

Распространяется бесплатно

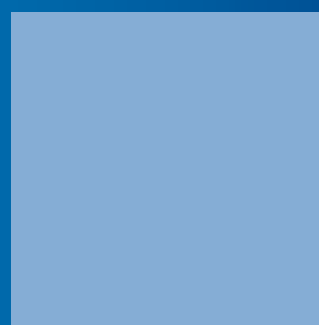
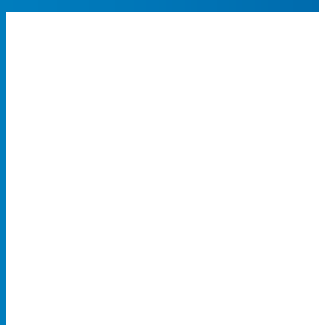
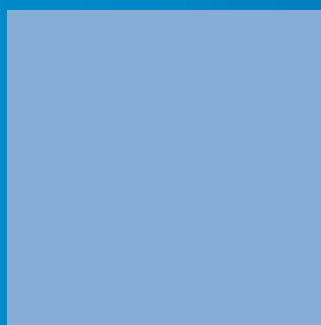
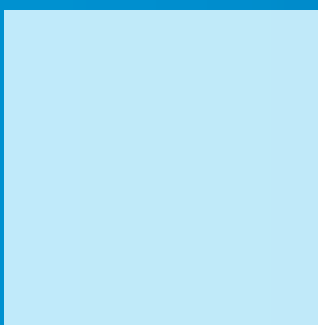
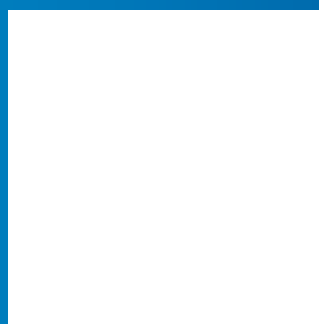
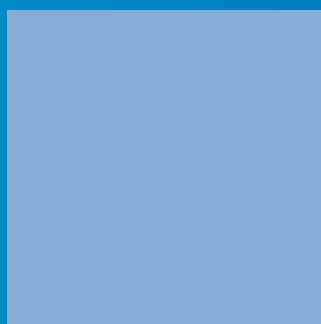
Издается с 2008 года

ГИДРОТЕХНИКА

Гидроэнергетика. Богучанская ГЭС. Морские ГЭС. Строительство.
Подводные трубопроводы. Экология и гидротехника.
Гидромеханизация. Подводно-техническое оборудование

№ 1 (26)
2012

январь – март 2012



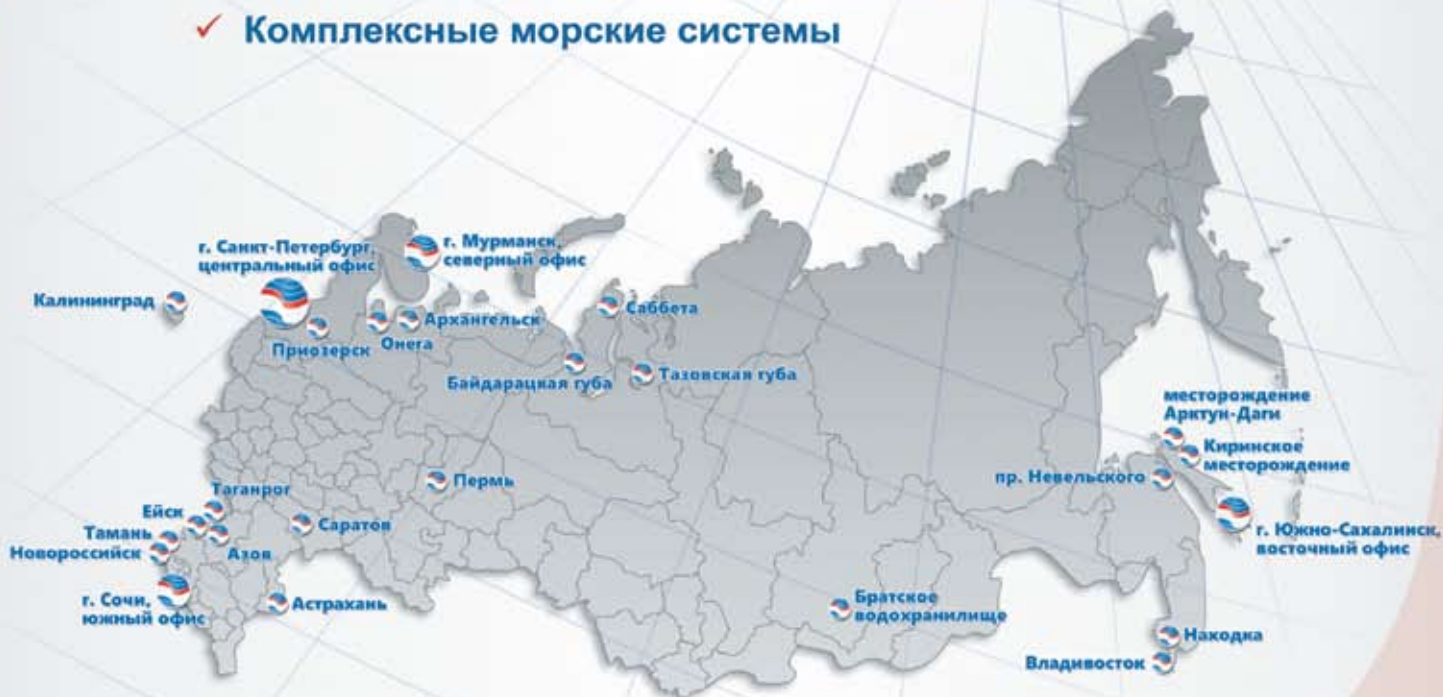
ИНЖЕНЕРНОЕ
ИСКУССТВО



ООО «Фертоинг» - инженерная компания, основным направлением деятельности которой является обеспечение безопасной эксплуатации и строительства объектов морской инфраструктуры, навигационно-гидрографическое обеспечение безопасности мореплавания на акваториях портов и подходах к ним.



- ✓ Комплексные гидротехнические работы
- ✓ Комплексные гидрографические работы
- ✓ Подводно-технические работы
- ✓ Морская инженерная геология
- ✓ Средства навигационного обеспечения
- ✓ Комплексные морские системы



Головной офис ООО «Фертоинг»:

196158, г. Санкт-Петербург, Пулковское шоссе, д. 40, корп. 4, литер А, офис А7060
тел. +7 (812) 240-44-90, факс: +7 (812) 240-44-91

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: pgemash@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 УТЭС-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.

Журнал ГИДРОТЕХНИКА

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

Член Ассоциации «МОРПОРТЭКСПЕРТИЗА»

Журнал размещен в Национальной электронной библиотеке и включен в Российский индекс цитирования

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, gidroteh2008@yandex.ru, pr@hydroteh.ru

Аксеновская Любовь

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

Технический редактор:

Кудрявцева Ольга Вадимовна

Дизайн и верстка: **Елена Владимировна**

Корректор: **Мария Доброва**

Руководитель веб-проектов: **Глеб Плехотник**

Фотокорреспондент: **Евгений Елинер**

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 18.01.2012

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:

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 «Гидроэнергопром»

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

Любимов В. С., к. т. н., советник РААСН, чл.-кор. РИА,
зам. руководителя Центра «Гидротехническое строительство»
ДальНИИС

Маркович Р. А., главный специалист НТО по антикоррозионной
защите ОАО «ЛенморНИИпроект»

Меншиков В. Л., к. т. н., президент Ассоциации
«Морпортэкспертиза»

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»,
директор по технической политике ОАО «РусГидро»

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 СПбГУ, главный
специалист ООО «Нефтегазгодезия»

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»



*Дорогие партнеры!
Уважаемые коллеги!
Поздравляем вас
с Новым годом!
Успехов, стабильности,
новых достижений
вам в профессиональной
деятельности!
Радости, тепла,
понимания в жизни!
Мира и уюта в доме!*

Редакция журнала «ГИДРОТЕХНИКА»

Ушедший 2011 год стал этапным в нашей работе – журналу «ГИДРОТЕХНИКА» исполнилось три года. Можно с уверенностью сказать, что журнал, начавший свое возрождение в самый разгар экономического кризиса, прошел этап становления и занял свою нишу в информационном пространстве. Сегодня журнал востребован профильными специалистами, менеджерами, руководителями федерального уровня в самых разных областях профессиональной деятельности и практически во всех регионах России. В отличие от большинства специализированных изданий нам удалось сохранить систему бесплатного распространения журнала – в современных условиях именно этот маркетинговый принцип обеспечивает информирование широкого круга профессионалов.

Однако мы изначально понимали суть журнала не просто как источника информации – важно было сделать журнал действующим средством продвижения эффективных технологий в современную российскую экономику и производство, средством взаимосвязи науки и практики, инструментом решения профессиональных проблем. Для достижения этой цели работа редакции не ограничивается только лишь изданием журнала. За прошедшие три года удалось построить систему обратной связи с большинством профильных ведомств федерального уровня, курирующих гидротехнические сооружения в своих отраслях, а также охватить значительную часть региональных комитетов, организаций и компаний, которые формируют государственный заказ в области гидротехнического строительства и выступают генеральными подрядчиками строительства и реконструкции объектов.

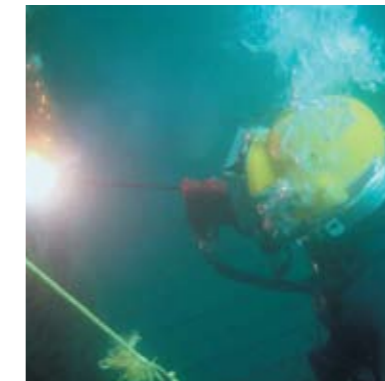
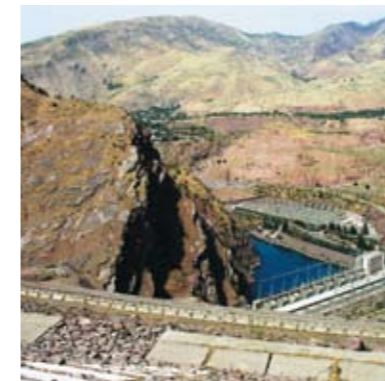
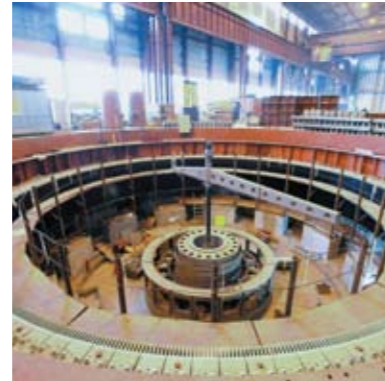
Участие редакции в конференциях, выставках, семинарах как федерального, так и регионального уровня обеспечивает продвижение опыта компаний и научных разработок в самые разные сферы производства, которые в силу исторически сложившихся условий оказались разрозненными. Редакция выступает инициатором и организатором отраслевых и межотраслевых конференций, форумов, в результате которых специалистам удастся продвигать решение серьезных проблем. Мы искренне рады, что значительная часть авторов, рекламодателей журнала имеют отклики на свои публикации, заказы и предложения по реализации технологий – ради этого и существует журнал.

Однозначно, все усилия редакции оказались бы тщетны, если бы ни наши настоящие соратники – ученые, инженеры, руководители, работники самых разных специальностей, которые в деле создания журнала сыграли главную роль и сегодня обеспечивают такое содержание журнала, которое работает на развитие гидротехнического строительства и смежных областей производства.

Безусловно, еще многое предстоит сделать, на страницах журнала можно найти вопросы, спорные моменты, неоднозначные ситуации. Но нам представляется особо важным говорить об этом, обсуждать на профессиональном уровне и поддерживать всех, кто берется за решение профессиональных проблем и обеспечивает развитие гидротехнического строительства во всех его направлениях.

*С уважением и наилучшими пожеланиями, Татьяна Ильина,
главный редактор журнала «ГИДРОТЕХНИКА»*

ГИДРОТЕХНИКА



По дороге созидания: к юбилею В. А. Волосухина.....6-7

Раздел 1

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА.....8–23

ПромГидроЭнергоМаш — ваш надежный партнер в сфере энергетики..... 1

Доможиров Л. И. К обоснованию ресурса элементов гидротурбинного оборудования..... 10

Байков А. И. «Камспецэнерго» — 35 лет в гидроэнергетике. Монтаж и ремонт оборудования ГЭС и ГТС..... 16

Курочкин А. С., Курочкин С. А., Осадчий В. Л., Ширяев А. А. Внедрение технологии сверхглубокой очистки энергетических масел на энергообъектах ОАО «ИРКУТСКЭНЕРГО»..... 18

Ратман В. И., Меграбян Ю. О., Кмотриков Н. И. Контрольная сборка гидротурбинного оборудования Рогунской ГЭС..... 20

Раздел 2

БОГУЧАНСКАЯ ГЭС24–47

Волынчиков А. Н. Богучанская ГЭС в завершающей стадии..... 25

Романов А. В. Богучанская ГЭС — крупнейшая гидроэнергетическая стройка России..... 32

Пеклер К. В., Шмонденко М. Г., Степанов В. Н., Иванов С. В. Гидравлические турбины для Богучанской ГЭС..... 38

Петров А. М. О вкладе ЗАО «ИАЭС» в строительство Богучанской ГЭС..... 42

ЗАО «ГК Электроцит» — ТМ Самара» на Богучанской ГЭС..... 44

Черняев А. П. ООО «НПП «СИБЭРА»: Экспертиза промышленной безопасности..... 45

Инновационные геодезические технологии и оборудование от ООО «Фирма Г.Ф.К.» 46

Колпаков И. В. Защита персональных данных в таежных условиях. СЗПДн для Богучанской ГЭС..... 47

Раздел 3

МОРСКИЕ ГТС. ПОРТОВАЯ ИНФРАСТРУКТУРА48–71

ГОСТ «Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» 49

Мельник Г. В. Основные положения действующих методических рекомендаций по контролю технического состояния и оценке безопасности судоходных гидротехнических сооружений..... 50

Мещанов С. Л. Модульные компрессорные станции J.P. SAUER&SOHN 58

Программа поставок шпунтовых свай от ООО «Нева-МеталлТрэйд» 59

Ерашов В. П., Бос Анко. Прокладка подводных газопроводов на арктическом шельфе России: опыт голландской компании «Ван Оорд» 60

ЗАО «Мариметр»: система уровневых постов на Калининградском морском канале..... 63

Мельников А. Ю., Тарасенко П. Ф. Проблемы навигационно-гидрографического обеспечения мореплавания на подходах и акваториях портов РФ в современных условиях 64

Гидротехническое строительство на Сахалине: опыт компании МИДО..... 66

Жигульский В. А., Шуйский В. Ф., Соловей Н. А. Прогнозная экспресс-оценка экологической опасности гидростроительных работ 68

Раздел 5

СТРОИТЕЛЬСТВО. РЕМОНТ. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГТС.....72–95

Истомин В. И. О научном подходе к расчетам устойчивости грунтовых откосов 74

Бойков О. И. Инженерная защита территории в сложных условиях. Объект: логистический складской комплекс «ТРИЛОДЖИ» 78

ООО «Трест Запсибгидрострой» — новые технологии в гидротехническом строительстве 81

Давиденко В. М., Рубин Д. Б., Фотнев П. И. Некоторые вопросы повреждения и ремонта туннельных сооружений в гидротехническом строительстве 85

Лупачев О. Ю., Романченко А. А. Исследование повреждаемости геомембраны из полиэтиленовой пленки, расположенной на основании из фракционированного щебня, гидростатической нагрузкой 88

Пятаков В. Г., Неретин А. В. Выбор способа расширения хвостохранилища 92

Мамедов Р. С. Состояние гидротехнических и воднотранспортных сооружений в настоящее время. Актуальные вопросы по ремонту и усилению конструкций 94

ТЕХПОЛИМЕР: производство геосинтетических материалов в России 95

Раздел 6

ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ. ПОДВОДНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ96–106

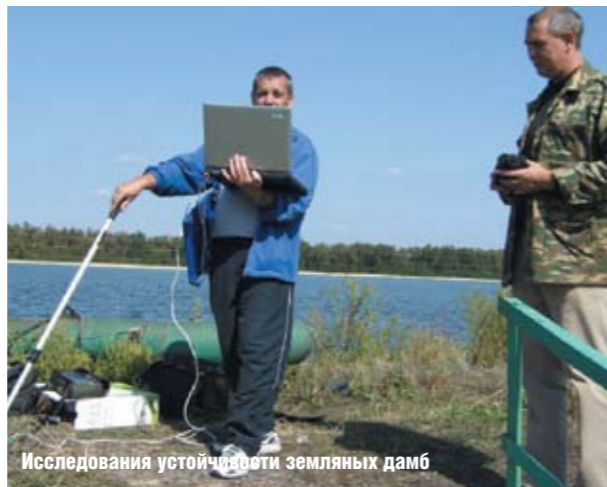
Чижов Е. А., Чижов А. Е., Новиков С. Г., Чижов М. Е., Миронов А. К. Эксплуатационная надежность оборудования гидромеханизации из полимерных материалов 97

Шилин М. Б., Мамаева М. А., Леднова Ю. А., Волнина О. В. Дреджинг как фактор оптимизации экологической ситуации в береговой зоне 100

Работоспособность первого СВК на глубине 100 метров подтверждена (ОАО «Тетис Про») 104



В НГМА разработана и запатентована (патент № 2291931) гибкая дамба многоцветного использования для разгрузки русел



Исследования устойчивости земляных дамб



Обсуждение проблемы пропуска паводковых расходов по реке Кубань на модели Невинномысского гидроузла



Модель водоприемника Загорской ГАЭС-2

ПО ДОРОГЕ СОЗИДАНИЯ: К ЮБИЛЕЮ В. А. ВОЛОСУХИНА

Виктор Алексеевич Волосухин относится к той редкой сегодня когорте людей, которым не безразлична судьба своей страны и которые способны созидать ради нее, какая бы «политическая» обстановка ни царилла вокруг, — и в этом нет ни капли пафоса. Родившийся на Ставрополье в день разгрома фашистов под Сталинградом и названный родителями в честь этой большой победы Виктором, он словно впитал особую энергетику этого края, мужество и стойкость гор, красоту и вдохновение природы, стремительность и силу горных рек, тепло и яркий свет солнца. Глядя на этого энергичного, подтянутого, целеустремленного человека, рабочие дни которого не знают выходных, не подумаешь, что Виктор Алексеевич встречает свое 60-летие. Как сказал о профессоре Волосухине друг и коллега А. А. Данцев: «Труд для Виктора Алексеевича — источник радости и вдохновения, главное содержание его жизни, которая в полной мере научила его трудиться и учить этому искусству других. Профессор считает, что праздность — подлинный бич людей, что по-настоящему благороден всегда лишь только труд».

Профессиональный выбор В. А. Волосухина был не случаен — как житель Ставрополья он на себе испытал все проблемы этого края, связанные как с природной стихией, так и с вмешательством человека в природу. В 1968 г. Виктор Алексеевич поступил на гидромелиоративный факультет Новочеркасского инженерно-мелиоративного института (ныне НГМА) и уже со второго курса начал активно заниматься научно-исследовательской работой под руководством заслуженного мелиоратора РСФСР Д. Д. Савина. В 1971 г. молодой исследователь получил решения обратных краевых задач мягких оболочек для геометрических и физических нелинейных условий, которые были одобрены директором НИИ механики и прикладной математики Ростовского государственного университета, академиком АН СССР И. И. Воровичем и в последующем использованы в целом ряде кандидатских и докторских диссертаций.

