гц) начинается с мощности  $N_a = 250$  МВт и достигает наибольшего уровня на оптимальных по КПД режимах  $N_a = 290\text{--}310$  МВт;
- высокочастотные вибрации имеют низкий уровень в не рекомендуемой заводом зоне 2 (соответствует мощностям  $N_a = 150\text{--}210$  МВт при  $H_G = 255$  м);
- вибрации крышки турбины на частоте  $f = 350\text{--}400$  Гц заметно выше соответствующих вибраций шпильки.

Обследование состояния **всех** шпилек крепежа на мощности  $N_a = 310$  МВт подтвердило, что абсолютно плотного затяга

нигде не наблюдается: вибрации крышки в местах установки шпилек всегда больше вибраций самих шпилек (**рис. 2**).

Аналогичные результаты были получены при обследовании состояния крепежа высоконапорных гидротурбин Чиркейской ГЭС ( $N_a = 250$  МВт). Основными составляющими вибраций шпилек оказались при напоре  $H = 188$  м колебания частотой  $f = 170$  Гц и  $f = 270$  Гц; причем наибольший их уровень зафиксирован на оптимальных по КПД режимах.

На агрегате 6 Саяно-Шушенской ГЭС замеры вибраций крепежа крышки турбины были выполнены на оптимальном по КПД режиме ( $N_a = 580$  МВт при  $H = 186$  м) сразу же после пуска восстановленной машины. Изменение режима работы агрегата не допускалось. Осредненные по 80 шпилькам результаты измерений виброскоростей различных частот показаны в **табл. 3**.

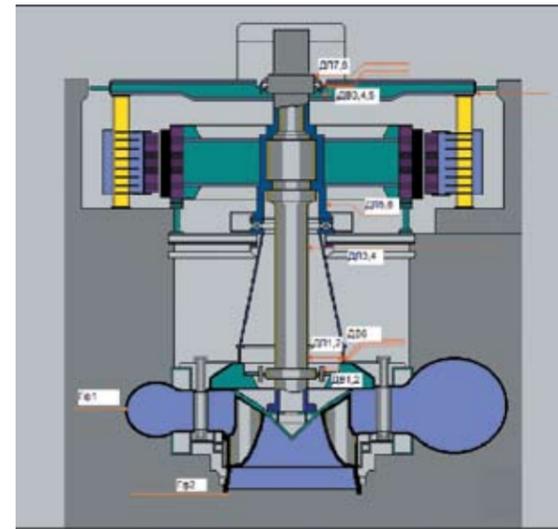
Основными динамическими нагрузками на крепеж крышки турбины являются, как видим, высокочастотные воздействия  $f = 140\text{--}210$  Гц.

Существующие системы мониторинга, ориентированные на общий уровень виброперемещений и игнорирующие высокочастотные колебания, не могут, в принципе, зафиксировать происходящие изменения в состоянии крепежа крышки турбины.

Вместе с тем этот пробел может быть устранен, если наладить контроль вибраций шпилек и крышки турбины в местах установки шпилек по методике НПО ЦКТИ, примененной на указанных выше ГЭС. Контролируемой величиной в таком мониторинге будет разность вибраций крышки турбины

**Таблица 3. Осредненные виброскорости шпилек и крышки турбины 6 Саяно-Шушенской ГЭС, в мм/с**

Элемент узла	Частота, Гц						
	30-40	60-90	100-140	140-160	160-210	210-260	260-300
Крышка	0,205	0,161	0,193	0,462	0,550	0,206	0,228
Шпильки	0,113	0,093	0,106	0,298	0,265	0,121	0,141
Разница $\Delta$	0,092	0,068	0,087	0,164	0,285	0,085	0,087



**Рис. 3. Схема расположения датчиков**

ДП — датчики перемещения вала в зоне турбинного (ДП1,2) и генераторного (ДП5,6) подшипников, шпильки турбины (ДП3,4), опоры подпятника (ДП5,6) в двух взаимно-перпендикулярных направлениях (ВБ-НБ и ЛБ-ПБ); ДВ — датчики вибрации корпуса турбинного (ДВ1,2) и генераторного (ДВ3,4) подшипников, верхней крестовины (ДВ5), опоры подпятника (ДВ6); Гф — гидрофоны для регистрации кавитационного шума в турбинном (Гф1) и насосном (Гф2) режимах

и шпилек. Одновременно каждая десятая шпилька оснащается тензодатчиками по измерению напряжений.

Описываемая ниже система мониторинга разработки НПО ЦКТИ во многом свободна от указанных выше недостатков существующих систем.

Аппаратная часть (первая составляющая диагностической системы) контролирует следующие параметры: биения вала агрегата; вибрации корпусов направляющих подшипников и опоры подпятника; вибрации сердечника статора генератора; кавитационный шум в проточной части; режимные параметры агрегата (мощность, напор, высоту отсасывания, открытие направляющего аппарата); отметку положения ротора. Контроль вибраций направляющих подшипников и биений вала в их зоне производится в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Места установки датчиков (на примере агрегата Крунойской ГАЭС, Литва) показаны на **рис. 3**, а их технические характеристики даны в **табл. 4**.

Все сигналы с датчиков через коммутатор поступают на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП), установленного на системной плате агрегатного компьютера.

Созданные алгоритмы и программы (вторая часть диагностической системы) обеспечивают работу всех элементов

**Таблица 4. Технические характеристики аппаратной части диагностической системы ОАО «НПО ЦКТИ»**

Параметры аппаратуры	Измеряемая величина			Режим агрегата
	Вибрация	Биение вала	Кавитационное воздействие	
1. Тип первичного датчика	пьеозакселерометр с усилителем	вихретоковый	гидрофон	Используются стационарные приборы (датчики мощности, открытия направляющего аппарата, напора, уровня нижнего бьефа)
2. Диапазон рабочих частот, Гц	1÷250	0÷250	30000÷250000	
3. Диапазон выходного сигнала, В	±5	0...8	0...5	
4. Потребляемая мощность, ВА, не более	10	10	10	
5. Погрешность измерения, % не более	8	10	±10	
6. Диапазон линейного перемещения, мм, не менее	—	3	—	
7. Расстояние до вала, мм, не менее	—	2	—	
8. Ресурс датчика, ч., не менее	50 000	50 000	50 000	
9. Полный срок службы, лет, не менее	10	10	10	

системы в автоматическом режиме [3]. Сигналы от датчиков каждого агрегата поступают в соответствующей агрегатный компьютер, установленный рядом с агрегатом. На каждом из этих компьютеров установлено программное обеспечение, обеспечивающее съем сигналов с датчиков и хранение их в памяти компьютера, которое накапливает поступающие сигналы, производит спектральный анализ сигналов с помощью цифрового преобразования Фурье, создает архив и позволяет работать с данными архива.

В режиме сбора информации и контроля параметров система выполняет следующие функции:

- непрерывный опрос датчиков;
- вычисление спектральных составляющих вибраций и биения вала;
- вычисление среднеквадратического значения вибрационных параметров;
- определение интегральной интенсивности кавитационного воздействия по акустическим излучениям в ультразвуковом спектре частот.

По требованию оператора на экран монитора может быть выведена следующая информация:

1. Суточная ведомость, в которой за каждый час представлены вибрационные, кавитационные характеристики агрегата и соответствующие режимные параметры машины.
2. Временная функция и спектральное разложение сигналов вибраций и биения вала на рассматриваемом режиме работы агрегата.
3. Оценка вибрационного состояния агрегата по заложенным нормам в систему мониторинга.

4. Годографы (траектории) биения вала и вибраций корпусов направляющих подшипников на любом режиме (информация может быть представлена как по отдельным частотным составляющим, так и по сумме всех составляющих сигнала).

5. Линия вала агрегата на любом режиме.  
6. Топограмма режимов работы агрегата, показывающая продолжительность работы агрегата в часах при различных сочетаниях напора и мощности.

7. Долговременный архив, который содержит **суточные** ведомости о вибрационных характеристиках машин с начала ввода системы мониторинга.

8. Тренд вибрационных и кавитационных характеристик на рассматриваемом режиме работы машины.

9. Кратковременный архив (недельный), в котором хранятся **ежеминутные** данные по вибрационным характеристикам агрегата.

На основании материалов испытаний турбин более чем 40 ГЭС; данных опыта эксплуатации оборудования крупнейших ГЭС России и СНГ, а также результатов расчетно-экспериментальных исследований НПО ЦКТИ подготовлена интеллектуальная база перехода от системы мониторинга к системе диагностики. Интеллектуальная база

Таблица 5. Режимная диагностика гидроагрегата

№ п/п	Гидравлическая нагрузка в турбине	Способ выявления	Характерный режим турбины	Результат воздействия на рабочее колесо
1	Гидравлическая сила на рабочем колесе из-за технологических отклонений в решетке лопастной системы.	При напоре $H = \text{const}$ с ростом мощности наблюдается увеличение радиальных вибраций корпуса турбинного подшипника и биения вала в его зоне на оборотной частоте $f_{об.}$	Гидравлическая сила достигает максимального значения при больших открытиях регулирующих органов.	1. Динамические напряжения в лопастной системе от этой силы не возникают. 2. Гидравлическая статическая нагрузка на рабочее колесо неравномерно распределяется между лопастями.
2	Низкочастотная гидравлическая нагрузка, вызванная закруткой потока на выходе с лопастей рабочего колеса (нагрузка от вращающегося вихревого «жгута» под рабочим колесом).	По вибрациям опорных узлов и биениям вала в зоне направляющих подшипников на частотах $f_{н.ч.} = \frac{f_{об.}}{3 \div 8}$	При напоре $H = \text{const}$ частичные мощности $N = (0,45 \div 0,75) \cdot N_{опт.}$ (направление вращения «жгута» и турбины совпадают) и режимы перегрузки $N = (1,1 \div 1,3) \cdot N_{опт.}$ («жгут» вращается против направления вращения турбины). Мощности $N_{опт.}$ соответствует максимальный уровень КПД радиально-осевой турбины и наибольший уровень КПД на угле $\varphi = \text{const}$ для пропеллерной турбины.	1. Приводит к значительным перемещениям колеса, что может вызвать его задевание за неподвижные элементы турбины. 2. В лопастной системе наводит динамические напряжения большой амплитуды с частотой $(f_{об.} - f_{н.ч.})$ на частичных мощностях и частотой $(f_{об.} + f_{н.ч.})$ на режимах перегрузки.
3	Гидравлическая сила со стороны спиральной камеры, вызванная неравномерным характером потока по сечениям спирали.	1. В спектре вибраций опорных узлов наблюдаются колебания <b>лопастной</b> частоты ( $f_{лоп.} = z_{р.к.} \cdot f_{об.}$ , где $z_{р.к.}$ — число лопастей колеса). 2. В биениях отмечается одностороннее прижатие вала.	1. Наибольшая неравномерность подвода воды спиралью имеет место на малых мощностях. 2. При одинаковом угле охвата спирали нагрузки на лопасть тем выше, чем меньше число лопастей.	1. Вызывает в лопастях колеса динамические напряжения <b>оборотной</b> частоты. 2. Вызывает одностороннее смещение колеса в камере.
4	Ударная гидравлическая нагрузка на рабочее колесо вследствие несогласованности угла выхода потока из направляющего аппарата с углом входа на лопасти колеса.	В спектре вибраций опорных узлов присутствуют собственные частоты колебаний агрегата в поперечном направлении ( $f_{соб.поп.} = 3 \div 6$ Гц) и собственные частоты колебаний в осевом направлении ( $f_{соб.ос.} = 8 \div 15$ Гц).	Проявляется на малых мощностных режимах и холостом ходу.	Вызывает в лопастях турбины динамические напряжения на <b>собственной</b> частоте колебаний лопасти.
5	Гидравлическая нагрузка, формируемая неравномерностью потока за лопатками направляющего аппарата.	В спектре вибраций опорных узлов наблюдаются колебания <b>лопаточной</b> частоты ( $f_{лопат.} = z_{н.а.} \cdot f_{об.}$ , где $z_{н.а.}$ — число лопаток направляющего аппарата).	Зависимость от режима имеет индивидуальный характер и определяется типом турбины и кавитационными условиями на ГЭС.	Вызывает в лопастях рабочего колеса динамические напряжения <b>лопаточной</b> частоты. В осевых турбинах играют основную роль в усталостном разрушении лопастей. Развитые кавитационные явления и впуск воздуха в напорную часть турбины снижают колебания этой частоты.
6	Гидравлические нагрузки, связанные с пульсациями осевого вихря (свойственны радиально-осевым и пропеллерным турбинам).	В спектре вертикальных вибраций опорного узла (несущей крестовины, опоры подпятника) присутствуют колебания частотой $3,5 \div 5,0$ Гц. В радиальных вибрациях подшипников эти колебания отсутствуют.	Наблюдается на частичных мощностях $N = (0,75 \div 0,8) N_{опт.}$	Вызывает в лопастях динамические напряжения с частотой $3,5 \div 5,0$ Гц.
7	Высокочастотные динамические нагрузки от кромочных вихрей, сходящих с лопастей колеса, лопаток направляющего аппарата, статорных колонн.	В спектре вибраций турбинного подшипника и несущей крестовины (опоры подпятника) наблюдаются высокочастотные колебания ( $f_{в.ч.} > f_{лопат.}$ ). Колебания могут иметь вид биения. Надежно регистрируются по виброскоростям.	При $H = \text{const}$ нагрузки возрастают с повышением мощности турбины (если отсутствуют развитые кавитационные явления). С ростом напора наблюдается увеличение нагрузки этой частоты.	Определяют усталостную прочность рабочих колес. Их частота (прежде всего вихрей с лопастей колеса) оказывается часто близкой (или равной) к собственной частоте колебаний лопасти.
8	Кавитационные нагрузки в проточной части турбины.	Оцениваются по акустическому шуму в ультразвуковом спектре частот $f_{кав.} = 30 \div 600$ кГц.	Имеют индивидуальный характер. Зависят от сочетания режимных параметров: напора $H$ , мощности $N$ и высоты отсасывания $H_с$ .	Вызывают кавитационную эрозию рабочего колеса.

включает в себя режимную диагностику гидротурбин и диагностику технического состояния оборудования, которые кратко рассмотрены ниже.

Режимы работы машины крайне разнообразны по природе гидравлических сил. На одних режимах решающее значение имеют низкочастотные гидравлические силы, тогда как на других надежность работы оборудования определяется высокочастотными нагрузками. В табл. 5 приводится объяснение природы тех или иных гидравлических сил. Для каждой гидравлической нагрузки излагается способ выявления, приводятся наиболее характерные режимы турбины, и дается результат их воздействия на рабочее колесо.

Дефекты и неполадки оборудования (диагностика технического состояния) выявляются системой следующими средствами:

- анализом амплитудно-частотного спектра вибраций опорных узлов и биения вала на различных режимах работы агрегата;

- анализом годографов биения вала и вибраций подшипников;
- по изменению соотношения амплитуд вибрационных характеристик (вибраций и биения вала) и фазы колебаний;
- по тренду вибрационных характеристик агрегата;
- сравнением фактической линии вала с расчетной, построенной с учетом конструктивной схемы агрегата и жесткости направляющих подшипников.

Разработанная НПО ЦКТИ система диагностики выявляет более 30 дефектов основного оборудования. В табл. 6 приведена выборка наиболее характерных неполадок агрегата и дано описание диагностических признаков дефектов.

Интеллектуальная часть системы содержит также научно-обоснованные нормы на вибрацию агрегата в радиальном и осевом направлениях. Допустимый уровень радиальных вибраций подшипников и биения вала устанавливается по критерию исключения задевания ротора агрегата за непод-

Таблица 6. Диагностика технического состояния оборудования

№пп	Узел	Дефект	Диагностический параметр	Диагностические признаки дефекта
1	Рабочее колесо	Механическая неуравновешенность	По радиальным вибрациям корпуса турбинного подшипника и биениям вала в его зоне	Выявляется лучше всего на режиме выбега (после отключения агрегата от сети) и на режимах холостого хода с разной частотой вращения. Амплитуда колебаний оборотной частоты возрастает пропорционально квадрату частоты вращения. <b>С изменением мощности агрегата величины вибраций и биений вала оборотной частот не меняются.</b>
		Гидравлическая неуравновешенность	По радиальным вибрациям корпуса турбинного подшипника и биениям вала в его зоне	Амплитуды вибраций и биения вала оборотной частоты <b>возрастают с увеличением расхода воды (мощности агрегата).</b>
		Задевание рабочего колеса за камеру в осевых турбинах (или в нижнем лабиринтном уплотнении в радиально-осевых турбинах)	По вибрациям опорных узлов и биениям вала	Появление в спектре радиальных вибраций корпусов подшипников и биениях вала собственных частот колебаний ротора агрегата в поперечном направлении. В спектре вертикальных вибраций агрегата наблюдаются собственные частоты колебаний ротора в осевом направлении, а также собственные частоты колебания ротора в поперечном направлении.
		Износ кинематики механизма поворота лопастей (повышенные зазоры в элементах кинематики механизма) ПЛ и ДПЛ турбин.	По вибрациям маслоприемника на собственной частоте механизма разворота лопастей	Вибрации отсутствуют при ходе лопастей в одну сторону (например, на открытие) и возникают при ходе лопастей в другую сторону (на закрытие).
		Поломка лопастей осевых турбин в корневом сечении	По радиальным вибрациям корпуса турбинного подшипника и биениям вала в его зоне	Происходит внезапное возрастание биения вала и вибраций турбинного подшипника на оборотной частоте колебаний.
		Отрыв периферийно-выходного участка лопасти осевой турбины	По кавитационному шуму в проточной части	Наблюдается изменение уровня кавитационного шума по сравнению с исходным состоянием. Роста вибраций и биения вала не наблюдается, если обрыв имеет место на одной лопасти или двух противоположных лопастях.
2	Камера рабочего колеса осевой турбины	Разрушение камеры рабочего колеса (вырывы обечайки, смещение секторов камеры)	<b>По кавитационному шуму</b> в проточной части работающего агрегата	Резкое усиление кавитационных шумов в проточной части работающего агрегата по сравнению с начальным уровнем шумов.
		Искаженная форма камеры рабочего колеса	По вибрациям корпуса турбинного подшипника	На агрегате с искаженной формой камеры наблюдаются в спектре радиальных вибраций турбинного подшипника колебания лопастной частоты и кратные ей гармоники.
3	Лабиринтное уплотнение радиально-осевого колеса	Разрушение уплотнения	По вибрациям корпуса турбинного подшипника	Высокий уровень вибраций корпуса турбинного подшипника на <b>лопастной</b> частоте.
4	Турбинный подшипник	Ослабление крепежа корпуса подшипника	По вибрациям корпуса подшипника	Колебания частот $0,5 \cdot f_{об.}$ отмечаются на всех режимах работы агрегата, причем амплитуда вибраций обычно нарастает с увеличением мощности агрегата. В биениях вала относительно корпуса подшипника эти колебания не прослеживаются.
		Повышенный зазор вал-вкладыш	По биению вала	Рост биения вала на оборотной частоте при сохранении уровня вибрации корпуса подшипника.
		Повреждение опорного узла сегментного направляющего подшипника	По биениям вала в зоне подшипника	Колебания частотой $2f_{об.}$ имеют место на всех режимах работы агрегата, включая режим синхронного компенсатора. При большой жесткости корпуса подшипника наблюдаются только в биениях вала.
		Неравномерная жесткость <b>корпуса</b> направляющего подшипника по периметру	По вибрациям корпуса подшипника	Выявляется из построения траектории движения центра вала (годографа) по вибрациям корпуса за оборот турбины. Годографы строятся для различных режимов турбины.
5	Ротор генератора	Неравномерность жесткости <b>«вал-вкладыш»</b> подшипника по периметру	По биениям вала относительно неподвижных частей агрегата	Выявляется из построения траектории движения центра вала (годографа) по биениям вала за оборот турбины. Годографы строятся для различных режимов турбины.
		Механическая неуравновешенность	По радиальным вибрациям корпуса генераторного подшипника и биениям вала в его зоне	Дисбаланс ротора обнаруживается на режиме выбега и на холостом ходу без возбуждения (при разных частотах вращения машины) по вибрациям и биениям вала генераторного подшипника. Радиальные вибрации корпуса генераторного подшипника и биения вала остаются неизменными на мощностных нагрузках.
		Электрическая неуравновешенность	По радиальным вибрациям корпуса генераторного подшипника и биениям вала в его зоне	Обнаруживается по резкому изменению вибраций корпуса генераторного подшипника и биений вала в его зоне на режиме холостого хода при подаче возбуждения. Величина вибраций и биений вала от электрической неуравновешенности ротора генератора не зависит от режима работы агрегата.
5	Ротор генератора	Ослабление посадки обода на спицы ротора генератора	По вибрациям корпуса генераторного подшипника	После сброса нагрузки и последующего набора мощности (без останова агрегата) наблюдаются увеличенные вибрации оборотной частоты корпуса генераторного подшипника по сравнению с вибрациями до сброса. При останове агрегата и последующем наборе той же мощности вибрации генераторного подшипника не превышают величины, предшествующей сбросу нагрузки.
		Неточная установка ротора в расточке статора генератора	По биениям вала в зоне генераторного подшипника относительно неподвижной части агрегата (перемещениям) и вибрациям корпуса генераторного подшипника.	Выявляется из годографов, построенных по вибрациям корпуса генераторного подшипника и биениям вала.

Окончание табл. 6.

№пп	Узел	Дефект	Диагностический параметр	Диагностические признаки дефекта
5	Ротор генератора	Ослабление посадки втулки ротора генератора (свойственно подвесным генераторам, трехопорная схема).	По биениям вала в зоне генераторного подшипника.	Рост биения вала в зоне верхнего генераторного подшипника (зазора «вал-вкладыш» подшипника) во времени. Вибрации корпуса верхнего генераторного подшипника остаются при этом неизменными. Рост вибраций нижнего генераторного подшипника и биений вала не наблюдается во времени.
6	Статор генератора	Ослаблено крепление стыков железа статора	По вибрациям стыков железа статора	Уровень вибраций частотой 50 Гц в стыках железа статора превышает нормативный
		Распушенность железа статора	По вибрациям стыков железа статора	Уровень вибраций частотой 100 Гц в стыках железа статора превышает нормативный.
7	Генераторный подшипник	Неудовлетворительная форма статора	По перемещениям вала в зоне генераторного подшипника	Значительные статические смещения вала в зоне генераторного подшипника.
		Разбит нижний генераторный подшипник в трехопорной схеме агрегата	По радиальным вибрациям подшипников	Отсутствуют вибрации корпуса нижнего генераторного подшипника. Вибрации корпусов верхнего генераторного и турбинного подшипников имеют повышенный уровень по сравнению с обычной схемой работы агрегата.
8	Подпятник	Разбит верхний генераторный подшипник в трехопорной схеме агрегата	По радиальным вибрациям подшипников	Отсутствуют вибрации корпуса верхнего генераторного подшипника. Вибрации нижнего генераторного подшипника имеют место.
		Неровность зеркальной поверхности диска подпятника	По осевым вибрациям опоры подпятника	Обнаруживается по высокому уровню колебаний сегментной частоты $f_{сегм.}$ в спектре осевых вибраций агрегата.
9	Вал турбины	Неравномерная нагрузка на сегменты подпятника	По датчикам биения вала, установленным в зоне подшипников	На остановленном агрегате регистрируются зазоры «вал-вкладыш подшипника» для двух случаев: - ротор агрегата опирается на подпятник; - ротор агрегата подпятника на тормозах. При неравномерной нагрузке на сегменты обнаружится разница в зазорах по соответствующим датчикам.
		Разная по периметру жесткость крышки турбины, на которой размещена опора подпятника	По вертикальным вибрациям опоры пята и крышки турбины, измеренных в разных местах по периметру крышки	По периметру крышки турбины имеет место разный уровень вертикальных вибраций <b>на собственной частоте осевых колебаний агрегата.</b>
10	Направляющий аппарат	Несоосность валов турбины и генератора	По осевым вибрациям агрегата и радиальным вибрациям подшипников	В осевых вибрациях наблюдаются колебания <b>оборотной</b> частоты, а в спектре радиальных вибраций присутствуют колебания <b>двойной оборотной частоты.</b>
		Измор линии вала	По радиальным вибрациям и биениям вала в зоне подшипников	В спектрах радиальных вибраций подшипников и биений вала наблюдаются колебания двойной оборотной частоты.
10	Направляющий аппарат	Износ уплотнений в направляющем аппарате	<b>По акустическому шуму</b> на остановленном агрегате	Возрастание кавитационных шумов на остановленном агрегате с течением времени. Гидрофон установлен в напорной части турбины.
		Попадание постороннего предмета в направляющий аппарат	По вибрациям корпуса турбинного подшипника	Внезапное увеличение вибраций корпуса турбинного подшипника на лопастной частоте.

вижные части. Обоснование этих норм выполняется с учетом природы и величины статических и динамических сил, действующих на ротор агрегата; конструктивной схемы машины; жесткости направляющих подшипников; состояния зазоров между вращающимися и неподвижными частями агрегата. Критерием допустимости вертикальных вибраций агрегата является обеспечение усталостной прочности лопастей в течение нормативного срока службы турбины. В расчетах усталостной прочности учитывается весь спектр гидродинамических нагрузок, действующих на лопастную систему на рассматриваемом режиме.

В программном обеспечении предусмотрена возможность проведения персоналом ГЭС балансировки ротора агрегата без привлечения подрядных организаций.

На основе опыта разработки и эксплуатации описанной выше системы мониторинга для Крунисской ГАЭС и критического анализа аналогичных систем за рубежом НПО ЦКТИ подготовило в 2009 году техническое задание на создание системы вибромониторинга и диагностики горизонтальных турбин Саратовской ГЭС. Техническое задание было согласовано с ОАО «Силовые машины» и «Фирмой ОРГЭС», а затем передано на утверждение ОАО «РусГидро». Дальнейшая судьба этого документа нам неизвестна.

В результате анализа текущего состояния в области создания систем мониторинга и диагностики технического состояния гидротурбин можно сделать следующие выводы.

1. Устанавливаемые сегодня на российских ГЭС системы вибромониторинга не обеспечивают системного контроля за техническим состоянием оборудования. Они построены на упрощенном принципе измерения общего уровня вибраций опорных узлов (не осуществляют автоматизированного анализа их амплитудно-частотного спектра) и имеют неудовлетворительные технические характеристики аппаратной части.

2. Используя богатый отечественный опыт исследования работы гидроагрегатов действующих ГЭС необходимо создать российскую систему мониторинга и диагностики оборудования. За основу предлагается принять разработанную НПО ЦКТИ систему мониторинга и диагностики гидроагрегатов.

**Литература**

1. *Иванченко И. П., Прокопенко А. Н., Рабин Ю. И., Смелков Л. Л.* Вибрационная надежность гидротурбин. Обзор / Энергетическое машиностроение, вып. 13. ЦНИИТЭИТЯЖ-МАШ. М., 1989.

2. *Иванченко И. П., Прокопенко А. Н.* Вибрационная диагностика гидротурбин. Диагностика турбинного оборудования электрических станций. СПб, ПЭИПК, 2008. С. 218–259.

3. *Ляпунов В. М., Смелков Л. Л., Прокопенко А. Н., Палумбо В. М.* Опыт использования системы вибродиагностики гидроагрегата на ГЭС ОАО «Колэнерго» / Труды ЦКТИ, № 290. Санкт-Петербург, 2002. С. 196–201.



**ПРОМГИДРОЭНЕРГОМАШ**  
**ВАШ НАДЕЖНЫЙ ПАРТНЕР В СФЕРЕ ЭНЕРГЕТИКИ**



ПромГидроЭнергоМаш

**ООО «ПромГидроЭнергоМаш»**  
**119361 Москва, Озерная ул., 42**  
**Тел. (495) 783-44-67, факс (495) 783-44-67**  
**E-mail: 7834467@mail.ru, www.pgem.ru**

ООО «ПромГидроЭнергоМаш» активно и успешно работает на рынке проектирования, изготовления, поставки и монтажа гидромеханического оборудования (затворы плоские, сегментные; водоочистные машины; закладные части; напорные и циркуляционные водоводы; компенсаторы; шлюзовые ворота) и кранового оборудования (механизмы канатные, цепочные, цепные; краны мостовые, козловые — г/п до 500 т).

Деятельность компании «ПромГидроЭнергоМаш» направлена на удовлетворение потребностей заказчиков в кратчайшие сроки с соблюдением всех требований и стандартов.

Компания «ПромГидроЭнергоМаш» имеет немалый опыт в сфере гидроэнергетики, основанный на успешном выполнении проектов крупных заказчиков в отрасли. К ним относятся:

- **ОАО «РусГидро»** — крановое и гидромеханическое оборудование с монтажом для Камской ГЭС, Советской и Богучанской ГЭС.
- **ОАО ВО «Технопромэкспорт»** — крановое и гидромеханическое оборудование, емкостное оборудование и металлоконструкции для Ивановской ГРЭС, для Черепетской ГРЭС, для ТЭЦ-22 «Южная» (Санкт-Петербург), для ТЭС «Сисак».
- **ОАО «Нарынгидроэнергострой»** — гидромеханическое и крановое оборудование для Камбаратинской ГЭС-2 (Киргизия).
- **ОАО «Энерго-Строительная Корпорация «СОЮЗ»** — гидромеханическое оборудование для УТЭЦ-150 МВт ОАО «НЛМК».
- **ОАО «ОГК-1», Уренгойская ГРЭС** — крановое оборудование для Уренгойской ГРЭС.
- **ООО «Корпорация Энергомашэкспорт»** — гидромеханическое оборудование для филиала Яйвинская ГРЭС ОАО «ОГК-4».
- **ОАО «ТрестГидроМонтаж»** — напорные водоводы и компенсаторы для Загорской ГАЭС-2.

Трудовой коллектив компании представляют опытные сотрудники, обязательно имеющие высшее образование, в том числе профессиональное в сфере энергетики. Наряду с ними в трудовом процессе участвуют молодые перспективные специалисты. В компании имеются все действующие сертификаты системы менеджмента качества и охраны труда. Согласованность действий и коллективное принятие решений позволяют оперативно решать поставленные задачи и эффективно развиваться в отрасли.

Компания имеет свидетельство СРО, а также все необходимые лицензии и сертификаты на выполнение работ, в том числе и генподрядных. Все лицензии действуют и регулярно обновляются. Компания также принимает участие в крупных выставках Russia-Power и «КранЭкспо», «Гидрострой» и многих других презентационных событиях профильного характера и имеет множество дипломов об участии.

Производство осуществляется на ПАО «Новокаховский завод «УкрГидроМех» с многолетней историей. За последнее время был построен завод «МуромЭнергоМаш», который оснащен самым современным оборудованием, имеет одну из самых крупных ванн цинкования в России и специализируется на выпуске многогранных опор линий электропередач до 500 кВ.

ООО «ПромГидроЭнергоМаш» при поддержке проектных институтов и производственных мощностей заводов готов сотрудничать в реализации нестандартных для российского рынка оборудования строительных решений, возведении принципиально новых типов конструкций.

Основными приоритетами в деятельности компании являются: качество изготавливаемой продукции, надежность сотрудничества, пунктуальность в сроках исполнения. Руководствуясь этим, компания стремится поднимать партнерские отношения на новый уровень и расширять географию деятельности.

## БРАТСКАЯ ГЭС — ФЛАГМАН РОССИЙСКОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ

Молодкин К. А.,  
заместитель начальника ПТО Братской ГЭС

### Достижения полувековой деятельности

11 ноября 2011 года исполнится 50 лет с момента пуска первого гидроагрегата Братской гидроэлектростанции. Несмотря на почтенный возраст, она остается одной из крупнейших ГЭС страны по мощности (4500 МВт — это третье место в России после Саяно-Шушенской и Красноярской ГЭС и одиннадцатое в мире), лидирует в России по среднегодовой выработке электроэнергии (22,5 млрд кВтч). Глядя на величественную бетонную плотину, перегораживающую девятисотметровый каньон, трудно представить, что чуть более полувека назад здесь гремел Падунский порог и росла тайга. Строительство станции, начатое в 1955 году, стало первым этапом не только развития большой энергетики Восточной Сибири, но и строительства крупного промышленного центра и самого города Братска.

В январе 2010 года агрегаты Братской ГЭС выработали триллионный киловатт-час электроэнергии. Этот результат сегодня является вторым среди гидроэлектростанций мира и первым в Евразии. Для сравнения: вся Россия потребила в 2009 году около 970 млрд кВтч, такого количества энергии хватило бы для производства 70 млн т алюминия, а при взрыве мощной термоядерной бомбы (58 Мт) выделяется энергия, эквивалентная 1/15 нашей выработки. Для того чтобы произвести такое же количество электроэнергии на эффективной тепловой электростанции, потребовалось бы сжечь около 500 млн т угля (более 7 млн вагонов, или по 400 вагонов ежедневно на протяжении 48 лет).

Как отметил генеральный директор ОАО «Иркутскэнерго» Евгений Федоров, триллион киловатт-часов Братской ГЭС — это не просто значимая круглая цифра в российской энергетике, не просто событие с большой буквы в мировом масштабе. В триллионный киловатт Братской ГЭС вложен героический труд первых гидростроителей, вообще строителей легендарного Братска, труд профессионалов — энергетиков, которые успешно эксплуатируют этот уникальный объект уже почти полвека.



### Надежность оборудования

Несмотря на значительный срок эксплуатации, составляющий сегодня 49 лет, Братская ГЭС остается достаточно надежной. В среднем в год на оборудовании станции происходит около шести инцидентов, большая часть которых не связана с повреждением основных узлов. Учитывая огромное количество единиц оборудования, эту величину можно считать приемлемой. Кроме возраста станции, также влияют на количество отказов оборудования такие факторы, как: постоянная работа агрегатов в режиме регулирования частоты и перетоков мощности, суровые климатические условия, вибрации, электромагнитные поля высокой напряженности, недочеты периода проектирования и строительства. За последние 10 лет к ним добавились: низкое качество материалов и запасных частей, постоянное реформирование отрасли, сокращение численности персонала, недостаток профильных подрядчиков и заводов.

Для поддержания высокого уровня надежности в сложившихся условиях необходимо постоянно отслеживать состояние оборудования и заблаговременно планировать работы по ремонту, реконструкции и модернизации. Сложности и важности данной задаче добавляет тот факт, что, учитывая шестилетний межремонтный интервал, для полной замены какого-либо основного узла или системы на всех гидроагрегатах требуется от 6 до 9 лет.

### Открытые распределительные устройства Братской ГЭС

Распределительное устройство Братской ГЭС, соединяющее станцию со всеми прилегающими частями энергосистемы, является одной из крупнейших подстанций в Сибири. ОРУ 500 кВ выполнено по полуторной схеме на одиннадцать присоединений: четыре укрупненных блока (по два генератора общей мощностью 500 МВт на один трансформатор), пять воздушных линий электропередачи (две ВЛ уходят в Иркутском направлении, две в Красноярском и одна на Усть-Илимскую ГЭС) и две группы автотрансформаторов для связи с ОРУ 220 кВ. Распределительное устройство 220 кВ выполнено в виде двух секционированных систем шин с обходной, общее количество присоединений — 32. В том числе два автотрансформатора, десять одиночных блоков по 250 МВт, двадцать линий 220 кВ, двенадцать из которых питают Братский алюминиевый завод, являющийся крупнейшим в мире и потребляющий более половины производимой электростанцией энергии.