Ныне Виктор Алексеевич — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ, действительный член (академик) Российской академии естественных наук, Российской академии проблем водохозяйственных наук, Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Он автор 586 опубликованных работ, в том числе 5 учебников, 22 учебных пособий с грифами различных министерств, 25 монографий, 49 патентов и авторских свидетельств, из которых 6 внедрены в водохозяйственном строительстве России с высоким экономическим эффектом. Под руководством В. А. Волосухина создана южная научная школа по безопасности гидротехнических сооружений. Ученым подготовлено 7 докторов наук и более 30 кандидатов наук.

Виктор Алексеевич — талантливый организатор, умеющий вести коллектив к решению поставленных задач, поэтому его постоянно приглашали на руководящие посты. Как считают близкие ученого, он мог бы быть эффективным министром любой отрасли. С 1996 по 2002 гг. В. А. Волосухин работал проректором НГМА по учебной работе, с 2002 по 2009 гг. — проректором по научной работе. Более 10 лет (2000–2011 гг.) он являлся председателем докторского совета по гидротехническим сооружениям. Разработки В. А. Волосухина в области строительства сооружений и водохозяйственных конструкций из композитных высокопрочных материалов получили широкое распространение не только в России, но и в ведущих странах мира — США, Италии, Франции, Германии, Японии и др. Только в 2006–2011 гг. по патенту на изобретение В. А. Волосухина изготовлено в заводских условиях десять комплектов гибких дамб, установленных в бассейнах рек Кубани и Терка с целью снижения ущербов от быстротформирующихся паводков.

Под руководством профессора Волосухина проведены исследования водных ресурсов (с оценкой состояния и выявлением проблем) по шести субъектам ЮФО, сформирован

банк современных комплексных натуральных данных длительно эксплуатирующихся водохранилищ, дамб обвалования в бассейне Кубани, Терка, Кумы, Подкумка и их притоков, русло-регулирующих сооружений, дренажных систем. Исследования проведены с использованием современной аппаратуры, в том числе спутниковых технологий.

Профессором Волосухиным разработаны рекомендации по повышению безопасности Невинномысского и ряда других гидроузлов, сооружений Краснодарского, Отказинского, Чограйского, Сенгелеевского, Варнавинского, Крюковского водохранилищ, Большого Ставропольского и Донского магистрального каналов. Проведенное натурное обследование гидротехнических сооружений Невинномысского канала позволило представить Управлению эксплуатации рекомендации по их реконструкции и капитальному ремонту. Научно обоснован комплекс инженерных сооружений для защиты населения и хозяйственных объектов в селеопасных бассейнах. Проведены исследования водного режима самого большого на Северном Кавказе Безингийского ледника. Обобщен

ны натурные данные по сходу 446 селевых потоков в районе Северного Кавказа за 15 лет (с 1996 по 2011 гг.). По его разработкам изготовлено и построено более 5 тыс. различных конструкций водного хозяйства, 100 водосбросных сооружений при земляных плотинах, затворах и водоподъемных плотин.

Ныне Виктор Алексеевич заведует кафедрой строительной механики (с 1986 г.) НГМА и является директором Института безопасности гидротехнических сооружений. Его профессиональная деятельность простирается по всей России, от Кавказа до Владивостока. Сегодня его не только как ученого, но прежде всего как истинного гражданина и патриота, беспокоит огромное количество заброшенных, разрушаемых временем водохозяйственных сооружений, которые могли бы еще приносить пользу. Виктор Алексеевич добивается решения общероссийских проблем водного хозяйства на самом высоком уровне.

За научные разработки Виктор Алексеевич награжден тремя медалями ВДНХ СССР, отечественными и зарубежными нагрудными знаками. Он имеет общественные награды: орден «За пользу Отечеству» Российской академии естественных наук (2006 г.), орден «За заслуги в науке» Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (2007 г.), ордена «Персона эпохи» (2006 г.) и «Гордость нации» (2007 г.) Российской академии общественного признания заслуг и достижений граждан. Губернатором Ростовской области В. Ф. Чубом (2005 г.) поощрен почетной грамотой и ценным подарком как лучший ученый Дона.

В. А. Волосухин активно работает в редакционных коллегиях научно-образовательного и прикладного журнала «Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки», межотраслевого российского журнала «ГИДРОТЕХНИКА» — благодаря именно Виктору Алексеевичу наш журнал широко узнали на Юге России, и в журнале стали активно обсуждаться проблемы и объекты южных регионов.

При всем оказанном ему почете Виктор Алексеевич остается очень открытым, скромным человеком, который не останавливается на достигнутом и философски относится к наградам, при этом каждый раз подчеркивая, что любое достижение — это труд многих людей, его соратников и единомышленников. Сегодня он видит множество еще нерешенных задач, и главное — у него есть способы решения, силы, единомышленники и желание приносить пользу людям.

При подготовке публикации использована книга А. А. Данцева «Опережая время. Штрихи к творческому портрету профессора В. А. Волосухина».

Коллеги, друзья, семья и близкие, а также редакция и читатели журнала поздравляют Виктора Алексеевича с 60-летием! Желаем Вам, дорогой Виктор Алексеевич, крепкого здоровья на долгие годы, покорения новых творческих вершин, благополучия Вам и Вашей семье! Спасибо за то, что Вы с нами!

Дыба В. П., профессор, доктор техн. наук, член президиума РОМГГиФ





Sauer Compressors

Dependable Compressors!



Используй мощь Воздуха!

Компрессоры Sauer для промышленности и энергетики. Потому что качество – главный приоритет во всем мире.

Поршневые компрессоры из Германии с уникальным опытом применения в самых сложных условиях и традициями высочайшего качества.

Производительность. Надежность. Компактность.

- Давление 1–42 МПа
- Производительность 15–2000 м³/ч
- Воздух, Азот



*Компрессоры Sauer для промышленности.
Передовые технологии – выдающиеся результаты.*



J.P. SAUER & SOHN
MASCHINENBAU GMBH

Head Office
J.P. Sauer & Sohn
Maschinenbau GmbH
www.sauersohn.de



Официальный дистрибьютер в РФ
ООО «ДАЛВА КОНСАЛТИНГ»
www.dalva.ru
тел. +7 (495) 223-71-07

Комплексные решения Индивидуальный подход Сервис

К ОБОСНОВАНИЮ РЕСУРСА ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРОТУРБИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ



Доможиров Л. И.,
доктор техн. наук, зав. лаб. «Живучесть материалов и конструкций» ОАО НПО «ЦНИИТМАШ»

Повышение надежности машин и конструкций является приоритетной задачей современного машиностроения, которая должна решаться на базе новейших научных разработок в течение всего цикла жизнедеятельности оборудования, от его проектирования до окончания функционирования. К сожалению, в гидроэнергетике понимание неотложности решения проблем, направленных на обеспечение высокой надежности гидротурбинного оборудования, сформировалось лишь после крупнейшей в отечественной гидроэнергетике аварии на Саяно-Шушенской ГЭС в результате разрушения 2-го гидроагрегата станции.

Важнейшим показателем надежности оборудования является ресурс, который обозначает суммарную наработку объекта — от начала эксплуатации до перехода в предельное состояние, приводящее объект к временному или окончательному прекращению эксплуатации. Такие показатели надежности оборудования, как долговечность, безотказность, вероятность безотказной работы и ряд других, базируются на понятии ресурса [1]. Очевидно, что те положения, которые включаются в представление о ресурсе, должны служить базой для последующих решений, направленных на обеспечение надежной эксплуатации оборудования.

В настоящее время вопросы ресурса поднимаются практически на всех конференциях и совещаниях, посвященных проблемам гидроэнергетики, и обсуждаются как специалистами, так и руководящим составом гидроэнергетической отрасли. При этом нередко вопросы обоснования ресурса рассматриваются без достаточно четких представлений об основных факторах, определяющих ресурс, что может привести к недостаточным, а в ряде случаев и к неправильным решениям, направленным на достижение надежной эксплуатации гидроэнергетического оборудования.

В представленной работе изложены взгляды автора на ряд стержневых положений, определяющих ресурс элементов гидротурбинного оборудования, работающих в условиях циклического нагружения и коррозионной (водной) среды.

Сначала отметим следующее. Ресурс является объективной характеристикой элементов оборудования, отражающей их индивидуальные качества и условия эксплуатации. Факторы, влияющие на ресурс, целесообразно разделить на две группы. К первой группе отнесем ресурсопределяющие характеристики материала, устанавливаемые с учетом кон-

структивных форм и размеров объекта, а также технологии его изготовления. Ко второй — условия эксплуатации объекта, влияющие на ресурс. Разделение указанных факторов на две группы обусловлено тем обстоятельством, что если фактические условия эксплуатации можно регистрировать в режиме online и, следовательно, вносить уточнения в расчетный ресурс объекта в процессе его эксплуатации, то ресурсопределяющие характеристики материала имеют статистическую природу, и следовательно, расчетный ресурс всегда будет носить вероятностный характер.

Из сказанного следует, что изменение (увеличение или уменьшение) ресурса эксплуатируемого оборудования возможно лишь в результате изменения каких-либо факторов, относящихся ко второй группе, а также при проведении ремонтных мероприятий, направленных на продление ресурса в результате устранения повреждений материала, возникающих в процессе эксплуатации объекта. В связи с этим никакими расчетными действиями изменить ресурс невозможно. Поэтому, говоря о прогнозировании ресурса при проектировании или оценке остаточного ресурса в процессе эксплуатации, следует понимать, что речь здесь может идти только о расчетных сроках эксплуатации, достоверность которых определяется также и применяемой методологией расчета.

В инженерной практике прочностные расчеты принято проводить с использованием коэффициента запаса прочности по напряжениям n_σ , исходя из условия

$$n_\sigma \geq [n_\sigma], \quad (1)$$

где $[n_\sigma]$ — нормативное значение коэффициента запаса прочности, величина которого зависит от способа определения расчетных нагрузок и напряжений, характеристик прочности материалов и выбирается на основании опыта проектирования, изготовления и эксплуатации оборудования.

Расчеты на усталостную прочность деталей машин и конструкций при линейном напряженном состоянии обычно проводят, используя соотношение [2]

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{\varepsilon_\sigma} \sigma_a + \Psi_\sigma \sigma_m}, \quad (2)$$

где σ_{-1} — предел выносливости материала (лабораторных образцов) при симметричном цикле, σ_a — переменные на-

пряжения, σ_m — постоянные напряжения, K_σ — эффективный коэффициент концентрации напряжений, ε_σ — масштабный коэффициент, Ψ_σ — коэффициент влияния асимметрии цикла.

Соотношение (2), учитывающее через коэффициенты K_σ и ε_σ конструктивные особенности элемента оборудования, а через коэффициент Ψ_σ условия его эксплуатации, применимо в тех случаях, когда материал с учетом условий эксплуатации имеет физический предел выносливости (кривая усталости 1 на рис. 1). Вопросы обоснования ресурса в данном случае остаются за пределами области применимости уравнения (2).

В коррозионной среде физический предел выносливости σ_{-1} конструкционных сталей отсутствует [3], и усталостное разрушение материалов может произойти при весьма низких напряжениях, если число циклов нагружения окажется достаточно большим. Поэтому при расчетах на усталостную прочность элементов оборудования (например, лопастей рабочих колес гидротурбин [4, 5]), проводимых по формулам типа (2), отсутствие физического предела выносливости материалов в коррозионной среде учитывается заменой σ_{-1} на ограниченный предел выносливости σ_{-1}^N для базы N , отвечающей проектному сроку эксплуатации. Значение σ_{-1}^N определяется на основании экспериментальной кривой усталости, представляемой обычно в виде степенного уравнения

$$\sigma = aN^{-b}, \quad (3)$$

которое в двойных логарифмических координатах $\lg \sigma$ — $\lg N$ представляет собой наклонную прямую (кривая усталости 2 на рис. 1).

Допускаемый уровень переменных напряжений σ_a определяется следующим образом. Для задаваемого (проектного) срока эксплуатации элемента оборудования определяют число циклов $N_{пр}$ и по уравнению (3) находят значение σ_{-1}^N . Затем, задаваясь коэффициентами K_σ , ε_σ , Ψ_σ и n_σ , из соотношения (2) определяют допускаемый уровень переменных напряжений σ_a .

Поскольку уровень ограниченного предела выносливости σ_{-1}^N зависит от числа циклов N , то появляется возможность оценить ресурс N_p и проводить расчеты на усталостную прочность также и по коэффициенту запаса прочности по долговечности n_N , определяемому как

$$n_N = \frac{N_p}{N_{пр}}. \quad (4)$$

Алгоритм определения N_p состоит в следующем. Для задаваемого (проектного) срока эксплуатации определяется число циклов $N_{пр}$, а по уравнению (3) — значение σ_{-1}^N . Затем для заданного коэффициента n_σ на основании кривой усталости 2 (рис. 1) определяется допускаемый уровень переменных напряжений σ_a . И, наконец, по кривой усталости или уравнению (3) устанавливается расчетная оценка ресурса N_p . Указанная процедура представлена на рис. 1 пунктирными линиями.

Ясно, что между коэффициентами n_N и n_σ должна существовать определенная связь, поскольку увеличение одного из них должно приводить к повышению другого. Для практических целей важно определить и количественную зависимость. Применительно к кривой усталости, соответствующей соотношению (2), связь между коэффициентами n_N и n_σ принимает вид

$$n_N = (n_\sigma)^{\frac{1}{b}}, \quad (5)$$

где b — показатель степени уравнения (3). В соответствии с (5) при одинаковом уровне n_σ значение n_N будет выше для материала с более низким уровнем показателя степени уравнения (3). Если принять, что кривые усталости элементов оборудования с учетом условий его эксплуатации будут располагаться эквидистантно кривой усталости лабораторных образцов (кривая усталости 2 на рис. 1), на основании которой проводятся, как отмечалось выше, расчеты на усталостную прочность, то соотношение (5) применимо и для элементов оборудования.

Поскольку в настоящее время расчеты на усталостную прочность элементов гидротурбинного оборудования проводятся лишь по коэффициенту запаса прочности по напряжениям n_σ , то на примере гидротурбинной стали 06X12H3Д определим, какие могли бы быть значения коэффициента n_N . Согласно [4, 5] значения показателя степени b уравнения (3) для плоских образцов сечением 180 × 200 мм составляют 0,185 и 0,213 для литого и катаного состояния материала. Для коэффициента запаса прочности по напряжениям $n_\sigma = 1,4$ в соответствии с (5) получим $n_N = 6,6$ и 4,9 для литого и катаного состояния стали, а для $n_\sigma = 1,6$ — $n_N = 12,7$ и 9,1 соответственно. Из этого примера следует, что при небольших наклонах кривых усталости, определяемых коэффициентом b

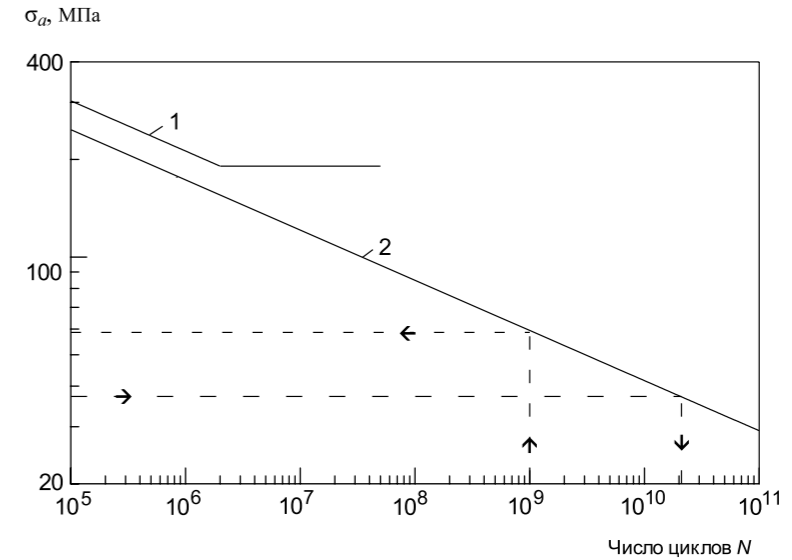


Рис. 1. Вид кривых усталости на воздухе (1) и в коррозионной среде (2)

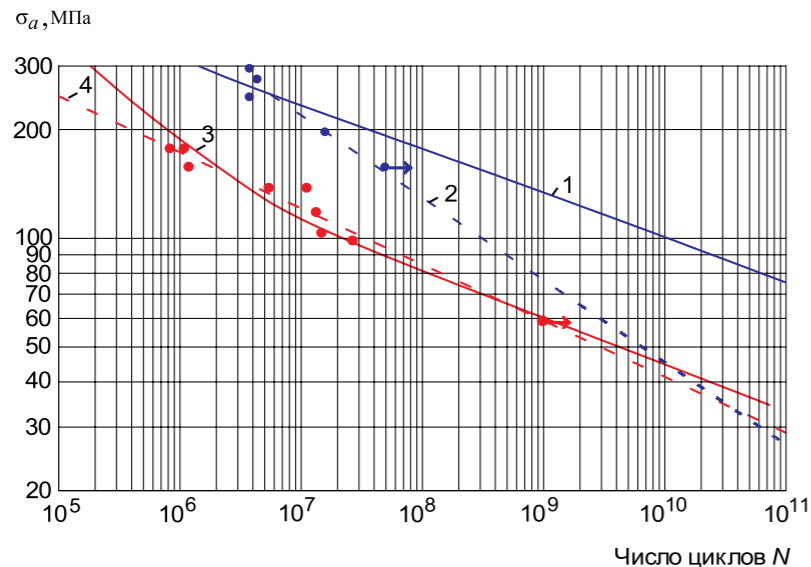


Рис. 2. Коррозионно-усталостные кривые образцов сечением 50 × 75 мм из стали 06X12H3D в катаном (1, 2) и литом (3, 4) состоянии:
1 и 3 — расчетные кривые; 2 и 4 — степенное уравнение (1)

уравнения (3), даже незначительное изменение уровня циклических напряжений, обусловленное в данном примере изменением коэффициента запаса прочности по напряжениям, может приводить к существенному изменению ресурса.

По аналогии с условием (1) расчеты на усталостную прочность по коэффициенту запаса прочности по долговечности n_N следует проводить в соответствии с условием

$$n_N \geq [n_N], \quad (6)$$

где $[n_N]$ — нормативный коэффициент запаса прочности по долговечности, значения которого должны назначаться с учетом способа определения расчетных нагрузок и напряжений, характеристик прочности материалов, а также на основании опыта проектирования, изготовления и эксплуатации оборудования.

Однако, к сожалению, приходится констатировать, что, несмотря на возможность проведения расчетов на прочность по коэффициенту n_N без каких-либо дополнительных экспериментальных данных, в гидроэнергетике расчеты на прочность по коэффициенту n_N в настоящее время не проводятся. К причинам такого положения следует отнести следующее. Характеристики усталости при прочностных расчетах элементов гидротурбинного оборудования устанавливаются на основании экспериментальных коррозионно-усталостных кривых, которые определяются по результатам испытаний небольшого числа образцов (обычно 5–8 шт.) на базе нагружения, составляющей, как правило, 5×10^7 циклов. Достоверность таких кривых усталости в области задаваемого (проектного) ресурса, составляющего 10^9 – 10^{11} циклов, может оказаться низкой и в связи с этим привести к неверным выводам при оценках ресурса из-за следующих обстоятельств:

- экстраполяции уравнения (3) на базы, существенно удаленные от массива экспериментальных данных;
- ограниченного числа испытанных образцов и заметного рассеяния результатов их испытаний.