Все главные повышающие трансформаторы расположены на площадке между зданием ГЭС и плотиной. Трансформаторы укрупненных блоков, представляющие собой трехфазную группу однофазных трансформаторов ОРЦО 210000/500, связаны с ОРУ 500 четырьмя воздушными переходами. Одиночные блоки с трансформаторами ТЦ 300000/220 подключены к ОРУ 220 маслонаполненными кабельными линиями высокого давления.



Для распределительных устройств Братской ГЭС характерны большие значения токов короткого замыкания (в связи с этим предусмотрена только раздельная работа секций 220 кВ, секционные выключатели отсутствуют), частая работа коммутационных аппаратов, обусловленная количеством присоединений и регулирующей функцией станции, большой срок эксплуатации оборудования (28 из 36 выключателей 220 кВ эксплуатируются более 30 лет).

### Реконструкция ОРУ 500 кВ

Для поддержания высочайшего уровня надежности ведется постоянная работа по реконструкции и модернизации. В период с 2003 по 2007 годы все воздушные выключатели 500 кВ заменены на современные элегазовые колонковые типа GL-317 производства фирмы Ageva. Это позволило значительно снизить расход сжатого воздуха, сократить затраты на эксплуатацию воздушного хозяйства и ремонт выключателей. Выполняется работа по замене маслонаполненных измерительных трансформаторов на элегазовые, устаревшие регистраторы аварийных процессов заменены на современные цифровые, на смену разрядникам пришли нелинейные ограничители перенапряжений. При ремонте разъединителей производится замена фарфоровых опорно-стержневых изоляторов на полимерные.

Постоянно ведется работа по технико-экономическому обоснованию замены оборудования на новое — более современное и надежное. Рассматривается вопрос замены разъединителей, замены защит ВЛ и автотрансформаторов, реконструкции системной противоаварийной автоматики, необходимость приобретения резервной фазы выключателя.

### Реконструкция ОРУ 220 кВ

Аналогичные работы ведутся на ОРУ 220 кВ. Замена воздушных выключателей на элегазовые начата в 2009 году, в настоящее время заменены выключатели трех присоединений. Завершение этого проекта позволит отказаться от эксплуатации воздушного хозяйства ОРУ, значительно снизив издержки. Ведется замена измерительных трансформаторов тока, завершена замена разрядников на ОПН. При ремонтах выполняется замена фарфоровой опорной изоляции ошиновки и разъединителей на полимерную.

Несмотря на длительный срок службы, состояние маслонаполненных кабелей 220 кВ не вызывает опасений. Это подтверждается как данными исследований и диагностики, так и статистикой — повреждений, связанных со старением изоляции, не отмечено. При этом оборудование маслоподпитки кабелей, имеющее в своем составе большое количество механических элементов (насосов, клапанов, задвижек), морально и физически устарело и требует замены.

### Замена силовых трансформаторов

Практически все силовые трансформаторы 220 и 500 кВ, а также автотрансформаторы, относительно недавно заменены на новые и находятся в хорошем состоянии. Исключение составляют только три фазы трансформатора 3Т, входящего в состав укрупненного блока № 3. Там до сих пор эксплуати-



руются трансформаторы ОЦГ 210000/500, произведенные в 60-е годы. Замена данных трансформаторов запланирована на ближайшее время и позволит не только значительно повысить надежность работы станции, но и снизить пристационные потери электроэнергии. Кроме того, рассматривается приобретение новой резервной фазы автотрансформатора.

### Реконструкция гидроагрегатов

На Братской ГЭС установлено 18 гидроагрегатов по 250 МВт с радиально-осевыми турбинами РО-662-ВМ-550, рассчитанными на напор 100 м и расход 280 м<sup>3</sup>/с. На последних типах машинах рабочие колеса турбин заменены на новые типа РО-115-В-558.

Синхронные вертикальные гидрогенераторы СВ-1190/250-48 имеют номинальное напряжение на выводах 15,75 кВ и частоту вращения 125 оборотов в минуту. Тиристорная система возбуждения генератора выполнена по независимой схеме со вспомогательным генератором мощностью 3,8 МВА, расположенным на одном валу с главным.

На станции ведется регулярный контроль вибрационного состояния гидроагрегатов, на трех машинах смонтированы стационарные системы вибромониторинга. Данные проводимых обследований показывают, что все агрегаты имеют характерную зону нежелательной работы в диапазоне от 80 до 150 МВт, обусловленную характером протекания гидродинамических процессов в проточной части при работе радиально-осевой турбины в режиме частичных нагрузок. Некоторые гидроагрегаты имеют более широкие зоны, что связано с механическим и гидравлическим дисбалансом старых рабочих колес и прочими дефектами. За минимизацией времени работы агрегатов в нежелательных режимах следит контроллер группового регулятора активной и реактивной мощности, в который заносятся индивидуальные данные по каждой машине.

Большой срок службы и постоянная работа станции в режиме регулирования частоты и перетоков мощности вызывают развитие усталостных повреждений наиболее нагруженных узлов. Наиболее ярким примером являются трещины на лапах грузонесущей крестовины гидроагрегата № 5, выявленные при внеочередных осмотрах, проведенных после аварии на Саяно-Шушенской ГЭС. Одновременно с заваркой данных повреждений было выполнено усиление крестовины по рекомендациям НПО ЦКТИ, позволяющее снизить концентрацию напряжений (данные работы сейчас выполняются на крестовинах всех агрегатов). Повторная дефектоскопия, выполненная после ввода оборудования в работу, не выявила развития повреждений.

Аналогичная ситуация возникла в сентябре 2009 года, когда произошел срез пальца регулирующего кольца, приведший к выводу гидроагрегата № 12 в ремонт по неотложной заявке. Контроль металла также указал на усталостный характер повреждений.

Но факт остается фактом. Сегодня гидроагрегаты станции работают гораздо надежнее, чем в первые годы эксплуатации и спустя 20 и 30 лет. Причиной этого является постоянная работа по ремонту, реконструкции и модернизации. В период капитальных ремонтов, выполняемых примерно

раз в 6 лет, на гидроагрегатах выполняется огромный объем работ. Сегодня ремонты производятся с полной разборкой машины, что привело к увеличению продолжительности ремонта с нормативных 45 дней до 6, а иногда и 12 месяцев. Причина такого увеличения трудозатрат на ремонт не только в возрасте агрегатов, но и в работе станции в регулировании, а также в повышенной кавитации, вызванной малым заглублением гидроагрегатов относительно нижнего бьефа.

В период капитального ремонта сегодня производятся работы по ремонту статора главного генератора с частичной переключкой пазов, работы по ремонту ротора с заменой дефектной изоляции полюсов, ремонт вспомогательного генератора, производится замена воздухоохлаждателей и верхних воздухо-разделяющих щитов. Выполняется большой объем работ по устранению повреждений проточной части гидротурбины, ремонт кинематики системы регулирования, ремонт подпятника, турбинного и генераторного подшипников, а также ремонт вспомогательного оборудования и строительных конструкций.

Одновременно выполняются работы по замене релейных защит блока на микропроцессорные, внедрению автоматизированной системы управления гидроагрегатом, замене агрегатного щита собственных нужд, замене систем тиристорного возбуждения, замене маслонапорных установок, производится установка систем вибрационного контроля и ультразвуковых расходомеров.

Гидроагрегаты №№ 13–18 имели временные водоприемники и работали в период наполнения водохранилища при пониженных напорах. Это привело к значительному кавитационному износу их рабочих колес и снижению коэффициента полезного действия. Сегодня закончена реализация проекта по замене рабочих колес этих машин на новые, выполненные из специальной стали с высокой стойкостью к воздействию кавитации. Значительный прирост КПД позволяет говорить о высокой экономической эффективности данного мероприятия, кроме того, проект одобрен для совместного финансирования в рамках механизмов Киотского протокола.

### Перспективные работы по реконструкции гидроагрегатов

Несмотря на то, что объемы выполняемых работ впечатляют, постоянно появляются новые задачи. Увеличение мощности гидроагрегатов с проектных 225 МВт до 250 МВт, а также постоянные изменения нагрузок, связанные с работой в режиме регулирования, привели к повышенному износу части деталей систем регулирования гидроагрегатов, что позволяет говорить о необходимости их усиления. Остается открытым вопрос перевода подпятников гидроагрегатов №№ 10, 11 с гидравлических опор на жесткие винтовые опоры сегментов. С увеличением внимания к вибрационным характеристикам оборудования обострилась проблема восстановления поверхности втулки генераторного подшипника и поверхности рубашки вала, работающей в зоне турбинного подшипника. Рассматривается вопрос замены изоляции обмоток статоров главных генераторов, замененной в 70-е годы, в связи с появлением первых признаков старения (отказ 12Г, пробой стержня 18Г при испытаниях).

Замена рабочих колес на гидроагрегатах №№ 1–12 не является полностью окупаемым мероприятием в связи с достаточной высокой эффективностью существующих турбин. Прирост КПД на данных агрегатах составит около 3%, что при суще-

ствующих тарифах на электроэнергию позволит окупить только половину всех затрат. Однако при замене рабочего колеса впервые с момента монтажа производится полная разборка турбины, что позволяет выявить и устранить большую часть скрытых дефектов. В связи с этим в настоящее время рассматривается возможность продолжения реализации проекта.

### Вспомогательное оборудование

Кроме генераторов и распределителей, на территории Братской ГЭС, составляющей порядка 1,76 кв. км, находится большое количество вспомогательного оборудования, необходимого для осуществления нормальной работы объекта. Это и три компрессорные, различные насосные осушения (четыре из которых расположены в плотине и три в здании ГЭС), грузоподъемные механизмы (три мостовых крана в МЗ, два козловых крана на гребне, один козловой кран на мосту НБ, один на шахтном подъемнике). Сеть собственных нужд включает восемь секций КРУ 6кВ, пятнадцать трансформаторов 6/0,4 кВ, 8,5 км кабельных линий 6 кВ, 31 щит 0,4 кВ. Четыре аккумуляторные батареи питают расположенные в машинном зале и на двух релейных щитах системы защит. Кроме того, на Братской ГЭС размещены устройства системной противоаварийной автоматики, оборудование связи. На территории гидроузла находится 77 зданий и сооружений, более 17 км автодорог, железнодорожная ветка к ОРУ, более 13 км дренажных галерей и тоннелей, 6,6 км кабельных галерей. Большая часть вышеуказанного оборудования эксплуатируется со времен строительства электростанции.

Сегодня персоналом станции ведутся работы по повышению надежности электроснабжения собственных нужд: приобретены три резервных дизельных генератора, выполняется замена щитов собственных нужд (замена КРУ и кабелей 6 кВ находится в стадии технико-экономического обоснования). Завершены работы по замене главного щита управления, ведется замена аккумуляторных батарей и щитов постоянного тока, начат проект по замене оборудования для перевода гидроагрегатов в режим синхронного компенсатора. Постоянно дорабатывается комплексная система безопасности.

### Заключение

В заключение хочется повторить, что, несмотря на большой срок эксплуатации оборудования, показатели надежности остаются на высоком уровне. Этот результат достигнут за счет работы по выявлению дефектов, ремонту и модернизации, которая ведется непрерывно с момента пуска первого гидроагрегата по настоящее время. При сохранении высокого уровня эксплуатации и должного внимания к оборудованию, зданиям и сооружениям Братская ГЭС даст нашей стране еще не один триллион киловатт-часов электроэнергии.



**ИРКУТСКЭНЕРГО**  
ЭНЕРГОУГОЛЬНАЯ КОМПАНИЯ

Тел. (3952) 790–300, факс (3952) 790–899  
664025 Иркутск, ул. Сухэ-Батора, 3  
www.irkutskenergo.ru

### Справка:

ОАО «Иркутскэнерго» — крупнейшая в России энергоугольная компания, включающая в себя тепловые и гидроэлектростанции, а также тепловые сети, угольные разрезы, транспортные предприятия, ремонтные заводы и обогатительную фабрику. Установленная мощность электростанций компании — 12,9 ГВт, в том числе ГЭС — более 9 ГВт. Суммарная производственная мощность разрезов (бурый и каменный уголь) — 14,9 млн т в год. Федеральному агентству по управлению государственным имуществом принадлежит 40 % акций ОАО «Иркутскэнерго», 50,19 % акций находятся в собственности крупнейшей российской частной энергокомпании «ЕвроСибЭнерго» (принадлежит En + Group).

## МЕТОД СВЕРХГЛУБОКОЙ ОЧИСТКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАСЕЛ И ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МАСЛОНАПОЛНЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ ОАО «РУСГИДРО»

**Курочкин А. С.,**  
канд. техн. наук, руководитель проекта  
ООО «Центр молекулярных технологий»

**Курочкин С. А.,**  
зам. ген. директора ООО «Центр молекулярных технологий»

На сегодняшний день в российской энергетике сложилась сложная ситуация, обусловленная двумя факторами: сильный износ основных мощностей, связанный с моральным устареванием основной части оборудования, устаревшими технологическими схемами объектов маслохозяйства, и недостаточное финансирование инновационных проектов, направленных на поддержание действующих производственных мощностей. Эти факторы являются основными и приводят к низкой эффективности производства электроэнергии на энергообъектах России.

Целью предлагаемых технологий является способствование выводу российской энергетике на более эффективный способ управления активами и процессом генерации энергии. Одним из инструментов повышения эффективности генерации и использования энергии является уменьшение количества ресурсов, затрачиваемых на ее производство. Очевидно, что решение этого вопроса невозможно без внедрения инновационных проектов, направленных на поддержание технической конкурентоспособности российской энергетике.

Одним из ресурсов, используемых в процессе генерации, является масло. Очевидно, что само масло не является непосредственно средством производства, однако оно выполняет функции, без осуществления которых работа гидроагрегатов не представляется возможной. Квалифицирование масла как ресурса обусловлено необходимостью периодического его обновления, в силу объективного его загрязнения элементами, которые попадают в масло в процессе транспортировки, хранения, эксплуатации и оказывают негативное влияние на условия работы основного оборудования. Вследствие неполноценности выполнения маслом его функций не только снижается эффективность процесса генерации, но и происходят отказы оборудования. Таким образом, значимость масла для эффективного и бесперебойного функционирования генерирующего и распределяющего оборудования определена.

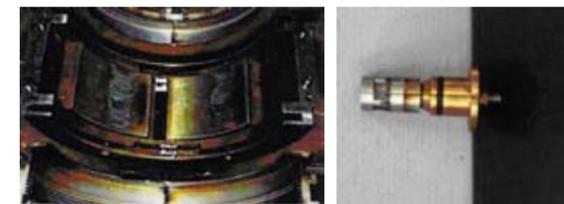


Рис. 1. Образование лакового слоя на поверхностях турбины

**Осадчий В. Л.,**  
канд. хим. наук, гл. технолог ООО «Центр молекулярных технологий»

**Ширяев А. А.,**  
член совета директоров ООО «Центр молекулярных технологий»

Назрела острая проблема модернизации маслохозяйств генерирующих объектов. При этом основной целью должно являться продление сроков эксплуатации масла и значительное сокращение объемов закупок свежих масел. Продление сроков эксплуатации напрямую зависит от возможности проводить сверхглубокую очистку масла и внутренних поверхностей маслонаполненного оборудования и при необходимости проводить его регенерацию на работающих гидротурбинах. Эти факторы позволяют свести к минимуму затраты на ремонт, приобретение запасных частей, собственно замену масел и, главное, обеспечивают возможность предотвратить аварии по причинам, вызванным эксплуатацией загрязненного масла и состоянием внутренних поверхностей маслонаполненного оборудования.

Оборудование для очистки масла, находящееся на объектах ОАО «РусГидро», не отвечает современным требованиям. В лучшем случае удаляются частицы загрязнений размером выше 5 мкм, хотя известно, что количество частиц размером менее 5 мкм может стать недопустимо большим и привести к непоправимым последствиям.

Европейский норматив SETOP RP 92 Н устанавливает регламентацию содержания частиц размером:

- 3–8 мкм — для сервоклапанов (золотников);
- 1–10 мкм — для подшипников качения и скольжения;
- 0,5–5 мкм — для шестеренчатых насосов.

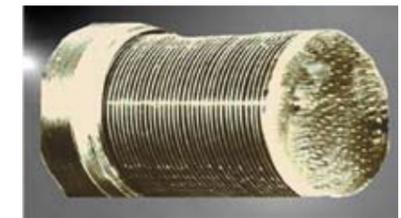


Рис. 2. Электростатический фильтр и ячейки-накопители

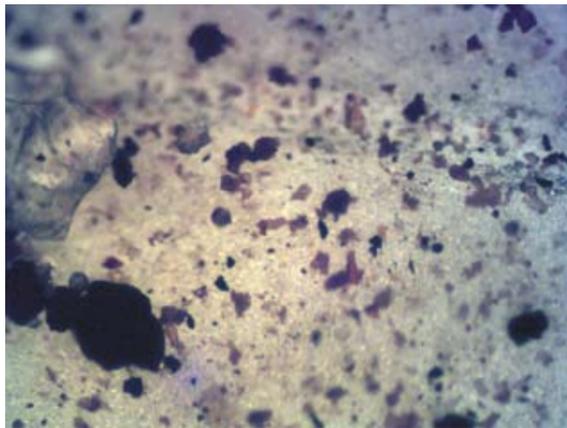
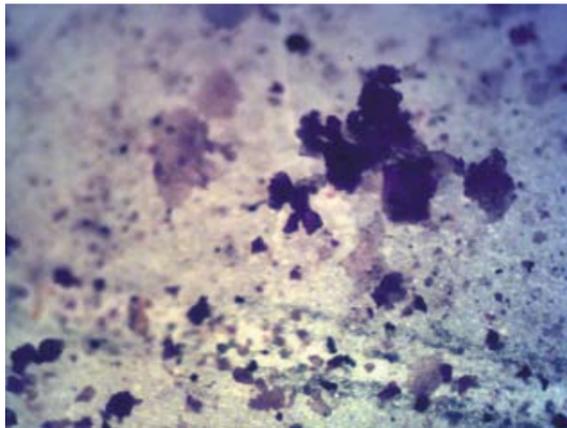


Фото пробы турбинного масла при 100-кратном увеличении до очистки

Фото пробы турбинного масла при 100-кратном увеличении после очистки

Рис. 3. Фотографии проб турбинного масла до и после сверхглубокой очистки

Очевидно, что при таких маленьких зазорах содержание частиц размером 5 мкм недопустимо. В противном случае появляется риск аварийного останова турбины из-за отказа системы регулирования.

Кроме этого, существует определенный уровень насыщения масла загрязнителями, по достижении которого менее полярные продукты окисления начинают оседать на внутренних поверхностях оборудования, образуя «лаковый» слой. На него затем налипают остальные загрязнители, что в конечном счете приводит к еще большему старению масла. Поскольку очистка масел от частиц размером 5 мкм и выше не обеспечивает желаемого уровня чистоты, невозможно таким способом очистки довести даже масло до состояния ниже уровня насыщенности загрязнителями. Соответственно, налицо еще одна проблема: без остановки оборудования невозможно очистить внутренние поверхности маслобаков, а маслопровод вообще не поддается очистке.

Опыт нашей работы со специалистами ОАО «РусГидро» показал, что лишь немногие отдают себе отчет о существовании такой проблемы, а многие даже после объяснения не признают опасность использования неочищенного масла, не говоря уже о размерах загрязнителей и состоянии внутренних поверхностей маслопроводов. Очевидно, что качественная сверхглубокая очистка масла позволит в разы сократить объемы потребления данного продукта и очистить внутренние поверхности маслонаполненного оборудования, а это даст возможность высвободить средства на модернизацию путем экономии на

затратах по приобретению данного продукта, ровно как и путем продления срока службы основного оборудования, при сохранении объемов амортизационных отчислений.

Предлагаемая нами технология сверхглубокой очистки масла и внутренних поверхностей маслонаполненного оборудования основана на молекулярно-ионном методе очистки, при котором полярные частицы загрязнений любой химической природы осаждаются в ячейках-накопителях.

Заряженные мелкие частицы с размерным рядом от 5 мкм и ниже удаляются из масла, и это позволяет достигнуть уровня чистоты, который далек от уровня насыщенности загрязнениями. Соответственно, масло, уже очищенное, будет впитывать в себя загрязнения с внутренних поверхностей оборудования (за счет диффузии), что позволяет очищать и их, вот почему процесс сверхглубокой очистки должен быть циклическим, т. к. внутри системы загрязнителей и шлама в 3–5 раз больше, чем в толще масла. Очистив масло в одном из маслохозяйств до 7 класса промышленной чистоты по ГОСТ 17216-01 при его перекачке в маслобак турбины (после проведения ремонтных работ) и взяв пробу, мы обнаружили, что масло загрязнилось и приобрело 17 класс промышленной чистоты. Это говорит о том, что нельзя задействовать один маслопровод, который используется для транспортировки масла, находящегося в эксплуатации, в маслохозяйство и одновременно для прокачки очищенного свежего масла из маслохозяйства в маслобак турбины.



Рис. 4. Комплекс ФОДЖ КФ2-01-1 и реактор РПВП-01 на МГУ Саяно-Шушенской ГЭС им. П. С. Непорожного

Таблица. Результаты анализа масла до регенерации и после

№	Показатели	Метод испытания	Норма по РД 34.43.102-96 РД 34.43.209-97, ПТЭ	Фактическое значение			
				МНУ ГА № 2			
				До очистки		После очистки	
ИАЦ Кузбасстехэнерго	С-Ш ГЭС	ИАЦ Кузбасстехэнерго	С-Ш ГЭС				
1	Кислотное число мгКОН/г масла, не более	ГОСТ 598579	0,6	0,141	0,19	0,13	0,16
2	Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	ГОСТ 433387	190	214	210	218	218
3	Кинематическая вязкость при 40 °С, мм <sup>2</sup> /с	ГОСТ 332000	41,4-50,6	49,06	47,21	42,4	47,18
4	Время деэмульсации, с, не более	ГОСТ 1206866	400	260		85	43
5	Содержание воды, %	ГОСТ 247765	отсутствие	0,03		Отс.	Отс.
6	Класс промышленной чистоты жидкостей, не более	ГОСТ 17216-01	13	10	9	7	7
7	Антикоррозийные свойства	ГОСТ 19199-73	Отсутствие коррозии на стальных стержнях				
8	Содержание антиокислительной присадки АГИДОЛ-1(ионол), % массы	РД 34.43.20997	0,5	0,2		0,5	
9	Массовая доля растворенного шлама, % массы	РД 34.43.10296	0,01	0,014		отс	
10.	Стабильность против окисления:	ГОСТ 981-75					
	Массовая доля осадка, % массы		0,01		0,55	0,004	0,0078
	Кислотное число м гКОН/г масла		0,5		2,76	0,30	0,16

Важно отметить, что в предлагаемой нами технологии при наложении внешнего поля на масло происходит процесс поляризации, т. к. положительные заряды будут стремиться по направлению вектора напряженности, а отрицательные — противоположно. В результате молекулы базового масла приобретают дипольный момент, и оно поляризуется. Структура жидкой смазочной среды после воздействия электростатического поля видоизменяется и в большей степени соответствует формированию смазочного слоя. Это обстоятельство приводит к увеличению ресурса работы агрегата на порядки.

В ходе работ на МГУ Саяно-Шушенской ГЭС на ТГ № 2 масло по своим показателям не соответствовало требованиям РД. Проведя сверхглубокую очистку масла и маслонаполненного оборудования комплексом ФОДЖ КФ2-01-1, мы сделали комплексные анализы, по результатам которых было подсчитано количество присадок, необходимых для регенерации масла. После получения необходимой информации был приготовлен на реакторе РПВП-01 концентрированный раствор-присадок, который был введен в маслобак на рабо-

тающей турбине. Результаты анализа масла до регенерации и после приведены в таблице.

Как видно из таблицы, масло соответствует требованиям РД и может находиться в эксплуатации. При этом важно отметить, что при проведении работ по сверхглубокой очистке масла, внутренних поверхностей маслонаполненного оборудования нами было удалено более 52 кг загрязнений. Таким образом, была показана новая технология, позволяющая значительно увеличить ресурс эксплуатации масла, проводить очистку внутренних поверхностей маслонаполненного оборудования и повысить безопасность работы системы регулирования и всего оборудования в целом.

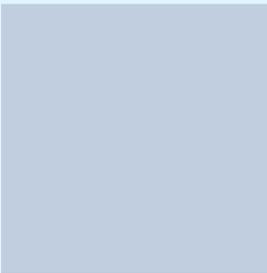


**ООО «МИКРОНИнтер СИБИРЬ»**  
 650000 г. Кемерово, ул. Весенняя, 13-а  
 Тел./факс +7 (3842) 75-77-11  
[www.microninter-sibir.ru](http://www.microninter-sibir.ru)

# 3.

38–51

**БЕЗОПАСНОСТЬ  
ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО  
СТРОИТЕЛЬСТВА  
И СООРУЖЕНИЙ**



# компания Безопасность

надежность правильных решений

[www.bezopasnost.ru](http://www.bezopasnost.ru)



- ИНТЕГРАЦИЯ В ЕДИНУЮ СИСТЕМУ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА
- ИНТЕГРАЦИЯ С ИНЖЕНЕРНЫМИ СИСТЕМАМИ ОБЪЕКТА
- ОБУЧЕНИЕ СОТРУДНИКОВ ОБЪЕКТА

- ПРОЕКТИРОВАНИЕ
- ПОСТАВКА ОБОРУДОВАНИЯ
- МОНТАЖ И ПУСКОНАЛАДКА
- ОБСЛУЖИВАНИЕ
- РЕМОНТ

ЗАО "КОМПАНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬ"  
115191 Москва, 3-я Рощинская ул., д. 6

тел.: +7 (495) 234 33 11  
факс: +7 (495) 737 92 68

# ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ БЕЗОПАСНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ИХ ЗАЩИТЫ И РЕМОНТА

**Давиденко В. М.,**  
доктор техн. наук, ведущий научный сотрудник ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева»

**Штильман В. Б.,**  
доктор техн. наук, ведущий научный сотрудник ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева»

**Фотиев П. И.,**  
ведущий специалист СПб ГУ «ФКСиР»

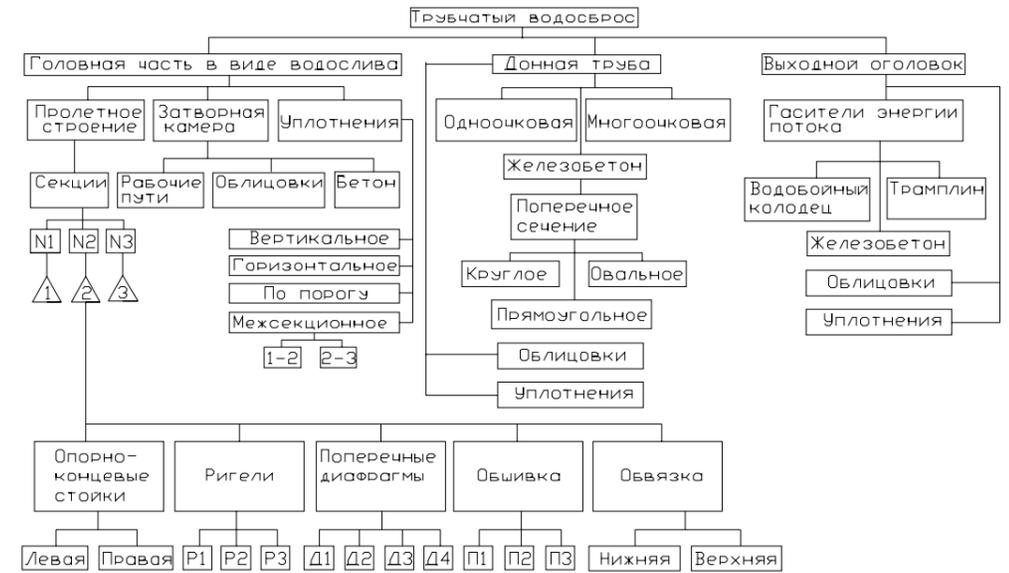


Рис. 1. Структурная схема трубчатого водосбора Шамхирской ГЭС

Необходимость анализа и оценки риска аварий ГТС в Российской Федерации регламентирована требованиями федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений» и распространяется на ГТС (а следовательно, и на бетонные и железобетонные элементы и конструкции), находящиеся в сфере действия закона, повреждение которых может привести к возникновению чрезвычайной ситуации. Оценка риска аварий указанных сооружений невозможна без оценки надежности, в частности, вероятностей отказов бетонных и железобетонных элементов и конструкций. Как показывает опыт эксплуатации гидроузлов, от надежности этих конструкций нередко зависит безаварийная работа всего сооружения.

В настоящее время большая часть бетонных и железобетонных конструкций близка к исчерпанию своего ресурса, поэтому необходимо иметь объективные критерии для прогнозирования и обоснования сроков проведения ремонтных работ различных бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений. Получение таких критериев возможно при последовательном применении методов теории надежности к их расчетам.

На работу бетонных и железобетонных элементов и конструкций оказывает влияние целый ряд случайных факторов: отклонения нагрузки и механических свойств материалов в ту или иную сторону, неблагоприятные условия эксплуатации, неточности расчетной схемы и т. п. Статистический учет изменчивости обстоятельств, влияющих на работу конструкций, путем введения детерминистических коэффициентов нашел отражение в методике расчета по предельным состояниям, который и применяют в настоящее время в практике проектирования и строительства.

К примеру, несущие нагрузку элементы бетонных и железобетонных конструкций в соответствии с действующими нормативами должны быть рассчитаны:

- на несущую способность, т. е. прочность, выносливость, устойчивость формы и устойчивость положения (первое предельное состояние);
- на отсутствие чрезмерных деформаций и перемещений от статических или динамических нагрузок (второе предельное состояние);

- на допустимое местное смятие и местное сжатие и отсутствие или допустимый размер трещин (третье предельное состояние).

В соответствии с действующими нормами, расчеты бетонных и железобетонных элементов и конструкций необходимо проводить так, чтобы имелись определенные запас и гарантия не наступления того или иного предельного состояния, причем степень надежности дифференцируется в зависимости от назначения конструкции, возможных последствий в случае аварии и т. п. путем введения детерминированных коэффициентов надежности. Все исходные величины, случайные по своей природе, представляют некоторыми детерминированными величинами, а влияние их изменчивости на надежность сооружения учитывают соответствующими нормативными коэффициентами.

Таким образом, метод предельных состояний, лежащий в основе нормативов, по которым сегодня ведут проектирование бетонных и железобетонных конструкций, учитывает изменчивость воздействий и параметров исходного состояния бетонных и железобетонных конструкций. Однако такой учет осуществляется раздельно для каждой из действующих нагрузок и характеристик свойств материалов. Регламентированы и сочетания нагрузок. Следовательно, оценка надежности конструкций в методе предельных состояний имеет, по существу, вероятностный характер, но этот подход не доведен до логического завершения, т. к., учитывая случайные факторы, он не позволяет дать количественную оценку надежности. При расчетах по этому методу наступление предельных состояний истолковывается как показатель абсолютной ненадежности системы с вероятностью достоверного события, равной единице, независимо от того, насколько исчерпаны резервы строительной конструкции. При этом наступление предельных состояний сопровождается скачкообразным увеличением вероятности отказа от 0 до 1, что противоречит самой физической природе процесса.

Более последовательным является учет вероятности различных сочетаний свойств материалов и совместного появления различных нагрузок, явная оценка вероятности наступления тех или иных состояний. Подобный вероятностный подход к расчету бетонных и железобетонных конструкций

позволяет получить наиболее близкую к реальной картину их работы. Таким образом, методы теории надежности являются естественным развитием и дополнением существующих детерминистических методов расчета конструкции. Их применение позволяет дать количественную оценку надежности объекта и, как следствие, повысить качество проектирования, эксплуатации, реконструкции бетонных и железобетонных конструкций. Сначала осуществляют схематизацию объекта и составляют некоторую условную (структурно-функциональную) схему надежности. При этом анализируются возможные сценарии отказов, строятся модели отказов. На основе этих моделей выбирают рациональные количественные признаки, показатели качества и области допустимых состояний по показателям качества.

Выбор осуществляют с учетом технологических, эксплуатационных, ремонтных и других требований. Таким образом, определяют систему расчетов (прочности, устойчивости, деформаций и т. д.), результаты которых характеризуют поведение бетонных и железобетонных конструкций при различных воздействиях. Образуется система предельных значений критериев надежности, каждый из которых (или система критериев) связан с выбранной моделью конструкции (методики расчета), с особенностями воздействий и свойств материалов. Назначение предельно допустимых критериев надежности можно производить по нормативным или экспериментальным данным. Далее определяют вероятностные характеристики воздействий и свойств материалов и, в общем случае, строят совместную функцию распределения вероятностей или плотность распределения для заданного срока службы бетонных или железобетонных конструкций.

Эти функции учитывают как вероятность отклонений нагрузок и характеристик свойств материалов от средних (нормативных) значений (приближенно и неполно учитываемых в методе предельных состояний коэффициентами надежности  $\gamma_m, \gamma_n$  и условий работы  $\gamma_c$ ), так и вероятность совпадения различных видов и интенсивностей воздействий (при этом отпадает необходимость регламентации сочетаний нагрузок, их разбиение на постоянные, временные и особые).

Путем варьирования параметров воздействий и исходного состояния (свойств) бетона получают набор значений

и строят функцию распределения критериев надежности бетонных и железобетонных конструкций. По полученной функции распределения определяют вероятность превышения предельного значения (или значений) критерия надежности  $Q(V_j > [V_j])$ , где  $V_j$  — характеристики состояния бетонных или железобетонных конструкций (критерии надежности),  $Q$  — вероятность повреждения, которая может быть определена по формуле:

$$Q(V_1 > [V_1], \dots, V_m > [V_m]) = \iint_D f(q_1, \dots, q_n) dq_1, \dots, dq_n \quad (1)$$

здесь  $q_1, \dots, q_n$  — характеристики свойств материалов (или показатели, характеризующие работу отдельных элементов конструкции);  $D$  — область изменения воздействий и параметров исходного состояния бетонной или железобетонной конструкции, для которой критерии надежности  $V_j$  превышают допустимые значения.

Вероятность превышения предельного значения критерия надежности сопоставляется с допустимой.

Надежность бетонной и железобетонной конструкции считается обеспеченной, если выполняется соотношение:

$$Q(V_j > [V_j]) < [Q]. \quad (2)$$

Таким образом, определение надежности должно основываться на понятиях теории вероятностей. Методы теории надежности дают теоретическую основу для правильной постановки сбора и обработки статистических сведений, относящихся к воздействиям на конструкции, характеристикам материалов и конструкций из них и к другим расчетным параметрам. Эти методы лучше других отражают случайную природу основных расчетных величин и взаимосвязь между внешними воздействиями и прочностью конструкций. Так, надежность — это свойство объекта (в частности, бетонной или железобетонной конструкции) сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания и ремонтов.

В теории надежности рассматриваются следующие обобщенные объекты:

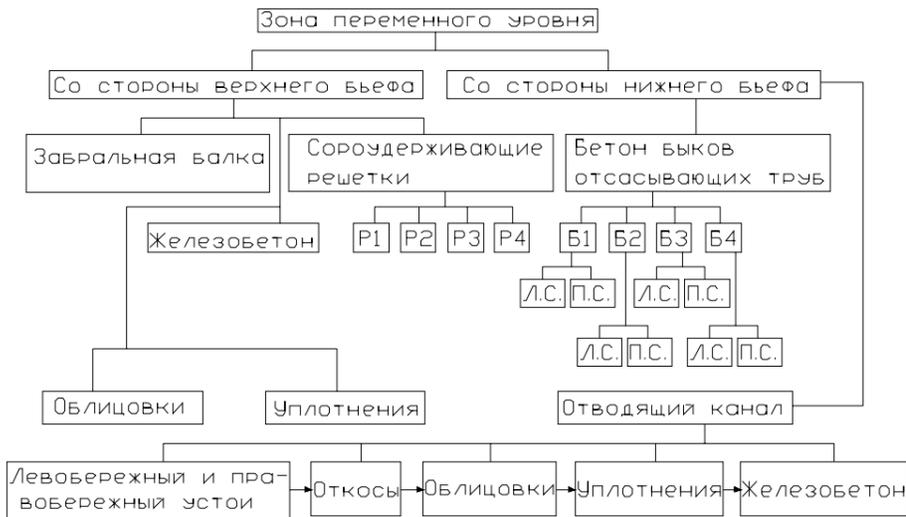


Рис. 2. Структурная схема зоны переменных уровней Вилюйской ГЭС-1

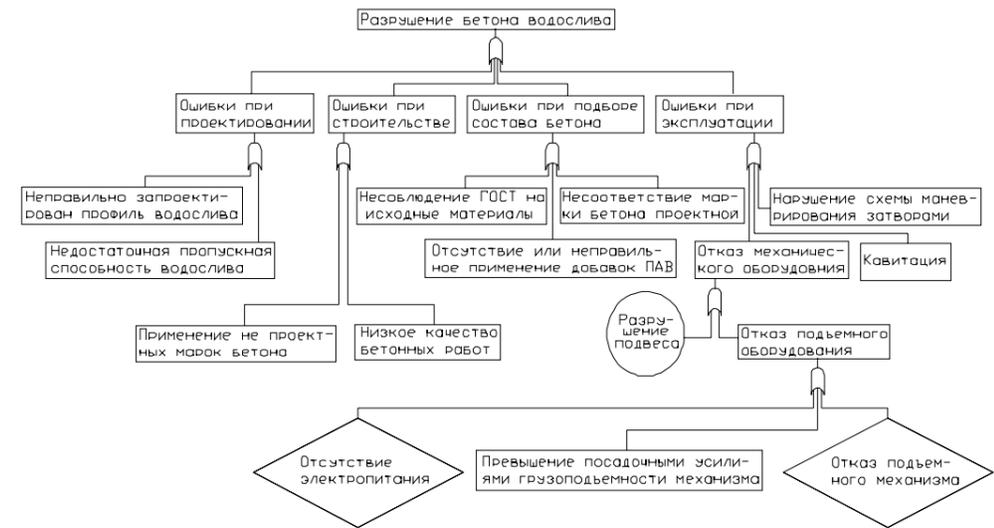


Рис. 3. Дерево отказов, приводящих к разрушению бетона водослива

- элемент — простейшая при данном рассмотрении составная часть конструкции; в задачах надежности конструкция может состоять из многих элементов;
- система — совокупность совместно действующих элементов, предназначенная для самостоятельного выполнения заданных функций.

Функция надежности бетонной или железобетонной конструкции  $P(t)$  определяется как вероятность безотказной работы конструкции в течение определенного отрезка времени  $[0, t]$  в определенных условиях. Функция надежности служит основной характеристикой надежности, определяющей способность конструкции к безотказной работе на заданном отрезке времени. Вероятность наступления хотя бы одного отказа на отрезке  $[0, t]$ :

$$Q(t) = 1 - P(t). \quad (3)$$

Решение задачи о надежности бетонной или железобетонной конструкции сводится, в первую очередь, к оценке вероятности безотказной работы конструкции в целом, которая зависит от вероятностей безотказной работы составляющих ее элементов и схемы их соединений в конструкции, а также к оценке ее долговечности.

Можно отметить, что достоверность расчетного определения показателей надежности, получаемых как на этапе проектирования строительных конструкций, так и при эксплуатации и ремонте, во многом определяется адекватностью выбираемых законов распределения нагрузки, несущей способности и других случайных факторов их реальным распределениям. Таким образом, требуется иметь информацию об изменчивости параметров нагрузок, материалов, об их отклонениях от расчетной модели. Поэтому особое внимание при расчете надежности следует уделять сбору и анализу фактического и экспериментального материала, характеризующего величины и эксцентриситеты приложения нагрузок, эксплуатационные температуры, механические характеристики материалов и т. п. Причем в процессе эксплуатации гидротехнического сооружения эти параметры могут уточняться и изменяться. Соответственно будет меняться и уточняться надежность бетонных и железобетонных строительных конструкций.

В конечном итоге, при оценке надежности элементов бетонных и железобетонных конструкций необходимо знать

математические ожидания и стандарты действующих и допустимых (предельных) усилий, напряжений, прогибов и т. п. (в зависимости от параметра, по которому элемент рассчитывается на надежность). Достоверность действующих в элементе напряжений зависит не только от действующих нагрузок, но и от точности выбранной расчетной схемы, соответствия натуральных геометрических размеров элемента проектным и т. п. Поэтому, даже считая нагрузку детерминированной, напряжения в элементе следует считать носящими вероятностный характер.

Таким образом, задача оценки надежности связана с задачей определения статистических характеристик исходных данных, к которым относятся и характеристики материалов, их обеспеченность, параметры распределения механических свойств.

Можно предположить следующие классификации отказов строительных конструкций из бетона и железобетона как по их последствиям или проявлениям, так и по характеру вызвавших их причин.

Отказы могут быть вызваны объективными и субъективными причинами. Субъективные факторы играют решающую роль на стадии проектирования, при изготовлении и монтаже конструкций, а на стадии эксплуатации и ремонта на надежность конструкции влияют в равной степени как объективные, так и субъективные факторы.

По характеру протекания процесса потери работоспособности строительных конструкций их отказы можно разделить на две группы.

1. *Отказы функционирования* — такие отказы, когда вследствие превышения значением внешнего воздействия на элемент конструкции фактического предела сопротивляемости этого элемента сразу происходит его разрушение, и конструкция не может выполнять заданные функции. Для таких отказов характерно быстрое протекание процесса повреждения или разрушения.

2. *Параметрические отказы* — отказы, когда при старении, износе и т. п. изменяются свойства и состояния элементов конструкции, значения эксплуатационных показателей постепенно выходят за допустимые, и, в конце концов, также происходит потеря работоспособности конструкции.

Следует заметить, что эти два типа отказов зачастую оказываются связанными, поскольку быстротекущим процессам потери работоспособности могут предшествовать

медленно протекающие процессы накопления элементами конструкции различного рода повреждений.

При формулировании отказов важное значение имеет также анализ причин отказов, которые, в свою очередь, делятся на случайные и систематические. К случайным причинам относятся: непредусмотренные нагрузки; дефекты материалов; погрешности изготовления, не обнаруженные контролем; ошибки обслуживающего персонала и некоторые другие. К систематическим причинам относятся закономерные явления, вызывающие постепенное накопление повреждений: влияние среды, времени, температуры, нагрузок; функциональные воздействия — коррозия, кавитационная коррозия, старение, усталость, ползучесть, износ и т. п.

В соответствии с этими причинами и характером развития и проявления отказы делятся на внезапные, внезапные по проявлению и постепенные по развитию и постепенные.

Отказы элементов бетонных и железобетонных конструкций можно разделить также на зависимые, когда отказ обусловлен отказом или повреждением другого элемента, и независимые, когда такой обусловленности нет.

При расчете надежности строительных конструкций одной из важнейших задач, встающих уже на первом этапе работы, является определение критериев отказов. Кроме того, необходимо различать критерии отказов строительной конструкции в целом и критерии отказов его подсистем и элементов. Причем последние зачастую зависят от выбора первых.

Таким образом, при каждом расчете надежности необходимо выбирать критерии отказов конструкции и ее подсистем, отвечающие задачам расчета.

Состояние конструкции может быть описано с помощью конечного числа независимых параметров. Часть из них характеризует нагрузки, другая — прочность материалов, третья — отклонение реальных условий работы конструкции от принятой расчетной схемы.

Все расчетные величины можно разделить на две основные группы: первая включает в себя характеристики, относящиеся к свойствам самой конструкции ( $R$ ), а вторая — характеристики внешних воздействий ( $F$ ). Тогда условие не превышения границы области допустимых состояний конструкции определяется как:

$$S = R - F > 0. \quad (4)$$

В приложении к расчетам на прочность  $F$  — наибольшее значение усилия или напряжения в элементе, выраженное через внешнюю нагрузку, причем задача определения напряженного состояния предполагается решенной;  $R$  — несущая способность, выраженная в тех же единицах и отвечающая предельному состоянию конструкции по прочности;  $S$  — резерв прочности.

В общем случае усилия и несущая способность являются случайными функциями времени, но в рассматриваемой постановке  $R$  и  $F$  считаются случайными величинами с заданными законами распределения  $f(R)$  и  $f(F)$ . Отказ элемента происходит во всех случаях, когда не выполняется условие (4). Под отказом в данном случае понимается достижение элементом предельного состояния по прочности.

При любых законах распределения величин  $R$  и  $F$ :

$$M(S) = M(R) - M(F), \quad (5)$$

$$\sigma(S) = \sqrt{\sigma^2(R) + \sigma^2(F)}, \quad (6)$$

где  $M(S)$ ,  $M(R)$ ,  $M(F)$  — математические ожидания, соответственно, резерва прочности, несущей способности и напряжения в элементе;  $\sigma(S)$ ,  $\sigma(R)$ ,  $\sigma(F)$  — их стандарты.

Характеристикой безопасности  $\gamma$  называется число стандартов  $\sigma(S)$ , укладываемых в интервале  $0 < S < M(S)$ :

$$\gamma = \frac{M(S)}{\sigma(S)} = \frac{M(R) - M(F)}{\sqrt{\sigma^2(R) + \sigma^2(F) - 2k(R, F)}}, \quad (7)$$

где  $k(R, F)$  — корреляционный момент случайных величин  $R$  и  $F$ .

Для дальнейшего решения задачи оценки надежности (расчета вероятности отказа) элемента конструкции необходимо знать законы распределения случайных величин. Наиболее часто в практических задачах используется нормальный закон распределения. Возвращаясь к формуле (7) и предполагая, что  $R$  и  $F$  подчинены нормальным законам, а корреляция отсутствует, можно определить вероятность безотказной работы элемента конструкции из бетона или железобетона:

$$P = 0,5 + \Phi(\gamma), \quad (8)$$

где  $\Phi(\gamma)$  — интеграл вероятностей (функция Лапласа):

Таблица 1. Условные обозначения логических операторов

Обозначение оператора	Наименование оператора	Причинно-следственное соотношение, выражающееся оператором	Расчетная формула для оценки вероятности события-следствия Q
	«или»	Событие-следствие имеет место при наступлении хотя бы одного из n исходных независимых событий	$Q = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - Q_i)$
	«или исключительное»	Событие-следствие имеет место при наступлении любого из исходных событий, но не двух одновременно	$Q = \sum_{i=1}^n \left( Q_i \cdot \prod_{j \neq i} (1 - Q_j) \right)$
	«и»	Событие-следствие имеет место при наступлении всех исходных событий	$Q = \prod_{i=1}^n Q_i$
	«m из n»	Событие-следствие происходит при наступлении любых m из n исходных событий	$Q = \sum_{k=1}^m \prod_{i=1}^k Q_{ki}$ $N = \frac{n!}{m!(n-m)!}$ $Q_{ki} = Q_1, \dots, Q_n$
	«условие»	Наступление события-следствия возможно при наступлении события-условия	$Q = Q_A Q_C$

Таблица 2. Условные обозначения событий

Обозначение события	Наименование события	Описание события
	Головное (вершинное) событие	Результирующее (разрабатываемое) событие дерева отказов
	Промежуточное событие	Промежуточное (разрабатываемое) событие дерева отказов, являющееся результатом действия логического оператора
	Базовое событие	Событие (отказ отдельного элемента системы), которое может инициировать происхождение промежуточного либо головного события
	Нераскрытое событие	Событие, не раскрываемое и не рассчитываемое в рамках принятой модели
	Символ переноса	Символ, отображающий перенос некоторого оператора с одной части дерева отказов в другую
	Событие-условие	Отображение условия, при котором реализуется событие-следствие

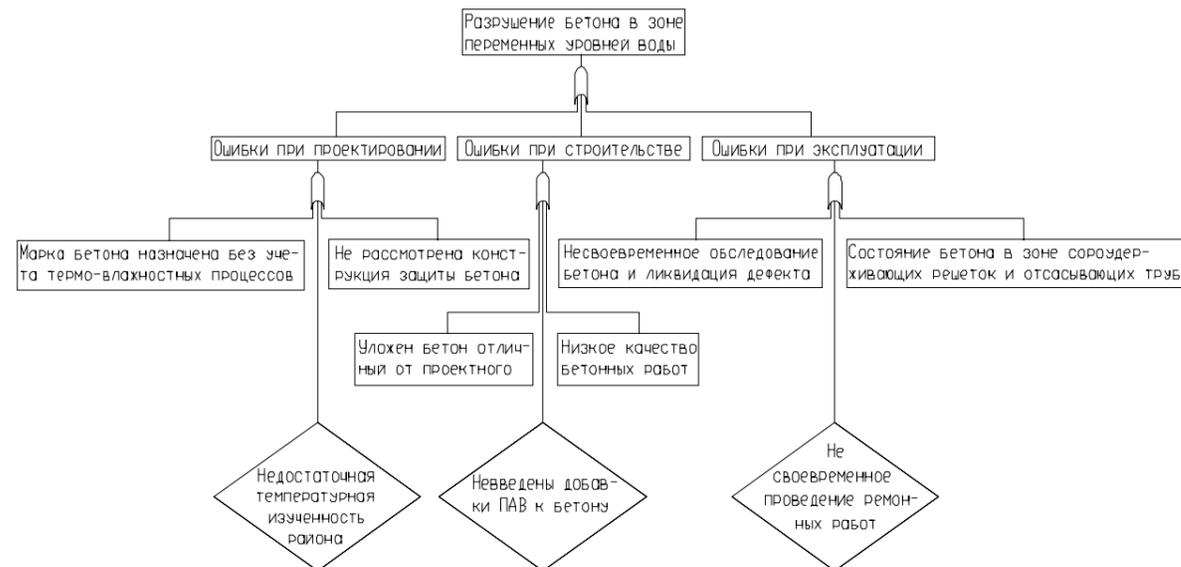


Рис. 4. Дерево отказов, приводящих к разрушению бетона в зоне переменных уровней

- 1) статистический, заключающийся в максимально полном использовании статистики аварий и неполадок, а также данных о надежности объектов-аналогов;
- 2) графоаналитический, заключающийся в использовании логических методов анализа деревьев отказов и деревьев событий;
- 3) экспертный, заключающийся в выработке оценки путем учета мнений специалистов в данной области.

Для анализа надежности бетонных и железобетонных конструкций мы предлагаем разрабатывать расчетную модель в виде дерева отказов. Этот метод является одним из наиболее универсальных методов анализа надежности и безопасности объектов и систем, может использоваться как на стадии проекта, так и при эксплуатации бетонных и железобетонных строительных конструкций. Достоинством метода является возможность постоянного совершенствования модели.

События дерева отказов выбирают на основе анализа причин аварий, которые имели или могут иметь место при эксплуатации объектов. Для бетонных и железобетонных строительных конструкций характерными могут быть несколько головных событий, в зависимости от постановки задачи. Для каждого из них строят свое дерево отказов.

Условные обозначения элементов деревьев отказов — основных логических операторов (моделирующих логико-вероятностные связи между базовыми событиями и событиями-следствиями) и событий (отображающих различные по своим причинам отказы), применяемых при графическом изображении деревьев отказа, а также формулы для расчета этих операторов приведены в табл. 1 и 2.

Приведенные в табл. 1 формулы предполагают полное отсутствие корреляции среди исходных событий и их характеристик и позволяют оценить верхнюю границу вероятности отказа (наступления события-следствия).

Вероятности базовых событий могут рассчитываться по разработанной методикой. Вероятности нераскрытых событий принимаются по литературным данным или по другим расчетам.

В качестве примеров, на основе анализа событий, которые, в общем случае, могут привести к разрушению бетона

водослива или зоны переменных уровней, были построены деревья отказов, приводящих к разрушению бетона водосброса (рис. 3) и бетона зоны переменных уровней воды (рис. 4).

При анализе какого-либо конкретного ГТС эти деревья отказов (рис. 3, 4) прорабатывают уже более подробно, а поскольку в гидротехнике все сооружения уникальны, то даже при наличии однотипных водосбросов деревья отказов, как правило, оказываются различными. В то же время какие-то из ветвей или элементов приведенных деревьев при анализе конкретного гидроузла, в зависимости от задачи исследования, могут отсутствовать.

**Выводы**

1. Разработана методика системного анализа надежности бетона водосброса и зоны переменных уровней воды как наиболее часто разрушающихся бетонных конструкций в процессе эксплуатации ГТС. В качестве основного предложен метод деревьев отказов.
2. Приведены примеры деревьев отказов (разрушения) бетона водосброса и зоны переменных уровней воды, на основе которых можно строить деревья отказов различных проектируемых или находящихся в эксплуатации конструкций.
3. Выявлены и проанализированы основные случайные факторы, влияющие на надежность бетона водосбросов и зоны переменных уровней воды.

**Список литературы**

1. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами. М.: Мир. 1973.
2. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. М.: Академия. 2003.
3. Штильман В. Б., Дзюбанов Е. М., Дмитриев Н. Ю., Левина С. М. Системный анализ надежности водопроводящих трактов ГЭС // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. 1997. Т. 233. С. 47–54.
4. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений (к СНиП 2.06.08-87) П46-89/ВНИИГ. Л.: ВНИИГ. 1991.

каждой конкретной конструкции выявляются слабые звенья, определяющие надежность и безопасность строительной конструкции в целом, а также экстремальные значения параметров, определяющих эту надежность (т. е. максимальные величины этих параметров, при которых вероятность отказа остается в допустимых пределах). Причем методика позволяет сразу определить и элементы, ремонт или замена которых приведут к существенному повышению надежности как самих бетонных или железобетонных конструкций, так и гидроузла в целом.

Оценка вероятностей отказов элементов бетонных и железобетонных строительных конструкций ГТС проиллюстрирована методическим примером — расчетом железобетонного водосброса Шамхирской ГЭС и бетона в зоне переменных уровней Вилюйской ГЭС-1.

Сначала были построены структурные схемы рассматриваемых систем (рис. 1, 2), а затем по разработанной методике определены вероятности отказов их элементов.

В работе расчет надежности проведен в рамках квазистатического подхода. Напряжения и деформации в элементах водосброса при различных уровнях воды, возникающие под действием осредненных нагрузок, определены обычными методами расчета бетонных и железобетонных конструкций гидросооружений, а под воздействием пульсационных составляющих нагрузок — методами динамических расчетов.

Обычно для анализа и оценки вероятностей опасных событий в практике анализа риска аварий гидротехнических сооружений используют следующие подходы:

$$\Phi(\gamma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^\gamma \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx. \quad (9)$$

Известно, что вероятность безотказной работы с течением времени эксплуатации неизбежно падает от начального уровня до предремонтного по некоторому закону. Следовательно, для определения межремонтных периодов необходимо установить начальный уровень вероятности безотказной работы  $P_H$  (эта величина рассчитывается после каждого ремонта по вышеприведенной методике), предремонтный уровень вероятности безотказной работы  $P_P$  (может приниматься из экономических соображений) и законы его изменения для различных периодов эксплуатации.

Прогнозный расчет эксплуатационной вероятности безотказной работы элементов  $P_s$  может производиться для любого момента времени  $t$  нормальной эксплуатации объекта по зависимости:

$$P_s(t) = \exp\left[\left(\frac{t}{t_{cp}} + 1\right) \ln P_H \left(-\frac{t}{t_{cp}}\right)\right], \quad (10)$$

где  $t_{cp}$  — среднее время безотказной работы элемента, полученное из опыта эксплуатации или путем обработки статистических данных.

Таким образом, по рассмотренной методике можно оценить вероятность отказа элементов строительных конструкций в различных режимах их работы, причем на стадии как проектирования, так и эксплуатации и ремонта. В результате расчета

# НАВОДНЕНИЯ: ПРОБЛЕМЫ СНИЖЕНИЯ УЩЕРБОВ. ОБОСНОВАНИЯ ЗАЩИТЫ



**Волосухин В. А. (фото),**  
доктор техн. наук, проф., засл.  
деятель науки РФ, ректор  
Академии безопасности  
гидротехнических сооружений,  
г. Новочеркасск

**Чижов Е. А.,**  
директор ООО фирма  
«Рассвет-К», г. Курск



**Чижов А. Е. (фото),**  
канд. техн. наук, проф.,  
зам. директора по НИР ООО  
фирма «Рассвет-К», г. Курск

**Новиков С. Г.,**  
канд. техн. наук, доцент,  
РГСУ, г. Курск

**Чижов М. Е.,**  
аспирант ИБРАЭ РАН, г. Москва

Природно-техногенная катастрофа 11 марта 2011 г. в Японии обусловлена 9-балльным землетрясением в океане. Подводные толчки зародили цунами, которые привели к авариям на энергоблоках АЭС «Фукусима-1». Перед мировым сообществом с особой остротой поднялась проблема эффективности инженерной защиты населения и объектов экономики. По предварительным данным, на конец марта 2011 года количество погибших и пострадавших составляет более 27 тыс. человек, ущерб, по осторожным оценкам правительства Японии, составляет от 300 млрд до 1 трлн долларов, проживание в 30-километровой зоне от АЭС запрещено, радиоактивное загрязнение морской воды в 300 м от АЭС превышает предельно-допустимые концентрации в 1250 раз.

Перед инженерным сообществом стоят вопросы, а все ли сделано с учетом трагического опыта прошедшего цунами в Индийском океане в декабре 2004 года, вызванного землетрясением в 9,3 балла по шкале Рихтера, где число погибших составило 229 886 человек, а число вынужденных переселенцев оценивается в 1,2 млн человек. Стоит вспомнить цунами 17 июня 1998 года на побережье Папуа — Новая Гвинея, где высота волны доходила до 15 м, а число погибших в прибрежной зоне в 5–10 км, по данным СМИ, составило от 40 до 60% от проживающих.

За последний 40-летний период (1969–2009 гг.) количество природных катастроф в мире возросло более чем в 4 раза [1–5, 9]. Гидрологические бедствия являются самыми распространенными, составив в 2009 году 53,7% от общего количества стихийных бедствий. В качестве примера, в результате наводнения в Южном и Центральном Китае в июле 2009 года пострадало 39,4 млн человек.

Растет ущерб отраслям народного хозяйства от наводнений и в Российской Федерации. По данным Института водных проблем РАН, прямой ущерб от наводнений в России на 2010 год составляет более 50 млрд руб./год. Наиболее остро данная проблема ощущается на юге России в бассейнах рек Кубань, Терек, Сулака, Самура, Кума. По данным директора ГГИ, профессора И. А. Шикломанова (2008 г.), «Удельный совокупный ущерб на 1 км<sup>2</sup> водосборной площади (в ценах на 1991 г.) составляет в бассейне р. Кубань 3629 руб./км<sup>2</sup>, рек Северного Кавказа — 1807 руб./км<sup>2</sup>, р. Дон — 806 руб./км<sup>2</sup>, р. Волга — 712 руб./км<sup>2</sup>, р. Амур — 491 руб./км<sup>2</sup>, р. Урал — 139 руб./км<sup>2</sup>, в среднем по бассейнам крупных рек РФ — 235 руб./км<sup>2</sup>». За последний 275-летний период значи-

тельные наводнения, вызванные дождями, ливнями и таянием снега, в бассейне Кубани зафиксированы более 200 раз (1931, 1932, 1936, 1954, 1956, 1963, 1966, 1975, 1980, 1984, 1992, 2001, 2002, 2005 гг. и др.). В результате катастрофического наводнения в бассейне р. Кубани с 20 по 29 июня 2002 года нарушена жизнедеятельность четырех субъектов Российской Федерации. В зоне затопления оказались 213 населенных пунктов с населением около 230 тыс. человек, разрушено 10269 и повреждено 27202 жилых домов, повреждено 205 км газопроводов, 134 моста, 354 км автомобильных дорог, 221 км ЛЭП, 263 км водопроводов. Существенный ущерб нанесен агропромышленному комплексу Краснодарского, Ставропольского краев, Республики Адыгеи. Погибло 103 человека, общий ущерб составил 8 млрд 221 млн руб. Риск ущербов в бассейне Нижней Кубани возрастает в связи со старением противопаводковой системы, включающей в себя четыре водохранилища (Краснодарское (1975 г.), Шапсугское (1952 г.), Крюковское (1972 г.) и Варнавинское (1971 г.)), два гидроузла (Федоровский и Тиховский) и систему обвалования рек Кубань и Протока, имеющую протяженность более 650 км, эксплуатируемую и постоянно реконструируемую в последний столетний период.

В бассейнах антропогенно освоенных рек в конце XX и начале XXI вв. отмечается рост ущербов от паводков и наводнений смешанного питания различным отраслям народного хозяйства, в том числе агропроизводителям и населению.

Снижение остаточного ресурса противопаводковой системы бассейнов рек РФ на фоне возросших техногенных, сейсмических, гидрологических нагрузок требует проведения комплексных мониторинговых исследований с использованием передвижных комплексов, включающих современные приборы для оценки гидравлических параметров обвалованного русла, приборы неразрушающего контроля и технической диагностики, геофизические, геодезические приборы, приборы для определения деформационных характеристик грунтов дамбобвалования в полевых условиях с использованием штампов площадью 2500–5000 см<sup>2</sup> с учетом изменения уровня воды в обвалованном русле.

Данные проблемы характерны и для большинства бассейнов рек России. Например, в бассейне р. Терек нет ни одного регулирующего водохранилища, противопаводковые валы устроены на протяжении 240 км и обеспечивают пропуск расходов до 1000 м<sup>3</sup>/с, в то время как расходы редкой повторяемо-



Рис. 1. Размыв дамбы обвалования на р. Терек

Таблица 1

№ п/п	Рабочая высота H, м	Периметр дамбы, м	Расчетный диаметр при тах заполнения, м	Отношение ширины основания B к высоте H	Ориентировочная масса 1 п. м, в кг	Цена 1 п. м с НДС в руб.
1	0,3	1,66	0,53	0,6 × 0,3	4,0	2240
2	0,6	3,2	1,0	1,3 × 0,6	7,7	4480
3	1,0	6,28	2,0	2,2 × 1,0	15,0	8750
4	2,0	8,8	2,8	4,5 × 2,0	21,0	12320
5	2,5	13,2	4,2	5,2 × 2,5	31,7	18200
6	3,0	16,6	5,0	6,5 × 3,0	40,0	23240

Конструкция гибкой дамбы защищена патентом России на изобретение № 2291931 20 января 2007 года [8].

сти — 2400 м<sup>3</sup>/с, поэтому среднегодовоелетний ущерб от паводков в бассейне р. Терек составляет 3,6 млрд руб./год (в ценах на 2001 г.). Минсельхозом России рассматриваются варианты строительства трех водохранилищ — Ногайского, Ханаматюртовского, Кутанаульского с реконструкцией существующих валов — и строительства новых валов с шириной межвального протранства до 1 км и протяженностью 240 км со сметной стоимостью строительства вариантов от 13,4 до 16,8 млрд руб.

Одна из основных общесистемных проблем водохозяйственного комплекса РФ — возрастание ущербов от вредного воздействия вод природного и техногенного характера.

К стратегическим задачам развития водохозяйственного комплекса РФ относятся:

- снижение ущербов от вредного воздействия вод в РФ;
- создание и внедрение инновационных технологий и технических средств;
- повышение безопасности гидротехнических сооружений. Механизм реализации водохозяйственной стратегии РФ заключается в:
- совершенствовании нормативно-правовой, нормативно-методической базы и методов государственного регулирования;

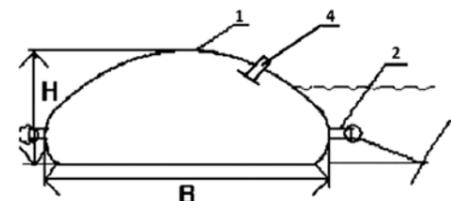


Рис. 2. Гибкая водонаполняемая дамба

1 — гибкая оболочка; 2 — пояс усиления; 3 — растяжка с анкерами; 4 — патрубок заливной

- создании эффективной системы управления;
- подготовке и переподготовке кадров, способных реализовывать новые инновационные технологии;
- развитии научно-технического и инновационного обеспечения;
- реализации федеральных и региональных целевых программ инновационного развития в свете задач, сформулированных в водохозяйственной стратегии развития водохозяйственного комплекса РФ до 2020 г.

Курское предприятие ООО фирма «Рассвет-К» с 2003 года занимается разработкой и изготовлением гибких длинномерных оболочек различного назначения.

### Гибкие длинномерные дамбы

Дамбы представляют собой замкнутые плоскостворачиваемые оболочки длиной до 100 м, периметром до 16 м. В заполненном рабочей средой виде имеют цилиндрическую форму диаметром до 5 м.

В качестве силовых элементов в оболочках используются высокопрочные синтетические материалы отечественного производства, имеющие по внутренней поверхности полимерное покрытие. Основные типоразмеры и характеристики дамб приведены в табл. 1 [6–9].

### Назначение

Гибкие длинномерные дамбы используются в качестве временных гидротехнических сооружений: для защиты объектов в береговой зоне от затопления, для возведения временных преград, водоподпорных плотин, заделки проранов, для временного хранения воды и т. д. Для устойчивости оболочку заполняют водой или гидросмесью не более 75% ее максимального объема. При этом она не требует специального крепления. Для заполнения гибкой дамбы водой, сброса воздуха и опорожнения после окончания работ дамба имеет несколько гибких патрубков (рис. 3). Диаметр патрубков и на-



**Рис. 3. Гибкая дамба с рабочей высотой 3,0 м, установленная в бассейне р. Кубань**

Конструкция гибкой дамбы защищена патентом России на изобретение № 2291931 20 января 2007 года [8]

сосное оборудование определяет заказчик, исходя из необходимого времени заполнения оболочки водой.

Если есть вероятность волнового воздействия или каких-либо других внешних воздействий, способных повлиять на ее надежность, гибкая дамба изготавливается с поперечными поясами усиления, диаметрально расположенными ребрами жесткости, в которых имеются отверстия, армированные металлическими люверсами. К этим отверстиям крепятся растяжки с якорями или анкерами, обеспечивая большую устойчивость дамбы. Для транспортировки гибкая дамба наматывается в плоском виде на специальную штангу и перевозится любым видом транспорта, включая авиацию.

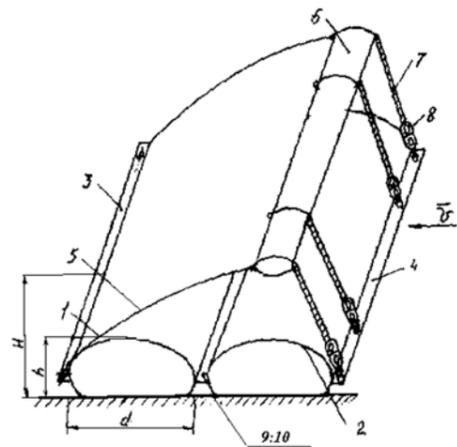
**Защитное гидротехническое сооружение**

Для проведения отсечки воды при строительстве и ремонте гидротехнических сооружений, для создания зон охлаждения воды в больших водоемах предприятие ООО «Рассвет-К» разработало конструкцию защитного гидротехнического сооружения.

Оригинальностью предложенной конструкции является то, что она реализована в виде отдельных модулей, представляющих комбинацию из замкнутых цилиндрических оболочек 1 и 2, заполняемых водой, каждая из оболочек имеет эластичные ребра усиления, расположенные вдоль образующих в диаметральной плоскости. Оболочки соединены между собой внутренними ребрами 9, 10, гибкая мембрана 5 жестко закреплена своей нижней кромкой к внешнему ребру 3, верхняя кромка мембраны соединена с поплавком 6, гибкие растяжки 7 могут регулироваться по длине при помощи стропуокорачивающего устройства 8. На рис. 4 и 5 показаны варианты компоновок защитного гидротехнического сооружения. Компоновка, показанная на рис. 4, рекомендуется для использования в водоемах с течением.

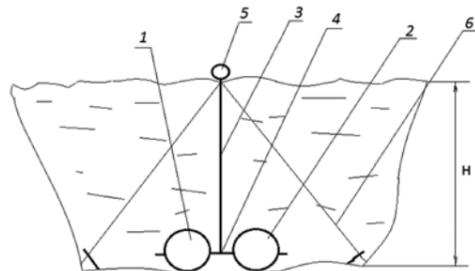
Для водоемов с большими глубинами и стоячей водой, для разделения водоема на сектора рекомендуется использовать защитное гидротехническое сооружение с центральным креплением гибкой мембраны (рис. 5).

Защитное гидротехническое сооружение защищено патентом России на изобретения № 2374385, полученным 27.11.2009 г. [9]. Цена защитного гидротехнического сооружения, указанного на рис. 5, будет зависеть от глубины водоема *H* и внешних волно-ветровых условий. При средней глубине *H* = 5 м и отсутствии внешних волно-ветровых нагрузок защитное гидротехническое сооружение длиной 20 м будет стоить 110000 руб. с НДС.