В качестве примера рассмотрим кривые усталости в водной среде плоских образцов сечением 50 × 75 мм из стали 06X12H3D в катаном и литом состоянии (рис. 2). Экспериментальные результаты (синие и красные точки на графике) свидетельствуют о заметном преимуществе усталостных свойств катаной стали по сравнению с литой сталью. Однако кривые усталости, определяемые уравнением (3) и представленные на

рис. 2 пунктирными линиями с различным наклоном для катаной и литой стали, сближаются с увеличением долговечности, и различие между усталостными свойствами стали в катаном и литом состоянии снижается. На базах 10^9 – 10^{11} циклов это различие практически исчезает. Такую тенденцию трудно объяснить с учетом кинетики развития трещин, которая, как показали экспериментальные исследования, не зависит от состояния стали 06X12H3D. Анализируя отмеченную ситуацию, следует обратить внимание на то, что наклон кривой усталости катаной стали фактически определяется лишь одной точкой ($\sigma_a = 196$ МПа, $N = 1,6 \times 10^7$ циклов), и, следовательно, прогнозы характеристик усталости и ресурса на больших базах в данном случае могут иметь низкую достоверность.

Таким образом, проблема обоснования кривых усталости на базах, отвечающих срокам эксплуатации гидротурбинного оборудования, является чрезвычайно важной задачей. Решение ее возможно на основании концепция безопасных трещин [6], которая может служить единой методологической базой для обоснования ресурса и решения широкого круга вопросов обеспечения современных требований к надежности и безопасности элементов гидротурбинного оборудования [7]. В основе концепции безопасных трещин лежат усовершенствованные подходы линейной механики разрушения, применимые к большим и малым трещинам, а в качестве силового параметра используется приведенный коэффициент интенсивности напряжений K_1^* . Он позволяет рассматривать исходные дефекты материала в виде условных начальных трещин ℓ_0 , протяженность которых для лабораторных образцов из конструкционных сталей составляет от 0,005 до 0,025 мм. Такие трещины сопоставимы с характерным структурным элементом конструкционных сталей, и, следовательно, предел выносливости материала определяется не только его прочностными свойствами, как принято считать, но и параметрами механики разрушения и протяженностью исходных дефектов.

На базе концепции безопасных трещин разработан расчетно-экспериментальный метод построения кривых усталости в коррозионной среде по параметру вероятности разрушения с определением рассеяния характеристик усталости на базах 10^9 – 10^{12} циклов. Он является новым, не имеющим аналогов в мире подходом, который позволяет, в частности, рассматривать исходные дефекты материала в виде исходных

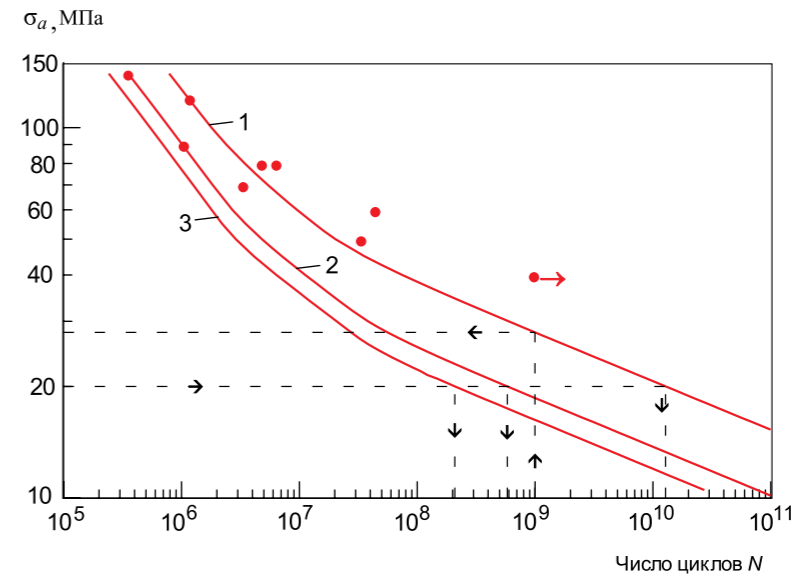


Рис. 3. Усталостные кривые образцов сечением 180 × 200 мм из стали 06X12H3D в воде:
1, 2, 3 — вероятность разрушения P = 0,5, 0,1 и 0,01

трещин ℓ_0 . Достоверность расчетно-экспериментальных кривых усталости заметно возрастает за счет статистической обработки значений ℓ_0 и построения кривой усталости на основании кинетической диаграммы усталостного разрушения, устанавливающей связь скорости роста усталостной трещины с коэффициентом интенсивности напряжений K_1 . Методология построения указанных расчетно-экспериментальных кривых усталости рассмотрена в работе [8].

Для рассмотренного примера (рис. 2) расчетно-экспериментальные кривые усталости, отвечающие вероятности разрушения 50%, представлены сплошными линиями 1 и 3. Как видно из графика, для катаной стали наклон расчетно-экспериментальной кривой усталости (сплошная линия 1) заметно меньше экспериментальной кривой усталости (пунктирная линия 2). В связи с этим для баз нагружения $N > 10^7$ циклов характеристики усталости оказываются выше для расчетно-экспериментальной кривой 1, чем для экспериментальной кривой усталости 2. Заметное различие между кривыми усталости 1 и 2 обусловлено, как указывалось выше, формированием наклона кривой усталости 2 лишь одной точкой ($\sigma_a = 196$ МПа, $N = 1,6 \times 10^7$ циклов). Различный наклон кривых усталости 1 и 2 приведет к различным оценкам ресурса при прочих равных условиях. Например, при $n_\sigma = 1,6$ получим $n_N = 46,4$ и $7,9$ для кривых усталости 1 и 2 соответственно. Таким образом, в данном случае расчетный ресурс N_P будет различаться почти в 6 раз.

Для литой стали различие между кривыми усталости 3 и 4 является, как видно из рис. 2, небольшим. Это обусловлено как большим числом испытанных образцов (8 шт.), так и более широким диапазоном долговечности, занимаемым массивом экспериментальных результатов. К особенностям расчетно-экспериментальной кривой усталости 3 следует отнести наличие ее перелома в области 2×10^6 – 8×10^6 циклов, что связано с изменением доминирующего механизма коррозионного влияния водной среды на развитие усталостной трещины. Однако даже небольшое различие между кривыми усталости 3 и 4 приведет к заметному различию оценок ресурса при прочих равных условиях. Например, при $n_\sigma = 1,6$ получим $n_N = 20,9$ и $11,6$ для кривых усталости 3 и 4 соответственно, т. е. в данном случае расчетный ресурс N_P будет различаться почти в 2 раза.

Расчетно-экспериментальный метод построения кривых усталости позволяет не только повысить их достоверность, но и определить кривые усталости для разных значений вероятности разрушения P , обусловленных рассеянием характеристик усталости, что позволит определять запас прочности по долговечности n_N для требуемой вероятности разрушения P . На рис. 3 представлены расчетно-экспериментальные кривые усталости в водной среде образцов сечением 180 × 200 мм из стали 06X12H3D в литом состоянии для вероятностей разрушения $P = 0,5; 0,1$ и $0,01$. Определение ресурса N_P и запаса прочности по долговечности для проектного срока эксплуатации $N_{пр} = 10^9$ циклов представлено на рис. 3 пунктирными линиями. В соответствии с кривой усталости 1 условный предел выносливости для вероятности разрушения $P = 0,5$ составляет $\sigma_{-1}^N = 28$ МПа. Для запаса прочности по напряжениям $n_\sigma = 1,4$ уровень допускаемых переменных напряжений составит $\sigma_a = 20$ МПа, а расчетная оценка ресурса в соответствии с кривой усталости 1 составит $N_P = 1,28 \times 10^{10}$ циклов, а запас прочности по долговечности — $n_N = 12,8$. Для допускаемых переменных напряжений $\sigma_a = 20$ МПа в соответствии с кривыми усталости 2 и 3 (рис. 3) расчетные оценки ресурса для вероятности разрушения $P = 0,1$ и $0,01$ составят $N_P = 5,8 \times 10^8$ и $2,1 \times 10^8$ циклов, а запас прочности по долговечности — $n_N = 0,58$ и $0,21$ соответственно. Из сказанного следует, что принятый запас прочности по напряжениям $n_\sigma = 1,4$ в рассмотренном примере не обеспечивает высокую надежность эксплуатации в течение проектного срока, поскольку уже при вероятности разрушения $P = 0,1$ запас прочности по долговечности n_N заметно ниже единицы.

Практика эксплуатации гидротурбин показывает, что во многих случаях отказы лопастной системы рабочих колес связаны с появлением и последующим развитием коррозионно-усталостных трещин [9], а остаточный ресурс (долговечность) рабочих колес будет определяться длительностью периода развития трещин. Это указывает на необходимость проводить оценку остаточного ресурса элементов гидротурбинного оборудования также и по критерию развития усталостной трещины, а расчетную оценку ресурса при проектировании проводить также и по коэффициенту запаса прочности по протяженности трещины n_ℓ .

Такое заключение вытекает и из концепции безопасных трещин [6], в соответствии с которой характеристики со-

противления усталостному разрушению материала, используемые в прочностных расчетах, формируются в том числе и исходной дефектностью материалов и технологическими дефектами в элементах оборудования, представляемыми в виде эквивалентных начальных трещин. Это дает возможность учесть фактическое состояние материала и качество изготовленного оборудования и конструкций при оценках их ресурса и обосновать требования к разрешающей способности используемых средств неразрушающего контроля. Кроме того, установление связи коэффициентов запаса прочности n_σ и n_ℓ с прочностными свойствами материалов даст возможность подходить к выбору материала с учетом возможностей применяемых технологий и средств неразрушающего контроля. Методология определения коэффициента запаса прочности по протяженности трещины n_ℓ представлена в работе [6], а некоторые вопросы обоснования усталостного ресурса оборудования и конструкций с учетом дефектов и повреждений типа трещин рассмотрены в работе [7].

Важным моментом при оценке ресурса элементов оборудования по критерию развития усталостной трещины является обоснование предельного состояния тела, которое наступает при нестабильном развитии трещины. Условия нестабильного развития усталостных трещин определяются вязкостью материала, а протяженность таких трещин, обозначаемая символом ℓ_c , определяется критическим коэффициентом интенсивности напряжений при циклическом нагружении K_{fc} . Результаты экспериментальных исследований показывают, что K_{fc} является самостоятельной характеристикой материала и может существенно отличаться от величины K_{Ic} , определяемой при статическом нагружении [10]. Экспериментальное определение вязкости разрушения материалов при циклическом нагружении является достаточно сложной задачей, чем и объясняется незначительное число данных о K_{fc} , имеющих к настоящему времени.

В связи со сказанным возникает необходимость определения возможности использования приближенных значений K_{fc} при оценках ресурса по критерию развития усталостной трещины. В работе [11] представлены результаты оценки относительной погрешности расчетной долговечности Δ_N ,

обусловленной изменением относительного уровня K_{max}/K_{fc} (K_{max} — предельное значение коэффициента интенсивности напряжений, принимаемого для предельного состояния). Расчеты проводились для пластин шириной 50, 100 и 200 мм с центральной сквозной трещиной, относительная протяженность которой составляла 0,02–0,2 ширины пластины, а величина K_{max}/K_{fc} изменялась от 1 до 0,4. На рис. 4 представлены результаты указанных расчетов для долговечностей 10^4 , 10^5 и 10^6 циклов. Из графика видно, что в общем случае изменение уровня K_{max}/K_{fc} приводит к увеличению Δ_N . Уровень Δ_N зависит также от ширины пластины b и протяженности начальной трещины ℓ_0 [11]. При этом наблюдается следующая закономерность: чем выше значения b и ℓ_0 , тем сильнее влияние выбираемого уровня K_{max}/K_{fc} на Δ_N . Области значений Δ_N для выбранных величин b и ℓ_0 показаны на рис. 4 заштрихованными участками, которые свидетельствуют о существенном снижении влияния указанных факторов на Δ_N с ростом долговечности. Интенсивность изменения Δ_N которой происходит существенное снижение Δ_N .

Анализ характера влияния уровня K_{max}/K_{fc} на относительную погрешность расчетной долговечности Δ_N показывает, что для долговечностей, соответствующих проектному сроку эксплуатации гидротурбинного оборудования ($N = 10^8$ и более циклов), относительная погрешность расчетной долговечности Δ_N , обусловленная выбором уровня K_{max} , становится незначительной. В связи с этим параметр K_{max} , рассматриваемый в качестве критерия предельного состояния элементов гидротурбинного оборудования, теряет четкую информативность, что практически исключает его применение при разработке рекомендаций по обоснованию предельного состояния.

Выбор критерия наступления предельного состояния элементов гидротурбинного оборудования, долговечность которых составляет 10^8 и более циклов, следует устанавливать, основываясь на особенностях развития усталостных трещин в коррозионной среде на больших базах. В качестве примера на рис. 5 представлен характер развития коррозионно-усталостной трещины в плоских образцах сечением 180×200 мм из стали 06Х12НЗД в катаном и литом состоянии для долговечности 10^{10} циклов. Исходные дефекты стали представлялись в виде поверхностных полуэллиптических трещин с соотношением полуосей 0,5. Их средний размер (глубина) находился на основании расчетно-экспериментальных кривых усталости, определяемых с привлечением подходов механики разрушения, и составил 0,44 и 5,48 мм для катаного и литого состояния стали [7]. Выбранная долговечность (10^{10} циклов) для указанных размеров исходных трещин соответствует переменным напряжениям $\sigma_a = 53,5$ и 20,8 МПа для катаного и литого состояния стали. На графике (рис. 5) можно выделить две характерные стадии развития усталостной трещины. Первая доминирующая стадия характеризуется незначительным увеличением размеров трещины. В рассматриваемом примере эта зона для катаного состояния стали (кривая 2) составляет около 95% от всей долговечности с подростом трещины от 0,44 до 1,5 мм, а для литого состояния стали (кривая 1) — около 90% от всей долговечности с подростом трещины от 5,48 до ~15 мм. Для второй стадии, составляющей 5% и ~10% от общей долговечности для катаной и литой стали, характерно быстрое развитие усталостной трещины до ее критических размеров. При этом если для катаной стали наблюдается резкий переход от первой зоны ко второй, то для литой стали этот переход является относительно плавным.

В качестве параметра, определяющего наступление предельного состояния, с учетом отмеченных особенностей развития усталостных трещин в коррозионной среде на больших

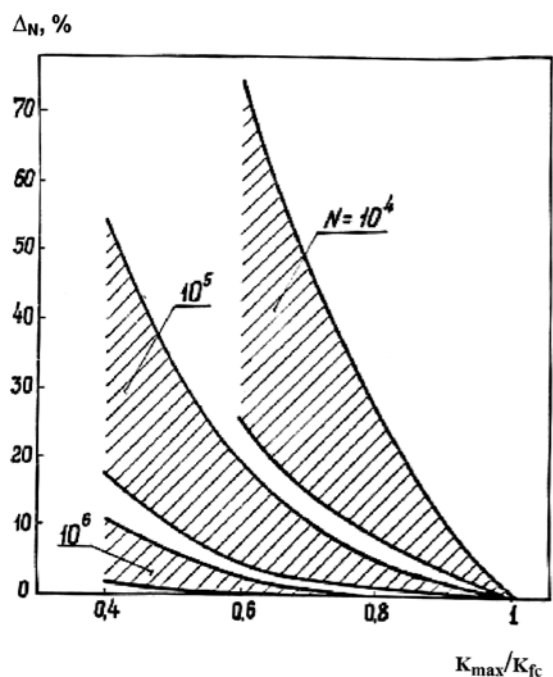


Рис. 4. Относительная погрешность расчетной долговечности Δ_N , обусловленная изменением относительного уровня K_{max}/K_{fc}

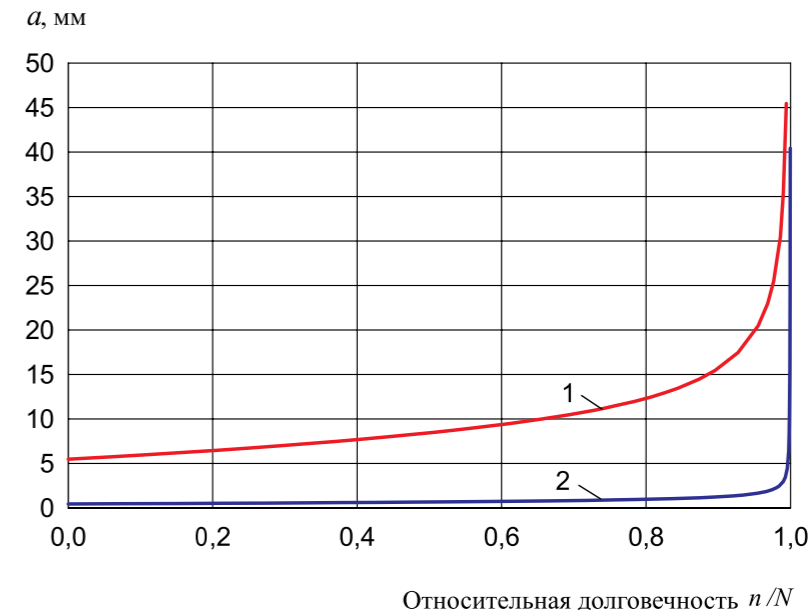


Рис. 5. Характер развития коррозионно-усталостной трещины в плоских образцах сечением 180×200 мм из стали 06Х12НЗД для долговечности 10^{10} циклов:

1 — литье; 2 — прокат

базах нагружения, целесообразно выбирать протяженность усталостной трещины, соответствующей переходу от первой зоны ко второй. Обозначим такую трещину символом $\ell_{пр}$. Ее протяженность устанавливается из расчетной оценки подрастания трещины. Для примера, представленного на рис. 5, предельному состоянию соответствуют трещины $\ell_{пр}$, глубина которых составляет 1,5 и 18 мм для катаного и литого состояния стали 06Х12НЗД, а их протяженность на поверхности — 3,5 и 50,7 мм соответственно.

Характер развития усталостных трещин в коррозионной среде, представленный на рис. 5, соответствует мягкому виду нагружения (уровень напряжений в плоскости трещины не меняется с ее ростом), который характерен, например, для лопастей поворотно-лопастных рабочих колес гидротурбин. В других случаях, например, для лопастей радиально-осевых рабочих колес и для резьбовых крепежных элементов, характерен жесткий вид нагружения, при котором уровень действующих напряжений в плоскости трещины уменьшается с ее развитием, что приведет к снижению интенсивности роста трещин на второй стадии развития усталостной трещины. Для резьбовых соединений необходимо учитывать также и заметное влияние концентрации напряжений на рост трещины.

Следует отметить также, что наличие трещин и их протяженность можно установить неразрушающими методами и, следовательно, при известном нормированном уровне $\ell_{пр}$ оперативно определять состояние объекта. Информация о характере развития усталостной трещины позволит также обосновать требования к методам дефектоскопического контроля для надежного обнаружения эксплуатационных повреждений типа трещин. Например, в соответствии с данными, представленными на рис. 5, чувствительность выбранных методов контроля элементов оборудования, изготовленных из проката, должна быть существенно выше, чем в случаях, относящихся к элементам оборудования из литого материала.

В заключение отметим следующее. Конечно же, не все ключевые вопросы, касающиеся обоснования ресурса, были рассмотрены в данной работе. Например, вопросы оценки состояния материала при обосновании остаточного ресурса эксплуатируемого гидротурбинного оборудования. Можно

полагать, основываясь на локальном характере усталостного разрушения конструкционных сталей, что экспериментальное определение ресурсоопределяющих характеристик материала на образцах, вырезаемых из элементов оборудования, не даст ответов на вопросы о состоянии материала и обоснования остаточного ресурса. Решение данной задачи следует искать, опираясь на современные представления о процессе усталостного разрушения материалов, которые базируются на методах механики разрушения, применимых для больших и малых трещин.