**Рис. 4. Защитное гидротехническое сооружение с гибкой мембраной**

1, 2 — гибкие замкнутые оболочки; 3, 4 — ребра усиления; 5 — гибкая мембрана; 6 — пневматический поплавок; 7 — растяжки; 8 — регулятор натяжения; 9, 10 — внутренние ребра усиления



**Рис. 5. Защитное гидротехническое сооружение с гибкой мембраной**

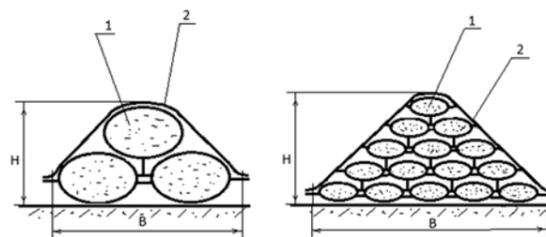
1, 2 — гибкие оболочки; 3 — мембрана; 4 — узел крепления мембраны; 5 — пневматический поплавок; 6 — растяжка с якорями

**Защитная гибкая секционная дамба**

Защитная гибкая секционная дамба предназначена для создания временных перемычек с целью отсечки воды в водохранилищах при ведении строительно-монтажных и ремонтных работ, в качестве водоградительных дамб для защиты населенных пунктов от затопления при паводках, для установки в водоемах с донным течением и волно-ветровой нагрузкой на поверхности. Защитная гибкая секционная дамба состоит из гибких замкнутых оболочек, соединенных между собой в ряды посредством эластичных ребер.

Ряды цилиндрических оболочек размещены друг над другом с образованием усеченной пирамиды. В каждом последующем нижнем ряду пирамиды на одну оболочку больше числа оболочек верхнего ряда. Все ряды соединены между собой поясами усиления в виде гибких связей, закрепленных на всех внешних ребрах оболочек, составляющих пирамиду. Количество оболочек в каждом ряду и количество рядов зависит от условий эксплуатации, характеристики водоема и внешних условий. Все цилиндрические оболочки и межоболочечное пространство заполняются водопесчанной гидросмесью. На рис. 6 и 7 показана защитная гибкая секционная дамба, имеющая в основании две и пять цилиндрических оболочек.

Работу по монтажу секционной дамбы начинают с подготовкой места ее установки, планировки дна, удаления стволов дере-



**Рис. 6–7. Гибкие секционные дамбы**

1 — цилиндрическая оболочка; 2 — пояс усиления

вьев и других предметов, уборки колющего и режущего мусора. Далее разматывают оболочки с барабанов параллельно друг другу и соединяют их внутренними ребрами по каждому ряду.

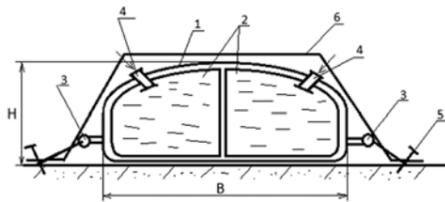
В оболочки каждого ряда закачивается гидросмесь. Цена защитной гибкой секционной дамбы зависит от количества цилиндрических оболочек в основании дамбы, количества рядов и размеров пояса усиления, удерживающего оболочки в цилиндре. Ширина пояса усиления 1000 мм. Устанавливается через каждый метр длины оболочек. Для гибких секционных дамб используются гибкие цилиндрические оболочки диаметром 1000–1500 мм, стоимость оболочки диаметром 1000 мм — 7650 за 1 п. м с НДС; стоимость оболочки диаметром 1500 мм — 11300 за 1 п. м с НДС; стоимость 1 м<sup>2</sup> пояса усиления 200 руб. с НДС. На конструкцию «Защитная гибкая секционная дамба» подана заявка на изобретение. Приоритет изобретения установлен с 24.02.2011 г.

**Гибкие быстровозводимые дамбы**

Гибкие быстровозводимые дамбы представляют собой легкую конструкцию, состоящую из наружной тканевой оболочки, внутри которой размещаются две длинные оболочки пленочного типа (рис. 8).

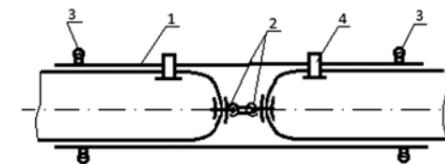
По всей длине дамбы в радиальном направлении с шагом, зависящим от ее геометрических размеров, выполнены пояса усиления, имеющие в диаметральных плоскостях пряжки, к которым можно крепить растяжки с якорями 5. В торцах дамб имеются приспособления 2 (рис. 9), позволяющие соединять дамбы в линию.

На место соединения надвигается тканевый чехол 1, который крепится к дамбам мягкими стяжками 3. Далее через патрубок 4 идет закачка рабочей жидкостью каждой дамбы. Гибкие облегченные быстровозводимые дамбы предназначены для оперативного развертывания в период чрезвычайных ситуаций, установки на существующих земляных дамбах, оконтуривания аварийных зданий и промышленных объектов с целью получения необходимого времени для эвакуации людей и оборудования. Время монтажа 100 м такой дамбы не превышает трех часов. Основные типоразмеры облегченных быстровозводимых дамб указаны в табл. 2.



**Рис. 8. Быстровозводимая дамба**

1 — тканевая защитная оболочка; 2 — пленочные оболочки; 3 — пояса усиления с растяжками; 4 — заливные патрубки; 5 — якорь; 6 — мостики переходные



**Рис. 9. Торцевое соединение гибких дамб**

1 — чехол тканевый соединительный; 2 — приспособление для стыковки; 3 — узел крепления; 4 — патрубок для заливки воды

**Таблица 2**

№ п/п	Рабочая высота <i>H</i> , м	Периметр дамбы, м	Отношение ширины основания <i>B</i> к высоте <i>H</i>	Ориентировочная масса 1 п. м, кг	Цена 1 п. м с НДС, руб.
1	0,3	1,66	0,6 × 0,3	1,2	3991
2	0,6	3,2	1,3 × 0,6	2,3	6251
3	1,0	6,28	2,2 × 1,0	4,4	11200
4	2,0	9,4	4,5 × 2,0	6,2	15800

\*По согласованию с заказчиком возможно изготовление облегченных дамб с другими геометрическими размерами.

Алгоритм назначения параметров гибкой дамбы следующий:  
1. Приняв тип композитного материала (ТК-80, ТК-100, ТК-120 или другой), назначаем расчетное усилие.

2. Из условий эксплуатации гибкой дамбы принимаем ее высоту для расчетного случая *H*.

3. По выражению вычисляем модулярный угол  $\theta$

$$\theta = \arccos \frac{4 \frac{T_p}{\gamma H^2} - 1}{4 \frac{T_p}{\gamma H^2} + 1}$$

4. Из выражения

$$\begin{cases} \frac{H}{H_0} = 1 - \cos \theta \\ \frac{T_p}{\gamma H^2} = \sin^2 \theta \end{cases}$$

определяем параметр  $H_0$ ,  $H_0 = \frac{H}{1 - \cos \theta}$ , давление воды

в основании дамбы  $P_0 = \gamma H_0$ .

5. По выражению вычисляем раскройный периметр дамбы

$$L_{об} = H_0 \left[ F\left(\theta, \frac{\pi}{2}\right) - E\left(\theta, \frac{\pi}{2}\right) + \frac{1}{4} \frac{\sin^2 \theta}{\cos \theta} (\alpha + \sin \alpha) \right],$$

где  $\alpha = \arccos \left( \frac{1 - 3 \cos \theta}{1 + \cos \theta} \right)$ .

6. По выражению, зная расчетную ширину *B* гибкой дамбы, определяем объем воды находящийся в дамбе

$$W = H_0^3 \cdot 1 \left[ -E\left(\theta, \frac{\pi}{2}\right) + (1 + 0,5 \sin^2 \theta) F\left(\theta, \frac{\pi}{2}\right) + \frac{\sin^4 \theta}{16 \cos^2 \theta} \left( \frac{\pi \alpha}{360^\circ} - \frac{1}{4} \sin 2\alpha \right) \right],$$

где  $\alpha = \arccos \left( \frac{1 - 3 \cos \theta}{1 + 3 \cos \theta} \right)$ .



Рис. 10. Гибкая дамба в рабочем состоянии

7. По следующим выражениям вычисляем геометрические параметры дамбы

$$y = H_0 \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \psi} = H_0 \Delta(k, \psi) = H_0 \Delta(\theta, \psi),$$

$$x = H_0 [E(k, \psi) - (1 - 0,5k^2) F(k, \psi)],$$

где  $F(k, \psi) = \int_0^\psi \frac{d\psi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \psi}}$  — эллиптический интеграл 1 рода;

$E(k, \psi) = \int_0^\psi \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \psi} d\psi$  — эллиптический интеграл 2 рода.

8. Используя формулы СНиП, проверяем устойчивость гибкой дамбы на сдвиг.

**Выводы**

1. Наводнения принадлежат к числу наиболее опасных для человека природных явлений. По величине ущерба и числу жертв в XXI в. наводнения занимают первое место среди всех стихийных бедствий. За 2000–2009 годы ущерб от наводнений в мире составил 45% всех природных катастроф, в 2010 году ущерб составил 182 млрд долларов. В последние 50 лет, по данным мировой базы данных, наблюдается тенденция роста ущерба от наводнений. Среднегодовой ущерб от наводнений в РФ составляет более 50 млрд руб. Он почти в 8 раз меньше, чем в США. Однако по показателю «доля ущерба наводнений в ВВП» — РФ в 1,6 раз превышает средний по миру и более чем в 5 раз выше, чем в США.

2. Эффективным средством инженерной защиты от паводков и наводнений являются многооборотные быстровозводимые водонаполняемые гибкие дамбы из композитных материалов, используемые для разгрузки русла и усиления дамб обвалования из грунтовых материалов.

Курским предприятием ООО фирма «Рассвет-К» накоплен опыт разработки и изготовления гибких многооборотных дамб из композитных материалов различного назначения.

**Литература**

1. Водохозяйственная стратегия развития водохозяйственного комплекса РФ до 2020 г. Утверждена Постановлением Правительства РФ от 27 августа 2009 г. № 1235-Р.

2. Авакян А. Б., Истомина М. Н. Наводнения как явление планетарного масштаба // Гидротехническое строительство. 2001. № 2. С. 44–88.

3. Авакян А. Б., Полюшкин А. А. Наводнения. Проблемы определения ущерба и защиты // Водные ресурсы. 1991. № 4. С. 114–125.

4. Асарин А. Е. Проблемы наводнений при эксплуатации водохранилищ на Волге и Каме // Гидротехническое строительство. 2001. № 4. С. 37–41.

5. Калустян Э. С. Уроки аварий Киселевской и Тирлянкой плотин // Гидротехническое строительство. 1997. № 4. С. 48–50.

6. Руководство по применению гибкой наливной дамбы из композитных материалов в качестве ограждающей конструкции: утверждено НТС Минсельхоза России. — Новочеркасск, НГМА, 2007. 22 с.

7. Пособие по применению гибкой наливной дамбы из композитных материалов в качестве водопропускного сооружения: утверждено НТС Минсельхоза России. — Новочеркасск, НГМА, 2007. 20 с.

8. Волосухин В. А., Малышев В. Б., Новиков С. Г., Чижов А. Е., Чижов Е. А., Каралыш А. В. Защитное гидротехническое сооружение. Патент № 2291931 от 20 января 2007 г.

9. Волосухин В. А., Малышев В. Б., Новиков С. Г., Чижов А. Е., Чижов Е. А., Каралыш А. В. Защитное гидротехническое сооружение. Патент № 2374385 от 27 ноября 2009 г.

10. Таратунин А. А. Наводнения на территории Российской Федерации. 2-е изд., испр. и доп. / Под ред. Н. И. Коронкевича. — Екатеринбург, РосНИИВХ, 2008. 432 с.

11. Волосухин В. А. Безопасность гидротехнических сооружений: нормативно-методические документы. В 10 т. / В. А. Волосухин, Д. И. Фролов, А. В. Хныкин, С. П. Земцов, Я. В. Волосухин. Под общей ред. В. А. Волосухина. — Новочеркасск: ЛИК, 2011. Т. 1 — 335 с. Т. 2 — 391 с. Т. 3 — 337 с. Т. 4 — 398 с. Т. 5 — 327 с. Т. 6 — 321 с. Т. 7 — 342 с. Т. 8 — 458 с. Т. 9 — 315 с. Т. 10 — 457 с.



**ООО ФИРМА «РАССВЕТ-К»**  
 г. Курск, ул. Народная, 7 А  
 Т./ф. (4712) 73-47-73, т.: (4712) 73-47-72, 73-47-71  
 E-mail: rassvet-k@yandex.ru  
 http://www.rassvet-k.ru, www.gruntprovod.ru

concrete and metal testing



**SilverSchmidt**  
 Молоток для испытания бетона

Молоток SilverSchmidt представляет новейшие разработки компании и позволяет измерять прочность по ГОСТ 22690 в диапазоне от 5 до 170 Н/мм². Встроенный электронный блок; увеличенный более чем в 3 раза срок службы пружины; отсутствие влияния пространственного положения молотка на результаты измерений. Прошел тесты НИИЖБ на объектах «Москва-Сити» и «Миракс Плаза».



**Original Schmidt**  
 Молоток для испытания бетона

Более 50 лет во всем мире для оценки прочности бетонов применяют молотки Шмидта. Существующие типы N, L, NR и LR позволяют измерять прочность по ГОСТ 22690 в диапазоне от 10 до 70 Н/мм². Типы NR и LR осуществляют регистрацию результатов на бумажную ленту в виде гистограммы.



**Pundit Lab**  
 Ультразвуковой прибор

Pundit Lab — НОВИНКА 2010 года — ультразвуковой прибор для определения прочности на сжатие бетона по ГОСТ 17624-87, а также для определения глубины поверхностных трещин в бетоне. Имеет возможность отображать форму сигнала на ПК либо осциллографе.



**Equotip3**  
 Динамический твердомер для металла с выносным датчиком

Equotip3 — самый передовой универсальный портативный твердомер, разработанный компанией Proceq. Имеет возможность подключения различных датчиков. Внесен в Госреестр средств измерений РФ.



**Profoscope**  
 Определение местоположения стержней арматуры и толщины защитного слоя бетона

Универсальный прибор с встроенным датчиком. Удобное управление и визуализация результатов в режиме реального времени. Диапазон измерений толщины защитного слоя — до 180 мм. Определение диаметра стержня, средней точки между стержнями. Внесен в Госреестр средств измерений РФ.



**Equotip Bambino 2**  
 Динамический твердомер для металла с встроенным датчиком

Equotip Bambino 2 — наиболее эффективный и простой в использовании твердомер. В нем сочетаются легкость, компактный дизайн и возможность замены датчиков D/DL. Результаты измерений отображаются во всех общепринятых шкалах твердости: HV, HB, HRC, HRB, HS. Высокая точность с автоматической коррекцией пространственного положения датчика. Внесен в Госреестр средств измерений РФ.

Официальный представитель Proceq SA в России  
**ООО «Просек Рус»**  
 Санкт-Петербург, ул. Оптиков, д. 4, к. 2, лит. А, оф. 412  
 Тел./факс: +7 812 448 35 00  
 info-russia@proceq.com www.proceq-russia.ru



Made in Switzerland

... more than 50 years of know-how you can measure!

# 4.

52-73

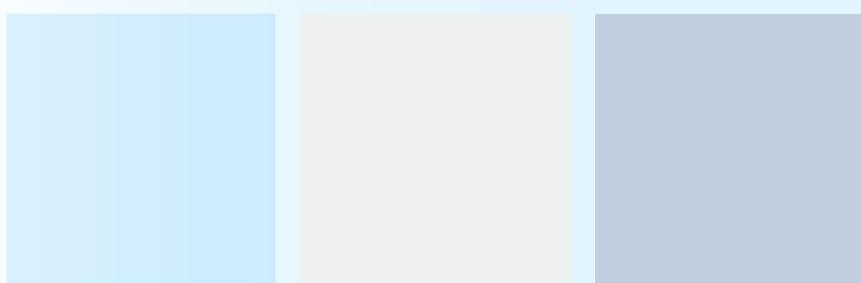
**СТРОИТЕЛЬСТВО.  
РЕМОНТ.  
ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГТС**

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
СТРОИТЕЛЬСТВА

РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ГТС

ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ.  
АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ



## Уникальная система профилей \* для создания шпунтового замка

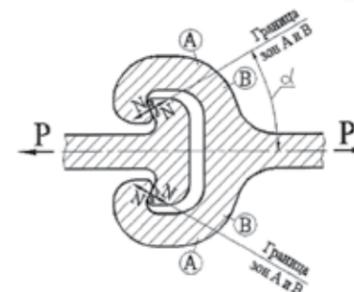
\* Защищена патентом



\* В 2-4 раза прочнее стандартных шпунтовых замков

\* Успешно применена при строительстве олимпийского объекта в Сочи

\* Значительно дешевле импортных аналогов



Система профилей применяется в качестве замка в сварных, трубчатых и других шпунтовых панелях при возведении гидротехнических, транспортных и промышленно-гражданских объектов.

По результатам испытаний, проведенных в аттестованном испытательном центре ОАО «Северсталь-метиз» и в НИЦ «Мосты» (г.Москва), система профилей имеет прочность на разрыв, в 2-4 раза превышающую прочность шпунтовых замков, применяемых сегодня в отечественном строительстве.

Система профилей для создания замкового соединения на сегодняшний день защищена патентом на полезную модель.

Указанные профили применены в строительстве грузового района порта Сочи в устье реки Мзымта.

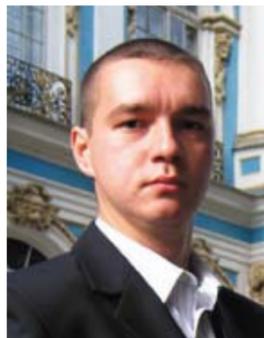
ОАО «СЕВЕРСТАЛЬ-МЕТИЗ»  
162610, Россия, Вологодская область,  
г. Череповец, ул. 50-летия Октября, 1/33  
[WWW.SEVERSTALMETIZ.COM](http://WWW.SEVERSTALMETIZ.COM)

Контакт:  
Забейворота Андрей  
Телефон: 8 (8202) 53 95 42  
E-mail: [zav0903@severstalmetiz.com](mailto:zav0903@severstalmetiz.com)

## ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ОТЛИЧИЯ ГОСТ Р 53778-2010 ОТ СТАРЫХ НОРМАТИВОВ ПО ОБСЛЕДОВАНИЮ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ



**Ватин Н. И.,**  
доктор техн. наук, профессор,  
заведующий кафедрой  
ГОУ Санкт-Петербургского  
государственного  
политехнического  
университета



**Улыбин А. В.,**  
начальник отдела  
«Обследование зданий  
и сооружений»  
ПНИПКУ «Венчур»

Техническое состояние многих гидротехнических сооружений, эксплуатируемых в России и в других странах, приближается к недопустимому и аварийному (рис. 1, 2). Средний процент износа напорных гидротехнических сооружений составляет около 48% [1]. Одной из причин такого состояния объектов является недостаток нормативных и методических документов по контролю состояния объектов, в том числе по обследованию их технического состояния. Среди немногих существующих руководящих документов, регламентирующих обследовательские работы на гидротехнических сооружениях, можно отметить РД ЭО 0570-2004 [2] и СТО 70238424.27.140.035-2009 [3].

С 1 января 2011 года в Российской Федерации вступил в силу новый стандарт, регламентирующий деятельность по обследованию зданий и сооружений, — ГОСТ Р 53778-2010 [4]. Это первый российский нормативный документ по обследованию, имеющий статус государственного стандарта. До этого основными документами являлись общий для всех видов объектов капитального строительства СП 13-102-2003 [5], а также РД 22-01-97, распространяющийся на объекты, подлежащие экспертизе промышленной безопасности.



**Рис. 1.** Вид на здание и подводный канал гидроэлектростанции Рюмякоски на р. Тохмайоки

Необходимо отметить, что требования данного ГОСТа не распространяются на ряд специфических строительных объектов, в том числе и на гидротехнические. Однако не надо забывать, что гидротехнические комплексы состоят не только из плотин, каналов, водосбросов и других специализированных объектов, но также из зданий и сооружений, не являющихся сугубо гидротехническими. В то же время техническое состояние таких зданий и сооружений вносит немалый вклад в безопасность комплексов в целом.

Что же принципиально нового несет данный документ и в чем его отличия от существующих норм по обследованию?

Первое новшество — это введение отдельных понятий «обследование технического состояния» и «комплексное обследование технического состояния». Данные термины вводятся в разделе 1 и расшифровываются в разделе 3. Согласно описываемому стандарту, должно проводиться либо только обследование технического состояния строительных конструкций здания или сооружения и грунтов основания, называясь при этом просто «обследованием», либо обследование в совокупности с исследованием прочих параметров здания или сооружения (шум, теплопотери и т. п.) и обследованием инженерных сетей, являясь «комплексным обследованием» (рис. 3).

Вторым существенным отличием нового стандарта от свода правил [5] является включение в перечень обследовательских работ анализа состояния грунтов основания. Это красной нитью прослеживается по всему тексту ГОСТа, и словосочетание «грунтов основания», добавленное в определения и фразы, заимствованные из ранее действовавших документов, заметно невооруженным глазом. С нашей точки зрения, это один из основных положительных моментов нового документа, поскольку ни одно из построенных зданий «не висит в воздухе», и не учитывать фактор грунтового основания при оценке технического состояния, безусловно, нельзя.

Существенные изменения произведены также в номенклатуре категорий технического состояния. Во-первых, в ГОСТе их стало четыре, а не пять, как было в СП [5], чему нельзя не порадоваться. Многие практики знают, насколько нечеткая грань между описанными в СП [5] «ограниченно работоспособным» и «недопустимым» состояниями, что неоднократно приводило к спорам, претензиям и разбирательствам. Во-вторых, техническое состояние первой категории теперь именуется в ГОСТе как «нормативное». В ранее издан-



**Рис. 2.** Вид на здание гидроэлектростанции Рубиловская на р. Утруя



**Рис. 3.** Структура комплексного обследования

ных документах применялись термины: исправное, нормальное, работоспособное, хорошее и пр. Определение термина «нормативное» заимствовано из СП [5] с небольшими корректировками.

В разделе 4 стандарта указаны основные требования к исполнителям обследования: современная приборная база, высокая квалификация и опыт. В п. 4.2 указываются сроки периодичности проведения обследования, чего ранее в нормативных документах не встречалось. В п. 4.7 указывается на необходимость информирования в случае выявления аварийного состояния конструкций не только собственника и заказчика, но и органов исполнительной власти, что действительно является важным.

Раздел 5 начинается с описания целей и перечня работ, выполняемых при комплексном обследовании и обследовании технического состояния. Кроме того, имеется описание предварительного (визуального) и детального обследования и различия между ними. Особое внимание хочется обратить на п. 5.7.1, в котором указывается, что «при сокращении заказчиком объемов обследования... заказчик сам несет ответственность за низкую достоверность результата обследования». Проблема снижения объемов работ, в том числе вызванная экономией средств, является довольно актуальной, особенно когда заказчиком работ является негосударственный собственник.

В п. 5.1.9 определена давность инженерно-геологических изысканий, которые можно использовать при обследовании.

Интересна, на наш взгляд, фраза в п. 5.1.13 о достаточности визуального обследования для присвоения категории технического состояния в случаях, когда его результаты позволяют выявить причину происхождения дефектов и повреждений.

Немаловажно указание об обязательном включении инженерно-геологических изысканий в программу работ при комплексном обследовании, имеющееся в п. 5.1.14.

Большим преимуществом по сравнению с СП [5] является наличие в приложениях к стандарту форм заключений по результатам комплексного обследования и обследования технического состояния. Однако, к сожалению, приводимые формы несколько поверхностны и не детальны.

Далее в подразделах 5.2–5.3 приводятся составы и объемы необходимых работ при обследовании оснований, фундаментов, элементов конструкций с классификацией по виду материала, а также отдельных конструктивных элементов (балконы, лестницы, перекрытия и пр.). Следует отметить, что данные в этих разделах в большинстве своем заимствованы из ВСН 57-88 [6] и пособия по обследованию [7].

Остановимся на некоторых изменениях по отношению к этим двум старым документам.



Рис. 4. Классификация видов мониторинга технического состояния

В п. 5.2.7 указано, что глубина шурфов у фундаментов должна превышать глубину заложения подошвы на 0,5–1,0 м, что для бутовых фундаментов является опасным, т. к. может спровоцировать выпадение камней из кладки. В большинстве ранее изданных документов регламентированная глубина шурфов не должна превышать 0,5 м под подошвой. Наиболее удачной по этому поводу, на наш взгляд, была формулировка в ТСН 50-302-2004 [8]: «глубина шурфов должна приниматься, исходя из необходимости вскрытия подошвы фундамента и проверки наличия лежней и свай под фундаментом».

Рекомендации в п. 5.2.15 и 5.3.2.2 по определению прочности кладки фундаментов и надземных конструкций неразрушающими методами нам представляются не вполне обоснованными. Государственные стандарты, регламентирующие методы неразрушающего контроля для бутовых камней и кирпича (за исключением ультразвукового метода для силикатного кирпича) в России отсутствуют. Кстати, оба указанных пункта также заимствованы из ВСН [6] с незначительными изменениями.

Наиболее интересными, с точки зрения новизны, являются разделы 5.4–5.6, в которых указаны требования по обследованию инженерных сетей и исследованию параметров их эксплуатации, а именно рассмотрены:

- система горячего водоснабжения;
- система холодного водоснабжения;
- система отопления;
- система канализации;
- система вентиляции;
- система мусороудаления;
- система газоснабжения;
- водостоки;
- электрические сети;
- средства связи;
- исследование звукоизоляции, шума и вибраций;
- исследование теплотехнических параметров ограждающих конструкций.

Несмотря на то, что часть требований в этих разделах коррелирует с рекомендациями ВСН [6], наличие указанных разделов является несомненным прорывом в нормативах по обследованию, т. к. ни в ВСН, ни в других документах требований по указанной тематике в таком объеме ранее не встречалось. Являвшийся до сих пор единственным основным документом по обследованию СП [5] вообще абстрагирован от инженерных сетей.

Раздел 6, посвященный мониторингу технического состояния, оставим без комментариев. Хотим отметить только, что классификация видов мониторинга, указанная в ГОСТе (рис. 4), на наш взгляд, весьма удачна.

Кроме того, хочется отметить, что появление в государственном стандарте целого раздела и нескольких приложе-

ний, посвященных данному виду инженерных работ, который без сомнения относится к важным, должно благоприятно отразиться на обоснованности их выполнения и качестве. Ранее описание работ по мониторингу встречалось лишь в территориальных нормах ТСН [8], МГСН [9], частично в ГОСТ 24846-81 и ряде других методических документов.

Еще одним преимуществом нового стандарта являются приложения Е, Ж, И, в которых приводятся данные о причинах и следствиях характерных дефектов в фундаментных, железобетонных и стальных строительных конструкциях. Ранее такая информация содержалась лишь в территориальных нормах и технической литературе. К сожалению, отсутствует аналогичное приложение по деревянным и каменным конструкциям.

На практике адаптация под требования нового норматива, как и для любого нового руководящего документа, будет сопряжена с рядом проблем. Одна из них не технического, а экономического плана — это отсутствие общепринятых сборников базовых цен на работы по мониторингу технического состояния зданий и сооружений. Исключением является московский сборник МРР [10], в котором помимо этого имеются и расценки на обследование инженерных сетей.

### Литература

1. Мадеева В. С. Анализ современной системы обеспечения безопасности гидротехнических сооружений // Научный вестник МГГУ. — 2011. — № 1 (10). — С. 53–60.
2. РД ЭО 0570-2004 Инструкция по обследованию подводных частей гидротехнических сооружений АЭС концерна «РосэнергоАтом».
3. СТО 70238424.27.140.035-2009 Гидроэлектростанции. Мониторинг и оценка технического состояния гидротехнических сооружений в процессе эксплуатации. Нормы и требования.
4. ГОСТ Р 53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. — Введ. 25.03.2010. — М., 2010. — 60 с.
5. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. — Введ. 21.08.03. — Госстрой России. — М., 2004. — 32 с.
6. ВСН 57-88(р). Положение по техническому обследованию жилых зданий. — Введ. 01.07.89. — 51 с.
7. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. — М.: АО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ», 1997. — 179 с.
8. ТСН 50-302-2004. Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге. — Введ. 05.08.04. — СПб., 2004. — 57 с.
9. МГСН 2.10-04. Предпроектные комплексные обследования и мониторинг зданий и сооружений для восстановления, реконструкции и капитального ремонта. — Введ. 01.03.05. — М., 2004. — 114 с.
10. МРР-3.02.05.04-2007 Сборник базовых цен на работы по обследованию и мониторингу технического состояния строительных конструкций и инженерного оборудования зданий и сооружений.

## НАБЕРЕЖНАЯ ПРАВОГО БЕРЕГА р. ТУРЫ В г. ТЮМЕНИ КАК УНИКАЛЬНОЕ ИНЖЕНЕРНО-АРХИТЕКТУРНОЕ СООРУЖЕНИЕ



**Елицур Д. В.,**  
канд. техн. наук, главный инженер  
ЗАО «Сибречпроект»  
(г. Новосибирск)



**Егоров А. В.,**  
главный инженер проектов  
ЗАО «Сибречпроект»

Строящаяся набережная находится на правом берегу реки Туры в исторической центральной части г. Тюмени, на нее выходят многие центральные улицы города: Республики, Володарского, Хохрякова, Советская, Красина, Тургенева, Семакова, Кирова, Челюскинцев. Верхняя часть береговой линии сформирована сохранившимися памятниками архитектуры и историческими доминантами, а также современной застройкой конца XX — начала XXI веков. Выполняя функции инженерной защиты городской территории от воздействия р. Туры и оползневых явлений, набережная должна, согласно архитектурной концепции, стать одним из будущих рекреационных центров Тюмени.

Река Тура на участке строительства (179,9–183,4 км по лощманской карте 1983 г.) имеет слабоизогнутое однорукавное русло, сложенное пылеватыми и мелкими песками с прослойками глинистых грунтов. Ширина русла находится в пределах от 80 до 170 м, правый берег разрушается течением. В природном состоянии площадка строительства представляет собой береговой склон четвертой надпойменной террасы реки общей высотой 19–24 м, который подвергается воздействию русловых и геодинамических процессов, осложненных интенсивной разгрузкой подземных вод. Отметки бровки террасы изменяются от 72,000 до 78,000 мБС. Микрорельеф естественного склона насыщен небольшими оползнями, многочисленными бороздами, промоинами и руслами ручьев, образованными выходами на поверхность грунтовых вод. В зимнее время образуются наледи мощностью до 0,5 м. Оползневые процессы на склоне террасы наблюдались повсеместно в различных стадиях развития. Характерными для площадки являются обрушение грунта при чрезмерной крутизне откоса, оползание обильно увлажненных покровных масс, пластичная и вязкая деформация и скольжение. Мощность оползневых масс составляет от 0,6 м при вершине до 5,2 м на языке. Фронт захвата оползней составляет от 2–3 до 40–80 м.

Верхняя часть естественного склона образует эрозионный уступ высотой 3–6 м и крутизной, местами близкой к 90°. Ниже эрозионного уступа отмечается площадка накопления обвалившейся массы грунтов крутизной до 10–12° и шириной 2,5–11 м. Средняя часть склона (зона перемещения) имеет в среднем крутизну до 30°, на отдельных участках 16–18° и крайне редко — около 50°. Нижняя часть склона выражает-

ся в виде пляжных откосов, небольших конусов выноса, перемытых речными водами обвально-насыпных накоплений и оползневых масс. Крутизна склона 5–10, редко 15°.

Особое влияние на оползневые процессы и геоморфологические особенности склона оказывают поверхностные и грунтовые воды как природного, так и техногенного происхождения. По гидрогеологическим условиям были выделены три горизонта грунтовых вод. В сухое время года количество воды, выходящее в виде источников на участке первой очереди сооружения (1332 м), составляет не менее 125 м³/сут.

Береговой откос сложен переслаивающимися глинистыми грунтами, русловая часть — в основном песчаными грунтами с прослойками глинистых грунтов; всего изысканиями выделено 22 инженерно-геологических элемента (ИГЭ). Коренные грунты покрыты слоем делювиально-пролювиальных отложений мощностью 1,0–4,5 м. Консистенция глинистых грунтов — от полутвердой до текучей, песчаные грунты в основной массе мелкие и пылеватые.

Режим уровней воды р. Туры у площадки проектирования характеризуется годовой амплитудой колебаний до 9 м. Отметки максимального годового уровня 1% обеспеченности и низкого судоходного уровня 95% обеспеченности составляют соответственно 57,720 мБС и 48,320 мБС.

Динамическая ось потока при паводке подходит к правому берегу. Максимальные скорости течения у правого берега при паводковых уровнях воды увеличиваются до 1,4–1,5 м/с, донные скорости — до 0,9–1,0 м/с. Максимальная толщина льда 1% обеспеченности составляет 91 см, заторных явлений при прохождении паводка не наблюдается.

Климат района резко континентальный и характеризуется продолжительной холодной зимой и сравнительно теплым летом. Характерная особенность термического режима — большие годовые амплитуды, достигающие 70–90 °С.

В границах площадки в 60–80 годы прошлого века были выполнены два участка берегоукрепления откосного профиля с креплением из железобетонных плит, на участке протяженностью примерно 420 м началось строительство берегоукрепления полуоткосного профиля с вертикальным упором из железобетонного шпунта. К моменту начала нового строительства эти сооружения находились в неудовлетворительном техническом состоянии.



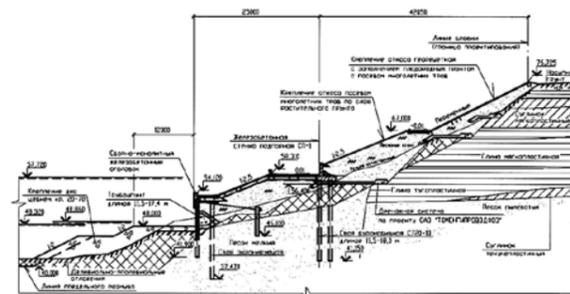
Строительство набережной на современном этапе, начавшееся в 1998 году, было вызвано необходимостью срочного закрепления берегового участка с новой жилой застройкой в Центральном административном округе г. Тюмени. В качестве первоочередного мероприятия было запроектировано (ОАО «Сибречпроект», г. Новосибирск) и построено (ЗАО «Гилан», г. Тюмень) берегоукрепление полукоткосного профиля с вертикальным упором из стального трубошпунта (ЗАО «Запсибгидрострой», г. Сургут) с отметкой верхней бровки 58,31 мБС. Сооружение, защитив от размыва р. Туры подошву естественного берегового склона, полностью исключило его эрозию ниже указанной отметки и значительно снизило оползневую активность на вышележащей части склона. Естественно, что при этом не решались задачи закрепления склона в отметках 58,31–76,00 мБС, обеспечения общей устойчивости сооружения, понижения уровня и организации отвода грунтовых вод. Близость естественной бровки берегового откоса к городской застройке, с одной стороны, исключала возможность уположивания берегового откоса срезкой, с другой стороны — диктовала необходимость вписывания инженерного берегоукрепительного сооружения в городскую среду. Таким образом, объективно возникла необходимость создания комплексного сооружения с совмещением функций инженерной защиты и городской набережной при использовании неординарных технических и архитектурно-планировочных решений. Определенные расчетами профиль сооружения инженерной защиты и его основные технические решения — вертикальный упор в виде заанкеренного больверка, подпорные стены, противооползневые удерживающие сооружения глубокого заложения, пластиковые дренажи, очертания затопляемых и сухих откосов, — обеспечивая надежность и безопасную эксплуатацию сооружения в целом, послужили основой для создания архитектурно-планировочных решений будущей городской набережной. Безусловно, закономерно меняющиеся с течением времени архитектурное видение и функциональное наполнение береговой рекреационной зоны, разрабатываемой ООО «Архитектурно-инженерная группа ИСТ» (г. Тюмень), также вносят допустимые изменения в конструктивные решения берегоукрепления.