Литература

1. Болотин В. В. Ресурс машин и конструкций. М.: Машиностроение, 1990. 447 с.
2. Когаев В. П., Махутов Н. А., Гусенков А. П. Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность. М.: Машиностроение. 1985. 224 с.
3. Карпенко Г. В. Влияние среды на прочность и долговечность металлов. Киев: Наукова думка, 1975. 125 с.
4. РТМ 108.242.02-83. Турбины гидравлические радиально-осевые. Методы расчета на прочность рабочих колес.
5. РТМ 108.243.101-83. Турбины гидравлические поворотно-лопастные. Расчеты на усталостную прочность лопастей.
6. Доможиров Л. И. Проектирование, эксплуатация и диагностика конструкций на основе концепции безопасных трещин // Контроль. Диагностика. 2010. № 7. С. 44–50.
7. Доможиров Л. И. Актуальные проблемы обоснования ресурса элементов гидротурбин // Гидротехника. 2011. № 3 (24). С. 40–45.
8. Доможиров Л. И. К определению характеристик сопротивления усталости в коррозионной среде на больших базах нагружения // Заводская лаборатория. 2002. № 10. С. 41–46.
9. Зайцев Г. З., Аронсон А. Я. Усталостная прочность деталей гидротурбин. М.: Машиностроение, 1975. 160 с.
10. Трощенко В. Т., Сосновский Л. А. Сопротивление усталости металлов и сплавов (Справочник). Киев: Наукова думка, 1987. 1303 с.
11. Доможиров Л. И. К оценке влияния трещиноподобных дефектов на циклическую прочность конструктивных элементов // Проблемы прочности. 1981. № 7. С. 27–32.

«КАМСПЕЦЭНЕРГО» — 35 ЛЕТ В ГИДРОЭНЕРГЕТИКЕ. МОНТАЖ И РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ ГЭС И ГЭС



Байков А. И.,
директор ДП «Камспецэнерго»
АО «Волга-Спецгидроэнергомонтаж»,
почетный энергетик Российской Федерации

Предприятие создано в 1974 г. для монтажа гидроагрегатов Нижнекамской ГЭС. До 1992 г. — Камский монтажный участок Волжского монтажного управления Всесоюзного Краснознаменного треста «Спецгидроэнергомонтаж». С мая 1992 г. — ЗАО «Волго-Спецгидроэнергомонтаж» ДП «Камспецэнерго». В разные периоды работы компании ею руководили высокопрофессиональные специалисты: в 1974–1976 гг. — Кириллин В. И., Матков М. Г.; с мая 1977 г. по 1987 г. — Байков А. И.; в 1987–1989 гг. — Меньшиков А. Л.; в 1989–1996 гг. — Руденко А. Л. С 1996 года и по настоящее время директор — почетный энергетик Минэнерго, заслуженный строитель Татарстана Байков А. И., главный инженер — почетный энергетик Минэнерго, заслуженный строитель Татарстана Руденко А. Л.

На начало 2012 г. численность работающих составляет 115 человек.

Объем выполненных услуг:

- ♦ в 2009 г. — 89 млн руб.;
- ♦ в 2010 г. — 100 млн руб.;
- ♦ в 2011 г. — 115 млн руб.

Предприятие базируется в г. Набережные Челны и способно вести работы любой сложности на гидроэнергетических, гидротехнических и промышленных объектах.

За время существования предприятие выполнило ряд сложных технических работ в области монтажа оборудования, таких как:

- ♦ **На Нижнекамской ГЭС:**
 - монтаж и ввод в эксплуатацию шестнадцати гидроагрегатов общей мощностью 1 млн 248 тыс. кВт;
 - монтаж мостовых кранов машинного зала г/п 280/50 т и подкрановых балок с путями;
 - монтаж вспомогательного оборудования ГЭС в составе систем технического водоснабжения, откачки проточного тракта турбин, пневматического и масляного хозяйств;
 - монтаж металлоконструкций перекрытия машинного зала и подвесного потолка машзала из анодированных элементов.

- ♦ **На Юмагузинской ГЭС** (река Белая) — монтаж трех агрегатов мощностью по 15МВт и дисковых затворов перед турбинами.
- ♦ **На Давлекановской ГЭС** (река Дема, приток р. Белой) — монтаж всего комплекса гидросилового, гидромеханического и электротехнического оборудования малой ГЭС, построенной на месте пущенной еще в начале прошлого века крупной водяной мельницы. Станция интересна тем, что на ней установлены вертикальные пропеллерные гидротурбины в блоке с горизонтальным генератором с передачей вращения через редуктор-мультипликатор — два агрегата мощностью по 350 кВт на напоре 3 м.

При монтаже гидроагрегатов Нижнекамской ГЭС **впервые в практике монтажа** статор генератора устанавливался и расцентровывался относительно собранного полностью и отцентрованного по зазорам и высотной отметке ротора гидроагрегата. Работа выполнялась с применением ложного подшипника генератора. Статор генератора диаметром по расточке 14,3 м, имеющий относительно малую жесткость, переносился с помощью системы траверз двумя грузоподъемными кранами. Эта технология позволила сократить срок монтажа каждого гидроагрегата и повысить его точность.

Данная технология затем была применена при монтаже гидроагрегатов Чебоксарской ГЭС.

Предприятием смонтирован полный комплект оборудования на уникальном головном водозаборе КамАЗа, полностью обеспечивающем водоснабжение КамАЗа, города Набе-



режные Челны и ряда других городов в юго-восточной части Татарстана.

Смонтированное оборудование других объектов включает более тридцати насосных станций и водооборотных блоков на объектах КамАЗа, ЕлАЗа и города Набережные Челны, в том числе уникальный водооборотный блок производительностью 10000 м³/час на заводе по ремонту двигателей КамАЗа.

Наряду с монтажом оборудования выполнен большой объем по реконструкции и ремонту оборудования на двенадцати гидроэлектростанциях, Пермском и Павловском шлюзах.

С 1984 г. работы по реконструкции оборудования стали основными в деятельности предприятия.

На Воткинской ГЭС с 1984 г. выполнена модернизация всех десяти гидроагрегатов с их полным демонтажом, дефектацией и восстановлением всех узлов. Нужно сказать, что руководство Воткинской ГЭС тех лет в числе первых среди руководителей многих гидростанций поняло необходимость крупных восстановительных работ и приложило много усилий по их осуществлению.

При модернизации турбин **впервые во внезаводских условиях** были выполнены работы по реконструкции трущихся пар лопаток и кинематики направляющего аппарата с протачиванием цапф лопаток и облицовкой их нержавеющей сталью, а также изготовлением втулок из эпоксидфторопластовой композиции по проекту Ленинградского металлического завода — вместо установленных ранее лигнофолевых.

Была выполнена замена лопастей рабочих колес и серег кинематики рабочего колеса, переведены на болтовые соединения, вместо паяных, межполюсные соединения полюсов ротора.

Весь комплекс работ впоследствии был тиражирован на ряд других гидростанций.

Воткинская ГЭС успела выполнить весь объем модернизации еще до появления «эффективных менеджеров» за сравнительно небольшую цену, и сегодня отмечается 50-летний юбилей этой гидростанции.

С 1990 по 2011 г. «Камспецэнерго» выполнило замену шести турбин на Жигулевской ГЭС. А ранее — расширенный ремонт с модернизацией узлов направляющих аппаратов, рабочих колес, подпятников генераторов и замену камер рабочих колес на девяти гидроагрегатах. Эти работы проведены совместно с Сызранским заводом «Тяжмаш». Все девять агрегатов, модернизированные нами с 1990 по 2003 гг., работают надежно. Ни одна из шести новых турбин не пошла в работу сразу без последующей доводки.

Одновременно выполнены работы по реконструкции агрегатов на Павловской ГЭС — 4 агрегата, Широковской ГЭС — 2 агрегата, Кумской ГЭС — 2 агрегата, Можайской ГЭС и Вазузской ГЭС, Москводканале — 3 агрегата, на Маткожненской ГЭС — 1 агрегат.



С 1980 г. по настоящее время ведутся работы на агрегатах Нижнекамской ГЭС, где в процессе эксплуатации было со временем выявлено много серьезных заводских дефектов, как на турбинах, так и генераторах, устранение которых потребовало поочередного демонтажа всех агрегатов.

Перечень довольно велик, но эта тема требует отдельного большого разговора. Сегодня после тридцати с лишним лет эксплуатации стоит вопрос о серьезной модернизации нижнекамских агрегатов. Впервые с момента пуска в 1979 г. полностью демонтирован первый гидроагрегат, отработавший 32 года, и мы видим, что сделано это вовремя. Нужно сказать, что уровень эксплуатации гидросилового оборудования на этой ГЭС всегда находился на высоком уровне. Все крупные ремонтные работы велись нашим персоналом при помощи квалифицированных кадров на хорошо оснащенной базе «Камспецэнерго».

Большим плюсом является то, что на ГЭС до сих пор сохранена цеховая структура, оборудование постоянно находится под наблюдением, и своевременно на ранней стадии выявляются все отклонения.

База «Камспецэнерго» оснащена крупным станочным оборудованием, позволяющим на месте выполнять многие работы заводского характера.

Главная ценность нашего предприятия — это люди, многие из которых работают в гидроэнергетике более 25–30 лет. В то же время много молодых кадров. И если директор уже перешагнул 75-летний рубеж, то возраст большинства инженерно-технических работников не превышает 40 лет, и все они имеют опыт работы минимум на пяти-шести гидростанциях.

Наши люди работают сегодня на нескольких зарубежных станциях Азии, Центральной и Южной Америки. И если не всегда находится работа в родной стране, находим работу за ее пределами. Хотя надо бы и дома, к чему мы всегда готовы.



ДП АО «Волга-Спецгидроэнергомонтаж»
«Камспецэнерго»
423807 г. Набережные Челны, ул. Шлюзовая, 8
Тел. (8552) 74-52-78, факс (8552) 74-51-76
E-mail: office@kamspecenergo.ru

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СВЕРХГЛУБОКОЙ ОЧИСТКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАСЕЛ НА ЭНЕРГООБЪЕКТАХ ОАО «ИРКУТСКЭНЕРГО»

Курочкин А. С.
канд. техн. наук, директор ООО «Микронинтер Сибирь»

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

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

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

Потеря эксплуатационных свойств турбинных масел на энергообъектах России рассматривается сегодня как серьезная угроза безопасности для гидроагрегатов по причине отката и повреждений в работе систем регулирования, смазки и уплотнения вала генератора. Этому вопросу уделяется серьезное внимание специалистами ОАО «Иркутскэнерго».

Актуальность этой проблемы заключается в том, что многие энергообъекты находятся на завершающем этапе эксплуатации и требуют в этой связи особого внимания. Используемое сегодня генерирующими компаниями оборудование для очистки масла морально и физически устарело и, кроме этого, недостаточно эффективно.

В 2010 г. была достигнута договоренность между ООО «Центр молекулярных технологий» г. Кемерово (первого резидента ОАО «Кузбасский технопарк») и ОАО «Иркутскэнерго» о внедрении технологии сверхглубокой очистки турбинных масел и внутренних поверхностей маслonaполненного оборудования с последующей регенерацией масла на работающих турбинах, с использованием оборудования типа ФОДЖ и РПВП.

Подробно технология описана в журнале «Гидротехника» № 2, 2011 г.

В качестве объектов были выбраны Иркутская ГЭС и Ново-Иркутская ТЭЦ. По рекомендациям ISO 4406 для обеспечения надежной работы узлов гидроагрегатов (очистка масла до нормы не ниже 10 класса по ГОСТ 17216-01) следует регламентировать содержание частиц размерами 3...25 мкм. Это объясняется тем, что в опорном подшипнике при его максимальном нагружении расстояние между упорным гребнем и подушкой с учетом прогиба гребня составляет примерно 10 мкм. Для режима пуска смазочный слой для этого подшипника составляет 5–8 мкм. Механические загрязнения, накапливаясь в зазорах и дроссельных сечениях узлов регулирования, золотников (особенно в неподвижных большую часть времени золотников защиты), приводят к их замыканию и соответственно отказам системы регулирования турбины. Попадание твердых частиц в опорный подшипник может нарушить установку подушек и вызвать тяжелую аварию турбины.

При эксплуатации масла, загрязненного механическими примесями и водой, будут происходить повышение температуры и преждевременный износ или разрушение подшипников, неустойчивая работа системы регулирования, увеличение затрат на ремонты с привлечением квалифицированного персонала. Замена масел из-за потери их эксплуатационных свойств значительно повышает стоимость капитальных ремонтов и регламент их работ. По данным компании ООО «Центр молекулярных технологий» г. Кемерово,

регулярно применяемая технология сверхглубокой очистки масел увеличивает ресурс его работы до 20–25 лет.

На рис. 1 показана технологическая схема сверхглубокой очистки и регенерации энергетических масел.

Основными элементами технологии являются комплекс ФОДЖ (рис. 1, поз. 1) и реактор приготовления и ввода присадок РПВП-01 (рис. 1, поз. 2). Комплекс электростатических фильтров типа ФОДЖ обеспечивает сверхглубокую очистку энергетических масел от загрязнений любой химической природы. Загрязненные мелкие частицы с размерным рядом от 5 мкм и ниже удаляются из масла, и это позволяет достигнуть уровня чистоты, который далек от уровня насыщенности загрязненности. Соответственно масло, уже очищенное, будет впитывать в себя загрязнения с внутренних поверхностей оборудования (за счет диффузии), что позволяет очищать эти внутренние поверхности, вот именно этим объясняется цикличность процесса сверхглубокой очистки, это связано с тем, что внутри системы загрязнений и шлама в 3–5 раз больше, чем в толще масла. На рис. 2 показано фото загрязнений, осевших в ячейках-накопителях электростатических фильтров, с размерным рядом от 5 мкм и ниже на Ново-Иркутской ТЭЦ.

Важно отметить, что в электростатическом поле поток жидкости омывает пластины-электроды, при этом частицы загрязнений, имеющие определенный заряд, осаждаются на электродах и удерживаются в ячейках-накопителях (рис. 2). Реактор РПВП-01 представляет из себя емкость с нагревательными элементами, блок дозаторов для ввода необходимого

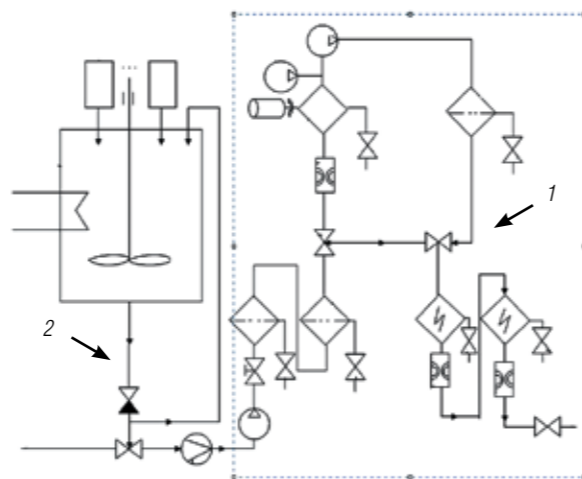


Рис. 1. Технологическая схема сверхглубокой очистки и регенерации энергетических масел

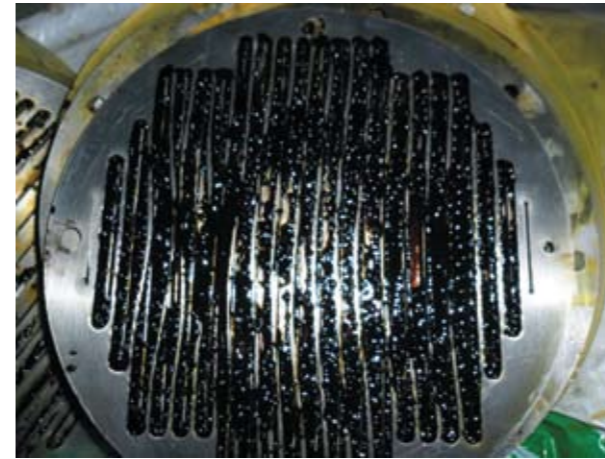


Рис. 2. Загрязнения, осевшие в ячейках-накопителях электростатических фильтров



Рис. 3. Комплексы ФОДЖ, РПВП подключены к работающей турбине на энергообъектах ОАО «Иркутскэнерго»

№	Показатели	Метод испытания	Норма по РД 34.43.102-96 РД 34.43.209-97, ПТЭ	Фактическое значение до очистки	Фактическое значение после очистки
1	Кислотное число мКОН/г масла, не более	ГОСТ 5985-79	0,6	0,12	0,13
2	Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	ГОСТ 4333-87	190	198	222
3	Время демульсации, с, не более	ГОСТ 12068-66	400	379	100
4	Влагосодержание, %	ГОСТ 2476-65	отсутствие	отсутствие	отсутствие
5	Класс промышленной чистоты жидкостей, не более	ГОСТ 17216-2001	11	12	8
6	Антикоррозионные свойства	ГОСТ 19199-73	отсутствие коррозии на стальных стержнях	отсутствие	отсутствие
7	Содержание антиокислительной присадки АГИДОЛ-1 (ионол), % массы, не менее 0,5	РД 34.43.209-97	0,5	0,24	0,56
8	Массовая доля растворенного шлама, % массы	РД 34.43.102-96	0,01	0,014	0,009
9	Стабильность против окисления:	ГОСТ 981-75	0,01	0,018	0,17
	Массовая доля осадка, % массы				
	Кислотное число, м КОН/г масла				
			0,5	0,16	0,13

количества присадок и мешалку, расположенную в центральной части реактора. По результатам комплексного анализа, рассчитывается необходимое количество выработавшихся в процессе эксплуатации присадок. Очищенное масло нагревается до температуры 50–60 °С, и присадки вводятся в масло.

Мешалка способствует равномерному перераспределению и растворению присадок в объеме реактора, и, таким образом, готовится концентрат, который через комплекс ФОДЖ вводится в маслбак системы и перемешивается с основным объемом масла. Схема работает в режиме рециркуляции, которая обеспечивает насыщение масла необходимым количеством присадок.

На рис. 3 изображено оборудование, работающее на энергообъектах ОАО «Иркутскэнерго». Результаты анализов масла после регенерации, проведенной на Иркутской ГЭС, приведены в табл., из которой видно, что масло значительно улучшило свои эксплуатационные свойства и полностью соответствует требованиям РД. Хотелось бы особо подчеркнуть, что внедряемая технология предлагает новый подход к вопросам очистки масла и внутренних поверхностей маслonaполненного оборудования. Это является основным аргументом использования разработанной нами технологии, который дополняется аргументом об объективности и непрерывности процесса образования загрязнений в масле.

Важно отметить, что, по результатам комплексных анализов, масло, находящееся в эксплуатации на вышеперечисленных объектах, находилось в критическом состоянии (см. таблицу).

Из таблицы видно, что все показатели улучшились и масло соответствует нормам РД и может находиться в эксплуатации. По результатам проведенных работ нами было удалено более 23 кг загрязнений. Таким образом, была показана эффективность внедряемой технологии, позволяющей повысить безопасность работы системы регулирования.

Качественная, сверхглубокая очистка масла позволит избежать активного потребления данного продукта и даст станциям возможность высвободить средства для модернизации. Так, предлагаемая нами технология окупается при обработке 160 т масла и увеличивает срок его эксплуатации в 7 раз. Нетрудно подсчитать, какие средства высвобождаются у генерирующих компаний.

В результате анализа текущего состояния масел, находящихся в эксплуатации на энергообъектах ОАО «Иркутскэнерго», можно сделать вывод, что внедрение технологии сверхглубокой очистки масел и внутренних поверхностей маслonaполненного оборудования с возможностью регенерации на работающих турбинах позволяет перейти на качественно новый уровень эксплуатации турбин, обеспечивает надежную работу систем управления и регулирования.



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



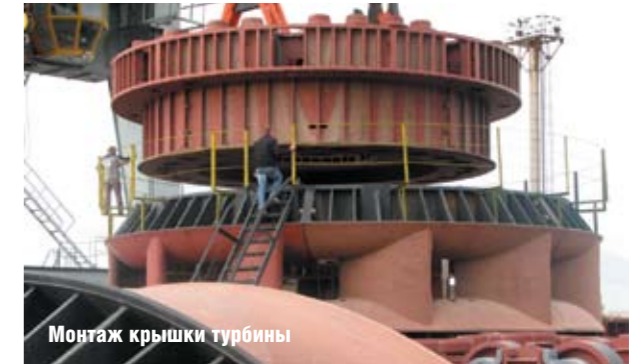
Хранение вала гидротурбины на базе Иляк



Хранение втулки ротора генератора



Ревизия лопаток направляющего аппарата



Монтаж крышки турбины

КОНТРОЛЬНАЯ СБОРКА ГИДРОТУРБИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ РОГУНСКОЙ ГЭС

Ратман В. И.,
генеральный директор ЗАО «Балтик-СГЭМ-Комплект»

Меграбян Ю. О.,
зам. генерального директора ЗАО «Балтик-СГЭМ-Комплект»

Кмотриков Н. И.,
зам. генерального директора ЗАО «Балтик-СГЭМ-Комплект»

Строительство Рогунской ГЭС на реке Вахш в Республике Таджикистан началось в 1980-х гг. прошлого века. В декабре 1987 г. состоялось перекрытие р. Вахш и началось возведение земляной плотины.

09.05.1993 г. в результате селевого выброса по саю Обишур и последовавшего резкого подъема уровня верхнего бьефа произошел размыв верхней перемычки с последовавшим затоплением части подземных выработок, в том числе и камеры машинного зала.

После упомянутых событий работы на строительстве Рогунской ГЭС были прекращены. И за период до начала восстановительных работ происходило как постепенное разрушение уже построенных гидротехнических объектов ГЭС, так и ухудшение состояния поставленного на объект основного и вспомогательного оборудования.

Восстановительные работы начаты в 2009 г. после соответствующего постановления правительства Республики Таджикистан. Концепция достройки Рогунской ГЭС разработана ОАО «Проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт «Гидропроект им. С. Я. Жука». Согласно разработанной концепции достройки ГЭС предусматривается поэтапный ввод оборудования в эксплуата-

цию. При этом, согласно директивному сроку, ввод в эксплуатацию первых двух агрегатов пускового комплекса намечен на конец 2012 г.

Гидроагрегаты пускового комплекса вводятся в работу при минимальном напоре не ниже 75 м, т. е. при заполнении водохранилища до пусковой отметки 1055 м. Пусковой ком-



Хранение оборудования в ящиках



Хранение лопаток направляющего аппарата



Хранение рычагов лопаток направляющего аппарата



Общий вид укрупненного узла гидротурбины



Общий вид укрупненных узлов гидротурбин № 5, 6

плекс гидроэлектростанции выполняется в составе двух агрегатов (станционные № 5 и № 6) с подводом воды по временному подводящему тракту с использованием временных рабочих колес (диаметр рабочих колес 4,835 м) гидротурбин и временных гидрогенераторов.

При достижении уровня воды в водохранилище отметок в 1100 м (предполагается, что это произойдет после паводка 2014 г.) будет произведена поочередная замена рабочих колес на штатные (диаметр рабочих колес 6,0 м). После этого работа Рогунской ГЭС в составе двух гидроагрегатов с временными генераторами в режиме постоянной загрузки продолжится ориентировочно до 2020 г. Общая продолжительность использования пускового комплекса составит примерно 8 лет.

Оборудование для первых двух гидроагрегатов было поставлено на ГЭС еще в период проведения строительных работ первого периода. В том числе были поставлены две гидротурбины, один гидрогенератор полностью и один частично. Все поставленное на ГЭС оборудование размещено на различных складских площадках. Списка поставленного оборудования нет. Как нет и мест размещения комплектующих (см. фото).

После принятия решения о достройке ГЭС начались работы, в том числе и по ревизии уже поставленного основного и вспомогательного гидросилового и грузоподъемного оборудования. В процессе проведения работ по комплектованию поставленного на станцию гидроагрегатов выяснилось, что имеющееся оборудование находится в разной степени сохранности. Условия его хранения, консервации и размещения, мягко говоря, не соответствуют заводским требованиям (см. фото).

Большие опасения вызывают такие детали, как валы турбины, лопатки направляющих аппаратов: хранились долгое время в горизонтальном положении, без изменений их положения, что могло привести к их недопустимым деформациям вдоль оси поворота.

Учитывая указанные обстоятельства и с целью проверки комплектности, качества изготовления и хранения поставленного в 1980-х гг. оборудования, было принято решение о проведении контрольных сборок гидротурбинного оборудования на площадке базы Иляк. Выполнение этих работ было поручено ОАО «Орден Трудового Красного Знамени Трест «Спецгидроэнергомонтаж». Субподрядчиками по соответствующим договорам на определенные операции являлись ЗАО «БАЛТИК-СГЭМ-Комплект» и ООО «Таджик СГЭМ», и были выполнены следующие работы:

- ♦ контрольная сборка нижнего кольца направляющего аппарата;
- ♦ контрольная сборка статора турбины;
- ♦ контрольная сборка крышки турбины;
- ♦ контрольная сборка кольцевого затвора;
- ♦ контрольная сборка направляющего аппарата;
- ♦ контрольная сборка опоры подпятника на крышку гидротурбины;
- ♦ контрольная сборка рабочего колеса с валом турбины;
- ♦ контрольная сборка вала турбины и втулки ротора с определением излома во фланцевом соединении.

Главными целями, которых необходимо было достигнуть, являлись: устранение возможных заводских недоработок, проверка каждой детали на пригодность после длительного хранения (более 20 лет) частично на открытых площадках, подгонка стыкуемых частей гидротурбины и, в конечном итоге, выигрывать во времени при предстоящей сборке и монтаже оборудования на Рогунской ГЭС.



ЗАО «БАЛТИК-СГЭМ-КОМПЛЕКТ»
125362 Москва, Строительный проезд, д. 7А, корп. 9
Тел./факс (499) 492-9625
E-mail: gidrosem@rambler.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.

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



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.



PROCEQ

Made in Switzerland

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

Практические решения
проблем энергетической
отрасли

HydroVision
RUSSIA

ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ

5–7 марта 2012
Экспоцентр, Москва, Россия

ПОСЕТИТЕ ВЕДУЩЕЕ В РОССИИ МЕЖДУНАРОДНОЕ
МЕРОПРИЯТИЕ ПО ГИДРОЭНЕРГЕТИКЕ

HydroVision Russia снова возвращается в Москву в марте 2012 со специализированной выставкой и конференцией, которые соберут вместе профессионалов российской и международной гидроэнергетической отрасли. HydroVision Russia даёт возможность экспонентам, делегатам и посетителям делиться идеями, понимать трудности и выработать практические решения проблем, с которыми сталкивается отрасль в данный момент, а также на будущее.

Мероприятие 2011 года прошло при поддержке Министерства энергетики РФ и ОАО «РусГидро». Проводимые совместно мероприятия Russia Power и HydroVision Russia привлекли 5876 посетителей высокого уровня, включая представителей российских и международных государственных энергетических департаментов, ОГК и ТГК, производителей оборудования, ЕРС компаний и консультантов отрасли.

HydroVision Russia — это идеальная возможность встретиться и поделиться знаниями с вашими коллегами из международной гидроэнергетической отрасли. Чтобы узнать больше о HydroVision Russia, приглашаем вас посетить наш официальный веб-сайт www.hydrovision-russia.com

ВЫСТАВКА И СПОНСОРСТВО

Наталья Гайсенко
Т: +7 499 271 93 39
Ф: +7 499 271 93 39
nataliag@pennwell.com

Остальные страны
Аманда Кеван
Менеджер по продажам
Т: +44 (0) 1992 656645
Ф: +44 (0) 1992 656700
amandak@pennwell.com



www.hydrovision-russia.com

Собственники и организаторы:

PennWell

Совместно с:

Russia
POWER

Представлено:

HRM

PE

RENEWABLE
ENERGY
WORLD

cospp

PennEnergy

БОГУЧАНСКАЯ ГЭС

На страницах журнала ранее освещались проблемы строительства Богучанской ГЭС, прежде всего — экологического характера. На современном этапе ГЭС приближается к пуску первых агрегатов. Как решались и решаются проблемы, как реализуется проект, на какой стадии находится строительство и какой будет новая гидроэлектростанция России — рассказывают ведущие специалисты проекта.

Редакция журнала благодарит за консультации и предоставленные материалы А. Н. Волынчикова, главного инженера проекта (Институт «ГИДРОПРОЕКТ»); А. В. Романова, руководителя дирекции проекта БЭМО ОАО «РусГидро»; В. А. Упорова, генерального директора ЗАО «Организатор строительства Богучанской ГЭС», и его заместителя А. Г. Проскурина, а также все компании, которые откликнулись на предложение принять участие в специальной рубрике, посвященной Богучанской ГЭС. Редакция выражает особую признательность за помощь И. В. Сливе, специалисту пресс-службы ОАО «РусГидро».



БОГУЧАНСКАЯ ГЭС В ЗАВЕРШАЮЩЕЙ СТАДИИ



Волынчиков А. Н.,
канд. техн. наук, главный инженер проекта Богучанской ГЭС
(ОАО «Институт Гидропроект», Москва)

Введение

На завершающей стадии находится рекордный «длгострой» российской гидроэнергетики — строительство Богучанской ГЭС. В обосновании идеи, в инженерно-геологических, гидрологических и водохозяйственных исследованиях, в проектировании и строительстве гидроузла участвовали несколько поколений российских гидроэнергетиков.

Идея освоения гидропотенциала Ангары возникла еще в XIX в. Первые гидрологические исследования на территории Сибири начались в период проектирования и строительства Транссибирской магистрали (1891–1916). На Ангаре в то время планировалось строительство одиннадцати гидроэлектростанций с напором от 6 до 20 м и суммарной установленной мощностью 2 тыс. МВт. В 1921 г. по инициативе Госплана было создано Ангарское бюро, которому поручили разработку программы электрификации Восточной Сибири, южной части Иркутской губернии. Строительство больших ГЭС из-за отсутствия опыта строительства было признано нецелесообразным. Однако начиналась социалистическая индустриализация, символами которой стали гигантские стройки страны: ДнепроГЭС, Волховстрой. В Восточной Сибири также было решено создать мощный промышленный центр, используя электроэнергию мощных ГЭС.

К середине 30-х гг. была подготовлена рабочая гипотеза комплексного использования р. Ангары, которая предполагала строительство на Ангаре каскада электростанций с использованием на них перепада высот в 333 м. Экспертная комиссия Госплана СССР в 1936 г. одобрила это решение, но началась Великая Отечественная война, и проекты были приостановлены.

После окончания Великой Отечественной войны началось промышленное освоение гидроресурсов Ангары с использованием электроэнергии для развития энергоемких отраслей народного хозяйства: химической, алюминиевой, горнорудной. Предполагалось на р. Ангаре возвести каскад из четырех гидроэлектростанций: Иркутской, Братской, Усть-Илимской, Богучанской. В 1958 г. введена в эксплуатацию Иркутская ГЭС (мощностью 406 МВт — 8 агр.), в 1967 г. — Братская ГЭС (мощностью 2400 МВт — 18 агр.), в 1980 г. — Усть-Илимская ГЭС (мощностью 3840 МВт — 16 агр.). На очереди было строительство Богучанской ГЭС (мощностью 4000 МВт — 12 агр.).

Климат района строительства носит резко континентальный характер с большими колебаниями сезонных и суточных температур. Лето короткое, теплое, зима — суровая, продол-

жительная. Наиболее теплый месяц — июль, наиболее холодный — январь. Характерны значительные колебания температур. Среднегодовая годовая температура воздуха изменяется от –2,6 до –4,3 °С, среднемесячная температура января — от –24,4 до –27,40 °С, среднемесячная температура июля — от +18,10 до +18,80 °С. Абсолютный минимум температур –60 °С достигнут в 1950 г. на метеостанции Кежда, абсолютный максимум +38 °С в 1970 г. — на метеостанции Богучаны.

Геологическая характеристика участка гидроузла

На участке гидроузла р. Ангары течет в широтном направлении, пересекает скальный массив, сложенный осадочными породами раннепалеозойского возраста: кембрия и ордовика, разорванными интрузией (выходом) изверженных пород — долеритов. Ширина долины на отметке НПУ 208,00 м равна 2–3 км. Небольшой ширины террасы расположены только на левом берегу, правый берег обрывист, подмывается во многих местах. Скальные берега близко подходят к руслу. Ниже по течению за границей интрузии коренные борта отступают. Долина реки расширяется, достигая 10 км.

При пересечении рекой долеритов образовалось сужение с асимметричными берегами и шиверами в русле. Массив интрузии долеритов с размещением на ней бетонных сооружений предопределил выбор створа для строительства Богучанской ГЭС. Согласно нормативной карте ОСР-97 (С), Богучанская ГЭС располагается в зоне сейсмических воздействий с интенсивностью 7 баллов по шкале MSK-64 на грунтах 2-й категории (по сейсмическим свойствам) при повторяемости 1 раз в 5000 лет.

Строительство Богучанской ГЭС — четвертой ступени каскада гидроэлектростанций на реке Ангаре — начато в 1980 г., в период расцвета гидроэнергетического строительства в СССР и его наибольших достижений. Строительство предполагалось завершить в короткие сроки, для чего были серьезные основания. В Сибирском регионе существовал опытный коллектив строителей и проектировщиков. Успешно завершено строительство верхних ступеней Ангарского каскада — Иркутской, Братской, Усть-Илимской ГЭС. Схема бассейна р. Ангары до Богучанской ГЭС представлена на рис. 1.

Флагман проектирования в гидроэнергетике СССР — институт «Гидропроект» имени С. Я. Жука — разработал в 1979 г. Технический проект Богучанского гидроузла. По постановле-

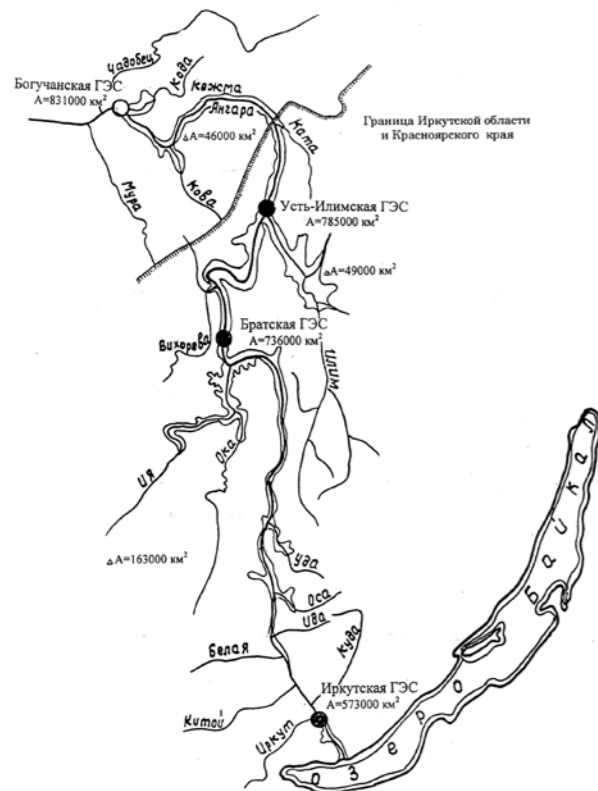


Рис. 1. Схема бассейна р. Ангары до Богучанской ГЭС

нию Совета Министров СССР от 30.04.1980 г. № 798 р, пуск первых агрегатов был намечен на 1988 г., а завершение строительства — на 1992 г. Первый куб бетона в сооружения уложен в 1982 г. В октябре 1987 г. осуществлено перекрытие русла реки Ангары, расходы реки переведены в донные строительные отверстия бетонной плотины. Богучанская ГЭС должна была повторить успешную судьбу уже построенных гидроузлов Ангары.

В 1990-е гг. тяжелая экономическая обстановка в стране практически остановила строительство. Однако коллектив строителей не позволил полностью законсервировать объект и сохранил возможность без значительных потерь продолжить строительство.

В 2006 г., по указу Президента РФ, возобновлено строительство гидроузла, намечены сроки пуска первых агрегатов и сроки готовности зоны затопления водохранилища до отм. 185,0 м. В инвестировании проекта принимает участие частный капитал.

В 2006–2008 гг. ОАО «Институт Гидропроект» (Москва) по поручению ОАО «Организатор строительства БогГЭС» выполнил корректировку технического проекта Богучанской ГЭС 1979 г.

На базе техпроекта разработан пусковой комплекс Богучанской ГЭС с целью обеспечения ввода энергетических мощностей в установленные сроки при оптимальных капложениях. Пусковой уровень верхнего бьефа Богучанской ГЭС принят равным 185,00 м.

Напорный фронт гидроузла длиной 2690 м образован бетонной плотиной длиной 828,7 м, высотой до 96 м и каменно-набросной плотиной длиной 1861,3 м. Здание ГЭС приплотинное, расположено за станционной частью бетонной плотины, КРУЭ 500 кВ и КРУЭ 220 кВ — на левом берегу, примыкает к служебно-производственному корпусу (СПК). В правобережном примыкании каменно-набросной плотины со сложными инженерно-геологическими условиями запрое-

Таблица. Основные показатели Богучанской ГЭС

Наименование показателей	Единицы измерения	Показатели	
		Гидроузла	Пускового комплекса
Общая длина напорного фронта	м	2690	2580
Расход в створе гидроузла максимальный приточный $p = 0,01\%$ с гарантийной поправкой	м³/с	16210	—
Расход максимальный приточный $p = 0,2\%$ в строительный период в весеннее половодье 2011 г.	м³/с	11700	11700
Расход минимальный летний	м³/с	3100	3100
Расход минимальный зимний	м³/с	1100	1100
Уровень верхнего бьефа (НПУ, ПУ)	м	208,00	185,00
Уровень нижнего бьефа максимальный (для гидроузла при $Q_{0,01\%} = 12700 \text{ м}^3/\text{с}$ и ПК — $11700 \text{ м}^3/\text{с}$)	м	141,45	140,90
Напор статический максимальный (брутто)	м	71,00	—
Напор статический минимальный (брутто)	м	66,10	47,00
Количество агрегатов	шт./тип	9	3/Турбина Р075-В-750, генератор СВ 1548/203-66УХЛ4
Частота вращения	об./мин.	90,9	90,9
Номинальное напряжение	кВт	15,75	15,75
Установленная мощность	тыс. кВт	3000	333
Число часов использования	час.	5867	—
Среднеголетняя выработка электроэнергии	млн кВтч	17600	—
Отметка минимального навигационного уровня в период строительства	м	138,20	138,20
Характеристика водохранилища:			
полный объем при НПУ и пусковом уровне	млн м³	58220	18660
площадь затопления при НПУ и пусковом уровне	км²	2326	1130
Характер регулирования (суточное, сезонное, многолетнее)	—	сезонное	—

ктированы противооползневые мероприятия для правобережного склона, супесчаный экран в верхнем бьефе и контрбанкет в нижнем бьефе плотины.

Бетонная плотина Богучанской ГЭС имеет максимальную высоту в русловой части 96 м и состоит из левобережных глухих секций № 0,1...№ 10, девяти станционных секций № 11...№ 19, секций водосброса № 2 (№ 20...№ 22), глухой секции № 23, пяти водопропускных секций № 24...№ 28 водосброса № 1, глухой секции № 29 с временным шлюзом и пяти сопрягающих глухих секций № 30...№ 34.

Бетонная плотина разрезана конструктивными деформационными швами на секции. В скальном основании бетонной плотины для уменьшения фильтрационных расходов устраивается цементационная завеса, которая включает в себя глубокую завесу и сопрягающую цементацию.

Для разгрузки подошвы плотины от фильтрационного противодействия воды выполняется ряд дренажных скважин.