На участке первой очереди строительства протяженностью 1332 м, расположенной между автодорожным мостом

по ул. Челюскинцев и пешеходным вантовым мостом, ОАО «Сибречпроект» был выполнен проект берегоукрепительного сооружения в отметках 48,00–76,00 мБС, получивший положительное заключение Главгосэкспертизы России (2004 г.). В 2008–2010 гг. ЗАО «Сибречпроект» разработана проектная и рабочая документация на строительство трех очередей набережной правого берега р. Туры общей протяженностью 3465 м. Участок первой очереди расположен территориально между участками второй и третьей очереди. Вторая очередь протяженностью 693 м расположена ниже по течению р. Туры от моста по ул. Челюскинцев, третья очередь протяженностью 1440 м находится выше по течению от пешеходного моста до устья р. Бабарынки.

Сооружения набережной включают в себя берегоукрепление полукоткосного профиля, выполняющего функции закрепления подножия берегового склона от воздействия руслового потока в интервале отметок 54,12–58,31 мБС. На более высоких отметках предусмотрено строительство подпорных стен на свайных фундаментах глубокого заложения, крепление откосов, выполнение мероприятий по понижению уровня и отводу грунтовых вод. Помимо задачи закрепления берегового склона проектом предусматривается функциональное наполнение объекта элементами городской инфраструктуры, свойственными для городских набережных. На территории предусматривается строительство лестничных сходов, открытых парковок автотранспорта (вторая и третья очередь), общественных санузлов (третья очередь), фонтанных устройств (первая очередь). На всех трех очередях выполняются сети электроосвещения с возможностью диспетчеризации и управления, поверхностного водоотвода, видеонаблюдения, музыкальной трансляции, автоматизированной системы полива зеленых насаждений (ЗАО «ТВТЭС», г. Тюмень). Предусмотрены также: выделение тематических прогулочных зон, устройство видовых площадок, установка малых архитектурных форм (МАФ), улучшенная отделка подпорных стен и покрытий откосов и берм с применением гранитных элементов. Проект сооружения разработан с учетом разделения территории по вертикали на три основных уровня — ниже отметки 58,31 мБС (затопляемая часть), в интервале отметок 58,31–67,00 мБС и выше отметки 67,00 мБС. Для связи уровней запроектированы съезды для служебных автомашин и передвижения малоавтомобильных групп населения.

Планировочные решения набережной обеспечивают проезды для инженерного обслуживания, подъезда машин скорой помощи и пожарной охраны. Транспортная связь объекта с городскими улицами решается устройством автодорожных подъездов в районе «Масловского взвоза» (вторая очередь) и в районе устья р. Бабарынки (третья очередь). Также в составе набережной выполнены три участка для причаливания речных судов: маломерного флота и представительского теплохода «Русич» (вторая очередь), пассажирских прогулочных судов (третья очередь).



Конструктивный разрез по набережной



Первый уровень, расположенный ниже отметки 58,31 мБС, включает в себя вертикальную и откосную части берегоукрепления, непосредственно подверженные воздействию р. Туры. Вертикальный упор берегоукрепления в отметках 48,00–54,12 мБС выполнен в виде одноанкерного больверка из сварного трубчатого шпунтового профиля ШТС с трубой 720 × 10 мм длиной 11,5–17,4 м из стали ВСтЗсп. Лицевая стенка заанкерена тягами диаметром 65 мм за анкерные сваи из труб 720 × 8 мм длиной 5,8–11,5 м. Лицевой шпунтовый ряд объединен по верху сборно-монолитным железобетонным оголовком высотой 3,12 м с лицевой облицовочной железобетонной панелью заводского изготовления. Оголовок также выполняет функцию защитного парапета для нижней прогулочной бермы, расположенной на отметке 54,12 мБС.

Засыпка пазух вертикальной части и образование откосной части сооружения до отметки 58,31 мБС выполняются дренирующим грунтом (местный песчаный грунт, песок). Для снятия фильтрационного давления воды, возникающего вследствие колебаний уровней воды в р. Туре, проектом предусмотрено устройство дренажной призмы из щебня и системы водовыпусков в лицевом шпунте. Покрытие откосной части заложением 2,5 выполняется гранитными и железобетонными плитами с офактуренной поверхностью.

С целью обеспечения общей устойчивости берегоукрепления и его защиты от подмыва его течением р. Туры вдоль линии регулирования выполняется двухъярусное дноукрепление из щебня крупностью 20–70 мм общей шириной 23,0 м. Объем щебня принят с учетом возможного размыва дна у основания крепления с последующим его переформированием по размываемому естественному рельефу.

Второй уровень берегоукрепления в интервале отметок 58,310–67,000 мБС включает в себя вертикальный упор в виде подпорной стенки СП и откосную часть с заложением откоса не менее 2,5.

Подпорная стенка СП, расположенная в тыловой части бермы на отметке 58,310 мБС, выполнена в виде ростверка уголкового профиля из монолитного железобетона. Свайное основание подпорной стенки совместно с дноукреплением обеспечивает общую устойчивость берегоукрепления и одновременно является противооползневой конструкцией. Так как подпорная стенка расположена вблизи неустойчивых и обводненных участков склона, свайное основание выполняется из буронабивных свай с неизвлекаемой об-

садной трубой 720 × 10 мм из стали 17Г1С длиной 11,5–18,0 м с заполнением трубы монолитным бетоном с армокаркасом.

Откосная часть берегоукрепления образована отсыпкой дренирующего песчаного грунта с нормативным углом внутреннего трения  $\varphi_{н}$  не менее 30°, коэффициентом фильтрации не менее 2 м/сут, уплотняемым до получения коэффициента стандартного уплотнения  $K$  не менее 0,90.

Для перехвата и отвода поверхностных и поступающих со стороны естественного склона грунтовых вод ОАО «Тюменгипроводхоз» запроектированы мероприятия по понижению уровня и отводу грунтовых вод. Конструктивно это решается устройством комбинированного дренажа, при этом подземная сеть трубчатого дренажа имеет связь с лотковой системой отвода поверхностного стока с откосов сооружения и берм. Трубчатый дренаж выполнен вдоль всего откоса в три яруса по вертикали. В системе водопонижения предусмотрен пластовый дренаж, а на коллекторной сети предусмотрены водопоглощающие колодцы.

Третий уровень берегоукрепления выше отметки 67,000 мБС также образован отсыпкой дренирующего песчаного грунта и имеет заложение, равное 2–2,5. Все незатопляемые откосы сооружения закреплены посевом многолетних трав по слою растительного грунта или в георешетке, на отдельных участках использованы биоматы.

Лестничные сходы, подпорные стены, съезды и видовые площадки выполняются, как правило, на свайных основаниях из буронабивных труб.

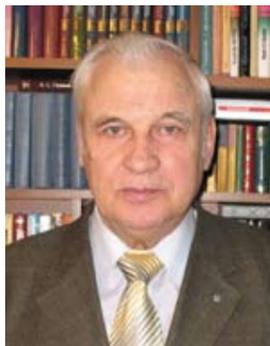
Заказчиком проектных и строительно-монтажных работ по набережной является Администрация Тюменской области, генеральная проектная организация — ЗАО «Сибречпроект» (г. Новосибирск), генеральная подрядная организация — ЗАО «Строймонтаж» (г. Тюмень). В настоящее время сдан в постоянную эксплуатацию расположенный у пешеходного моста первый пусковой комплекс протяженностью 340 м, близки к завершению работы по первой очереди набережной и открытой многоуровневой эстакадной автопарковке на третьей очереди, производится погружение трубошпунта и формирование откосов на второй очереди.

Концепция берегоукрепительных сооружений, начатых строительством в 1998 году, за прошедшие годы неоднократно менялась в зависимости от градостроительной политики областных и городских властей, наполнения и порядка расходования бюджетов различных уровней, а также множества других факторов различного порядка значимости. На современном этапе строительства можно сказать, что в сложнейших природных условиях правого берега р. Туры воплощается в жизнь проект уникального гидротехнического сооружения инженерной защиты — и одновременно создается речной фасад г. Тюмени, которого не было на протяжении всей истории старинного сибирского города.



**ЗАО «СИБРЕЧПРОЕКТ»**  
**630007 г. Новосибирск, ул. Сибревкома, 2**  
**(Красный проспект, 14)**  
**Тел.: (383) 223-69-37, 223-63-95**  
**Факс (383) 223-43-86**  
**E-mail: srp@online.nsk.su**  
**www.sibrechproekt.ru**

## ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА



Смирнов В. М.,  
заместитель главного инженера ОАО «Гипрорыбфлот»

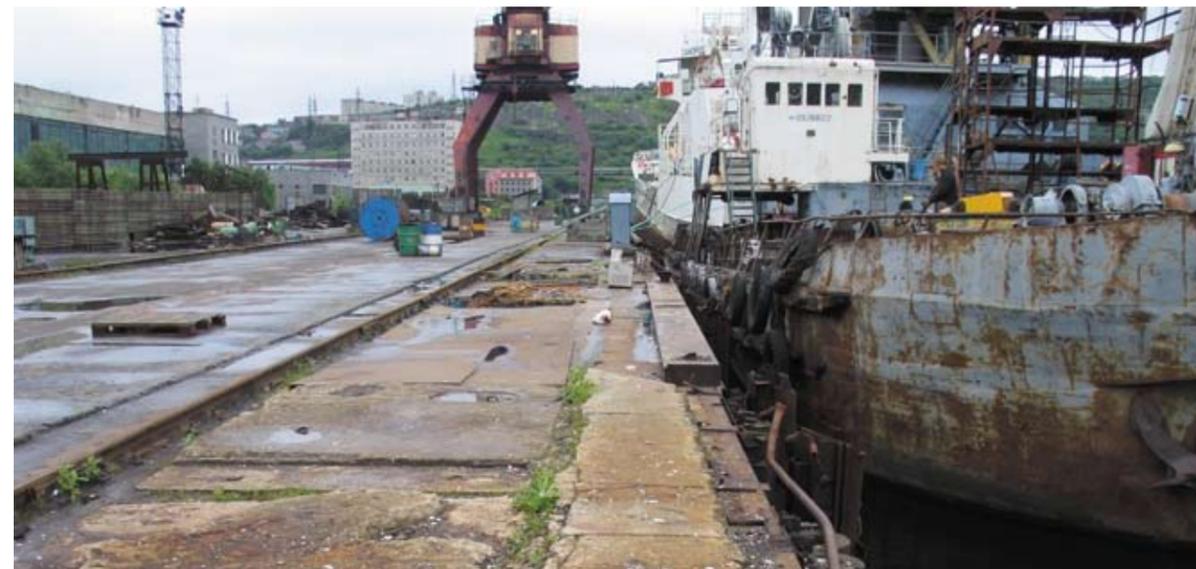
Как много написано, начиная с последнего десятилетия прошлого века и до сегодняшнего дня, о безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений (ГТС); как много издано постановлений, указаний, рекомендаций и положений на эту тему, и как мало делается на практике для того, чтобы гидротехнические сооружения действительно были бы безопасны в эксплуатации, т. е. соответствовали требованиям разработанных в большом количестве документов.

До настоящего времени в нашей отрасли эксплуатируется почти 40 км причалов, запроектированных и построенных в основном до 50–60-х годов XX века, а также водопропускных, водозаборных, спускных берегоукрепительных сооружений рыбоводных предприятий, построенных в те же годы. Только часть их подвергалась различным видам ремонта или реконструкции. Поэтому сплошь и рядом, начиная проектные работы для действующих предприятий, мы уже на стадии обследования приходим к выводу об аварийном состоянии сооружений и решаем вопрос о рациональности вложения денег в реконструкцию или о сносе сооружений и необходимости строительства новых.

В 2002 году грамотным решением Госкомрыболовства РФ институт «Гипрорыбфлот» начал работы по созданию реестра гидротехнических сооружений рыбных портов, портпунктов и баз флота отрасли. Работа была выполнена на четверть — прекратилось финансирование, но данные результатов работы были впечатляющие: более трети ГТС тре-

буют капитального ремонта или реконструкции. Выявлены и обнаружены:

- значительная коррозия металлического шпунта в районе переменного горизонта воды, на участках причальных стенок типа больверк, при этом наблюдается уменьшение толщины шпунта от 50–150 мм, то же наблюдается и на причалах типа ростверк, на металлических трубах-стойках или стойках из спаренного шпунта;
- разрушения до 50% на железобетонных сваях-оболочках, на причалах эстакадного типа и катастрофическое оголение нижней арматуры несущих плит, а также повреждение подпричальных откосов;
- уценка грунта с осадками верхнего строения на причалах типа больверк и железобетонных сваях квадратного сечения;
- разрушение оградительных сооружений, негативно влияющее на работу конструкций защищаемых причалов и акватории;
- значительное повреждение оголовков причальных сооружений и отсутствие отбойных швартовых устройств, а также разрушение железнодорожных и подкрановых путей из-за значительного старения шпал;
- отсутствие работоспособных тех или иных инженерных сетей (вода, пар, электроэнергия);
- использование гидротехнических сооружений с нагрузками, значительно превышающими расчетные, т. е. проектные;



- отсутствие периодичности в дноуглубительных работах или переуглубление у кордонов, вызванное работой судов винтами или переуглублением;
- отсутствие паспортов или изменяемой части к ним у большого количества гидротехнических сооружений, связанное с изменением владельцев, самостроем, прекращением деятельности организаций — авторов проектов или организаций — владельцев ГТС.

Наиболее характерные разрушения ГТС иллюстрируют фотографии. Следует отметить тот факт, что обязательному обследованию и паспортизации должны подлежать такие важные сооружения, как молы, волноломы, берегоукрепления. Нередко неудовлетворительное состояние этих ГТС является причиной разрушения причалов в портах, на которые имелись ранее разработанные необходимые документы об их надежности. Чаще всего причиной подтопления поселков и садоводств является неудовлетворительное состояние ГТС рыбноводных хозяйств, обследования которых никогда не выполнялись или выполняются нерегулярно.

В работе отрасли, которая продолжает пребывать в состоянии, когда речь не идет о строительстве новых причалов, актуальными становятся реконструкция и капитальный ремонт причалов и защитных сооружений, рыбных терминалов морских портов. Это основное направление работы с гидротехническими сооружениями на сегодня.



Согласно федеральной целевой программе «Повышение эффективности использования и развития ресурсного потенциала рыбохозяйственного комплекса в 2009–2013 годах», на эти цели было предусмотрено финансирование из федерального бюджета 4392,6 млн руб. и из внебюджетных источников 3983,6 млн руб. Из-за отсутствия должного финансирования указанных работ намеченным планам не суждено сбыться. В лучшем случае реконструктивные мероприятия по гидротехническим сооружениям придется переносить на следующую пятилетку.

Особенностью причалов рыбных терминалов является то обстоятельство, что они рассчитаны на вторую категорию нагрузок при глубинах у кордона от 3,0 до 8,25 м. При реконструктивных мероприятиях заказчики теперь требуют их усиления (доведения до нулевой категории) и создания глубин до 12 м для того, чтобы иметь универсальные причалы. Дело в том, что рыбные порты сегодня объединены с торговыми портами и являются рыбными терминалами морских портов. А так как структура рыбных портов полностью или в большей части разрушена, жизнь заставляет арендаторов перерабатывать на причалах любые грузы, причем во многом именно погоня за прибылью часто оборачивается смещением кордонов больверков или разрушением верхнего строения ростверков. Раньше в порту рыболовный и рефрижераторный флот полностью обслуживался (разгружался, снабжался, ремонтировался, дезинфицировался, оформлялся документа-

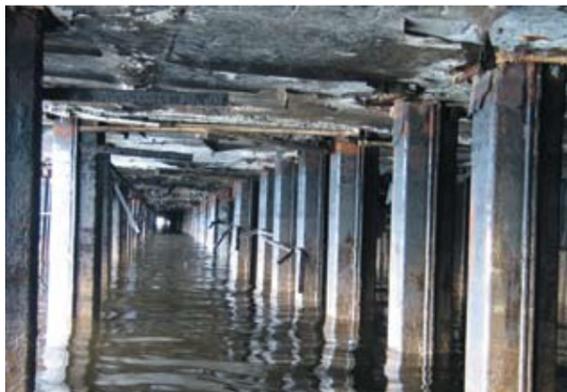


ми всех необходимых служб), при этом его грузы хранились в холодильниках, частично перерабатывались в рыбоперерабатывающих цехах. Теперь же судовладельцы сами заботятся обо всех видах обслуживания и получают его в разных организациях и на разных терминалах.

Хозяином причалов рыбных терминалов морских портов является ФГУП «Национальные рыбные ресурсы». По нашему убеждению, этот орган Агентства РФ по рыболовству должен организовать продолжение работ по завершению составления реестра ГТС и усилить работы по стимулированию планомерного обследования всех подведомственных ГТС, дабы исключить часто повторяющиеся просьбы заказчиков изменить материалы обследования, увеличить продолжительность возможностей эксплуатации части их.

Не в лучшем состоянии ГТС рыбных заводов и товарных хозяйств, где требуется капитальный ремонт водозаборных и водопропускных сооружений, замена трубопроводов, затворов и т. п. Ведь многие заводы и хозяйства работают с 30-х годов XX века почти без серьезных ремонтов, не говоря уже о реконструкции или модернизации.

Обследование и паспортизация давно построенных ГТС — дело дорогостоящее, включающее подводное и надводное обследование, промеры глубин, обследование инженерных сетей, железнодорожных и подкрановых путей и т. п. В настоящее время обследование каждых 100 п. м ГТС составляет 200–300 тыс. руб., паспортизация — 70–100 тыс. руб. В первую стоимость входят работы водолазов и инспекторов НИИ или проектировщиков, во вторую — выпуск паспорта и гарантийного заключения инспектирующей организацией. Указанная выше стоимость работ большей частью не может оплачиваться арендаторами (эксплуатационниками) ввиду своей величины и общей значительной протяженности причальной линии.



Было бы правильным первое обследование и составление паспорта выполнять за счет бюджета, а в дальнейшем текущие плановые контрольные работы — за счет эксплуатационников.

То же касается ГТС рыбных заводов. Территориальным управлениям Агентства РФ по рыболовству также следует составить реестры ГТС и необходимые документы по их обследованию и паспортизации. Только постоянный мониторинг состояния ГТС в отрасли и своевременные работы по ремонту или реконструкции последних могут гарантировать безаварийную работу сооружений, что позволит исключить значительные затраты на устранение аварий и сохранить жизнь людей.

Хочется также обратить внимание на практику проведения тендеров на реконструкцию ГТС, их обследование и ремонт. При подведении итогов тендеров совершенно не учитывается авторство проектов и инженерных изысканий реконструируемых сооружений. Результат — организация, выигравшая тендер, как правило, «атакует» проигравшего тендер генерального проектировщика на предмет передачи архивных материалов инженерных изысканий и проектов прошлых лет и, не получив их, вынуждена выполнять недостоверные обследования и проектирование. Неужели эта организация может выполнить проектно-изыскательские работы более квалифицированно, чем институт, проектирующий объекты ГТС 50–80 лет и сохранивший архивные материалы изысканий и проектов, а главное — квалифицированные кадры (пусть большей частью теперь уже не молодые)?

Хочется надеяться, что в связи с обнадеживающей политикой, направленной на возрождение в России рыбохозяйственной отрасли, гидротехнические сооружения рыбохозяйственного комплекса будут финансироваться, а значит, восстанавливаться, развиваться и, в итоге, приносить прибыль.



## МЕТОДИКА ПОДБОРА ПАРАМЕТРОВ ОБРАТНОГО ФИЛЬТРА С КОНСТРУКТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ, ВЫПОЛНЕННЫМИ ИЗ НЕТКАНЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ, ДЛЯ ЗАЩИТЫ СУФФОЗИОННОГО ОСНОВАНИЯ СУДОХОДНОГО ШЛЮЗА



**Письменский В. В.,**  
аспирант Московской государственной академии водного транспорта (кафедра водных путей и портов)

Судоходные шлюзы являются важным звеном в цепи многочисленных гидротехнических сооружений внутренних водных путей Российской Федерации. Они необходимы для бесперебойной работы водно-транспортных соединений.

Большинство гидротехнических сооружений внутренних водных путей России были построены во второй половине XX века и ранее. К настоящему времени многие из них нуждаются в капитальном ремонте, реконструкции, или же необходимо строительство новых сооружений, в частности, это относится и к судоходным шлюзам.

Одним из критериев нормальной работы гидротехнического сооружения для недопущения наступления предельных состояний является обеспечение фильтрационной прочности основания — решение фильтрационной задачи и определение параметров фильтрации. Для достижения чего в месте выхода фильтрационного потока выполняются обратные фильтры из природных минеральных материалов, что весьма трудоемко и затратно в районах, где наблюдается дефицит строительных материалов надлежащего качества и размеров по фракциям.

В этой связи важное значение приобретают решения по повышению надежности сооружения путем замены дорогостоящих песчаных и гравийных строительных материалов-фильтров на конструкции с применением **нетканого синтетического материала (далее НСМ)**.

Стоимость, трудоемкость и продолжительность их возведения в значительной степени определяют эффективность всего строительства, капитального ремонта или реконструкции. Следовательно, поиск оптимальных конструкций, выбор материалов, методов и определение сроков выполнения строительно-монтажных работ на объекте являются наиболее важными задачами как в техническом, так и экономическом плане.

Решение этих задач осуществляется в тесной взаимосвязи. Научно-технический прогресс и развитие нефтехими-

ческой промышленности вызвали к жизни появление новых фильтрующих материалов, лидирующее место среди которых заняли геосинтетические материалы. **Геосинтетический материал** гарантирует предотвращение перемешивания на контакте различных грунтов между собой, сбор и удаление поверхностных стоков, грунтовых вод, задерживает грунт или другие частицы, которые под действием гидродинамических сил потока жидкости могут проникать в геотекстильные материалы или проходить через них. Он предотвращает или снижает возможность локального повреждения определенного строительного элемента или материала конструкции, повышает несущую способность грунтов или грунтовых конструкций в результате перераспределения возникающих в них растягивающих напряжений.

В настоящее время для защиты слабых связных и несвязных грунтов основания, подверженных суффозии, в результате воздействия на них фильтрационного потока в основании гидротехнического сооружения и турбулентного гидравлического режима в камере шлюза (особенно для камеры в виде отдельно стоящих стен с водопроницаемым днищем) выполняются обратные фильтры, характеристики и параметры которых определяются на основании действующих норм и правил.

Для обратного фильтра в основном используют имеющиеся карьерные грунты, которые подбирают из условия обеспечения фильтрационной прочности между слоями грунтов в месте контакта с сооружением.

Нормы рекомендуют различные методики подбора обратного фильтра, основными из которых являются:

- ♦ для защиты связных грунтов оснований (учитывая наличие или отсутствие данных о гранулометрическом составе фильтра);
- ♦ для защиты несвязных грунтов оснований (учитывая наличие или отсутствие данных о гранулометрическом составе фильтра).

Рекомендуемая нормами методика расчета параметров обратного фильтра для защиты несвязного суффозионного основания, когда гранулометрический состав не известен, включает приведенные ниже этапы подбора слоев конструкции фильтра.

Рассмотрим настоящую методику на примере судоходного шлюза на нескальном основании из несвязного суффозионного грунта, с напором на сооружение 12 м, габаритами камеры шлюза по длине и ширине 100 × 15 м, головной системой питания, водопроницаемым днищем с креплением железобетонными плитами.

Исходя из методики, предлагаемой в/о «Союзводпроект», согласно рекомендациям по проектированию П 92-80 ВНИИГ и ВСН 47-7:

а) определяем суффозионность грунта основания.

По формуле

$$d_0^{max} = \chi \cdot C \cdot \frac{n_r}{1 - n_r} \cdot d_{17} = 2,25 \cdot 0,78 \cdot \frac{0,35}{1 - 0,35} \cdot 0,7 = 0,66 \text{ мм}, \quad (1)$$

находим диаметр максимального фильтрационного хода в грунте  $d_0^{max}$ , где

$$\chi = 1 + 0,05\eta_r = 1 + 0,05 \times 25 = 2,25 \quad (2)$$

при  $\eta_r \leq 25$  коэффициент неравномерности раскладки частиц в грунте

$$C = 0,455 \sqrt[6]{\eta_r} = 0,455 \sqrt[6]{25} = 0,78 \quad (3)$$

$n_r$  — пористость грунта,  $d_{17} = 0,7$  мм — принимаем по кривой осредненного грансостава грунта основания.

Максимальную крупность частиц  $d_{ci}^{max}$  определяем по формуле

$$d_{ci}^{max} = 0,77 \cdot d_0^{max} = 0,77 \cdot 0,66 = 0,51 \text{ мм} \quad (4)$$

по гранулометрическому составу грунта основания таких частиц более 3–5%, следовательно, грунт является суффозионным.

б) Из условия недопущения суффозионных явлений определяется расчетный размер фракций фильтра  $D_{85}^{расч}$  по формуле:

$$D_{85}^{расч} = \frac{4(1 - n_\phi)}{n_\phi \sqrt[6]{\eta_\phi}} \cdot B^l \cdot d_{cr} = \frac{4(1 - 0,27)}{0,27 \sqrt[6]{20}} \cdot 33 \cdot 0,25 = 54,15 \text{ мм}, \quad (5)$$

где  $n_\phi = 0,27$  — пористость фильтровой подготовки,  $\eta_\phi = 20,0$  — коэффициент разноразности фильтровой подготовки,  $\eta_\phi \leq 25$  — для щебеночных грунтов и  $\eta_\phi \leq 20$  для песчано-гравелистых грунтов;  $B^l = 33,0$  — коэффициент, определяющий суффозионность грунтов фильтровой подготовки,  $d_{cr} = 0,25$  — расчетный размер сводобразующих фракций защищаемого грунта.

в) Вычислив по формуле (5) значение  $D_{85}^{расч}$  и зная  $\eta_\phi$ , необходимо построить гранулометрическую кривую состава грунта фильтра по зависимости

$$\frac{D_i}{D_{min}} = 1 + \left( \frac{P_i}{P_{10}} \right)^x \cdot \frac{\eta_\phi - 1}{5\eta_\phi}, \quad (6)$$

где

$$X = 1 + 1,28 \lg \eta_\phi = 1 + 1,28 \lg 20 = 2,665; \quad (7)$$

$P_i$  — процентное содержание в грунте частиц по массе, имеющих диаметр меньше  $D_i$ ,  $D_{min}$  — минимальный диаметр частиц в данном грунте,  $D_i$  — размер фракций заданного процентного содержания.

Для определения размеров требуемых фракций  $D_{10}$ ;  $D_{20}$ ;  $D_{40}$ ;  $D_{50}$ ;  $D_{60}$ ;  $D_{100}$  необходимо сначала определить величину  $D_{min}$ , которая может быть вычислена по формуле (6)

$$D_{min} = \frac{D_{85}^{расч}}{1 + \left( \frac{P_{85}}{P_{10}} \right)^x \cdot \frac{\eta_\phi - 1}{5\eta_\phi}} = \frac{54,15}{1 + 8,5^{2,665} \cdot \frac{20 - 1}{5 \cdot 20}} = 0,934 \text{ мм}$$

Далее, задаваясь значениями  $P_i = 10 \dots 20 \dots 40 \dots 50 \dots 60 \dots 100$ , находим чрез формулу для  $D_i$  значения  $D_{10}$ ;  $D_{20}$ ;  $D_{40}$ ;  $D_{50}$ ;  $D_{60}$ ;  $D_{100}$  (см. табл. 1).

Таблица 1

$P_i, \%$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$D_i, \text{мм}$	1,1	2,1	4,2	8,1	13,9	22,0	32,7	46,2	62,9	83,0

Толщина первого слоя фильтровой подготовки из крупно-зернистого песка  $t_{min} = 200$  мм.

Учитывая возможность просыпания частиц грунта основания в первый слой фильтра, подберем второй слой обратного фильтра из галечникового грунта толщиной 270 мм.

$$K_{max} = \frac{K_r T_r + K_{кзп} T_{кзп} + K_{по} T_{по}}{T_r + T_{кзп} + T_{по}} \text{ м/с} \quad (8)$$

$$K_{max} = \frac{0,002 \cdot 0,27 + 0,001 \cdot 0,20 + 0,00012 \cdot 1}{0,27 + 0,20 + 1} = 0,001 \text{ м/с}$$

$$K_{min} = \frac{T_r + T_{кзп} + T_{по}}{\frac{T_r}{K_r} + \frac{T_{кзп}}{K_{кзп}} + \frac{T_{по}}{K_{по}}} \text{ м/с} \quad (9)$$

$$K_{min} = \frac{0,27 + 0,20 + 1,0}{\frac{0,27}{0,002} + \frac{0,20}{0,001} + \frac{1}{0,00012}} = 0,0002 \text{ м/с}$$

$$K_{ср} = \sqrt{K_{max} \cdot K_{min}} = \sqrt{0,001 \cdot 0,0002} = 0,0003 \text{ м/с} \quad (10)$$

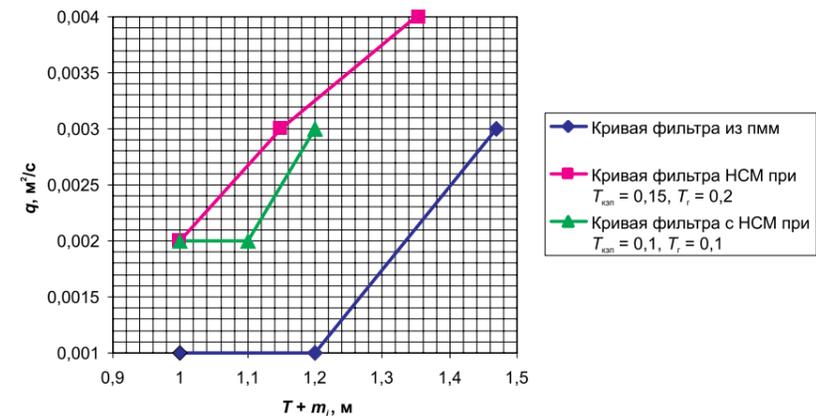
Определим фильтрационный расход через основание сооружения и слою обратного фильтра по формуле:

$$q_{пмм} = K_{ср} \cdot T \cdot \frac{H}{n \cdot B} = 0,0003 \cdot 1,47 \cdot \frac{12}{1,87 \cdot 1} = 0,003 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (11)$$

где  $K_r = 0,002$  м/с,  $T_r = 0,27$  м — коэффициент фильтрации и толщина слоя галечникового грунта;  $K_{кзп} = 0,001$  м/с,  $T_{кзп} = 0,20$  м — коэффициент фильтрации и толщина слоя крупнозернистого песка;  $K_{по} = 0,00012$  м/с,  $T_{по} = 1,0$  м — коэффициент фильтрации и толщина слоя песчаного грунта основания;  $K_{max}$ ,  $K_{min}$ ,  $K_{ср}$  — максимальный, минимальный и осредненный коэффициенты фильтрации соответственно;  $T_{пол}$  — полная глубина водопроницаемого основания, в том числе слою обратного фильтра, м;  $H$  — напор, м;  $B$  — ширина фильтровой подготовки, м;  $n$  — поправочный коэффициент.

Для расчетов параметров обратного фильтра с конструктивными элементами, выполненными из нетканых синтетических материалов, предложена уточненная методика расчета, позволяющая подобрать эффективные размеры слоев фильтра с учетом толщины и фильтрационных свойств применяемого НСМ.

На основании выполненных выше расчетов рассмотрим вариант методики подбора обратного фильтра, в котором уменьшим слой крупно-зернистого песка с 0,20 до 0,10 м, слой галечникового грунта с 0,27 до 0,1 м и добавим в конструкцию обратного фильтра 2 слоя нетканого синтетического материала «БИДИМ» толщиной 1,7 мм каждый. Эффективный диаметр пор НСМ составляет до 100 микрон, что позволяет ему хорошо фильтровать воду и избегать кальцификации.



Зависимость расхода фильтрации от толщины слоев обратного фильтра

Определяем максимальный, минимальный и осредненный коэффициенты фильтрации по формулам (8), (9), (10) соответственно:

$$K_{max} = \frac{K_r T_r + K_{кзп} T_{кзп} + K_{по} T_{по} + K_{НСМ} T_{НСМ}}{T_r + T_{кзп} + T_{по} + T_{НСМ}} \text{ м/с}$$

$$K_{max} = \frac{0,002 \cdot 0,10 + 0,001 \cdot 0,10 + 0,00012 \cdot 1 + 0,0034 \cdot 0,00123}{0,10 + 0,10 + 1 + 0,0034}$$

$$= 0,0004 \text{ м/с}$$

$$K_{min} = \frac{T_r + T_{кзп} + T_{по} + T_{НСМ}}{\frac{T_r}{K_r} + \frac{T_{кзп}}{K_{кзп}} + \frac{T_{по}}{K_{по}} + \frac{T_{НСМ}}{K_{НСМ}}} \text{ м/с}$$

$$K_{min} = \frac{0,10 + 0,10 + 1,0 + 0,0034}{\frac{0,10}{0,002} + \frac{0,10}{0,001} + \frac{1}{0,00012} + \frac{0,0034}{0,00123}} = 0,0003 \text{ м/с}$$

$$K_{ср} = \sqrt{K_{max} \cdot K_{min}} = \sqrt{0,0004 \cdot 0,0003} = 0,0004 \text{ м/с}$$

Определим фильтрационный расход через основание сооружения по формуле (11):

$$q_{пмм} = K_{ср} \cdot T \cdot \frac{H}{n \cdot B} = 0,0004 \cdot 1,2 \cdot \frac{12}{1,87 \cdot 1} = 0,003 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (11)$$

где  $K_r = 0,002$  м/с,  $T_r = 0,10$  м — коэффициент фильтрации и толщина слоя галечникового грунта;  $K_{кзп} = 0,001$  м/с,  $T_{кзп} = 0,10$  м — коэффициент фильтрации и толщина слоя крупнозернистого песка;  $K_{по} = 0,00012$  м/с,  $T_{по} = 1,0$  м — коэффициент фильтрации грунта основания и толщина слоя песчаного основания;  $K_{НСМ} = 0,00123$  м/с,  $T_{НСМ} = 0,0017$  м — коэффициент фильтрации и толщина слоя НСМ «БИДИМ»;  $K_{max}$ ,  $K_{min}$ ,  $K_{ср}$  — максимальный, минимальный и осредненный коэффициенты фильтрации соответственно;  $T_{пол}$  — полная глубина водопроницаемого основания, в том числе слою обратного фильтра, м;  $H$  — напор, м;  $B$  — ширина фильтровой подготовки, м;  $n$  — поправочный коэффициент.