Каменно-набросная плотина состоит из верховой и низовой упорных призм из каменной наброски, двухслойных переходных к диафрагме зон, супесчаного понура, противооползневых контрбанкетов у правого борта. Впервые в СССР для суровых климатических условий принято смелое

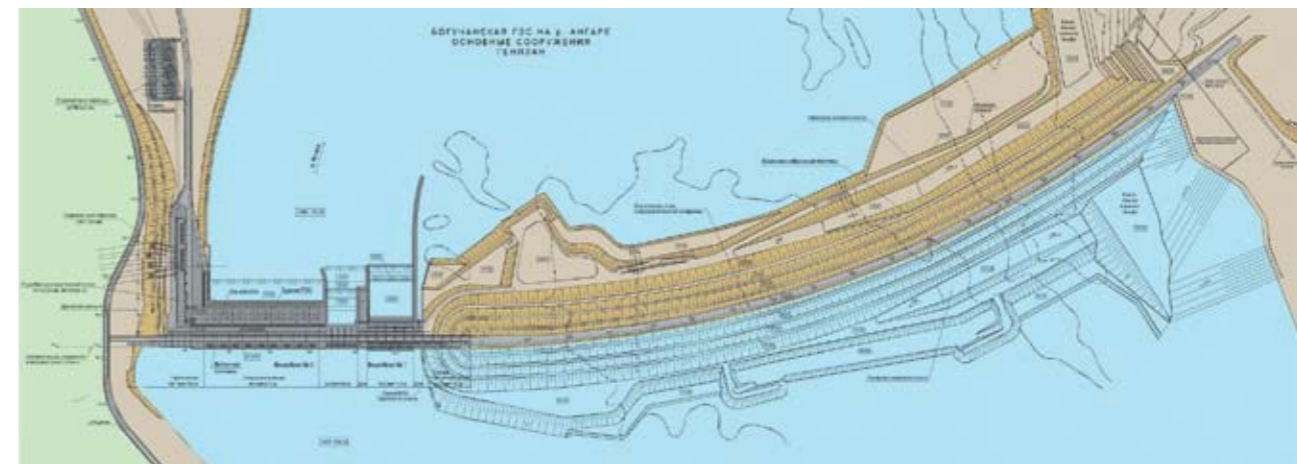


Рис. 2. Основные сооружения. Генплан

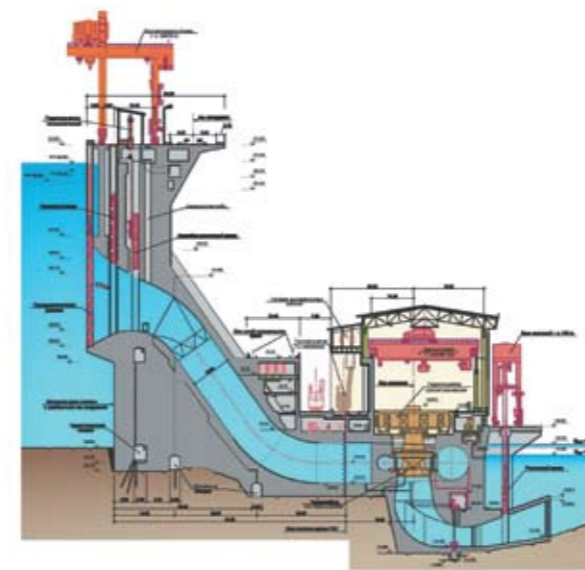


Рис. 3. Поперечный разрез по станционной секции и зданию гидроэлектростанции

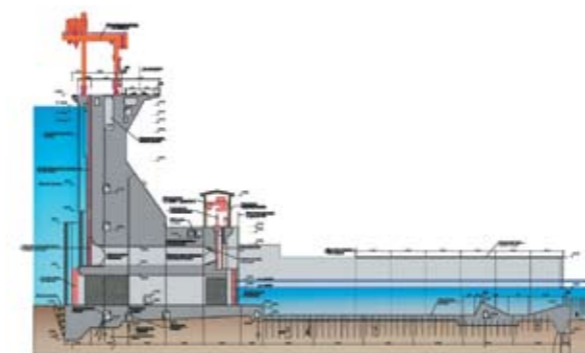


Рис. 4. Поперечный разрез по водосбросной секции

и прогрессивное решение в качестве противофильтрационного элемента плотины использовать диафрагму из литого асфальтобетона.

ОАО «Институт Гидропроект» выполнил корректировку технического проекта 1970-х гг. с учетом негативных послед-

ствий затянувшегося строительства и учетом современных нормативных требований.

При масштабе Богучанской ГЭС, самого крупного в настоящее время вводимого гидроэнергетического объекта, аварийные ситуации могут нанести значительный ущерб окружающей природной среде, экономике региона и создать угрозу безопасности населения. Так как основные принципы безопасности гидроузла разрабатывались на базе существующих в 1970-х гг. норм, значительно устаревших в настоящее время, важнейшей задачей института «Гидропроект» явился пересмотр технических решений, направленный на увеличение надежности сооружений гидроузла.

Для этой цели при корректировке технического проекта выполнены и уточнены:

- гидрологические и водохозяйственные расчеты;
- режим наполнения водохранилища;
- режим пропуска расчетных половодья и паводка;
- состав и конструкция водопропускных сооружений гидроузла;
- решены вопросы организации работ;
- расчеты напряженно-деформируемого состояния сооружений.

Потребовался кардинальный пересмотр компоновки технологического оборудования. Вместо ОРУ приняты более надежные и современные КРУЭ 500 кВ и 220 кВ.

Особое внимание при пересмотре технических решений 1970-х гг. уделено обеспечению безопасности сооружений напорного фронта и технологического оборудования.

Современные нормы и расчеты величин пропуска паводков выявили дефицит пропускной способности гидроузла в 30% от принятых в 1979 г. величин.

На Богучанской ГЭС в проекте обеспечиваются безопасные условия пропуска паводков в период временной и постоянной эксплуатации.

Дефицит пропускной способности Богучанского гидроузла в период постоянной и временной эксплуатации, а также обеспечение эксплуатационной надежности водосбросных сооружений и возможность проведения текущих ремонтов водосбросных сооружений, потребовали устройства ранее не планируемого водосбросного сооружения № 2 — дополнительно к существующему водосбросу № 1.

Выбор параметров водосброса № 2 Богучанской ГЭС осложнялся тем, что от 30 до 50% сооружений напорного фронта было выполнено. Рассматривались возможные варианты размещения нового сооружения в составе уже частично построенных сооружений гидроузла. После рассмотрения альтернатив-

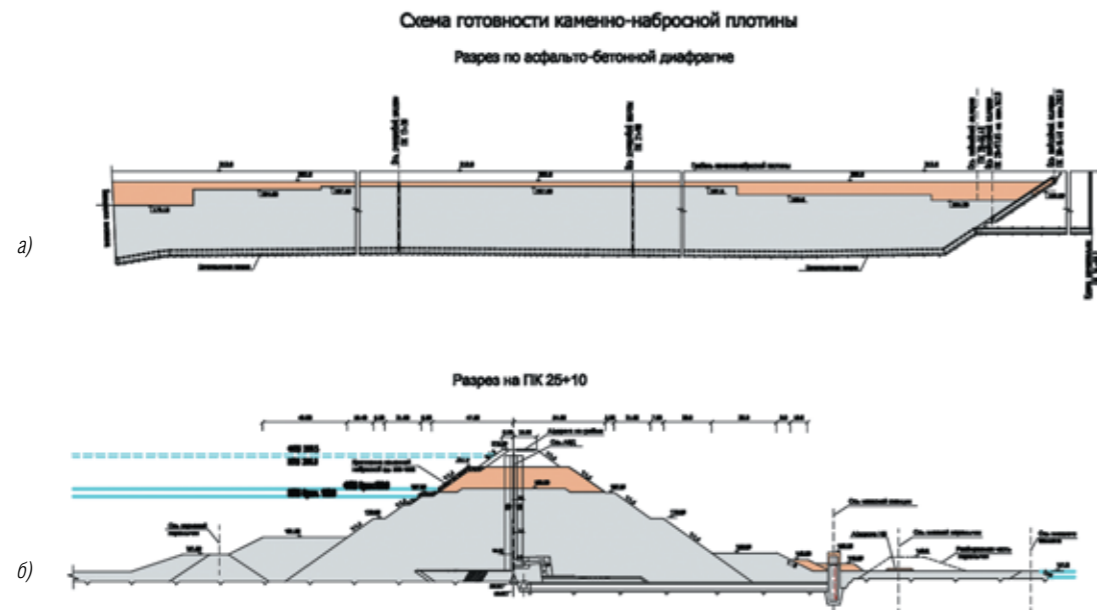


Рис. 5. Каменно-набросная плотина:

а) разрез по асфальтобетонной диафрагме; б) разрез на ПК 25+10

ных вариантов устройство дополнительного водосброса № 2 принято в единственно возможном месте расположения, вместо частично возведенных до отметок 161,0 м секций №№ 20–22 бетонной плотины и котловане отмененных агрегатных секций №№ 10–12, т. к. в 70-е гг. планировалось на Богучанской ГЭС установить двенадцать агрегатов, вместо принятых позже девяти. Котлован в зоне секций №№ 20–22 выполнен с учетом параметров котлована приплотинного здания ГЭС.

Параметры проектируемого водосброса № 2 определялись с учетом высокой степени готовности сооружений расположенного справа водосброса № 1 и расположенных слева бетонной секции плотины № 19 и блока агрегата № 9. После рассмотрения возможных альтернативных вариантов конструкции разработана экономичная конструкция водосброса со ступенчатой водосливной гранью и водобойным колодцем. Гидравлические исследования варианта выполнены во ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева (Санкт-Петербург).

Конструкция водосброса с гашением энергии на водосливной грани Богучанской ГЭС впервые принята в гидроэнергетике РФ. Гашение энергии на ступенчатой грани способствует существенному уменьшению размеров водобойного колодца, размещаемого за водосливом, и потребности в меньшем количестве материалов и времени на строительство водобойного колодца, что в свою очередь сокращает стоимость строительства по сравнению с другими вариантами. Это решение позволило уменьшить капвложения при строительстве водосброса на 800 млн руб., более чем на 7 месяцев сократить сроки пуска первых трех агрегатов и получить дополнительный экономический эффект от выработки 4500 млн кВт·ч.

В результате выполненных гидравлических исследований подобрана конструкция водосливной грани, обеспечивающая надежность пропуска расходов в период временной и постоянной эксплуатации. Водосброс № 2 имеет пять пролетов шириной 10,0 м и гребень водослива на отм. 199,0 м.

Конструкция ступенчатого водосброса состоит из гладкого водосливного оголовка, переходного участка со ступенями высотой 0,5 м и водосливной грани со ступенями высотой 1,5 м. Для аэрации потока в конце створе быков предусмотрен вертикальный уступ высотой 3,6 м. Конфигурация водобойного колодца выполнена в соответствии с существующим

котлованом здания ГЭС без дополнительной разборки скалы. Необходимая толщина плиты колодца составляет 4,5 м.

Водосброс № 2 в составе сооружений гидроузла обеспечит необходимую эксплуатационную надежность работы и безопасность сооружений гидроузла в период постоянной и временной эксплуатации и позволит в случае необходимости выполнять ремонтные работы водосбросных сооружений. Впервые в РФ принято пропуск максимальных расходов воды через Богучанский гидроузел осуществлять без участия агрегатов ГЭС с сохранением проектных параметров уровней воды в водохранилище:

- ♦ в весеннее половодье (0,01% с г. п.) — 209,5 м;
- ♦ в летне-осенний паводок (0,01% с г. п.) — 209,3 м.

Таким образом, строительство водосброса № 2 с выбранными параметрами позволит пропустить весеннее половодье и летне-осенний паводок с максимальными расходами и объемами воды вероятностью превышения 0,01% с г. п. без превышения проектной отметки ФПУ 209,5 м даже при аварийном отключении всех агрегатов Богучанской ГЭС.

Проект 1976 г. предусматривал первоначальное наполнение водохранилища и пуск первых агрегатов при недостроен-

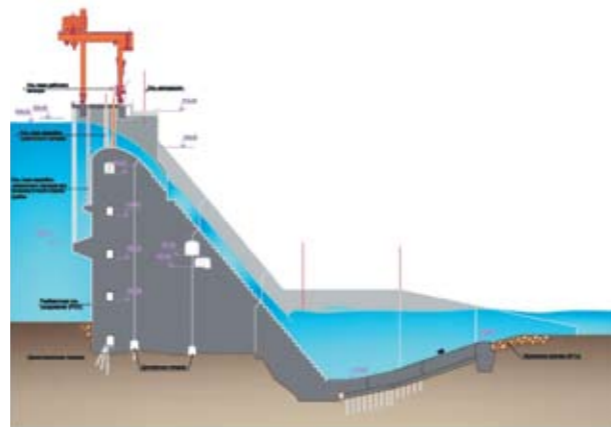


Рис. 6. Принятая конструкция водосброса № 2

ной бетонной плотине, что требовало значительных затрат на дополнительное механическое оборудование для водосброса № 1.

Существующий проект предусматривает возведение бетонной плотины до проектных отметок и расположение на ее гребне эксплуатационных козловых кранов г. п. 500/250/10 т, что позволило отказаться от дополнительного механического оборудования для водосброса № 1 и значительно сократить материальные затраты. Водосбросы №№ 1 и 2 обеспечат пропуск паводковых расходов и поддержку допустимых уровней ВБ в период первоначального наполнения водохранилища.

На водосбросе № 2 плоские колесные затворы и три ряда пазов обеспечивают:

- ♦ регулирование сбросных расходов, как в период первоначального наполнения водохранилища, так и при постоянной эксплуатации;
- ♦ возможность достройки водослива до проектной отметки.

Маневрирование затворами производится с помощью эксплуатационных козловых кранов г. п. 500/250/10 т.

Для условий зимней эксплуатации затворы и закладные части пазов оборудованы электрообогревом, поддержание майны перед затворами обеспечивается системой воздухообдува.

Безопасность сооружений напорного фронта

В процессе научного обоснования надежности основных сооружений гидроузла были разработаны математические объемные инженерно-геологическая и фильтрационная модели основания сооружений гидроузла (рис. 7), которые были использованы в исследованиях их прочности и устойчивости.

В проекте выполнен комплекс исследований по уточнению исходной (фоновой) сейсмичности и определению расчетной сейсмичности участка расположения основных сооружений. По результатам этих исследований уровень расчетной интенсивности землетрясения был снижен до 6 баллов по карте ОСР-97-С и до 5 баллов по карте ОСР-97-В (с расчетными периодами повторяемости землетрясений 1 раз в 5000 и 1000 лет соответственно).

В соответствии со СНиП II-7-81* [4], сейсмическое воздействие в 6 баллов в расчетных исследованиях не учитывается.

На основании действующих СНиП были разработаны «Основные положения расчетных исследований напряженно-

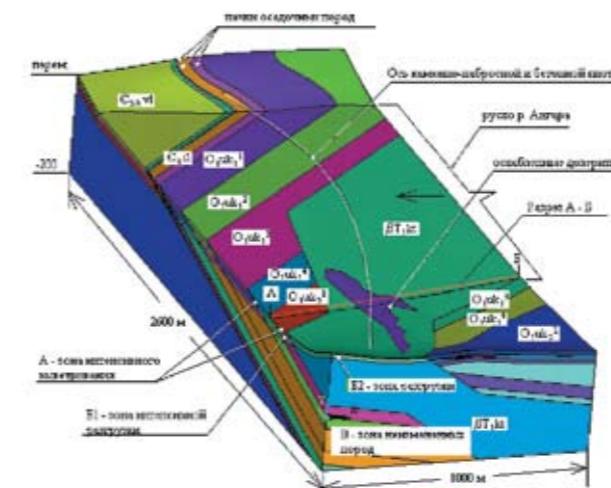


Рис. 7. Объемная инженерно-геологическая модель основания основных сооружений Богучанской ГЭС

деформированного состояния, прочности и устойчивости, а также определения армирования».

Допустимые напряжения в плотине для разных классов бетона подсчитаны, исходя из расчетной прочности бетона на сжатие и растяжение и коэффициентов прочности.

Как уже указывалось, в соответствии со СНиП II-7-81*, сейсмическое воздействие в 6 баллов можно не учитывать, но в целях оценки влияния сейсмического воздействия были проведены исследования НДС и устойчивости бетонной и каменно-набросной плотины на сейсмическое воздействие в 7 баллов.

Расчеты армирования выполнены в соответствии со СНиП 2.06.08-87 «Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений» по программе PACAP, разработанной в институте «Гидропроект».

В соответствии с п. 6.12 СНиП 2.06.08-87, в расчетах было учтено снижение жесткости изгибаемых, внецентренно сжатых и растянутых элементов за счет образования трещин. В сечениях при наличии растягивающих напряжений на гранях, контактирующих с водой, было учтено противодействие воды.

На основе полученных изолиний площадей арматуры производилось распределение арматуры в конструктивных элементах сооружений.

Из всех рассмотренных сочетаний расчетных нагрузок определено максимальное количество арматуры в каждом конечном элементе в каждом из трех направлений. Устойчивость плотины на сдвиг проверялась по контакту плотины с основанием путем анализа соотношений удерживающих и сдвигающих сил.

В проекте выполнена конечно-элементная аппроксимация системы «станционная плотина — здание ГЭС — скальное основание». Нагрузки на плотину и здание ГЭС учтены в исследованиях на четыре сочетания: основное, особое-1 (при ФПУ), особое-2 (при максимальной амплитуде колебаний среднемесячных температур воздуха) и ремонтное.

Впервые в отечественной практике проектирования гидротехнических сооружений в России был выполнен анализ влияния температурных воздействий в условиях сурового климата Сибири (рис. 8) на НДС и армирование плотины и здания ГЭС.

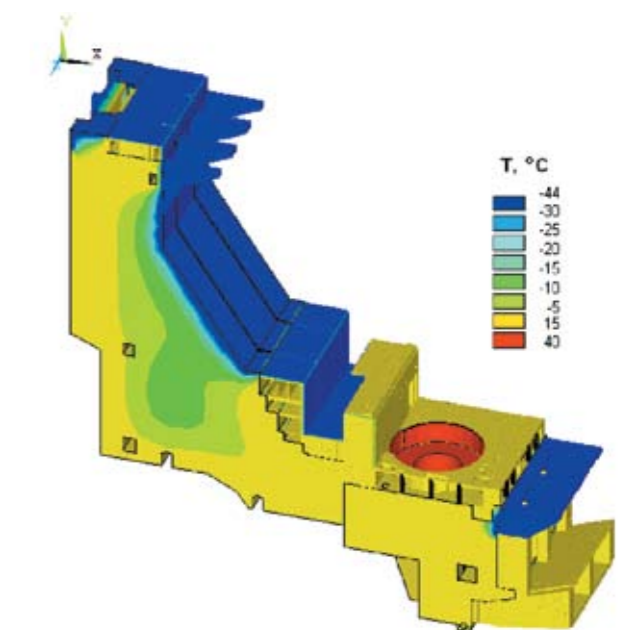


Рис. 8. Распределение температур в плотине и здании ГЭС в январе месяце для года с максимальной амплитудой температур воздуха



Состояние сооружений на декабрь 2011 г.



Пропуск расходов через строительные отверстия водосброса № 1

Бесперебойная работа технологического оборудования при аварийных ситуациях

Трагическое событие в российской гидроэнергетике в августе 2009 г. потребовало более тщательного анализа и ужесточения требований безопасности не только к сооружениям напорного фронта, но и к оборудованию, обеспечивающему бесперебойную работу этих сооружений.