Сравним расходы фильтрации, полученные при выполнении фильтра из природным минеральных материалов и с применением НСМ.

Подсчитаем к-т «К»:

$$K = \frac{q_{пмм}}{q_{НСМ}} = \frac{0,003}{0,003} = 1,00.$$

Из значения к-та видно, что фильтрационные расходы идентичны, т. е. при использовании НСМ значение получается не хуже сравниваемого.

В качестве обоснования методики подбора параметров обратного фильтра в итоге построен график (рис. 1), на котором представлены три кривые. Каждая кривая отображает толщину обратного фильтра при конкретном расчетном случае. И только кривая, построенная по предложенной методике, дает результат, идентичный исходному (кривая обозначена зеленым цветом).

### Выводы:

- применение НСМ позволяет снизить объем фильтра по материалам более чем на 50 %;
- снижение объема материала ведет к уменьшению трудоемкости и стоимости работ;
- в связи с уменьшением объема материалов обратного фильтра происходит снижение давления на основание;
- возможно получить значения фильтрационных расходов не хуже, чем при выполнении фильтра только из песчано-гравийных материалов.

### Литература:

1. Ментюков В. П. Технические и технологические решения по восстановлению обратных фильтров при реконструкции днищ камер Пермского шлюза // Международный журнал речников. Речной транспорт. № 1 (31). 2008. С. 56–57.
2. Ментюков В. П. Технологические решения по устройству геосинтетического фильтра для крепления морского дна при реконструкции причала в Калининградской области. Сборник трудов научно-практической конференции секции «Водные пути и порты». МГАВТ, изд-во «Альтаир». М., 2005.
3. Ментюков В. П. Рекомендации по применению геосинтетического фильтра для укрепления морского дна в районе водосборного оголовка ЗН.У.АЭС «Бушер» в Иране. Союзмориниипроект. М., 1999.
4. Письменский В. В. Основные предпосылки к разработке методики расчета параметров обратного фильтра в основании судоходного шлюза с конструктивными элементами, выполненными из нетканых геосинтетических материалов. Сборник трудов научно-практической конференции секции «Водные пути и порты». МГАВТ. «Альтаир». М., 2009.
5. Материалы Всесоюзной научно-технической конференции по применению синтетических текстильных материалов при строительстве земляного полотна автомобильных дорог. Под редакцией В. Д. Казарновского. «Союздорнии». М., 1980.
6. Рекомендации по проектированию П92-80/ВНИИГ; ВСН 47-71/Минэнерго СССР.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ГЕОМЕМБРАНЫ ЧАСТИЦАМИ ГРУНТА ЗАЩИТНЫХ СЛОЕВ



**Лупачев О. Ю.,**  
начальник гидротехнического отдела  
НИИПИ ТОМС, Санкт-Петербург

## Геомембраны в гидротехническом строительстве

Применение синтетических полимерных материалов в качестве противофильтрационных элементов в гидротехническом строительстве началось еще в первой половине прошлого века. Первоначально это были «тонкие», толщиной 0,1–0,5 мм полиэтиленовые и поливинилхлоридные пленки. Рекомендации по проектированию пленочных противофильтрационных элементов гидротехнических сооружений приведены в «Инструкции по проектированию и строительству противофильтрационных устройств из полиэтиленовой пленки для искусственных водоемов» СН 551-82. Госстроя СССР, используемой проектировщиками более 20 лет.

Современные полимерные материалы обладают рядом существенных преимуществ перед другими противофильтрационными материалами, в том числе перед «тонкими» полиэтиленовыми пленками образца 80-х годов прошлого века. Они воспринимают значительные растягивающие напряжения, сохраняют прочность даже при больших деформациях, однородны по своему качеству, долговечны, технологичны и эффективны для применения в строительстве. Частично происшедшие изменения в области изготовления рулонных материалов учтены в «Рекомендациях по проектированию и строительству противофильтрационных устройств из полимерных рулонных материалов», разработанных ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, НИИ АКХ им. К. Д. Памфилова и ООО «Гидрокор».

Как правило, все эти листовые материалы и конструкции из них, предназначенные для устройства противофильтрационных элементов различных сооружений, называют «геомембраны». Наиболее распространены геомембраны из полиэтилена (ПЭ) и поливинилхлорида (ПВХ).

Геомембраны могут быть армированными и неармированными. Армирующий материал может быть из тканого и нетканого геотекстиля, стекловолокна и других материалов. Изготавливают и перевозят геомембраны обычно в рулонах шириной от 1,5 до 10 м. Толщина геомембран колеблется, как правило, в диапазоне от 1,0 до 3,5 мм.

В настоящее время, как правило, водонепроницаемые мембраны входят в состав геокомпозитной конструкции гидротехнического сооружения, в которой водонепроницаемый элемент используется в сочетании с защитными прокладками, повышающими устойчивость конструкции против механических повреждений. В качестве защитных прокладок используются рубероид, различные рулонные пластмассо-

вые материалы, поролон, резина, стеклоткани и стеклосетки, а также тканые и нетканые геотекстили.

Геомембраны применяются при строительстве как земляных, так и бетонных плотин, а также при их ремонте. В бетонных плотинах геомембраны наклеиваются на верхнюю грань плотин, обеспечивая водонепроницаемость сооружения. В грунтовых плотинах из них выполняются диафрагмы или экраны.

Конструкции противофильтрационных элементов грунтовых сооружений с применением геомембраны весьма требовательны к гранулометрическому составу грунтов переходных зон между геомембраной и материалом упорных призм. Повреждаемость полимерных полотен частицами грунта зависит от размеров и геометрической формы частиц грунта. Повреждения пленки частицами грунта снижается при уменьшении крупности частиц грунта и при использовании грунтов с частицами округлой формы. Поэтому на практике наиболее часто переходные зоны выполняются из песка.

## Экспериментальные исследования повреждаемости мембран

Исследование повреждаемости пленочного элемента частицами грунта защитных слоев достаточно просто. Необходимо исследуемый образец поместить в грунт, приложить к поверхности грунта заданную нагрузку, затем вынуть исследуемый образец из грунта и осмотреть его на предмет наличия сквозных повреждений. В случае если повреждения не обнаружены, эксперимент повторяется при большем значении приложенной нагрузки вплоть до достижения нагрузки, после приложения которой фиксируется сквозной прокол. Последнее максимальное значение нагрузки, при которой образец не был проколот, является допустимой нагрузкой при прокалывании пленочного элемента частицами грунта защитного слоя. Именно таким образом были выполнены экспериментальные исследования устойчивости полиэтиленовых пленок к прокалыванию частицами грунта защитных слоев, проводившиеся в 50–80-е годы прошлого века и лежащие в основе используемых нормативных документов, регламентирующих применение пленочных противофильтрационных элементов гидротехнических сооружений, в первую очередь СН 551-82.

Описанная методика исследования повреждаемости пленки (геомембран) имеет три существенных недостатка:

1. Для получения одного экспериментального значения величины нагрузки, при которой происходит прокалывание пленки, необходимо провести серию опытов.

2. Результат серии опытов является непрямым определением значения величины разрушающей нагрузки.

3. Понятие «прокол пленки» в подобных экспериментах является неоднозначным и требует доопределения. Это может быть:

- ♦ визуально обнаруживаемый прокол;
- ♦ прокол, определяемый при помощи физических методов исследования образца, после освобождения его от действия нагрузки;
- ♦ прокол, определяемый только при приложении к пленке нагрузки, и т. д.

С целью исследования повреждаемости современных геомембран из толстых полиэтиленовых пленок было выполнено исследование повреждаемости геомембраны частицами грунта защитных слоев, отсыпанных из различных грунтов, под действием статической нагрузки, прикладываемой к поверхности грунта защитного слоя.

Была поставлена задача экспериментально проверить обоснованность требований п. 2.5 СН 551-82, накладывающих существенные ограничения при проектировании защитных слоев и противофильтрационных элементов применительно к конструкциям противофильтрационных элементов с современными мембранами: «Для создания грунтовых слоев (подстилающего и защитного) следует, как правило, применять песчаные грунты с частицами максимальной крупности до 5 мм. Применение дробленых и естественных грунтов с крупнозернистыми частицами неокатанной формы не допускается», а также определить численные значения предельной нагрузки, которые способна выдержать исследуемая геомембрана для различных фракций грунта защитных слоев.

При подготовке эксперимента ставилась задача избежать тех недостатков, которые имели место при проведении подобных испытаний в прошлом.

Эксперимент проводился в два этапа: предварительный, в ходе которого конструировались и опробовались составные элементы и параметры экспериментальной установки, и основной этап, собственно эксперимент, состоящий из 18 серий испытаний опытных образцов.

Перед проектируемым экспериментом ставились следующие задачи:

1. Получение численного значения нагрузки, при которой происходит прокол геомембраны частицами защитных слоев грунта (в результате каждого испытания).
2. Фиксация прокола геомембраны в момент времени, когда испытываемый образец находится под воздействием разрушающей нагрузки (в режиме реального времени).
3. Инструментальная фиксация момента прокола геомембраны.

Успешному проведению эксперимента способствовало использование в опытной установке индикатора нарушения герметичности геомембраны — электрогальванического индикатора прокола геомембраны. Работа индикатора основана на принципе гальванического элемента. С обеих сторон геомембраны располагаются положительный (медный) и отрицательный (алюминиевый) электроды. Электропроницаемая геомембрана из полиэтилена помещена в слабощелочную среду, являющуюся электролитом с pH = 9,0. При приложении к геомембране разрушающей нагрузки происходит прокол геомембраны, в результате которого гальванический элемент начинает вырабатывать электрический ток напряжением 0,67 В, фиксирующийся вольтметром.

Конструкция электрогальванического индикатора прокола геомембраны оказалась настолько удачной, что позволила провести все запланированные испытания без единого отката индикатора.



**Рис. 1.** Общий вид экспериментальной установки

В лаборатории сопротивления материалов ГОУ СПбГПУ (Санкт-Петербургский государственный политехнический университет) была собрана опытная установка (рис. 1).

Основным элементом установки является пресс, развивающий нагрузку до 100 тс.

Испытываемый образец собирался в стальном цилиндре диаметром 320 мм и высотой 250 мм. Для проведения каждого испытания использовался новый образец геомембраны и новая порция щебня.

В исследовании использовались импортные высококачественные геомембраны различной толщины, изготовленные из полиэтилена низкого давления высокой плотности. Геомембраны испытывались без защитных прокладок и с защитными прокладками из дорнита. В качестве защитных слоев использовались две фракции гранитного щебня, изготовленного по ГОСТ 12536-79:

- ♦ щебень фр. 5–20 мм;
- ♦ щебень фр. 20–40 мм.

Всего было произведено 18 серий испытаний по 5 испытаний в каждой серии, всего 90 испытаний прорыва геомембраны в результате ее прокола частицами защитных слоев грунта. Испытания производились в изотермических условиях при температуре воздуха в лаборатории +23 °С (±1 °С).

Сводная ведомость проведенных экспериментов представлена в таблице.

Испытания проводились в следующей последовательности:

1. На приставном столике собирается образец для испытаний.
2. Образец в сборе перемещается под пресс.
3. Производится ступенчатое нагружение образца.
4. Фиксируется момент прокола геомембраны.
5. Образец выдвигается из-под прессы. Извлекается и осматривается геомембрана, фиксируется прокол.
6. На геомембрану наносится маркировка проведенного испытания с указанием информации о толщине геомембраны, наличии и толщине защитных прокладок из дорнита, крупности частиц грунта обсыпки и величине нагрузки, при которой произошел прокол.

Степень нагружения в каждом испытании составляет 5–10% от нагрузки прорыва. После увеличения нагрузки на ступень образец удерживается в течение 5 минут под постоянной нагрузкой, корректируемой в автоматическом или ручном режиме

Таблица 1. Сводная ведомость проведенных экспериментов

№ п/п	Толщина пленки t, мм	Фракции грунта защитных слоев					
		Щебень фр. 5–20 мм			Щебень фр. 20–40 мм		
		Без прокладок	Прокладки 450 г/м <sup>2</sup>	Прокладки 900 г/м <sup>2</sup>	Без прокладок	Прокладки 450 г/м <sup>2</sup>	Прокладки 900 г/м <sup>2</sup>
Исследование прокалывания геомембраны частями грунта							
	1,0 мм	5	5	5	5	5	5
	1,5 мм	5	5	5	5	5	5
	2,0 мм	5	5	5	5	5	5



Рис. 2. Вид образца пленочной мембраны после испытания и нанесения маркировки

Расшифровка маркировки: испытание образца № 1 с мембраной t = 2,0 мм без защитных прокладок (серия 1.10) с фракцией щебня 20–40 мм. Усилие, развиваемое прессом в момент прокола геомембраны 11,2 тс. Кругок в нижней части образца отмечает точку прокола

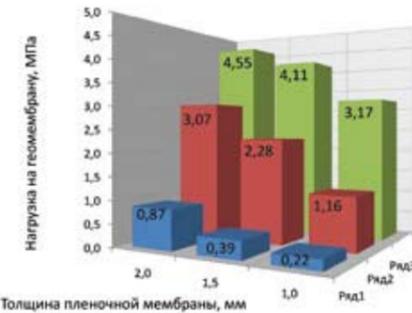


Рис. 3. Результаты испытаний геомембраны t = 1,0 мм, t = 1,5 мм и t = 2,0 мм с защитными слоями из щебня фр. 5–20 мм. Значения нагрузки указаны в МПа:

Ряд 1 — геомембрана без защитных прокладок; ряд 2 — геомембрана с защитными прокладками 450 г/м<sup>2</sup>; ряд 3 — геомембрана с защитными прокладками 900 г/м<sup>2</sup>

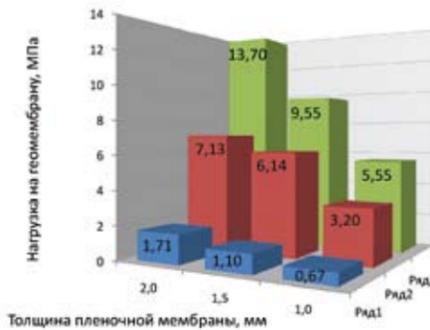


Рис. 4. Результаты испытаний геомембраны t = 1,0 мм, t = 1,5 мм и t = 2,0 мм с защитными слоями из щебня фр. 20–40 мм. Значения нагрузки указаны в МПа:

Ряд 1 — геомембрана без защитных прокладок; ряд 2 — геомембрана с защитными прокладками 450 г/м<sup>2</sup>; ряд 3 — геомембрана с защитными прокладками 900 г/м<sup>2</sup>

- ♦ при отсутствии прокладки или наличии прокладки плотностью до 100 г/м<sup>2</sup> включительно  $K_{п100} = 1$ ;
- ♦ при использовании прокладки плотностью 500 г/м<sup>2</sup>  $K_{п500} = 5$  и т. д.

Расчеты по предлагаемой формуле обеспечивают сходимость расчетной толщины полиэтиленовой пленки геомембраны с результатами испытаний не менее 15% во всем диапазоне полученных нагрузок.

Оценим влияние вариаций различных факторов на результат исследования:

**1. Влияние факторов состояния окружающей среды.**

Испытания проводились в изотермических условиях внутри помещения лаборатории сопротивления материалов,

следовательно, при проведении испытаний удалось избежать вариаций значений модуля деформации полиэтилена при изменении температуры.

**2. Приборная погрешность.**

Показания индикатора нагрузки пресса дают погрешность измерений 1–2 %.

**3. Вариации свойств используемых материалов.**

Предполагается, что для всех фрагментов полиэтиленовой мембраны и дорнита, из которых были вырезаны исследуемые образцы, материал образцов обладал постоянными прочностными и деформативными характеристиками.

Согласно паспорту на геомембрану из полиэтиленовой пленки, толщина изготавливаемой геомембраны случайным образом варьируется в пределах ±10 % от значения толщины, указанного в паспорте. Например, исследуемая полиэтиленовая мембрана толщиной 1,0 мм в точке прокола может быть толщиной от 0,9 до 1,1 мм.

Согласно паспорту изготовителя, дорнит имеет допуск по плотности ±15 % от значения плотности, указанного в паспорте, т. е. в точке прокола мембраны с прокладками из дорнита плотностью 500 г/м<sup>2</sup> его фактическая плотность может находиться в диапазоне 425–575 г/м<sup>2</sup>.

Гранулометрический состав щебня соответствует требованиям ГОСТ 12536-79, который не позволяет оценить влияние вариабельности крупности частиц щебня внутри одной стандартной фракции на результат исследования.

Несмотря на значительные возможные вариации факторов, влияющих на результат эксперимента, для всех 18 серий опытов величина доверительного интервала составила 6–25 % от численного значения разрушающей нагрузки.

**Нагрузки на мембрану в сооружениях**

Рассмотрим нагрузки, воспринимаемые геомембраной в грунтовом гидротехническом сооружении при основном сочетании нагрузок:

1. Нагрузки строительного периода, возникающие при движении машин и механизмов по поверхности защитных слоев геомембраны.
2. Нагрузки от давления грунта упорных призм плотины.
3. Нагрузки от действия гидростатического давления (об исследовании повреждаемости геомембраны под действием гидростатического давления будет рассказано в следующей статье).

Нагрузки строительного периода возникают за счет дополнительного давления на поверхность геомембраны от колес строительных машин и механизмов, перемещающихся по поверхности защитного слоя грунта. Как правило, дополнительная колесная нагрузка по величине не превышает 0,6–0,7 Мпа. Как видно из представленных диаграмм, условие сохранности мембраны при такой нагрузке не выполняется для геомембраны толщиной 1–1,5 мм без защитных прокладок при использовании щебня фракции 20–40 мм. Наличие защитных прокладок плотностью свыше 300 г/м<sup>2</sup> позволяет избежать повреждения геомембраны от действия нагрузки строительного периода.

Величина нагрузки от давления грунта упорных призм плотины зависит от высоты и конструкции плотины. Очевидно, что для плотин с экраном давление грунта на геомембрану будет меньше, чем для плотин с центральной диафрагмой.

Для варианта плотины с центральной диафрагмой давление грунта на диафрагму плотины может достигать 0,022 МПа на каждый метр высоты плотины. Для плотин высотой до 30 м определяющим фактором нагрузки являются нагрузки строительного периода. Для более высоких плотин определяющим будет давление грунта упорных призм.

**Выводы**

1. Результаты выполненных серий испытаний позволяют утверждать об отсутствии технических ограничений высоты плотин с противофильтрационными элементами из геомембраны, состоящей из водонепроницаемой полиэтиленовой мембраны и защитных прокладок из дорнита в части повреждения ее частями грунта защитных слоев.

2. Предложена эмпирическая расчетная формула для определения необходимой толщины геомембраны в зависимости от действующей нагрузки, свойств защитных прокладок и крупности грунта защитных слоев.

3. Сочетание водонепроницаемой мембраны из полиэтилена низкого давления высокой плотности и защитных прокладок из дорнита представляет собой надежную, экономичную и технологичную в производстве конструкцию противофильтрационного элемента грунтовых плотин, рекомендуемую к широкому применению.

4. В качестве материала грунта защитных слоев геомембраны допустимо применение грунтов с частицами любой формы, в том числе монофракций щебня с максимальной крупностью частиц до 40–50 мм, приготовленного дроблением кристаллических изверженных пород.

5. Рекомендуемая к применению толщина мембраны из полиэтилена высокого давления низкой плотности составляет 1,5–2,5 мм.

6. Рекомендуемая к применению толщина защитных прокладок из дорнита составляет 500–1000 г/м<sup>2</sup>.

7. Техничко-экономическое сравнение стоимости мембраны из полиэтилена и защитных прокладок из дорнита показывает, что при современном уровне цен на материалы для повышения надежности геомембраны экономически выгоднее увеличивать толщину защитных прокладок из дорнита, а не толщину мембраны из полиэтилена.

**Литература:**

1. Лупачев О. Ю., Телешев В. И. Противофильтрационные элементы из геомембран. Опыт применения в гидротехническом строительстве // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 6. С. 35–43.
2. Лупачев О. Ю., Телешев В. И. Применение геосинтетических материалов в гидротехническом строительстве в качестве противофильтрационных элементов плотин и дамб // Гидротехника. 2009. № 1. С. 71–75.
3. СНиП 33-01-2003. Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования. М.: Госстрой, 2003.
4. Инструкция по проектированию и строительству противофильтрационных устройств из полиэтиленовой пленки для искусственных водоемов. СН 551-82. М., Госстрой, 1988.
5. Рекомендации по проектированию и строительству противофильтрационных устройств из полимерных рулонных материалов. — Санкт-Петербург, 2010.
6. Ахмадиев М. В., Слюсарь Н. Н. Сравнительный анализ требований к организации оснований и конструкции верхнего рекультивационного покрытия полигонов ТБО // Научные исследования и инновации. 2010. Т. 4. № 4. С. 7–14.
7. Валиев Н. Г., Хайдаршин А. Н. Обеспечение водонепроницаемости основания штабеля при кучном выщелачивании // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal). 2005. № 2. С. 231–235.
8. Гладштейн О. И. Применение геомембран для устройства противофильтрационных экранов объектов и сооружений хранения нефти и нефтепродуктов // Территория Нефтегаз. 2010. № 4. С. 50–51.
9. Гладштейн О. И. Особенности применения геосинтетических материалов в гидротехническом строительстве // Гидротехника. 2009. № 1. С. 69–70.
10. Глебов В. Д., Кричевский И. Е., Судаков В. Б., Лысенко В. П., Толкачев Л. А. Пленочные противофильтрационные устройства гидротехнических сооружений. — М., Энергия, 1976.
11. Лысенко В. П. Конструкции противофильтрационных пленочных экранов грунтовых плотин. — Л., ВНИИГ, 1975.
12. Радченко В. П., Семенов В. М. Геомембраны в плотинах из грунтовых материалов // Гидротехническое строительство. 1993. № 10.
13. Радченко В. П., Семенов В. М. Применение геосинтетических материалов для строительства плотин // Гидротехническое строительство. 1992. № 10.
14. Чумаганов А. П., Сирота Ю. Л. К вопросу водонепроницаемости через различные дефекты и повреждения в полиэтиленовых экранах гидротехнических сооружений // Гидротехника. 2009. № 2. С. 79–81.



## ТЕХНОЛОГИЯ НАПЫЛЯЕМОГО БЕСШОВНОГО ПОКРЫТИЯ — ЭФФЕКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ И АНТИКОРРОЗИЙНОЙ ЗАЩИТЫ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Компания «Специальные промышленные покрытия» (SPINCO) является эксклюзивным представителем канадской фирмы Cantex Coatings Ltd, ведущего производителя линейки резинобитумных полимерных мастик в мире, и предлагает на российском рынке технологию для решения проблем и задач гидроизоляции и антикоррозионной защиты гидротехнических сооружений.

Гидроизоляционные и антикоррозионные мембранные системы на основе «жидкой резины» Cantex Coatings Ltd сертифицированы согласно требованиям российского законодательства, имеют международный сертификат качества ISO-9001 и официальную регистрацию для твердых покрытий, защищающих от коррозии, Lloyd's of London, что является свидетельством качества.

Предлагаемая технология — напыляемая бесшовная гидроизоляция и антикоррозионная защита — основана на резинобитумной полимерной мастике (так называемой жидкой резине) и успешно применяется на гидротехнических сооружениях.

Технология напыляемой бесшовной гидроизоляции позволяет устраивать гидроизоляционное мембранное покрытие на поверхностях любой формы и сложности, обладает высокими эксплуатационными характеристиками, позволяющими экономить время и деньги.

Резинобитумные полимерные мастики канадской фирмы Cantex Coatings Ltd — это высокотехнологичный продукт, основанный на уникальной высококачественной битумной эмульсии с добавлением специальных эластомеров, полимеров и катализатора. После нанесения образует резинобитумную полимерную бесшовную мембранную систему и удовлетворяет одновременно многим требованиям, предъявляемым к гидроизоляции; гарантирует полную защиту от проникновения влаги; сокращает время производства работ, облегчает процесс эксплуатации, стоек в широком диапазоне температур; удовлетворяет требованиям безопасности окружающей среды и человека.

Для большинства существующих методов гидроизоляции требуются швы или соединительные детали, а также механические, химические или термические технологии крепления,

которые обычно становятся причинами дефекта гидроизоляционного покрытия.

В сравнении с ними экологически чистая резинобитумная полимерная мембрана — бесшовный материал, характеризующийся высокими антикоррозионными и гидроизоляционными свойствами, обеспечивающий водонепроницаемость гидроизолируемой поверхности любой структуры и формы сложности, устойчив к ультрафиолету, не содержит компонентов, способствующих процессу старения и снижению его физико-механических характеристик; является водо-, паро- и газонепроницаемым, устойчив к разрушающему воздействию ультрафиолета и озона, химически стоек к различным по составу и концентрации жидким средам, вызывающим коррозию, инертен по отношению к кислотам и щелочам, устойчив к колебаниям температур, обладает высокой эластичностью.

Область применения резинобитумной полимерной мембраны обширна: это паро-, гидроизоляция и антикоррозионная обработка бетонных и металлических конструкций гидротехнических сооружений, внешних и внутренних стен, мест с переменным уровнем воды; обработка водосточных, водяных коллекторов, искусственных водоемов, бассейнов, резервуаров для жидкостей, восстановление гидроизолирующих способностей старых битумных покрытий и рулонных материалов, антикоррозионная обработка металла, металлических конструкций. Также резинобитумную полимерную мембрану применяют при устройстве кровель.

Покрытие наносится на обрабатываемую поверхность в холодном состоянии методом безвоздушного распыления при температуре воздуха не ниже +5 °С. Причина ограничения — водный «растворитель». После нанесения покрытие твердеет моментально, глубокое высыхание происходит от 24 до 36 часов. После полного затвердевания экологически безопасное резинобитумное полимерное покрытие превращается в монолитную эластичную мембрану, сохраняющую работоспособность в диапазоне температур от -35 °С до +95 °С при всех сопутствующих атмосферных воздействиях. Полученное бесшовное полимерное покрытие обладает эластич-



ностью более 1500% и стойкостью к механическим деформациям. В отвердевшем состоянии резинобитумное полимерное покрытие не становится хрупким и ломким; с возрастом оно становится тверже, но сохраняет эластичность, и поэтому не крошится и не шелушится.

Для устройства гидроизоляционного покрытия используется распылительное оборудование высокого давления, позволяющее выполнять работы без подъема материала на высоту до 75 м методом безвоздушного напыления, что обеспечивает плотное прилегание мембраны к обрабатываемой поверхности без воздушных линз, отверстий, стыков и швов, являющихся главной причиной протечек гидроизоляционных материалов.

Данная технология нанесения материала с ускоренным, практически моментальным отверждением основного компонента дает возможность сделать гидроизоляционный слой любой толщины за один прием.

Поставляемая компанией «Специальные промышленные покрытия» продукция безопасна для окружающей среды и для человека, являясь универсальным материалом; полимерно-битумное покрытие на 100% соответствует требованиям к понятию «экологически безопасная гидроизоляция».

Резинобитумная полимерная мембрана универсальна и может использоваться везде, где есть потребность

в газо-, паро-, водонепроницаемом покрытии и антикоррозионной защите. Связывается на молекулярном уровне (создавая подобие «сварки») с таким же материалом (новый слой поверх старого) независимо от стадии затвердевания или возраста предыдущего покрытия — никакой другой строительный материал не обладает таким качеством.

Резинобитумное полимерное покрытие отличается высокой эластичностью и высоким пределом прочности, что предотвращает возможность катодного отслаивания от поверхности вследствие неблагоприятного воздействия циклических изменений температуры, давления воды, вибрации и резких ударов.

Срок устройства гидроизоляционного и антикоррозионного покрытия с применением резинобитумной полимерной мембранной системы сокращается, за день работы изолируется более 1000 м<sup>2</sup> поверхности и всех примыканий на ней при условии завершения подготовительных работ. К тому же использование полимерно-битумного покрытия не требует значительных мероприятий по подготовке защищаемых поверхностей, при этом не используются пожароопасные растворители и открытый огонь.

Представленная технология по устройству полимерно-битумного покрытия отличается эффективностью, легкостью, скоростью, экологичностью и сейсмостойкостью.

Компания «Специальные промышленные покрытия» поставляет следующую продукцию производства Cantex Coatings Ltd:

### Premier Rubber Membrane® System

Напыляемое мембранное покрытие на основе полимерно-битумной водной эмульсии. Является двухкомпонентной системой покрытия холодного нанесения (эмульсия + реагент-катализатор) мгновенного отверждения.

### Roller & Brush Rubber®

Является однокомпонентным высокомодифицированным битумно-полимерным универсальным покрытием, которое наносится в холодном состоянии валиком, кистью или методом распыления с помощью обычного компрессора. Профессиональная обработка криволинейных поверхностей при проведении подготовительных кровельных работ.

### Trowel Rubber®

Является однокомпонентным универсальным покрытием, которое наносится в холодном состоянии кистью или шпателем. Профессиональная обработка в качестве антикоррозионного и гидроизоляционного покрытия для ликвидации аварийных протечек в сборных железобетонных конструкциях, заделке трещин, применение в частном строительстве и ремонте, устройстве деформационных швов.



ООО «СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПОКРЫТИЯ»

196084 г. Санкт-Петербург, наб. Обводного канала, д. 92, тел./факс (812)373-43-74, моб. тел. +7 (931) 310-32-70, e-mail: mail@spinco.info, www.spinco.info

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ РЕМОНТА И ЗАЩИТЫ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**Мамедов Р. С.,**  
генеральный директор ООО «Строительные технологии и материалы»

Самым распространенным строительным материалом является бетон. Известный еще в Древнем Египте, он в течение тысяч лет успешно используется в самых разнообразных конструкциях по всему миру.

Столь длительное и широкое использование бетона обусловлено доступностью компонентов, простотой приготовления, низкой стоимостью. Кроме того, при благоприятных внешних условиях, правильном приготовлении и применении бетон может демонстрировать высокую долговечность, измеряемую сотнями лет и тысячелетий, что показывают сохранившиеся до наших дней многочисленные памятники римской архитектуры.

К сожалению, расширение как географических, так и технических областей применения вызывает постоянную количественное и качественное увеличение неблагоприятных воздействий, результатом чего является многократное снижение долговечности бетона.

В настоящее время наблюдается постоянный рост затрат на содержание и ремонт бетонных конструкций, достигающих от 50 до 75% от всех затрат на строительство, что в абсолютном выражении составляет десятки миллиардов евро.

Отечественная практика ремонта значительно скромнее, и только в последнее время наметилась положительная тенденция к увеличению объемов ремонтных работ, большую часть которых составляет возмещение утрат бетона, причем как защитного слоя арматуры, так и основного сечения. Качественное решение этих задач возможно обеспечить не просто применением материалов с требуемыми прочностными характеристиками, аналогичными бетону основной конструкции, но и с учетом обеспечения совместности работы этих материалов. В отсутствие отечественной нормативной базы, представляется целесообразным использование европейских нормативов при проектировании ремонтных работ, например, EN 1504 «Продукты и системы для защиты и восстановления бетонных конструкций» (табл. 1).

В данном документе подробно классифицируются требования к материалам в зависимости от предполагаемого применения. Самое главное, что данный документ регламентирует минимальные требования к адгезии ремонтных составов как показателя совместности работы с материалом конструкции. И хотя некоторые положения данного документа исходят из климатических условий континентальной Европы, он может применяться для более суровых климатических условий.

Подтверждением является наш успешный опыт ремонта мостовых, транспортных и гидротехнических сооружений с помощью ремонтных растворов серии «Мапеграут» и АРБ производства компании «Мапей», производимых в соответствии с указанными европейскими нормативами. Материалы применялись в различных климатических поясах страны, в том числе и в Северо-Западном регионе, климатические

условия которого характеризуются большой влажностью и частотой циклов замораживание/размораживания.

Приходится констатировать, что значительные затраты на ремонт сооружений связаны с недостаточным уровнем диагностики состояния материала конструкций — глубины карбонизации бетона, содержания хлоридов. Как следствие, ремонтные работы начинаются только после визуального обнажения арматуры, имеющей к этому моменту уже значительную степень коррозии. Выполнение простых и недорогих контрольных процедур позволяет увеличить срок эксплуатации конструкций до проведения следующих ремонтных работ на 5–10 лет.

Основной причиной выщелачивания бетона и внутренней коррозии арматуры является воздействие воды и растворенных в ней солей, значительно реже — воздействие техногенных агрессивных веществ.

Уменьшить негативное воздействие этих факторов возможно использованием при производстве конструкций специальных бетонных смесей, обладающих высокой водонепроницаемостью, морозо- и химстойкостью. Однако стоимость таких бетонных смесей будет чрезвычайно высокой, и применение, за редким исключением, нецелесообразным. Конечно, ремонтные растворы, рецептура которых содержит специальные добавки и обеспечивает достижение показателей по водонепроницаемости W16 и выше и морозостойкости F 500 и выше, показывают высокую стойкость к подобным воздействиям. Но рассматривая конструкции в целом, хотелось бы отметить необходимость применения защитных пропиток и покрытий.

Использование гидрофобизирующих пропиток и гидроизоляционных покрытий значительно (в 2 и более раз) уменьшает скорость коррозии железобетона. Как следствие, уменьшаются частота и объем ремонтных работ, снижаются эксплуатационные издержки. Причем стоимость затрат на проведение работ по первоначальному и последующему повторному нанесению вторичных защитных покрытий намного меньше собственно ремонтных работ.

Главное в выборе вторичных защитных покрытий — правильно сформулировать требования. В большинстве случаев неоправданное стремление к сиюминутной экономии или «псевдозстетике», непонимание процессов, происходящих в материале конструкции в процессе эксплуатации, приводит к ошибочному выбору неподходящих материалов.

Бетон является паропроницаемым материалом, в капиллярах которого происходит постоянная циркуляция воздушных паров. Использование паронепроницаемых покрытий на основе полимеров возможно только при определенных условиях эксплуатации конструкции (стабильный температурно-влажностный режим) или с использованием сложной системы подготовки и огрунтовки и может быть признано целесообразным только в условиях высокого уровня агрессивности воздействий на конструкцию.

**Таблица 1.** Характеристики ремонтных материалов на цементной основе при конструкционном и неконструкционном ремонте по европейскому стандарту EN 1504

Рабочие характеристики	Метод испытания	Требования (таблица 3 в части 3 EN 1504)			
		Конструкционный		Неконструкционный	
		Класс R4	Класс R3	Класс R2	Класс R1
Прочность на сжатие	EN 12190	≥ 45 МПа	≥ 25 МПа	≥ 15 МПа	≥ 10 МПа
Содержание ионов хлорида	EN 1015-17	≤ 0,05%		≤ 0,05%	
Адгезионное сцепление	EN 1542	≥ 2 МПа	≥ 1,5 МПа	≥ 0,8 МПа	
Ограниченное сжатие/расширение	EN 12617-4	Адгезия			Нет требований
		≥ 2 МПа	≥ 1,5 МПа	≥ 0,8 МПа	
Стойкость к карбонизации	EN 13295	d <sub>c</sub> ≤ контрольного бетона		Нет требований	
Совместимость тепловых свойств замораживание/оттаивание	EN 12617-4	Сила сцепления после 50 циклов			Визуальный контроль
		≥ 2 МПа	≥ 1,5 МПа	≥ 0,8 МПа	
Стойкость после удара грозового дождя	EN 12617-4	Сила сцепления после 30 циклов			Визуальный контроль
		≥ 2 МПа	≥ 1,5 МПа	≥ 0,8 МПа	
Совместимость тепловых свойств циклы работы в сухом состоянии	EN 12617-4	Сила сцепления после 30 циклов			Визуальный контроль
		≥ 2 МПа	≥ 1,5 МПа	≥ 0,8 МПа	
Модуль упругости	EN 13412	≥ 20 ГПа	≥ 15 ГПа	Нет требований	
Стойкость к скользянию	EN 13036-4	Класс I: > 40 ед.изм. при испытании в мокром состоянии			
		Класс II: > 40 ед.изм. при испытании в сухом состоянии			
		Класс III: > 40 ед.изм. при испытании в мокром состоянии			
Капиллярная абсорбция	EN 13057	≤ 0,5 кг/м <sup>2</sup> ч <sup>0,5</sup>	≤ 0,5 кг/м <sup>2</sup> ч <sup>0,5</sup>	Нет требований	

Процесс карбонизации бетона вызывается воздействием и поглощением бетоном атмосферных осадков и техногенных газов, растворяемых в этой капиллярной воде. Простым, но эффективным способом защиты является обработка гидрофобизирующими пропитками на основе силиконов и силоксанов. Такой вид защитных покрытий успешно применяется для надземных конструкций — ограждающие конструкции зданий, опоры мостов и трубопроводов, дорожные ограждения. Эти же материалы, а также паропроницаемые пропитки на основе эпоксидных смол, могут применяться в некоторых нетипичных случаях, когда по техническим соображениям использование других гидроизоляционных покрытий невозможно, например при обработке бетонных плит дорожных и авиационных покрытий.

В редких случаях, например, химических производств, надземные ограждающие железобетонные конструкции подвергаются воздействию средне- и сильноагрессивных химических веществ. В этом случае единственным вариантом решения является использование цементно-эпоксидных паропроницаемых покрытий системы IrapEpi на основе продукта Irapol IH, обладающего высокой химической стойкостью при необходимом уровне паропроницаемости.

Аналогичные требования по сохранению паропроницаемости системы «бетон — покрытие» предъявляются при гидроизоляции подземных и подводных конструкций. И если при обработке защитно-гидроизоляционными покрытиями частей конструкции, прямо контактирующих с водой, возможно использование любых материалов, то при нанесении с противоположной стороны (например, подвальные и полуподвальные помещения) мы предлагаем использовать только паропроницаемые покрытия.

К сожалению, отсутствие каких-либо из вышеописанных защитных мероприятий к настоящему времени привело многие конструкции в столь плачевное состояние, когда одновременно с ремонтом уже необходимо выполнять работы по их усилению. Из существующих в настоящее время систем усиления железобетонных конструкций наиболее перспективными во всем мире признаются системы, основанные на использовании полимерных и углеволоконных силовых элементов в виде сеток. Основными преимуществами являются очень низкий вес и размер, коррозионная стойкость. До по-

следнего времени широкому распространению данных систем в отечественном строительстве препятствовали особенности применения и эксплуатации эпоксидных смол, обеспечивавших крепление полимерных элементов на конструкции. Существенным недостатком эпоксидных смол являются очень жесткие требования к подготовке и влажности конструкции при производстве работ, нестабильность свойств при изменении температурно-влажностного режима эксплуатации и необходимость выполнения работ по противопожарной защите.

Альтернативой эпоксидным смолам стало применение специально разработанных цементных растворов системы XMeshGold, обеспечивших аналогичные прочностные характеристики системы «бетон — полимерная сетка + адгезионный раствор». Более того, опыт применения данной системы показал, что благодаря применению более технологичного адгезионного материала значительно повысились качество и долговечность работ, и как следствие, снизились затраты.

В настоящее время имеется широкий спектр технологических решений и материалов для защиты, ремонта и усиления конструкций, что позволяет значительно продлевать срок эксплуатации конструкций и адаптировать их под меняющиеся нагрузки и воздействия. Мы надеемся, что наши партнеры смогут сделать правильный выбор, и всегда готовы оказать всестороннюю помощь в этом вопросе.



**ООО «СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ»**  
195027 Санкт-Петербург, ул. Магнитогорская,  
д. 11, лит. 10, БЦ ИСТЕН, оф. 416  
Тел. (812) 495-66-82  
E-mail: info@b-t-m.ru  
www.b-t-m.ru

**ОАО «ОХТИНСКИЙ ЗАВОД СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН»**  
**ОЗСМ**

**производит и поставляет:**

**ВИБРОПОГРУЖАТЕЛИ**  
**с гидравлическим и электрическим приводом**

- предназначены для погружения в водонасыщенные песчаные и пластичные глинистые грунты и извлечения из них металлического шпунта, труб, свай и других свайных элементов
- рассчитаны для совместной работы с кранами, экскаваторами, копровыми направляющими и иными видами базовых машин

**ВИБРОГРЕЙФЕРЫ**

- предназначены для извлечения преимущественно плотных связных грунтов из полостей труб и свай-оболочек, а также для проходки вертикальных выработок

195027 г. Санкт-Петербург,  
 ул. Дегтярёва, 2 А  
 (812) 227-60-54  
 (812) 227-27-96  
 marketing@ozsm.ru  
 www.ozsm.ru




# 5.

75–92

## ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ. ПОДВОДНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

ТЕХНИКА, ОБОРУДОВАНИЕ  
 ДЛЯ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ.

ВОДОЛАЗНОЕ СНАРЯЖЕНИЕ

ОБОРУДОВАНИЕ,  
 ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ  
 КОМПЛЕКСЫ  
 ДЛЯ ПОДВОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ  
 РАБОТ

# WATERKING МАШИНЫ-АМФИБИИ

Waterking — это экскаватор-амфибия, который предназначен для эксплуатации в сложных природных условиях, в частности, заболоченной местности. Он способен передвигаться как по суше, так и по воде. Пересечение болотистых местностей, канав, прудов, озер не составляет проблем — машина не проваливается и не тонет. Благодаря широким гусеницам на понтонах обеспечивается максимальное сцепление машины с полотном пути. Поставляются 4 модели в категории машин весом от 8 до 25 тонн включительно.

### Широкая сфера эксплуатации Waterking

- работы в болотистой местности
- работы в дельтах рек
- землечерпальные работы
- обустройство (переоборудование) отстойников
- прокладка трубопроводов
- установка ограждений для водоемов
- реставрационные работы в природных зонах
- восстановление экологического баланса



	ТЕХНИЧЕСКАЯ СПЕЦИФИКАЦИЯ WATERKING ЗЕМНОВОДНЫЕ ЭКСКАВАТОРЫ			
	WK 80	WK 150	WK 220	WK 250
Общий вес	12 т	20 т	29 т	33 т
Двигатель	DOOSAN	DOOSAN	DOOSAN	DOOSAN
Мощность двигателя	40,7-56,5 кВт	71 кВт	110 кВт	129 кВт
Давление на полотно (грунт)	0,110 кг/см <sup>2</sup>	0,110 кг/см <sup>2</sup>	0,110 кг/см <sup>2</sup>	0,110 кг/см <sup>2</sup>
Стандартная длина вылет	6,60 м	9,00 м	9,50 м	10,50 м
Длина вылета (опция)	9,00 м	12,50 м	15,50 м	16,50 м
Объем ковша	0,2–0,4 м <sup>2</sup>	0,3–0,7 м <sup>2</sup>	0,5–1,2 м <sup>2</sup>	0,65–1,5 м <sup>2</sup>
Угол	20°	20°	20°	20°
Понтон	UK 80	UK 150	UK 220	UK 250
Вес понтона	8 т	12 т	16 т	18 т
Длина понтона	6,00 м	7,25 м	8,25 м	9,50 м
Ширина понтона	1,05 м	1,50 м	2,00 м	2,00 м
Высота понтона	1,40 м	1,60 м	1,68 м	1,68 м
Гусеничный ход	Сталь	Сталь	Сталь	Сталь
Ширина колеи	1,00 м	1,40 м	1,80 м	1,80 м
Цепь	2 цепи 6"	2 цепи 6"	3 цепи 6"	3 цепи 6"

### Стандартная модель:

- Кабина с кондиционером
- Кресло Grammer
- Дополнительная гидравлическая функция
- Набор инструментов
- Ковш

### Опции:

- Дополнительное освещение для работ
- Центральная система смазки
- Несколько гидравлических функций
- Дополнительный топливный бак
- Различная длина гиков

### Дополнительное оборудование:

- Боковые понтоны, обеспеченные гидравлическими сваями
- Сортировальный грейферный ковш
- Гидравлические ножницы
- Дереворезущий инструмент
- Землесос
- Ковши различных типов
- Быстросъемное зажимное приспособление
- Виброблок



### Генеральное управление сбыта:

#### Фирма WATERKING BV

Company Address: Mercuriusweg 22, 9482 WL Tynaarlo, The Netherlands

Post Address: PO Box 1, 9480 AA Vries, The Netherlands

Tel: +31 (0) 592 55 95 36

Fax: +31 (0) 592 55 95 30

E-mail: sales@waterking.nl

#### WATERKING EASTERN EUROPE

Tel: +31 (0) 6 53 10 93 90

#### WATERKING RUSSIA AND THE CIS COUNTRIES

Tel: +49 (0) 69 4269 3049

Mob: +49 (0) 1762 4367 170

### Дилер по России и СНГ:

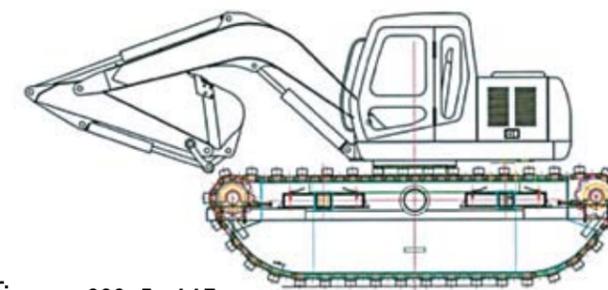


#### ООО «Графт»

125047, Москва, Тверская-Ямская 4-я улица, д. 2/11, стр. 2

+7 (499) 130-31-83, e-mail: info@graft.ru

www.graftp.ru



# ЗАВОД ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ

г.Рыбинск



Завод Гидромеханизации г. Рыбинск — Российский производитель земснарядов и оборудования для гидромеханизации. Наша линейка земснарядов представлена в 7 основных сериях 23 модификациями, что позволяет предлагать нашим клиентам земснаряды, максимально удовлетворяющие их потребности и решаемые задачи. Все земснаряды, производимые заводом, могут быть изменены под требования заказчика.

Кроме земснарядов наше предприятие производит и поставляет пульпопроводы, грунтовые насосы и расходные материалы к ним, шаровые соединения, кольца уплотнительные для шаровых соединений, вертикально-сальниковые шарниры, понтоны, резиновые вкладыши, ледбедки и другие запасные части к земснарядам и вспомогательному оборудованию.

Собственное конструкторское бюро позволяет в кратчайшие сроки разработать и реализовать проект любой сложности.

Ниже вы найдете стандартные модели земснарядов. В зависимости от ваших требований модель может иметь практически любой район плавания Российского Речного Регистра.

Серия Гидромех 100  
Применяемый насос: 100 / 16

Серия Гидромех 400  
Применяемый насос: 400 / 20

Серия Гидромех 700  
Применяемый насос: 700 / 40

Серия Гидромех 1400  
Применяемый насос: 1400 / 40

Серия Гидромех 1600  
Применяемый насос: 1600 / 25

Серия Гидромех 2000  
Применяемый насос: 2000 / 63

Серия Гидромех 3800  
Применяемый насос: 3800 / 56

Серия Гидромех 4000  
Применяемый насос: 4000 / 71

## WWW.HYDROMEC.RU



152916, Россия, г.Рыбинск  
Ярославская обл., ул. Суворова д.36  
Тел. +7(4855) 20-95-34 - приёмная  
Факс-авт.+7(4855) 20-06-57  
e-mail: hydromec@hydromec.ru  
www.hydromec.ru

## О НЕДОПУСТИМОСТИ ОТНЕСЕНИЯ ГРУНТОВ, ИЗВЛЕКАЕМЫХ ПРИ ДНОУГЛУБЛЕНИИ, К ОТХОДАМ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

**Жигульский В. А.,**  
канд. техн. наук, директор ООО «Эко-Экспресс-Сервис»

**Обуховский А. Ф.,**  
директор по развитию ООО «Эко-Экспресс-Сервис», член морского совета при правительстве Санкт-Петербурга

**Солопов Д. В.,**  
главный инженер проекта ООО «Эко-пром-сервис»

**Смелик А. М.,**  
начальник управления проектирования и строительства ФГУП «Росморпорт»

### 1. Опасный прецедент и его возможные последствия

Социально-экономические и геополитические интересы России требуют постоянного роста объемов морских грузоперевозок. Для решения данной задачи в рамках программы Минтранса «Возрождение торгового флота в России» и подпрограммы «Морской транспорт» федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России (2010–2015 годы)» осуществляется интенсивное строительство новых портовых перегрузочных комплексов и наращивание новых портовых мощностей. Это определяет закономерный рост объема дноуглубительных работ. Соответственно, обостряется необходимость правильного и единообразного применения нормативных актов при проведении дноуглубительных работ, связанных с перемещением, изъятием донных грунтов и захоронением грунтов в подводных отвалах. В настоящее время природоохранное нормативно-правовое обеспечение дноуглубления и, в частности, операций по складированию перемещаемых грунтов на отвалах требует уточнения, поскольку может трактоваться неоднозначно.

В этом отношении важен прецедент, произошедший в текущем году в практике крупнейшей экологической компании Северо-Запада России — ООО «Эко-Экспресс-Сервис». Основная деятельность компании связана с обеспечением экологической безопасности гидротехнических работ, среди которых крупные проекты федерального уровня (см. «Гидротехника», № 2 (19), 2010 г. [1]). Все выполненные проекты неизменно получали положительные заключения Главгосэкспертизы и Государственной экологической экспертизы, многие из них уже успешно реализованы.

Однако, приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 09.04.2010 г. № 299 было утверждено отрицательное заключение экспертной комиссии государственной экологической экспертизы проектной документации «Формирование акватории южной и северной частей морского торгового порта Усть-Луга, включая операционную акваторию контейнерного терминала Ленинградской области. Строительство северного подходного канала МТП Усть-Луга». Основным выводом этого заключения сводится к проблеме перемещения донных грунтов на морские отвалы и в намывные территории. По мнению экспертов, грунты дноуглубления должны быть отнесены к отходам производства и потребления (далее — «отходы»), и на

их использование должна представляться техническая и технологическая документация (согласно ст. 10 Федерального закона «Об отходах производства и потребления» [2]).

Такая ситуация возникла впервые. Ранее при прохождении ГЭЭ многочисленными проектами дноуглубительных работ для создания акваторий и водных подходов морских перегрузочных комплексов никогда не поднимался вопрос об отнесении естественных донных отложений, перемещаемых при производстве дноуглубительных работ, к отходам.

Если бы эта довольно неожиданная претензия была признана справедливой, то последствия такого решения оказались бы очень серьезными.

Во-первых, при этом значительно увеличатся сроки реализации задач по строительству северного подходного канала МТП Усть-Луга и формированию акватории порта Усть-Луга в целом.

Во-вторых, при отнесении грунтов, перемещаемых при дноуглублении, к отходам плата за их размещение автоматически несоизмеримо возрастет — в связи с большим объемом перемещаемой грунтовой массы. К примеру, конкретно в данном случае дополнительный природ платы за операции с грунтами составил бы несколько миллиардов рублей.

В-третьих, мог быть создан довольно опасный прецедент: если подобное требование со стороны ГЭЭ к проектам, связанным с дноуглубительными работами, станет систематическим, интересы отечественного портостроения окажутся существенно ущемленными.

С учетом сказанного, для оценки правомочности выдвинутого требования следует внимательно проанализировать нормативно-правовую базу по обращению с донными отложениями.





## 2. Нормативно-правовые аспекты проблемы

### 2.1. Терминологическое несоответствие

Проведение дноуглубительных работ — это технологический процесс, который включает в себя изъятие донного грунта из района дноуглубления, перемещение (транспортировку) в район отвала или сброс изъятых грунта в подводный отвал. При всех этих технологических операциях химические характеристики грунта не изменяются.

Ст. 1 федерального закона «Об отходах производства и потребления» [2] определяет отходы производства и потребления как «остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов, которые образовались в процессе производства или потребления, а также товары (продукция), утратившие свои потребительские свойства».

Донные грунты невозможно обозначить как **остатки** указанных изделий или продуктов. Перемещаемые грунты не обладали потребительскими свойствами. При проведении дноуглубительных работ донные грунты **не образуются, а перемещаются**.

Международными договорами, стороной которых является Российская Федерация, регламентирующими размещение в море материалов (в том числе вынутых земснарядами), являются:

- Конвенция по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов (Лондонская конвенция), ратифицирована Указом Президиума Верховного Совета СССР от 15.12.1975 №2659;
- региональные конвенции, а именно:
  - Конвенция о защите Черного моря от загрязнения (Бухарестская конвенция 1992 года), ратифицирована постановлением Верховного Совета Российской Федерации от 12.08.1993 №5614-1;
  - Конвенция по защите морской среды района Балтийского моря 1992 года (Хельсинкская конвенция), ратифицирована Указом Президиума Верховного Совета СССР от 05.10.1978 №8207-1X.

В указанных международных договорах грунты, извлеченные в ходе дноуглубительных работ на морских акваториях, определены как самостоятельная дефиниция и не относятся к категории отходов. В соответствии со ст. 15 Конституции Российской Федерации, общепризнанные принципы и нормы международного права и международные договоры Российской Федерации являются составной частью ее правовой системы.

В частности, применительно к акватории Балтийского моря ситуация четко разъясняется письмом Минприроды России № 12-47/6628 от 12.05.2010 г. «О грунтах, образующихся в ходе дноуглубительных работ в акватории Балтийского моря»: «В настоящее время на территории Российской Федерации в районе Балтийского моря действуют нормы

международного права, устанавливающие иные требования к проведению вышеуказанных работ, в частности к захоронению грунта в донных отвалах».

Так, в соответствии с Указом Президиума ВС СССР от 05.10.1978 № 8207-1X «О ратификации Конвенции по защите морской среды района Балтийского моря 1974 года» (заключена в г. Хельсинки 22.03.1974; далее — Конвенция), на Российскую Федерацию возложены обязательства по выполнению обусловленных ею требований.

С учетом изложенного, принимая во внимание необходимость выполнения Российской Федерацией обязательств, вытекающих из Конвенции, в том числе в части регулирования работ по захоронению грунта, на акватории Балтийского моря следует руководствоваться положениями Конвенции. Последняя не относит грунты (не содержащие значительных количеств и концентраций веществ, определенных Комиссией по защите морской среды Балтийского моря и перечисленных в Приложениях I и II к Конвенции) к отходам и устанавливает порядок их захоронения в пределах территориального моря и вне его границ.

Таким образом, нормы действующего законодательства не классифицируют донные грунты при проведении дноуглубительных работ как отходы. И так, **грунты, перемещаемые при дноуглублении, не могут считаться отходами**.

### 2.2. Эффект двойной оплаты

В соответствии со ст. 3 Федерального закона «Об охране окружающей среды» [3], любая хозяйственная деятельность оказывает воздействие на окружающую среду и осуществляется на основе принципа платности природопользования и возмещения вреда окружающей среде. В п. 2 ст. 16 упомянутого закона виды негативного воздействия разделены на шесть категорий. «Сбросы загрязняющих веществ, иных веществ и микроорганизмов в поверхностные водные объекты, подземные водные объекты и на водосборные площади» отнесены к отдельной категории, не связанной с другой категорией — «размещение отходов производства и потребления».

Для категории «сбросы» приказом Госкомэкологии от 4 июня 1997 г. утвержден «Порядок расчета платы за загрязнение акваторий водных объектов, являющихся федеральной собственностью РФ (исключая подземные водные объекты), при производстве работ, связанных с перемещением и изъятием донных грунтов, в подводных отвалах».

Таким образом, рассматривая грунты от дноуглубительных работ как отходы производства и потребления, мы автоматически окажемся вынужденными признать правомочность оплаты за операции с ними и как с отходами, и как с источниками негативного воздействия на воды по категории «сбросы». Иными словами, это приведет к **двойной плате** за одно и то же негативное воздействие.

Как следствие этого неправомерного действия, возникнет нецелевое расходование бюджетных средств, т. к. эти работы оплачиваются из федерального бюджета.



### 2.3. Порядок расчета платы за воздействие на водную среду при операциях с грунтами при дноуглублении

«Порядок расчета платы за загрязнение акваторий водных объектов, являющихся федеральной собственностью РФ (исключая подземные водные объекты), при производстве работ, связанных с перемещением и изъятием донных грунтов, в подводных отвалах» предусматривает взимание платы за следующие виды вредного воздействия на водные объекты:

- загрязнение воды взвешенными веществами;
- химическое загрязнение воды;
- химическое загрязнение донных осадков.

Расчет платы должен выполняться согласно действующей «Методике по расчету платы за загрязнение акваторий морей и поверхностных водоемов, являющихся федеральной собственностью Российской Федерации, при производстве работ, связанных с перемещением и изъятием донных грунтов, добычей нерудных материалов из подводных карьеров и захоронением грунтов в подводные отвалах», утвержденной Госкомэкологией 29.04.1999.

При наличии положительного заключения государственной экологической экспертизы данный расчет является основанием для получения оформленного в установленном порядке разрешения на производство работ, связанных с перемещением донных грунтов и захоронением грунтов в донных отвалах.

## 3. Как предотвратить рецидивы (заключение)

Рассмотренное требование со стороны ГЭЭ определять в природоохранной проектной документации грунты, извлекаемые при дноуглублении, как отходы, с вытекающим отсюда

существенным удорожанием операций по обращению с этими грунтами, выдвинуто впервые.

Но, как показано выше, это требование не соответствует действующему законодательству. В сущности, оно строится лишь на недостаточной четкости некоторых формулировок соответствующей нормативной базы.

Принятие подобного требования может сказаться самым негативным образом на развитии морских портов России, существенно увеличить затраты на строительство гидротехнических сооружений и портовые сборы в последующем, тем самым снизить возможности отечественных портов по сравнению с иностранными конкурентами.

Во избежание рецидивов этих необоснованных требований целесообразно четко и недвусмысленно закрепить в нормативно-правовых документах вполне очевидное положение: **грунты, извлекаемые при дноуглублении, отходами производства и потребления не являются**.

### Литература:

1. Жигульский В. А. ООО «Эко-Экспресс-Сервис». Опыт системного подхода к проектированию, охране окружающей среды, науке, производству и подготовке квалифицированных кадров в крупной коммерческой компании // Гидротехника. — 2010. — № 2(19). — С. 64–67.
2. Федеральный закон от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» (с изменениями и дополнениями).
3. Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (с изменениями и дополнениями).

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ И ФУНДАМЕНТНЫХ РАБОТ

ООО «ТОРГОВЫЙ ДОМ РА МАШИНЕРИ»,  
официальный дилер компаний **ICE Holland**,  
**DAMEN** (Голландия), **BSP** (Англия), **Arden**  
(Франция) представляет технику для  
обустройства фундаментных оснований  
и гидротехнических работ:

- Вибрационные гидравлические сваепогружатели **ICE Holland** для работы с крана и монтируемые на экскаваторы
- Дноуглубительное оборудование **DAMEN**
- Гидравлические ударные молоты **BSP** для работы с крана и лидера
- Буровые шнековые вращатели
- Грейферы, ковши, гидравлические молоты и гидравлические ножницы **Arden**
- Ремонт и обслуживание
- Консультации

г. Москва, ул. Генерала Дорохова, д. 2  
Тел./факс: +7 (495) 514-04-12,  
тел.: +7 (495) 514-04-13  
E-mail: mail@ramachinery.ru  
www.ramachinery.ru

PUMPING THE IMPOSSIBLE

# DRAGFLOW

DREDGING • MINING • INDUSTRY



## ПОГРУЖНЫЕ НАСОСЫ, МОБИЛЬНЫЕ ЗЕМСНАРЯДЫ

Фирма **DRAGFLOW S.R.L.** (Италия) — лидер на рынке погружных грунтовых насосов с электрическим и гидравлическим приводом и мобильных земснарядов, специально спроектированных для работы с вязкими грунтами с высоким содержанием твердых частиц. **DRAGFLOW S.R.L.** за более чем 25-летний срок своего существования приобрела значительный опыт по всему миру в поставке дноуглубительного оборудования для различных отраслей, таких как портовая и морская отрасли, энергетическая промышленность, добывающая и обрабатывающая промышленность.

Погружные износостойкие насосы **DRAGFLOW** с рыхлителями и агитатором предназначены для перекачки бентонита, вязких, абразивных и водогрунтовых сред. Имеют следующий **диапазон характеристик:**

- производительность 30–1200 м<sup>3</sup>/час;
- напор до 62 м;
- мощность 2,2–220 кВт;
- масса 145–3500 кг;
- максимальное содержание твердых частиц по весу до 70%;
- максимальный размер твердых частиц до 120 мм;
- температура до 80 °С;
- уровень кислотности до 9,5 рН;
- для работы на больших глубинах до 120 м с применением компенсатора давления;
- во взрывобезопасном исполнении;

### Широкий диапазон областей применения насосов DRAGFLOW включает:

- подводную добычу природных ресурсов;
- дноуглубительные работы;
- намыв плотин, дамб, песчаных пляжей и сооружений для укрепления берегов;
- очистка дна рек, каналов, водохранилищ, гаваней, акваторий портов и судостроительных заводов;
- перекачивание ила, песка и гравия;
- перекачивание цементных растворов и бентонита;
- перекачивание отходов остающихся после обогащения руды;
- перекачивание шламов и пульпы;
- золоудаление;
- перекачивание сильно загрязненных промышленных отходов и сточных вод.

## НАСОСЫ DRAGFLOW КАЧАЮТ ТАМ, ГДЕ ДРУГИЕ НЕ МОГУТ!!!

### DRAGFLOW S.R.L.

Via Spagna, 13, 370069 Villafranca (VR) Italy.  
Tel. +39 045 4304521, Fax +39 045 6335758  
info@dragflow.it  
www.dragflow.it

### Официальный дистрибьютор в России,

странах СНГ и Балтии — компания **DREDGING Co., LTD**  
Tel. +7 (812) 976 67 13, +7 (911) 847 66 76, Fax +7 (812) 440 36 61  
dredgingspb@gmail.com  
www.dredging.ru, www.dragflow.ru

Смотрите работу насосов и земснарядов DRAGFLOW на видео в интернет: [www.youtube.com](http://www.youtube.com)



DRAGFLOW DREDGING

Поиск



## КАЖДОЕ ПОГРУЖЕНИЕ МОЖЕТ ОКАЗАТЬСЯ ПОГРУЖЕНИЕМ В ЗАГРЯЗНЕННУЮ ВОДУ



**Чупин А. С.,**  
департамент подводно-технического оборудования ОАО «Тетис Про»

Для водолазов, работающих в прибрежных и внутренних водоемах, риски подвергнуться неблагоприятному биологическому и химическому воздействию очень высоки.

Несколько лет назад во время опроса профессиональных водолазов на выставке Underwater Intervention большинство из них заявило о том, что редко работают в загрязненной воде. Создалось впечатление, будто респонденты не хотели признать опасность, с которой они сталкиваются каждый день.

Но водолазы не единственные, кто, работая в водах, загрязненных токсинами и биологически опасными веществами, подвергаются серьезной опасности. Ученые, проводящие исследования под водой, и водолазы специальных служб порой рискуют больше, оказываясь менее защищенными, т. к. погружаются иногда даже без полнолицевой маски.

**Биологические загрязнения** — явление весьма распространенное и опасное.

Если химическое загрязнение водоема обычно очевидно, то биологическое можно выявить, как правило, лишь посредством специальных исследований. При биологических загрязнениях поражена вся водная среда, и микробы или вредные организмы могут воздействовать через любое слабое место в снаряжении водолаза.

Примером такого воздействия может служить случай, произошедший с сержантом полиции штата Виржиния Майком Берри.

*14 лет назад после очередного погружения сержант Берри почувствовал сильную головную боль, которая не проходила в течение недели. В тот раз сержант просто взял больничный, чтобы отлежаться дома, еще не понимая серьезности случившегося.*

*Несколько лет спустя Берри совершил другое погружение в заброшенный карьер, чтобы достать большое количество вещественных доказательств во время следствия. Хотя вода в карьере выглядела чистой, он обратил внимание на отсутствие рыбы и других живых организмов. Когда Берри возвращался домой после погружения, головная боль стала настолько сильной, что он был срочно отправлен в больницу машиной скорой помощи. Полное медицинское обследование показало, что причиной недомогания стали амебы, которые попали под его полнолицевую маску во время погружения и проникли через нос в головной мозг. Майк Берри провел в больнице 2,5 месяца, где ему кололи антибиотики и морфий. Он не мог работать еще в течение 4 месяцев до полного выздоровления.*

*После второго инцидента подразделение сержанта было укомплектовано полнолицевыми масками с подпором в подмасочном пространстве, цельно-вулканизированными сухими костюмами с вулканизированными шлемами и сухими перчатками для каждого члена водолазной команды.*

Подобный комплект снаряжения представляет оптимальную защиту от большинства биологических загрязнений, так же как и от большинства химикатов.

Другой опасной естественной биологической угрозой является одноклеточная водоросль *Pfiesteria piscicida*, обнаруженная около 10 лет назад в водах Северной Каролины. До недавних пор считалось, что она наносит вред только рыбам, вызывая их массовую гибель. С нынешнего лета биологи окончательно убедились, что *Pfiesteria* крайне опасна и для человека, вызывая непонятные расстройства дыхательных путей, мышечные боли, нарушение ориентации. Описаны даже случаи ослабления памяти и угнетения умственной деятельности, по ошибке принятые врачами за болезнь Альцгеймера. *Pfiesteria* бездействует во время зимы, но становится активной в теплое время года, особенно, когда высок уровень загрязнений отходами животноводства. В последние годы *Pfiesteria* становится серьезной проблемой и в России.

В то время как вредоносные живые организмы являются одной из самых опасных биологических угроз, с которыми сталкиваются профессиональные водолазы, куда более распространенной биологической угрозой является та, которая скрывается в фактически каждом городе, — утечка канализационных стоков. Недоочищенные стоки включают множество типов химических и биологически опасных веществ, которые проникают через подземные водоносные слои в озера, протоки, реки и океаны.



Комплект вентилируемого снаряжения для работы в особо сложных условиях DESCO включает:



♦ Шлем вентилируемый DESCO, снабженный:

- быстроразъемным соединением для удобного надевания и снятия;
- двухступенчатым клапаном выхода воздуха;
- переключателем «вентилируемый режим» (штатный) и «режим с увеличенным подпором» для использования в загрязненной воде;
- сварочный щиток для шлема DESCO №61001.



Шлем обладает нейтральной плавучестью и снабжен дополнительной страховочной стропой.

- ♦ Цельновулканизированный агрессивостойкий гидрокombineзон «сухого» типа Viking Trelleborg HDS 1500, с фланцем для шлема DESCO и латексными манжетами, молнией повышенной прочности HD, плотность ткани 1550 г/м<sup>2</sup>.
- ♦ Аппарат аварийный дыхательный в комплекте.
- ♦ Шланг 3/8" СД 1 м.
- ♦ Кабель-шланговая связка трехкомпонентная (шланг 9,5 мм, пневморукав 6,5 мм, 4-жильный кабель связи длиной 60 м).
- ♦ Светильник СП-9 (100 Вт) с кабелем 64 м и блоком питания.
- ♦ Латексные перчатки 5-палые.
- ♦ Резиновые перчатки 3-палые.
- ♦ Утеплитель «Тинсулейт» B200.
- ♦ Галоши водолазные МК2 (с грузовыми стельками).



**Надежное оборудование и снаряжение — сильная защита от опасных загрязнений**

При создании снаряжения для проведения водолазных работ в условиях биологического и химического загрязнения водоемов российские ученые и инженеры достигли немалых успехов. Результатом плодотворных работ стал выпуск созданного специалистами ОАО «Тетис Про» и ОАО «КАМПО» снаряжения СВУ-5, разработка «Комплекта вентилируемого снаряжения для работы в особо сложных условиях DESCO» и «Комплекта легководолазного снаряжения для работы в воде, имеющей незначительную степень химического и/или биологического загрязнения».

Основным элементом данного комплекта снаряжения является шлем DESCO Air Hat.

Шлем был разработан в 1968 году и по настоящее время полностью отвечает всем требованиям при проведении подводно-технических работ. С момента выпуска конструкция элементов шлема претерпела множество модернизаций, но основные элементы корпуса оказались настолько удачно подобранными и так хорошо сбалансированными, что остаются неизменными по нынешний день. Отлитый из латуни корпус шлема покрыт слоем меди толщиной 1/16 дюйма.

Шлем прост в эксплуатации и может быть полностью снят и надет работающим водолазом самостоятельно. Использование настраиваемого перепускного клапана с наружной ручкой регулировки позволяет легко добиваться



нейтральной плавучести под водой в случае, когда это необходимо. За счет низкого центра тяжести и прекрасной балансировки шлем почти не чувствуется на голове.

DESCO Air Hat обеспечивает удивительную для вентилируемого снаряжения четкость и разборчивость связи. Возможность выбора режима «вентилируемый» или «с подпором» позволяет подстраиваться под конкретные условия подводно-технических работ, а стандартно установленный двойной выпускной клапан снижает риск обратных протечек.

Шлем соответствует всем требованиям стандартов ADC Consensus Standards, федеральным правилам США OSHA и используется в странах ЕС.

**Стандартные опции шлема DESCO Air Hat:**

- ♦ система впускных штуцеров, снабженных обратными клапанами;
- ♦ настраиваемый перепускной клапан;
- ♦ два кронштейна для светильников/камер;
- ♦ модуль связи и коммуникации с 4-проводной гарнитурой с герморазъемом.

Также специально для работы водолаза в загрязненной среде был разработан «Комплект легководолазного снаряжения», рекомендованный к использованию аварийно-спасательными службами промышленных предприятий, нефтяных компаний, специальными службами, в том числе в условиях низких температур.

В комплект снаряжения водолаза для работы в химически и/или биологически загрязненной воде входит:

- ♦ Утеплитель «Тинсулейт» B200, с носками.
- ♦ Жилет-компенсатор плавучести Black Diamond.
- ♦ Дыхательный аппарат с редуктором TITAN 2011 с системой ACD DIN.
- ♦ Ласты резиновые профессиональные DIVEX JETFIN.
- ♦ Блок дистанционный 9B2.556.211-01 со шлангом СД (для использования в шланговом варианте).
- ♦ Неопреновый защитный клапан для клапана поддува гидрокостюма.