Помимо обеспечения безопасных условий пропуска паводков в период временной и постоянной эксплуатации и создания сооружений с необходимыми коэффициентами запасов по прочности и устойчивости, в проекте разработаны технические решения по повышению надежности работы технологического оборудования сооружений Богучанской ГЭС:

На Богучанской ГЭС создана надежная система бесперебойного электроснабжения оборудования, обеспечивающего безопасность гидроузла. В случае предполагаемой техногенной аварии и затопления машинного зала могут выйти из строя блочные трансформаторы, установленные на отм. 147,8 м в зоне прокатки трансформаторов (пазуха плотин), и трансформаторы собственных нужд ТСН № 1 и ТСН № 2, расположенные на отметке 161,1 м. В этом случае последует переключение на трансформаторы собственных нужд ТСН № 3 и ТСН № 4, расположенные на отметке 147,8 м служебно-производственного корпуса в зоне автотрансформаторов на расстоянии более 200 м от здания ГЭС на незатопляемых отметках. Трансформаторы собственных нужд ТСН № 3 и ТСН № 4 подключены к автотрансформаторам и имеют связь с энергосистемой по четырем ВЛ 220 кВ с ПС Кодинская и Раздолинская и трем ВЛ 500 кВ с ПС Озерная и Ангара. От ТСН № 3 и ТСН № 4 запитано КРУ № 1, расположенное на незатопляемых отметках на плотине в этажерке технологических помещений отм. 152,75 м. В свою очередь от КРУ № 1 запитаны шесть КТПСН, расположенные в плотине на отм. 157,2 м и выше, питающие всех потребителей напорного фронта. Таким образом, схема питания с использованием ТСН № 3 и ТСН № 4 полностью обеспечит электроснабжение потребителей СН напорного фронта даже в случае аварии на всех девяти агрегатах ГЭС.

Водоприемник здания ГЭС оборудован аварийно-ремонтными затворами (АРЗ). Для оперативного управления затворами на гребне плотины установлены индивидуальные маслонасосные агрегаты (МНА). Для экстренного опускания АРЗ предусматривается установка агрегатов бесперебойного питания.

Помимо дублированной схемы электроснабжения систем жизнеобеспечения сооружений напорного фронта, дополнительно предусматривается установка автоматической резервной дизель-электрической станции (РДЭС) мощностью

1500 кВт. Резервная дизель-электрическая станция размещается на незатопляемых отметках на гребне плотины.

РДЭС обеспечит электроснабжение сооружений напорного фронта:

- систем управления АРЗ;
- МНА для исключения возможной просадки АРЗ;
- козлового крана (одного);
- насосных станций дренажа НС-23 и НС-33;
- насосных станций дренажа КНП;
- МНА гидроприводов затворов водосброса № 1;
- системы освещения и вентиляции;
- системы пожаротушения;
- системы отопления пазов водосброса № 2.

Для обслуживания помещений насосных станций, для откачки дренажных вод бетонной плотины НС-23 и НС-33 со стороны лестницы на отм. 145,0 м устанавливаются герметичные двери. Для прохода в насосную станцию осушения проточной части в здании ГЭС устанавливается герметичный люк аварийного лаза.

Для обеспечения дополнительного электроснабжения сооружений здания ГЭС и СПК предусматривается установка автоматической РДЭС для питания:

- насосов системы осушения проточной части гидротурбин;
- насосов системы дренажа здания ГЭС;
- насосов МНУ;
- системы освещения и вентиляции;
- системы дренажа СПК;
- системы пожаротушения.

В период строительства выполняется комплексная программа мониторинга состояния сооружений, их оснований и бортовых примыканий, мониторинга фильтрационного потока в створе гидроузла в период строительства.

При постоянной эксплуатации на сооружениях Богучанской ГЭС планируется проведение различных видов наблюдений для обеспечения безопасной работы сооружений, проверки соответствия состояния плотины техническим условиям при их возведении в период строительства.

Основные задачи наблюдений на сооружениях Богучанской ГЭС:

- контроль целостности напорного фронта;
- контроль прочности и устойчивости сооружений;
- контроль эффективности цементационной завесы.

На сооружениях Богучанской ГЭС проектом предусмотрен контроль практически за всеми элементами конструкций и основания. В возводимых сооружениях закладывается контрольно-измерительная аппаратура (КИА), которая в настоящее время частично контролируется. Кроме того, периодически проводятся комиссионные обследования сооружений.

АСУТП для БОГУЧАНСКОЙ ГЭС

Проект автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП) для Богучанской ГЭС разработала компания НПФ «Ракурс». В настоящее время фирма «Ракурс» занимается реализацией проекта по изготовлению и поставке программно-технических комплексов как для верхнего и общестанционного уровней управления станцией (многомощит ЦПУ, пульт-столы управления для ЦПУ и РПУ, шкафы с сетевым коммутационным оборудованием, АРМы, серверы баз данных, ПТК общестанционного управления и сигнализации, групповых регуляторов активной и реактивной мощности), так и для нижнего уровня управления (для гидроагрегатов ГА1...ГА9, КРУЭ 220 кВ, КРУЭ 500 кВ, КРУ СН).

Отгружаемое оборудование по всем этапам поставки проходит строгий контроль качества. Предпоставочные испытания проводятся с участием представителей ОАО «Богучанская ГЭС», ЗАО «Заказчик строительства Богучанской ГЭС» и НПФ «Ракурс». Испытания системы группового регулирования активной и реактивной мощности (ГРАРМ) проводились в ООО «НИИПТ» по согласованной с заказчиком и системным оператором программе испытаний, при участии филиала ОАО «СО ЭЭС» ОДУ Сибири и филиала ОАО «СО ЭЭС» Красноярское РДУ.

В 2011 г. НПФ «Ракурс» осуществил поставки оборудования для первых шести агрегатов, а также оборудования для верхнего и станционного уровней АСУТП.

Создание автоматизированной системы управления является важным этапом реконструкции или строительства новой гидроэлектростанции. Современная автоматизированная система управления технологическим процессом позволяет контролировать работу генерирующего оборудования, обеспечивая эффективное, безопасное и рациональное его использование.

Петербургская научно-производственная фирма «Ракурс», основанная в 1991 г., является одним из лидеров российского рынка промышленной автоматизации для объектов гидроэнергетики. За эти годы накоплен огромный опыт создания АСУ ТП как для относительно небольших станций, так и для крупных гидроэнергетических комплексов.



198095 Санкт-Петербург,
Химический пер., д. 1, корп. 2
www.rakurs.com

В мониторинге бетонной плотины Богучанской ГЭС принимают участие организации:

- ОАО «Институт Гидропроект» им. С. Я. Жука (Москва);
- ОАО Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники (ВНИИГ) им. Б. Е. Веденеева (Санкт-Петербург);
- Научно-исследовательский институт энергетических сооружений (НИИЭС) (Москва);
- Центр службы геодинамических наблюдений в энергетической отрасли (ЦСГНЭО);
- Лаборатория гидротехнических сооружений ОАО «Богучанская ГЭС».

Совместными усилиями российских проектных институтов для строительства Богучанской ГЭС выполнен самый современный технический проект. Все разделы проекта выполнены по последним нормативным требованиям к гидроэнергетическим объектам. Особое внимание было уделено требованиям безопасности гидроузла. На гидроузле установлено современное оборудование, отвечающее всем требованиям мировых норм.

В марте 2012 г. ГЭС готовится к закрытию временных строительных отверстий и пуску трех агрегатов в период июня–июля 2012 г. Для успешного ввода в эксплуатацию первых трех агрегатов, помимо выполнения объемов пускового комплекса, выполнены работы по устранению негативных последствий работы сооружений, длительное время эксплуатировавшихся в неперспективных условиях. Идет оценка работоспособности сооружений, построенных в 90-е гг. Проверяется надежность противотракторной завесы, устройства шпонки в примыкании асфальтобетонной диафрагмы к бетонной плотине, надежность работы дренажных скважин.

Выводы

ОАО «Институт Гидропроект» выполнил корректировку технического проекта Богучанской ГЭС, разработанного в 70-е гг. прошлого столетия, с учетом негативных последствий затянувшегося строительства и учетом современных нормативных требований. Особое внимание при пересмотре технических решений 70-х гг. уделено обеспечению безопасности сооружений напорного фронта и технологического оборудования.

Для обеспечения безаварийного пропуска паводков ОАО «Институт Гидропроект» впервые в РФ разработал экономичную конструкцию водосброса со ступенчатой водосливной гранью и водобойным колодцем.

На базе технического проекта разработан пусковой комплекс Богучанской ГЭС с целью обеспечения ввода энергетических мощностей в декабре 2010 г. при оптимальных капвложениях.

На основании действующих СНиП в проекте разработаны «Основные положения расчетных исследований напряженно-деформированного состояния, прочности и устойчивости, а также определения армирования».

На Богучанской ГЭС разработана надежная система бесперебойного электроснабжения оборудования, обеспечивающего безопасность гидроузла. Проектные работы обеспечивают пуск первого агрегата в намеченные сроки.



БОГУЧАНСКАЯ ГЭС — КРУПНЕЙШАЯ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СТРОЙКА РОССИИ



Романов А. В.,
руководитель дирекции
проекта БЗМО ОАО «РусГидро»

Фотографии предоставлены ОАО «РусГидро»

Строительство на р. Ангара Богучанской ГЭС мощностью 3000 МВт и среднегодовой выработкой электроэнергии 17,6 млрд кВт·ч является крупнейшим гидроэнергетическим проектом России. Строительство станции подходит к ключевому событию — пуску первых гидроагрегатов.

История строительства

Поиски подходящего створа для строительства Богучанской ГЭС начались в 1965 г. Первая предложенная геологами и гидрологами площадка находилась в Богучанском районе края, однако в 1971 г. после сопоставления различных вариантов был выбран новый створ — возле поселка Кординская Заимка в Кежемском районе. Название ГЭС, тем не менее, сохранилось прежним — Богучанская. Необходимость строительства станции была определена Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 1 февраля 1971 г. № 65 «О мерах по дальнейшему комплексному развитию в 1971–1980 гг. производительных сил Красноярского края». Технический проект Богучанской ГЭС утвержден в 1979 г. распоряжением Совета Министров СССР.

Подготовительный период строительства начался в октябре 1974 г., когда в створ станции прибыл первый строительный десант «БратскГЭСстрой», завершившего строительство вышележащей Усть-Илимской ГЭС. Влияние треста «БратскГЭСстрой» на экономику и органы советской власти Восточной Сибири в то время было настолько велико, что руководство треста даже предлагало для удобства управления строительством Богучанской ГЭС передать Кежемский район из состава Красноярского края в Иркутскую область.

В 1977 г. началось возведение города гидростроителей Богучанской ГЭС Кординска; впоследствии город стал районным центром, в Кординск были переселена и часть населения, ранее проживавшего в зоне затопления. Первый кубометр земли на месте строительства извлекли 18 июня 1980 г., когда строители приступили к формированию котлована первой очереди. Первый кубометр бетона в тело бетонной плотины уложили 17 апреля 1982 г., 100-тысячный — в 1984 г.

Во времена СССР, особенно в «перестроечное» время, строительство Богучанской ГЭС велось медленными темпами из-за нехватки средств и организационных проблем. Река Ангара в створе Богучанской ГЭС перекрыта в 1987 г. В соответствии с Постановлением Совета министров СССР от 30 апреля 1980 г. № 798р завершить строительство станции намечалось через 12 лет после начала общестроительных работ — в 1992 г. Впоследствии этот срок неоднократно пере-

носился, а с 1994 по 2005 гг. строительство было фактически заморожено — средства выделялись лишь на поддержание уже построенных гидротехнических сооружений в безопасном состоянии. С целью минимизации затрат был предложен вариант завершения строительства ГЭС со сниженной до 185 м отметкой НПУ водохранилища (проектная отметка НПУ — 208 м), с соответствующим снижением мощности и выработки станции, однако Главгосэкспертизой было выдано отрицательное заключение на данный проект.

В 2005 г. Президент Российской Федерации Владимир Путин поставил перед правительством задачу завершения строительства Богучанской ГЭС. Для решения этой задачи было принято решение о привлечении в проект частного инвестора — Объединенной компании «РУСАЛ». В 2006 г. было заключено Соглашение между ОАО «РусГидро» и ОК «РУСАЛ» о совместной реализации проекта по созданию Богучанского энерго-металлургического объединения (БЭМО) в составе Богучанской ГЭС и Богучанского алюминиевого завода производительностью 600 тыс. т металла в год, который должен стать потребителем значительной части производимой станцией электроэнергии. Финансирование строительства гидроэлектростанции и завода инвесторами проекта производится на паритетных началах (50 на 50). С 2011 г. строительство финансируется за счет кредита Внешэкономбанка.

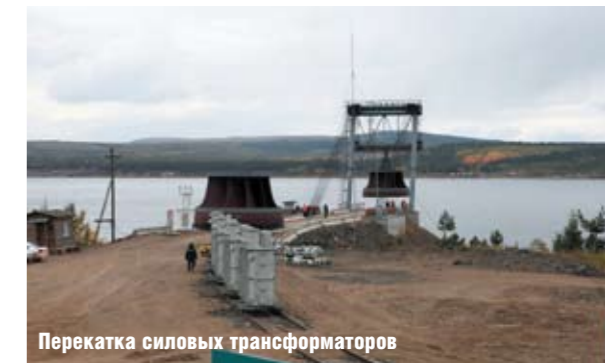
В 2006 г. были развернуты работы по достройке станции, с ОАО «Силовые машины» был заключен контракт на поставку девяти комплектов гидросилового оборудования — турбин и генераторов. В последующие годы темпы строительства были значительно ускорены, темпы укладки бетона в отдельные периоды превышали 1 тыс. м³ в сутки. В 2008–2011 гг. на строительную площадку речным путем из Санкт-Петербурга были доставлены крупногабаритные рабочие колеса гидротурбин, а также силовые трансформаторы. В сентябре-октябре 2011 г. был затоплен строительный котлован станции.

По состоянию на 1 декабря 2011 г. достигнута строительная готовность основных сооружений гидроузла к наполнению водохранилища до отм. 185 м: каменно-набросная плотина воздвигнута на всем протяжении до отметки 202 м, на отдельных участках — 206 м (проектная отметка — 212 м).

Бетонная плотина, состоящая из 34 секций, на всем протяжении превышает отметку 196 м. Более того, 22 секции возведены до проектной отметки 214 м, что позволило на значительном протяжении гребня плотины смонтировать подкрановые пути и запустить эксплуатационные краны.



Строительная площадка Богучанской ГЭС в 1980-х годах



Перекатка силовых трансформаторов

Строительство оставшихся секций должно быть завершено параллельно с поэтапным пуском гидроагрегатов.

Завершены работы по устройству теплового контура здания ГЭС в объеме шести гидроагрегатов. На протяжении примерно 220 м (от торцевой стенки монтажной площадки до временной стенки в районе гидроагрегата № 6) монтажные работы ведутся в отапливаемом пространстве. Параллельно продолжается строительство здания машинного зала: металлоконструкции стен и кровли построены до гидроагрегата № 8, ведется строительство бетонных стен в районе гидроагрегата № 9. Смонтированы гидроагрегаты №№ 1 и 2, на монтажной площадке завершается сборка ротора гидроагрегата № 3. В кратерах агрегатов №№ 3 и 4 продолжается сборка элементов статоров. Ведутся работы по монтажу 5-го и 6-го гидроагрегатов, уже установлены на свои места рабочие колеса.

Ведется монтаж электротехнического оборудования, систем связи и автоматизации. В служебно-производственном корпусе станции завершается монтаж комплектных распределительных устройств с элегазовыми выключателями КРУЭ 220 и КРУЭ 500 кВ, завершена перекачка шести фаз автотрансформаторов. После подключения токопроводов автотрансформаторы и КРУЭ сформируют единую систему, которая будет подключена, с одной стороны, к трансформаторам станции (первый из которых был установлен на свое место в декабре 2011 г.), с другой — к открытой переключательной площадке. В самом служебно-производственном корпусе завершаются отделочные работы и монтаж вспомогательного оборудования трансформаторных подстанций собственных нужд, различных мастерских, автоматических щитов управления, электротехнической, бытовых помещений и столовой.

В сентябре 2011 г. были перекрыты два из пяти временных донных отверстий, пропуск воды осуществляется через оставшиеся три отверстия. Операцию по перекрытию оставшихся отверстий и заполнению водохранилища до первой пусковой отметки 185 м планируется начать 1 марта 2012 г. Сразу после заполнения водохранилища начнутся испытания гидроагрегатов и вспомогательного оборудования, пуск агрегатов первой очереди намечен на 1 июня 2012 г. До конца года планируется осуществить пуск шести агрегатов, а выход станции на полную мощность намечен на 2013 г.

Значение Богучанской ГЭС

Реализация проекта Богучанской ГЭС мощностью 3000 МВт и среднегодовой выработкой 17,6 млрд кВт·ч не только позволит обеспечить надежное энергоснабжение потребителей энергосистемы Сибири, но и станет мощным толчком для развития всего Нижнего Приангарья. Инвестиции в строительство Богучанской ГЭС за весь период реализации проекта (с 1980 г.) составили 67,9 млрд руб., в том числе в 2011 г. — 11,2 млрд руб.

Для включения новой станции в Объединенную энергетическую систему Сибири в 2008–2010 гг. были построены

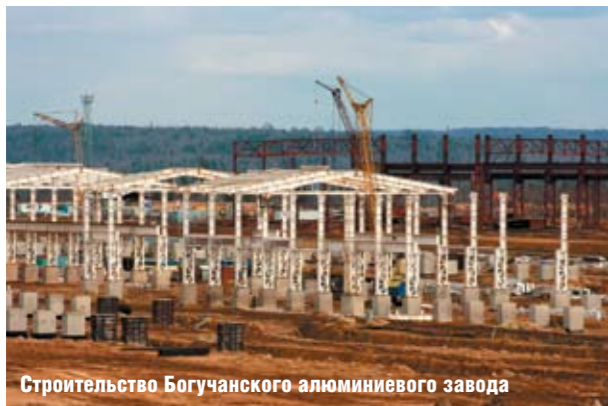
подстанция 220 кВ «Приангарская» и линии электропередачи 220 кВ «Богучанская ГЭС — Приангарская — Раздолинская». Новая ЛЭП объединяет Кежемский, Богучанский и Мотыгинский районы Красноярского края, ее общая протяженность 301 км. Линия электропередачи 500 кВ «Богучанская ГЭС — Ангара — Камала» (со строительством подстанции 500 кВ «Ангара» и расширением подстанции 500 кВ «Камала») позволила связать в единую систему территории Кежемского, Богучанского, Нижне-Ингашского, Иланского, Абанского и Канского районов Красноярского края. Общая протяженность этой ЛЭП составит более 500 км. Линия электропередачи 500 кВ «Богучанская ГЭС — Озерная» протяженностью 330 км должна быть введена в строй в конце 2013 г. Она свяжет Богучанскую ГЭС с населенными пунктами Богучанского и Кежемского районов Красноярского края и Тайшетского и Чунского районов Иркутской области. Общая сумма инвестиций в эти проекты в 2008–2011 гг. составила 19,5 млрд руб. «Иркутская электросетевая компания» планирует в 2012 г. завершить строительство крупной подстанции «Озерная» напряжением 500 кВ в районе города Тайшета и реконструкцию действующей там подстанции с возведением прилегающих сетей. Это позволит повысить надежность транзита электроэнергии между Иркутской областью и Красноярским краем и использовать энергию Богучанской ГЭС при эксплуатации строящегося Тайшетского алюминиевого завода.

Экономические эффекты нескольких объектов, построенных в последние годы в рамках проекта освоения Нижнего Приангарья, будут усиливать и дополнять друг друга. Так, в ноябре 2011 г. в Богучанском районе (около 130 км ниже ГЭС по течению) состоялось торжественное открытие первого в Красноярском крае моста через Ангару. Введенный мост — самый длинный в крае, его длина — 1,608 км, ширина — 10 м, стоимость работ составила 5,3 млрд руб. Мост является важным элементом автодороги Богучаны — Юрубчен — Байкит. Мост станет опорным звеном инфраструктуры, которая позволит осваивать богатства Нижнего Приангарья и Эвенкии. В первую очередь, добывать нефть, поскольку мост открывает прямой путь к освоению Юрубчено-Тохомского месторождения. Энергию для освоения месторождения можно будет получать с Богучанской ГЭС.