Основным элементом комплекта снаряжения является маска полнолицевая AGA MKII с подпором.

Отработанная конструкция полнолицевой маски AGA MKII позволяет считать ее одной из самых удобных для водолазных погружений.

Крепление маски к лицу осуществляется при помощи наголовника с пятью ремнями. Рама маски комфортно прилегает практически к любому типу лица и следует его форме, не требуя сильного натяжения ремней наголовника.

Важным элементом защиты является гидрокombineзон VIKING PRO 1000 с резиновым шлемом «Магnum». Гидрокombineзон изготавливается методом вулканизации, представляя единое целое, и не имеет клееных соединений.

В заключение хочется отметить, что в последнее время все мировые производители придерживаются жесткой позиции в ходе испытаний снаряжения, предназначенного для погружения в загрязненную воду. Эта среда несет множество опасностей для незащищенного водолаза, но сегодня есть все необходимое оборудование, информация и возможность обучения для того, чтобы работать в подобных условиях. Теперь при определенной подготовке любые спуски в загрязненную среду перестают представлять опасность для водолазов, если они выбирают проверенное снаряжение, гарантирующее защиту.



**ОАО «Тетис Про»**  
 117042 Москва, а/я 73  
 Тел. (495) 786-9855, факс (495) 717-3821  
 E-mail: tetis@tetis.ru, www.tetis-pro.ru

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАТКИ ДЛЯ ПОДВОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ НА ГЛУБИНАХ ДО 60 МЕТРОВ



**ООО «АКВАВЕЛСЕРВИС»**  
**182100 Псковская область, г. Великие Луки,**  
**ул. Вокзальная, д. 22, корп. 2**  
**Тел./факс (81153) 9-78-04**  
**E-mail: anair-ur1@ellink.ru**  
**https://www.avs-diver.ru**

ООО «АкваВелСервис» было создано в 2003 году как предприятие, производящее водолазную аппаратуру для профессиональных и военных водолазных служб, водолазных станций связи, систем подводного телевидения, подводного освещения, мобильных водолазных щитов дыхания, мобильных водолазных постов, мастерских, полевых кухонь, сушилок водолазного снаряжения. Впоследствии предприятием было освоено и изготовление очистных и намоточных кареток, обеспечивающих ремонт магистральных трубопроводов, гидромониторов со спецоборудованием для размыва грунта под водой, подводных гидравлических бестраншейных кабелеукладчиков.

В 2009 году для расширения производственной базы предприятием были приобретены дополнительные площади, позволяющие изготавливать крупногабаритные конструкции, и открыто новое направление — проектирование и изготовление технологической оснастки для ремонта магистральных трубопроводов. Данному направлению сегодня уделяется особое внимание — созданы служба НИОКР (служба научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ), лаборатория, введена система менеджмента качества, обновлена станочная база — приобретены станки с ЧПУ, повышают свой профессиональный уровень работники предприятия, созданы комфортные условия труда, своевременно и должным образом поддерживается оплата труда специалистов. Небольшому коллективу предприятия сегодня под силу самые сложные задачи.

За 2009 год силами специалистов ООО «АкваВелСервис» и ООО «Спецподводремонт» в рамках НИР по теме «Технология ремонта подводных переходов магистральных газопроводов» была проведена работа по созданию специализированного подводного комплекса (СПК) для ремонта магистральных трубопроводов диаметром 1220 мм и 1020 мм под водой на глубинах от 2 до 30 м (заказчик ООО «Газпром трансгаз Югорск»). Данная конструкция позволяет вырезать и заменять поврежденные участки трубопроводов, заваривать сквозные и несквозные дефекты, также предусмотрена стыковка трубопроводов под водой и выполнение других подводных сварочных работ на подводных магистральных переходах. Использование комплекса обеспечивает применение метода подводной «сухой» сварки магистральных трубопроводов. В результате вытеснения воды из внутреннего пространства «кессона» сварка производится в сухой среде любым известным методом сварки с применением унифицированного сварочного оборудования, стандартных сварочных материалов, технологии ремонтной гипербарической подводной сварки (наплавки) протяженных коррозионно-механических дефектов подводных трубопроводов.

Успешно проведенные в октябре 2009 года приемочные испытания СПК на реке Москве подтвердили назначение изделия.

В начале 2010 года специалистами ООО «АкваВелСервис» и ООО «Росподводтехно» была спроектирована и изготовле-

на подводная сухая сварочная камера шахтного типа для ремонта магистральных трубопроводов Ду500–300. Данная конструкция положительно зарекомендовала себя при ремонте нефтепровода диаметром 377 мм на реке Москве весной этого же года.

С середины 2010 года в рамках договора с ООО «Спецподводремонт» была начата работа по созданию учебно-аттестационного гипербарического сварочного комплекса (ГСК). Комплекс был успешно сдан в эксплуатацию уже в декабре 2010 года. ГСК предназначен для испытания сварочного оборудования и технологических процессов в условиях повышенного давления до 80 м водного столба (8 кг/см<sup>2</sup>). Комплекс построен на базе водолазной декомпрессионной камеры ПДК-2у. Один из отсеков камеры переоборудован для сварочных работ. Второй используется для последующей декомпрессии сварщика.

В начале 2011 года на производственной базе ООО «АкваВелСервис» ООО «Спецподводремонт» по договору с ООО «Газпром трансгаз Югорск» проводило испытания технологического ремонта подводных переходов газопроводов методами гипербарической ручной, механизированной и автоматической сварки с использованием ГСК. В ходе испытаний комиссии был продемонстрирован процесс сварки контрольных сварных соединений сегментов труб при рабочем давлении внутри декомпрессионной камеры 3 атм в среде инертного газа (аргон), что соответствует условиям проведения ремонтно-восстановительных работ на подводных переходах газопроводов методом сварки дефектов труб и сварных соединений в СПК на глубине до 30 м.

Со второй половины 2010 года на производственных площадях ООО «АкваВелСервис» с привлечением наших специалистов ООО «Спецподводремонт» проводит работы по созданию гермокамеры шахтного типа, предназначенной для ремонта магистральных нефтепроводов протяженностью до 12 м и Ду300–1220 под водой на глубинах до 25 м.

Компания постоянно совершенствует конструкции своих изделий, повышает их надежность, качество, безопасность. Продукция ООО «АкваВелСервис» отвечает требованиям мировых и отечественных стандартов, удобна в эксплуатации и стоит дешевле зарубежных аналогов.

ООО «АкваВелСервис» сегодня является членом некоммерческого партнерства «Ассоциация водолазов» и приняло в 2010 году активное участие в организации I Съезда водолазов России в Санкт-Петербурге.

В дальней перспективе у предприятия — серийное производство выпускаемой продукции и выход на многопрофильное производство.

**Сосновский С. В.,**  
**генеральный директор**  
**ООО «АкваВелСервис»**

### ВОДОЛАЗНЫЕ СРЕДСТВА СВЯЗИ, ТЕЛЕВИДЕНИЯ, ОСВЕЩЕНИЯ



**ВТС-1М, ВТС-2** (водолазные переносные однопостовые станции связи).

**ВТС-10** (водолазные телефонные станции).

**ПТВ-10** (системы профессионального подводного телевидения).

**ПТВ-11** (миниатюрные системы подводного телевидения).

**ПТВ-12** (системы профессионального подводного телевидения).

**СВК-001** (стационарные водолазные комплексы для мобильных водолазных постов).

**ИПН-12/250** (источники постоянного напряжения).

**МФПУВС** (многофункциональные пульта управления водолазными спусками с дополнительным источником питания, в том числе для обогрева водолазного костюма).

**ПТВ «СКАТ-2»** (автономные подводные телевизионные боксы).

**ППРТ «ГРОТ»** (подводные переносные ручные телекамеры).

**ПГФ-12/50** (подводные фонари с галогеновой лампой).

**ПСФ-12/50** (подводные фонари со светодиодной лампой).

**ПШТ-40/150** (подводные наплывные телекамеры).

**ВК-100, ВК-200, ВК-300, ВКК** (вьюшки кабельные, вьюшки кабельные коллекторные).

**РД-2** (ручки-держатели для видеокамер и фонарей).

**ТКК** (телевизионные композитные кабели).

**BIRNS** (подводные герморазъемы различной модификации).

### ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДВОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ И СПУСКОВ



**Гидромониторы (АН-300) со спецоборудованием для размыва грунта** (эжектор-грунтососы, размывочные стволы и гребенки, мини-лебедки, оголовки всасывающие, поплавки и др.).

**МВП** (водолазные посты на базе 10-футового контейнера).

**ВЩД-2/40** (водолазные щиты дыхания).

**МБЩД-1** (мобильные безредукторные щиты дыхания).



**МВМ** (водолазные мастерские на базе 10-футового контейнера).

**МПК** (полевые кухни на базе 10-футового контейнера).

**СВС** (водолазные сушилки снаряжения на базе 10-футового контейнера).

**ПГКУ** (подводный гидравлический бестраншейный кабелеукладчик).

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАТКА ДЛЯ РЕМОНТА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

**УППС** (установки подводной полуавтоматической сварки).

**ПОК** (очистные каретки).

**ПНК** (намоточные каретки).

**БУК** (бункерные устройства для точечной засыпки).

**ПССК** (подводные сухие сварочные камеры шахтного типа).

**ГК** (гермокамеры шахтного типа для сварочных работ).

**СПК** (специализированные подводные комплексы для сварочных работ: кессон, установочная рама, система технологического и жизненного обеспечения).



### УЧЕБНО-АТТЕСТАЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ

**ГСК** (гипербарические сварочные комплексы на базе барокамеры ПДК-2У).

**ТБ-1** (тренировочные бассейны на базе 10-футового контейнера).



Научно-производственное предприятие "Форт XXI"  
 Россия, 141070, Московская область,  
 Королёв, ул. Пионерская, дом 4.  
 Т/факс: +7(495) 513 24 63  
 Тел.: +7(495) 505 37 14  
 E-mail: mail@fort21.ru  
 http://www.fort21.ru

НПП "Форт XXI" 18 лет успешно работает на российском рынке.

Основные направления деятельности компании:

- обследование подводных переходов, акваторий, гидротехнических сооружений
  - инженерные изыскания
  - разработка и поставка программно-аппаратных комплексов для выполнения работ на акваториях и в шельфовой зоне
  - разработка специализированного программного обеспечения
- За годы работы обследовано более 700 подводных переходов газопроводов, нефтепроводов, дюкеров и кабелей связи.

Инженерно-гидрографические работы выполнены на 1700 км внутренних водных путей.

Комплексные инженерные изыскания и поисковые работы выполнялись на Балтийском, Охотском, Белом, Каспийском морях, на Байкале и Ладожском озере.

Более 130 единиц оборудования и ПО, разработанного НПП "Форт XXI", использует 51 организация в 33 городах на территории России.

НПП "Форт XXI" выполняет следующие работы:

- Инженерные изыскания (геодезия, гидрология, геофизика, гидроакустика) на внутренних водоемах и в шельфовой зоне
- Гидрографические и промерные работы на внутренних водных путях и в шельфовой зоне
- Комплексное обследование акваторий и прилегающих участков
- Обследование трасс и подводных переходов трубопроводов и кабелей
- Приборное сопровождение подводно-технических работ, технический надзор за качеством проведения ПТР, оперативное определение объемов ПТР
- Поисковые работы

Разработка и поставка оборудования и ПО:

- Разработка "под ключ" программно-аппаратных решений для инженерно-гидрографических и инженерно-гидрологических работ на акваториях, обследования подводных переходов, сопровождения ПТР:
  - подбор комплекта оборудования и ПО для решения задач Пользователя (при необходимости - разработка дополнительных модулей)
  - разработка методики выполнения работ
  - обучение персонала; техническая поддержка
- Разработка оборудования и ПО для изысканий на акваториях - АМК "СКАТ", ТИЭМ, AquaScan, TransCalc, PipeTracer
- Поставка импортного оборудования и ПО для работ на акваториях - Imagenex Sonars, Reson NaviSound, SyQwest Sonars и др.

АМК "СКАТ-ТИЭМ" зарегистрирован в Реестре Системы сертификации средств измерений под № 090070065. Программы AquaScan, TransCalc, PipeTracer, HydroPlus сертифицированы в Госстандарте России на соответствие требованиям нормативных документов.



отражая реальность

НПП "ФОРТ XXI"

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ АКВАТОРИЙ, ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДВОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ



Дунчевская С. В.,  
 ген. директор ООО НПП «Форт XXI»

Многие организации выполняют работы по обследованию акваторий, подводных переходов трубопроводов и кабелей, подводно-технические работы. В большинстве случаев для приборного и программного обеспечения этих видов работ используется множество разнообразного оборудования и программного обеспечения.

С 2001 года НПП «Форт XXI» развивает методику проведения подобных работ, основанную на использовании программно-аппаратных комплексов с модульной структурой. Разработка, изначально ориентированная на обследование подводных переходов трубопроводов, получила название АМК «СКАТ» (автоматизированный мобильный комплекс «Система картографирования акваторий и трубопроводов»). В дальнейшем при создании нового оборудования и расширении спектра уже используемого фирменного происходило совершенствование возможностей АМК «СКАТ».

«Мозговым центром» комплекса является AquaScan — ПО судовождения, навигации и связи с внешними устройствами. Обработка данных производится в программе TransCalc (см. рис. 1).

Стандартными устройствами, подключаемыми ко всем вариантам комплекса, являются навигационный приемник и эхолот (поддерживающие возможность передачи информации через интерфейс RS-232 в стандартном протоколе NMEA-0183).

В зависимости от конфигурации комплекса и поставленной задачи с программой AquaScan могут стыковаться и другие устройства:

- ♦ дополнительный навигационный приемник (для отображения на электронной карте точной ориентации плавсредства, выполняющего подводно-технические работы (ПТР));
- ♦ судовой трассоискатель ТИЭМ-2 (для определения планово-высотного положения подводных коммуникаций);
- ♦ гидроакустическая система позиционирования (для определения координат и отображения положения буксируемых модулей или рабочих механизмов, используемых при ПТР);
- ♦ датчики определения пространственного положения используемого оборудования.

Скорость обмена и другие параметры передачи данных устанавливаются в пункте «Настройка».

Наличие опциональных сервисов гарантирует обеспечение различных видов работ: для работ с гидролокатором бокового обзора; для съемки профилей скоростей течений на промерных створах.

В программе AquaScan предусмотрена возможность работы в различных системах координат и единицах измерения: метры, км/ч — для внутренних водоемов; мили, узлы — для морских акваторий.

На рис. 2 показано рабочее окно программы AquaScan. В главном окне программы на электронной карте (в качестве подложки могут использоваться любые растровые карты с привязкой по координатам) отображается положение плавсредства, оборудованного одним или двумя навигационными приемниками.



Рис. 1. Блок-схема АМК «СКАТ»

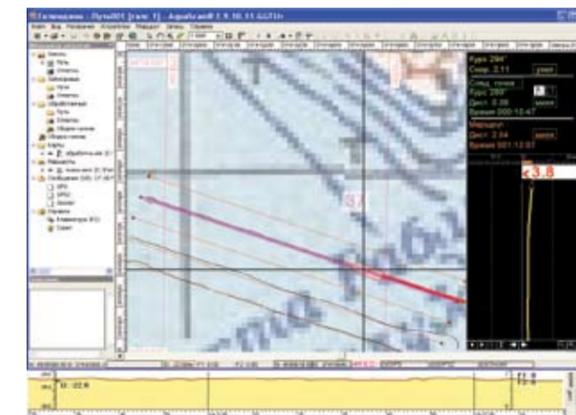
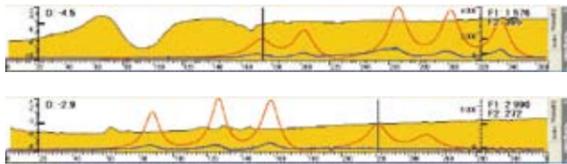


Рис. 2. Рабочее окно программы AquaScan



**Рис. 3. Загруженные профили по пройденным галсам. Показываются сигналы эхолота и трассоискателя ТИЭМ-2**

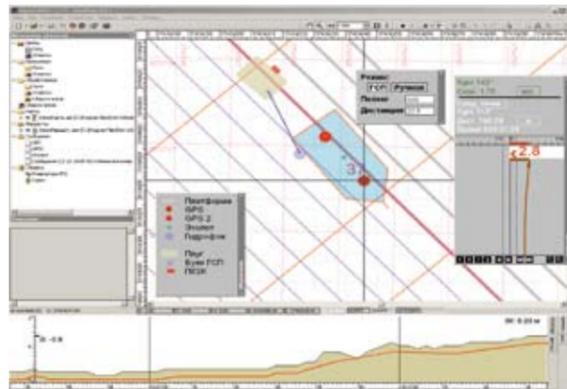
На обследуемой акватории создаются маршруты требуемой конфигурации (змейки, ломаные и т. п.), графически или в цифровой форме задаются количество и длина галсов, расстояние между ними. Передвижение по созданным галсам осуществляется с использованием окна «Навигатор» в правой части рабочего окна программы. Независимо от направления текущего галса на карте, в окне «Навигатор» он всегда направлен снизу вверх. Для судоводителя отображаются: текущая траектория, отклонение от галса, текущие курс и скорость, расстояние и планируемое время до конца галса и всего маршрута. Информация, поступающая с внешних устройств, отображается в графической форме и в цифровой форме в строке состояния, что позволяет оператору осуществлять качественный контроль. Все входящие данные записываются на жесткий диск персонального компьютера. Любые из них можно воспроизвести в режиме «Эмуляция», при этом на экране отображается информация со всех внешних устройств в том же виде, как это происходит в режиме реального времени. Данные каждого отдельного галса могут быть загружены для просмотра в окне «Профиль». При этом для любой точки профиля в окне «Описание» отображаются значения данных со всех внешних устройств (рис. 3).

При использовании гидролокатора бокового обзора (ГБО) на карте отображается полоса обзора. С помощью утилиты GBO\_Click оператор может двумя «кликами» определить координаты любого объекта, появившегося на экране ГБО, сохранить координаты в файл, поместить в окно карты маркер, снабдив его комментарием (рис. 4). Кроме того, утилита GBO\_Click позволяет оператору сохранять в файл координаты точек береговой линии при движении вдоль берега.

Работа специализированного модуля для обеспечения функционирования дополнительных внешних устройств (гидроакустическая система позиционирования (ГСП), датчики определения пространственного положения используемого оборудования) показана на рис. 5. На основании данных, поступающих с двух навигационных приемников, установленных на носу и на корме базового судна, отображается его ориентация. Указывается положение гидрофона ГСП. На основании информации, получаемой от ГСП, определяется положение



**Рис. 4. Работа утилиты GBO\_Click для регистрации координат гидроакустических контактов и оцифровки береговой линии**



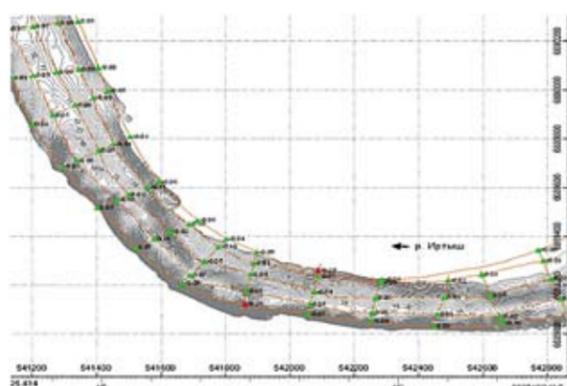
**Рис. 5. Работа модуля обеспечения функционирования дополнительных устройств**

рабочего механизма устройства, буксируемого по дну. По данным, поступающим с датчиков определения положения рабочего механизма, вычисляется и отрисовывается в окне «Профиль» конфигурация разрабатываемой траншеи.

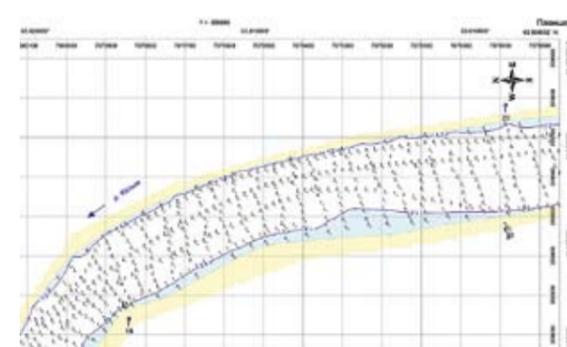
Использование данного модуля позволяет не только выполнять движение надводного судна по запланированным галсам, но и контролировать перемещение и работу буксируемого по дну оборудования.

Конфигурация программы AquaScan для каждого пользователя определяется набором подключаемых устройств и функциональными возможностями. Версия AquaScan Light предназначена для выполнения простых промерных съемок в рамках инженерных изысканий с подключением одного навигационного приемника и эхолота. Версия AquaScan Standard используется для выполнения всех видов работ, производимых при обследовании акваторий и подводных переходов трубопроводов и кабелей. В версии AquaScan Prof реализован весь функционал программы, включая возможность создания отчетов по материалам съемочных работ. Выполняются все необходимые расчеты для привоки полученных данных к требуемому уровню. Для контроля качества измерений производится сличение галсов (рис. 6). По результатам сличения галсов формируется текстовый файл отчета и отчетный планшет, на котором выделяются все точки пересечения галсов с расхождениями, превышающими нормативные значения. Причем возможен выбор определения нормативных значений: по ГКИНП-11-152-85, по СП 11-104-97, фиксированные значения, критерии по выбору пользователя.

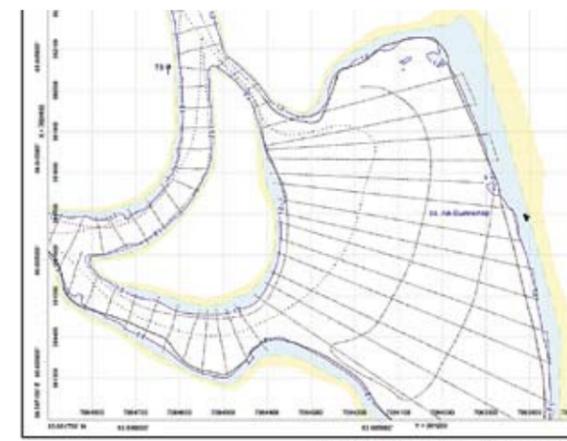
По совокупности данных промерных съемок формируются отчетные планшеты, галсовые кальки и комплекты



**Рис. 6. Фрагмент отчетного планшета по результатам сличения галсов. Красным выделены сверхнормативные значения**



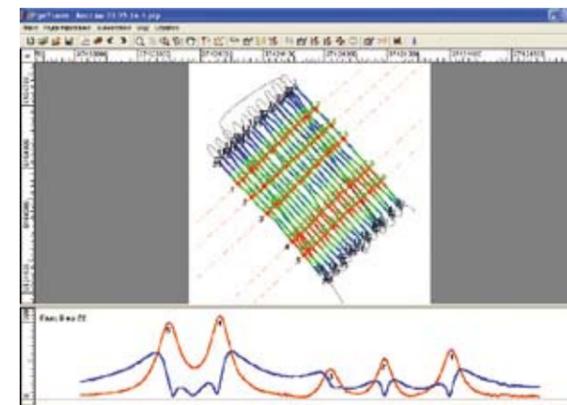
**Рис. 7. Фрагмент отчетного планшета (отображается только габаритная изобата)**



**Рис. 8. Фрагмент галсовой кальки**



**Рис. 9. Комплект судового трассоискателя ТИЭМ-2А**



**Рис. 10. PipeTracer. Рабочее окно программы обработки данных с судового трассоискателя ТИЭМ-2**

цифровых данных в формате S-57. Далее приводятся фрагменты отчетного планшета (рис. 7) с отображением габаритной изобаты и линии уреза воды и галсовой кальки (рис. 8).

Таким образом, версия программы AquaScan Prof обеспечивает выполнение полного объема работ, проводимых при инженерно-гидрографических и инженерно-гидрологических изысканиях, — от производства съемки (с контролем качества данных) до формирования отчетов.

Что касается оборудования, входящего в состав комплекса АМК «СКАТ», то, как уже было сказано выше, его состав подбирается в соответствии с задачами, для решения которых формируется комплекс. В состав комплекса могут интегрироваться любые навигационные приемники и эхолоты, имеющие возможность передачи данных в ПК.

Имеет смысл подробнее остановиться на менее известном оборудовании, таком как судовой трассоискатель. Судовой трассоискатель ТИЭМ-2 был разработан для определения положения подводных коммуникаций без установки антенны на дно водоема. Принцип работы ТИЭМ-2 (фото комплекта показано на рис. 9) основан на измерении электромагнитного поля, создаваемого находящимися на подводном переходе трубопроводами или кабелями. Измерение значений поля производится в горизонтальной плоскости, параллельной поверхности воды. При этом плавсредство (с установленным на нем приборным комплексом) движется по сетке галсов, перпендикулярной оси подводного перехода. Данные, поступающие с ТИЭМ-2, подвергаются предварительной обработке. В режиме реального времени отображаются сигналы с датчиков трассоискателя и спектры сигналов, что позволяет оценить качество сигнала и уменьшить уровень внешних помех.

Использование комплекса АМК «СКАТ-ТИЭМ» с эхолотом и трассоискателем позволяет одновременно выполнять батиметрическую и электромагнитную съемку и определять планово-высотное положение подводных коммуникаций на глубинах до 30 м, параллельно получая подробную информацию о рельефе дна.

Обработка данных трассоискателя производится в программе PipeTracer. Программа PipeTracer обрабатывает весь массив данных по подводному переходу и учитывает взаимное влияние трубопроводов, отклонение их трассы от прямолинейной, направление и силу тока в трубопроводах, наличие других источников электромагнитного поля, данные эхолота. В результате выполнения расчетов по всем ниткам обследуемых коммуникаций формируются продольные профили, экспортируемые в программу итоговой обработки данных TransCalc. При соблюдении всех требований к выполнению съемки и обеспечении достаточного уровня сигнала в обследуемых коммуникациях их высотное положение определяется с предельно допустимым отклонением  $0,01 \times H + 0,05$  при глубине до 10 м и  $0,01 \times H + 0,01 \times (H - 5)$  при глубине от 10 до 30 м.

Комплекс АМК «СКАТ-ТИЭМ» — не просто удобный инструмент. Он зарегистрирован в реестре Системы сертификации средств измерений. Первая версия комплекса была сертифицирована в 2005 году, новая версия внесена в реестр Системы сертификации средств измерений под № 090070065 (сертификат соответствия № 0068 от 19.01.2010 г.).

Для итоговой обработки данных, полученных с использованием комплекса, применяется программа TransCalc с сервисными модулями. Основные задачи, решаемые программой TransCalc: объединение всех этапов процесса обработки в единую систему; возможность контроля качества получаемых результатов на промежуточных этапах съемки и обработки. Программа обеспечивает получение карты дна и профилей труб и кабелей непосредственно на месте выполнения работ, подготовку графических материалов для вывода на печать, визуализацию результатов в удобной и наглядной

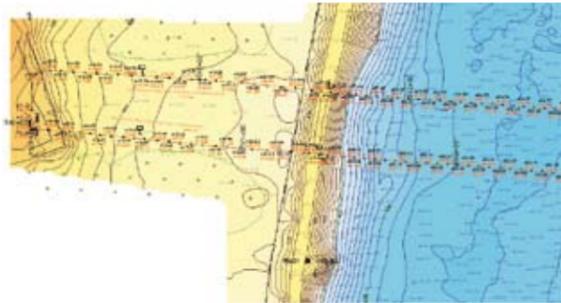


Рис. 11. Фрагмент плана, сформированного программой TransCalc

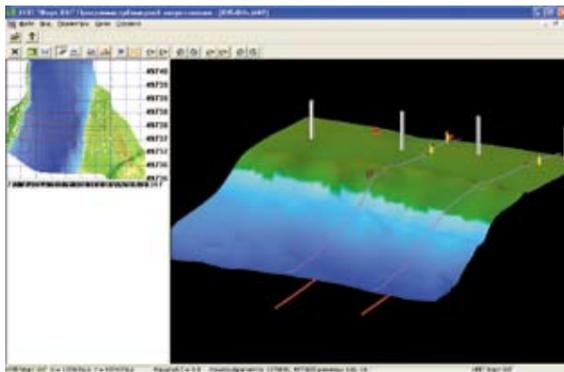


Рис. 12. Фрагмент 3D модели подводного перехода трубопроводов

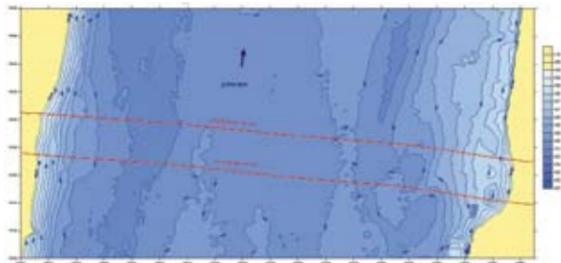


Рис. 13. Акватория до начала ПТР по засыпке трубопроводов

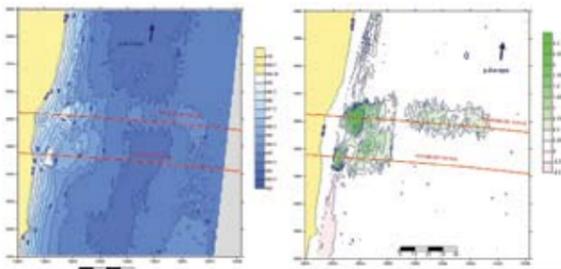


Рис. 14. Участок ПТР после выполнения первого этапа засыпки. Разностная карта с объемами засыпки

форме, возможность включения программ визуализации в действующие базы данных, выдачу выходной информации в стандартных форматах.

Итогами работы программы TransCalc являются: план обследованной акватории и прилегающих к ней береговых участков; продольные и поперечные профили коммуникаций; про-

извольно ориентированные профили (в том числе профиль по линии тальвега), эпюры и карты скоростей течений; таблицы выступающих над грунтом участков и недостаточно заглубленных трубопроводов и кабелей; программа трехмерной визуализации результатов обследования; программа сравнения профилей коммуникаций на переходе. После подготовки всего набора исходной информации в автоматическом режиме строится план акватории и прилегающих береговых участков. Фрагмент плана подводного перехода трубопроводов показан на рис. 11.

По тому же комплекту данных, по которому строятся план и профили, формируется набор данных для программы трехмерной визуализации результатов обследования. Модуль 3D визуализации с комплектом данных легко встраивается в базы данных и ГИС-приложения. Фрагмент 3D модели подводного перехода показан на рис. 12.

Использование программы TransCalc позволяет значительно уменьшить временные и интеллектуальные затраты на обработку данных.

Отдельный сервисный программный модуль предназначен для мониторинга процессов, происходящих на дне акватории. По данным промерных съемок, последовательно выполненных на одной и той же акватории, программа автоматически строит батиметрические карты и карту измененный рельефа. Одновременно вычисляются объемы извлеченного или добавленного грунта. Построение разностных карт используется для мониторинга естественных русловых процессов, происходящих на дне акваторий, и для контроля качества и объема подводно-технических работ. При этом контролировать результаты выполненных работ по засыпке или выемке грунта можно в течение минимального времени после их выполнения. Для примера на рис. 13 и 14 показаны результаты последовательных съемок, выполненных перед началом ПТР и после окончания их первого этапа на подводном переходе трубопроводов.

Таким образом, необходимый состав комплекса формируется в зависимости от видов работ, выполняемых на акваториях. Одни пользователи применяют облегченный комплекс для производства простых промерных работ, другие используют комплекс для приборного сопровождения подводно-технических работ, третьи выполняют работы по обследованию подводных переходов трубопроводов и кабелей. Общим для всех вариантов программно-аппаратного комплекса АМК «СКАТ» является то, что процессы съемки и обработки данных объединены в единую цепочку, минимизированы промежуточные операции и максимально автоматизированы процедуры формирования итоговых материалов.



ООО «Научно-производственное предприятие «ФОРТ XXI»

141070 Московская обл., г. Королев,  
ул. Пионерская, д. 4

Тел./факс +7 (495) 513-24-63

Тел.: (495) 505-37-14;

+7 (962) 990-16-92; +7 (962) 990-17-62

E-mail: mail@fort21.ru

http://www.fort21.ru

КОМПЛЕКСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЧЁРНЫМ  
СОРТОВЫМ И ФАСОННЫМ МЕТАЛЛОПРОКАТОМ

МЕТАЛЛОПРОКАТ, ШПУНТ **Ы**



**ПРОФИЛЬ**  
ГРУППА ФИРМ



ДАЕШЬ  
**ШПУНТЫ**

ЛУЧШИХ ШПУНТОВ  
И НЕ БЫЛО  
И НЕТ!

ТРУБОШПУНТ **Ы**

БАЛОЧНЫЕ ШПУНТ **Ы**

ШПУНТОВЫЕ КОННЕКТОР **Ы**

КОМБИНИРОВАННЫЕ СТЕН **Ы**

**КУПЛЮ САМА**

**И ДАМ ДРУЗЬЯМ СОВЕТ !**

125412, МОСКВА, УЛ. АНГАРСКАЯ, Д. 26, КОРП. 3 E-MAIL: [POCHTA@PROFILGROUP.RU](mailto:POCHTA@PROFILGROUP.RU)  
[WWW.PROFILGROUP.RU](http://WWW.PROFILGROUP.RU) +7 (495) 707-4-707 15 КАНАЛОВ



Фотография любезно предоставлена компанией JadeWeserPort Realisierung GmbH & Co. KG

Контейнерный терминал  
Бремерхафен:  
Протяженность 4940 м

JadeWeserPort, Германия  
Контейнерный терминал Вильгельмсхафен:  
окрашено более 400 000 м<sup>2</sup> шпунтовых стенок  
(включая проект расширения порта,  
строительство 2008-2012гг.

### Антикоррозионная защита полиуретановыми материалами фирмы Steelpaint-платформа, на которой строится все больше морских портов

► Даже при продолжительном воздействии морской и пресной воды и УФ излучения покрытия Steelpaint остаются эластичными, сохраняют непроницаемость и не растрескиваются. Таким образом, гарантируется более надежная по сравнению с эпоксидными покрытиями МНОГОЛЕТНЯЯ АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА морских гидротехнических сооружений.

## **STEELPAINT**

Steelpaint GmbH - P.O.Box 231 - D-97305 Kitzingen  
Am Dreistock 9 - D-97318 Kitzingen - Germany  
phone 0049(0)9321/3704-0 - fax 0049(0)9321/3704-40  
www.steelpaint.com - Email: mail@steelpaint.com

Офис в Москве: 121069 Мерзляковский пер. 15 оф. II  
Телефон: (495) 697 15 66, 933 28 46 Факс: (495) 935 89 21  
E-mail: steelpaint@co.ru