Строительство Богучанской ГЭС и сопутствующей сетевой инфраструктуры входит в состав государственной программы «Комплексное развитие Нижнего Приангарья», являясь ее первым этапом.

На втором этапе предусмотрена реализация крупных инвестиционных проектов в области энергетики, горнодобывающей и лесоперерабатывающей промышленности, общий объем инвестиций в которые оценивается в 450 млрд руб. Из них основную часть составят частные инвестиции, выделение бюджетных средств на развитие базовой транспортной и энергетической инфраструктуры предполагается в размере около 60 млрд руб.

Существует мнение, что альтернативой строительству Богучанской ГЭС является сооружение нескольких тепловых



Строительство Богучанского алюминиевого завода



Станционная часть плотины



Строительство СПК, включающего КРВЭ



Эксплуатационный водосброс № 1

электростанций. Однако такое решение не является рациональным ни с экономической, ни с технической, ни с экологической точек зрения. Для замены Богучанской ГЭС мощностью 3000 МВт потребовалось бы 3–5 тепловых станций установленной мощностью 600–1000 МВт. Строительство каждой такой станции заняло бы не менее 10 лет, что означало бы дальнейшее усугубление проблемы дефицита электроэнергии в Красноярском крае и Объединенной энергосистеме Сибири в целом. В качестве топлива таких станций пришлось бы использовать уголь, что означало бы значительные ежегодные выбросы углекислого газа, окислов серы, азота и других загрязняющих веществ, образование и складирование большого количества золы.

По сравнению с тепловыми станциями ГЭС требуется значительно меньше специалистов для эксплуатации и ремонта — в среднем, на ТЭС мощностью 1000 МВт работают около 1,5 тыс. человек, что в 3 раза больше, чем на ГЭС. Таким образом, для замены одной Богучанской ГЭС потребовалось бы как минимум в 9 раз больше дефицитных высококвалифицированных специалистов. Тепловые станции требуют постоянного ремонта — как минимум два месяца в году каждый котел простаивает в связи с плановыми и неплановыми остановками, а на ввод котла в эксплуатацию требуется не менее суток подготовительных работ. Низкая маневренность тепловых конденсационных электростанций не позволяет их использования для регулирования пиковых нагрузок энергосистемы.

Состав сооружений

В состав гидротехнических сооружений станции входят бетонная гравитационная плотина, каменно-набросная плотина (КНП) с асфальтобетонной диафрагмой, здание ГЭС с монтажной площадкой, эксплуатационные водосбросы №№ 1 и 2. Отметка гребня бетонной плотины составляет 214 м, строительная высота — 96 м, длина по гребню — 828,7 м. Отметка гребня КНП составляет 212 м, длина по гребню — 1861,3 м, строительная высота — 77 м. Общая длина напорного фронта гидроузла составляет 2690 м.

Бетонная плотина состоит из трех видов секций: глухих (секции №№ 0–10), станционных (секции №№ 11–19) и водосбросных (водосброс № 1 — секции №№ 24–28, водосброс № 2 — №№ 20–22). Между бетонной плотиной и КНП расположен сопрягающий устой, состоящий из секций с 30-й по 34-ю. На отметке 161,2 м под водосбросом № 2 построен транспортный тоннель протяженностью 76 м и шириной 3,3 м. Тоннель является частью единого технологического проезда вдоль бетонной плотины ГЭС, на всем остальном протяжении проезда транспорт движется по так называемой этажерке. В период эксплуатации ГЭС тоннель будет пропускать только служебный транспорт, проезд для постороннего транспорта будет закрыт.

Каменно-набросная плотина Богучанской ГЭС состоит из верховой и низовой упорных призм из каменной наброски и разделяющей призмы асфальтобетонной диафрагмы. Диафрагма предназначена для предотвращения фильтрации воды через тело КНП. Технология сооружения диафрагмы предусматривает использование литого асфальтобетона, что повышает технологичность ее сооружения. Надежность принятой конструкции диафрагмы подтверждена расчетами, результатами обследований, а также опытом эксплуатации созданной по аналогичной технологии диафрагмы высотной плотины Ирганайской ГЭС. К диафрагме с двух сторон примыкают двухслойные переходные зоны из различных горных пород и грунта. Общий объем щебня и грунта, необходимого для формирования КНП, составляет около 30,5 млн м³.

Станционная часть бетонной плотины БогГЭС имеет длину 270 м и состоит из девяти секций, в каждой из которых размещены водоприемники и турбинные водоводы диаметром 10 м для подачи воды к турбинам ГЭС. Общая длина здания ГЭС с монтажной площадкой, которая примыкает к первой агрегатной секции с левой стороны, составляет 331 м. Нумерация агрегатов и их монтаж ведутся от монтажной площадки в сторону правого берега Ангары.

В здании Богучанской ГЭС будут установлены девять гидроагрегатов мощностью по 333 МВт. Гидротурбины радиально-осевые, диаметр рабочего колеса — 7,86 м, вес — 155,6 т. По своим габаритам рабочие колеса Богучанской ГЭС превосходят аналогичные узлы гидроагрегатов крупнейшей в России Саяно-Шушенской ГЭС. Гидросиловое оборудование станции произведено на предприятиях концерна «Силловые машины». Выдача электроэнергии со станции в энергосистему будет осуществляться с комплектных распределительных устройств с элегазовой изоляцией (КРВЭ) напряжением 220 и 500 кВ.

Водоохранилище Богучанской ГЭС площадью 2326 км² располагается на территории Красноярского края и Иркутской области. При полном объеме 58,2 км³ его полезный объем составляет 2,3 км³, что позволяет вести суточное регулирование мощности станции, а также сезонное регулирование боковой приточности. В связи с этим режим расходов реки в нижнем бьефе в течение года по сравнению с существующей ситуацией существенно не изменится.

Обеспечение надежности и безопасности гидроузла

Первоначальным проектом предусматривался пропуск расходов строительного и эксплуатационного периода через донный водосброс (до заполнения водохранилища через пять временных отверстий, затем через десять постоянных). К моменту возобновления строительства станции требования к пропуску расходов были ужесточены (в частности, требуется учитывать возможную неисправность одного из затворов

водосброса и снижение пропуска расходов через агрегаты ГЭС), что потребовало корректировки технического проекта, проведенной институтом «Гидропроект» в 2006–2008 гг.

Увеличение пропускной способности гидроузла возможно при условии строительства дополнительного водосброса. Однако разместить водосброс берегового типа оказалось невозможным — на левом берегу ему помешало бы здание КРВЭ, на правом — профиль и структура склона. В результате было принято решение о размещении водосброса в станционной части плотины. Первоначальный проект предусматривал возможность установки двенадцати гидроагрегатов (мощность ГЭС при этом составляла бы 4000 МВт). Однако позднее от установки трех гидроагрегатов отказались в связи с их бесперспективностью (данные гидроагрегаты планировалось использовать для выдачи дополнительной мощности в пиковой части графика нагрузок, необходимости в чем в сложившихся условиях нет), что позволило разместить на их месте дополнительный водосброс.

Ситуация осложнялась тем, что от 30 до 50% сооружений напорного фронта ГЭС были уже построены, и проектировщикам необходимо было вписать водосброс в уже существующие сооружения. После анализа нескольких вариантов было принято решение о строительстве водосброса ступенчатой конструкции, в котором гашение энергии потока происходит как в водобойном колодце, так и на ступенях водосливной грани плотины. Такое решение ранее не использовалось в отечественной практике гидроэнергетического строительства, но опробовано на зарубежных объектах, его работоспособность подтверждена расчетами и испытаниями на масштабной гидравлической модели.

Согласно уточненному проекту, совокупная пропускная способность Богучанского гидроузла составляет 14860 м³/с. Из них 5000 м³/с сможет проходить через водопропускные тракты гидроагрегатов, через водосброс № 1 — 7060 м³/с, водосброс № 2 — 2800 м³/с. Максимальный приточный расход в створе ГЭС (вероятностью 0,01% с гарантийной поправкой) и с учетом аккумуляции части притока в водохранилище его безопасный пропуск обеспечиваются даже при условии остановки всех гидроагрегатов ГЭС.

Продолжительный период строительства, включающий в себя более чем 10-летний этап фактической консервации основных сооружений, привел к необходимости оценки изменений в состоянии объекта на момент возобновления строительства. Проведенные специализированными организациями многофакторные обследования подтвердили надежное и работоспособное состояние строительных конструкций. Также были проведены дополнительные расчеты сейсмостойчивости сооружений Богучанской ГЭС, подтвердившие их надежность к землетрясениям силой 7 баллов при расчетной сейсмичности района строительства 6 баллов.

Учитывая уроки аварии на Саяно-Шушенской ГЭС, были разработаны и реализуются мероприятия по повышению

безопасности и надежности Богучанской ГЭС: регуляторы турбин доработаны в части закрытия направляющего аппарата и остановки агрегата при полной потере электропитания. Гидроагрегаты оснащены штатными системами постоянного контроля вибрации и теплового контроля. Обеспечена защита от затопления систем управления, связи, технологических защит, расположенных на отметке машинного зала и ниже. Предусмотрено размещение административных, бытовых и ремонтных помещений на отметках выше уровня нижнего бьефа. На гребне плотины установлены автономные источники питания с автоматическим запуском для электроснабжения механизмов, обеспечивающих безопасность гидроузла. Разработана схема управления аварийными затворами турбинных водоводов, обеспечивающих их гарантированное закрытие при возникновении нештатных ситуаций. Реализованы решения, исключающие самопроизвольное раскручивание гаек крепления фланцевых соединений водопроводящих трактов гидротурбин.

Важным элементом проекта стала замена открытого распределительного устройства (ОРУ) на более безопасное распределительное устройство закрытого типа (КРВЭ), защищенное от атмосферных воздействий. Помимо большей компактности такого устройства, необходимо отметить его безопасность по сравнению с традиционно используемым маслонаполненным оборудованием — элегаз относится к малотоксичным веществам и не представляет опасности для окружающей среды, кроме того, он пожаробезопасен.

Экологические последствия строительства Богучанской ГЭС

Вопросы охраны окружающей среды при строительстве Богучанского гидроузла были рассмотрены в составе его технического проекта, прошедшего государственную экспертизу. Поскольку проект строительства Богучанской ГЭС находится на стадии реализации с 1980-х гг., в соответствии с федеральным законом № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» проведение процедуры оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) не требуется (эта процедура предусмотрена для объектов, планируемых к строительству).

Сама по себе гидроэлектростанция не представляет экологической опасности: в процессе своего функционирования ГЭС не производит никаких выбросов в атмосферу или акваторию реки. Единственной теоретически признанной угрозой окружающей среде со стороны станции могут стать бытовые отходы (в том числе лампы дневного света), канализационные сточные воды и утечки масла. Для хранения бытовых отходов вблизи станции имеется обычный полигон ТБО, а для очистки сточных вод уже строится современная очистная станция.

В рамках проекта Богучанской ГЭС предусмотрен целый ряд природоохранных мероприятий. Это проектирование



Строительство здания ГЭС



Панорама строительства Богучанской ГЭС

УЧАСТНИКИ ПРОЕКТА

В целом на проекте «Достройка Богучанской ГЭС» трудится более 3000 человек и более 400 единиц техники и оборудования.

Особый вклад внесли крупнейшие проектные, научные институты организации: Институт «Гидропроект»; ЦСНЭО; ООО «Гидропроект-Сервис»; СПКТБ «Ленгидросталь»; ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева»; ООО «Гидроспецпроект»; ОАО «НИИЭС».

Основные поставщики гидросилового и гидромеханического оборудования: ОАО «Силовые машины»; ОАО «Чеховский завод Гидросталь»; ОАО «Восточно-Сибирский завод металлоконструкций»; ОАО «Трест Гидромонтаж»; ООО «Системы теплообеспечения»; ОАО «Запорожский трансформаторный завод»; ОАО «Сибтяжмаш»; Douche Gydro.

Основными подрядными организациями на строительстве Богучанской ГЭС выступают: ОАО «ОЭК», ОАО «Бурягэсстрой», ЗАО «ДСК Илан», ЗАО «Инжтрансстрой», ООО «Кодинскгидроспецстрой», ОАО «Водстрой», ОАО «Трест Гидромонтаж», ООО «БМУ Гидроэлектромонтаж», ООО «Енисей-СГЭМ», ОАО «Корпорация Союзгидроспецстрой».

и строительство рыбозащитных сооружений для сохранения биоресурсов Ангары; применение передовых конструктивных решений, исключающих попадание нефтепродуктов в водную среду; ведение водного режима с обеспечением санитарного межвенного расхода, что позволит создать нормальные условия для развития водной фауны ниже по течению от станции. Кроме того, после завершения строительства предполагается полная рекультивация использованных земельных участков, создание систем мониторинга санитарного состояния водотока и контроля за техно-природными процессами в районе гидроузла, дающих возможность отслеживать, предотвращать или минимизировать воздействие на окружающую среду в дальнейшем.

Экологическое состояние Богучанского водохранилища обеспечивается подготовкой его ложа к затоплению. Согласно действующему законодательству, водохранилище является федеральной собственностью, и его подготовка осуществляется за счет бюджетных средств. Проект гидроузла предусматривал переселение 12 тыс. человек, большая часть из которых была переселена еще в советское время; к сожалению, в связи со сложной экономической ситуацией в стране процесс переселения затянулся, что повлекло неблагоприятные социальные последствия. После возобновления строительства Богучанской ГЭС план по переселению был уточнен применительно к фактически сложившейся ситуации. К настоящему времени завершено переселение из населенных пунктов, находящихся в зоне затопления в Красноярском крае, в Иркутской области переселение должно быть завершено в 2012 г.

Качество воды в создаваемом водохранилище обеспечивается проведением санитарной очистки его ложа, а также лесосводки и лесочистки. В рамках мероприятий по контролю за экологической безопасностью строительства ГЭС Институтом леса им. Сукачева СО РАН и Институтом водных и экологических проблем ДВО РАН выполнена научная работа «Прогноз качества воды в водохранилище и нижнем бьефе Богучанской ГЭС», которая использована при актуализации раздела технического проекта строительства Богучанской ГЭС «Водоохранилище и охрана окружающей среды». Согласно данным этого независимого исследования, объем затопляемой древесины не оказывает существенного влияния на качество воды в водохранилище. В то же время водохранилище ГЭС представляет собой объект, который может быть использован для развития водного транспорта, разведения ценных пород рыбы и отдыха граждан. В связи с этим было принято решение отказаться от полной лесочистки при условии обязательного ее проведения на специальных участках (участки, примыкающие к населенным пунктам, трассы судовых ходов, рыбопромысловые участки).

Основная задача, стоящая перед государственными заказчиками — качественное проведение работ в ложе водохранилища в соответствии с требованиями экологической безопасности, а также выполнение поручений Правительства РФ в части реализации комплексных мер по обеспечению надежности питьевого водоснабжения населенных пунктов, прилегающих к зоне затопления. В Красноярском крае региональному правительству предстоит завершить создание базы эксплуа-

тации водохранилища, а Росводресурсам к 2013 г. необходимо укомплектовать ГУ «Управление эксплуатации Богучанского водохранилища» оборудованием и средствами для очистки водохранилища от плавающей древесины и торфа, а также разработать и внедрить проекты по ее утилизации.

Завершение строительства Богучанской ГЭС

В настоящее время проводится обучение руководителей и специалистов в учебных центрах, центрах повышения квалификации, на заводах-изготовителях оборудования и действующих гидроэлектростанциях ОАО «РусГидро».

Эксплуатационный персонал аттестован по правилам техники безопасности и технической эксплуатации, прошел стажировку, дублирование и допущен к самостоятельной работе. Ремонтный персонал принимает участие в монтаже гидроагрегатов, электротехнического, гидромеханического и вспомогательного оборудования.

На завершающем этапе строительства Богучанской ГЭС предстоит выполнить значительный объем работ. На основных сооружениях ГЭС предстоит завершить строительство двенадцати секций бетонной плотины. Часть из них уже построена до отметок, близких к проектным (207–208 м), однако некоторые пока еще не доведены до отметки 200 м. В основном это связано с тем, что на этих секциях расположены строительные краны.

Каменно-набросная плотина будет достраиваться в период эксплуатации станции. В конце апреля или мае 2012 г. (в зависимости от наступления положительных

суточных температур) возобновятся сезонные работы по укладке асфальтобетона в водонепроницаемую диафрагму КНП — предстоит уложить завершающую часть диафрагмы (так называемый оголовок) и приступить к строительству автомобильной дороги, которая пройдет по гребню станции.

В феврале 2012 г. начнется операция по перекрытию трех временных донных строительных отверстий, расположенных в секциях №№ 25, 26 и 27. Это ответственные процедуры, требующие тщательного соблюдения мер безопасности на каждой стадии. После закрытия и осушения отверстий начнутся работы по возведению бетонных пробок объемом более 9 тыс. кубометров каждая. Время укладки бетона в каждый столб составит ориентировочно 30–40 суток. До конца 2012 г. предстоит смонтировать, испытать и ввести в эксплуатацию шесть гидроагрегатов, в 2013 г. — завершить монтаж и ввести последние три агрегата. К июлю 2012 г. на станцию должны поступить два катера, которые будут использоваться для перемещения плавающей древесины от защитной запани в специально отведенные участки акватории водохранилища.

Будут завершены организационные мероприятия: к 1 марта 2012 г. завершится набор эксплуатационного персонала, и его численность достигнет 303 человек, будут разработаны и утверждены полные комплекты эксплуатационной документации: «Положений и должностных инструкций», «Инструкций по охране труда, промышленной и пожарной безопасности», «Производственных инструкций и эксплуатационных журналов, ведомостей», «Технологических и принципиальных схем».

ЗАО «ОРГАНИЗАТОР СТРОИТЕЛЬСТВА БОГУЧАНСКОЙ ГЭС»

С целью управления завершающим этапом строительства Богучанской ГЭС 08 февраля 2007 года совместным решением ОАО «Федеральная гидрогенерирующая компания» и ОАО «Русский алюминий» была создана компания ЗАО «Организатор строительства Богучанской ГЭС».

Это инженерная компания, которая выступает в роли генерального заказчика-застройщика, генерального подрядчика Богучанской ГЭС. Осуществляет управление рабочими проектами, исследовательско-изыскательские работы, общую координацию строительства, управление подрядными организациями. В компании работают высокопрофессиональные специалисты, большинство из которых имеют большой опыт работы на крупнейших ГЭС России.

В ходе реализации проекта «Строительства Богучанской ГЭС» сотрудниками компании накоплен значительный опыт организации строительного процесса на условиях государственно-частного партнерства с привлечением инвестиций государственных и частных предприятий (ОАО «РусГидро» и ОК «РУСАЛ») по принципу ЕРСМ-команды.

Руководитель компании Виктор Александрович Упоров — профессиональный инженер-гидротехник, чей 35-летний трудовой путь связан с Саяно-Шушенской, Бурейской ГЭС, не понаслышке знает, что значит строить и руководить строительством крупного стратегического объекта в сложнейших климатических условиях.

Профессионализм, способность работать эффективной командой, человеческое мужество в борьбе с природной стихией помогают преодолевать трудности и обеспечивать пуск станции в запланированные сроки.



ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ТУРБИНЫ ДЛЯ БОГУЧАНСКОЙ ГЭС

Пеклер К. В.,
заместитель главного конструктора

Шмонденко М. Г.,
ведущий конструктор

Техническим заданием на разработку, изготовление и поставку гидротурбинного оборудования для Богучанской ГЭС, составленным в 2007 г., предусмотрена установка девяти комплектов гидротурбинного оборудования.

Особенностью требований технического задания являлось то, что вновь разрабатываемое гидротурбинное оборудование должно было устанавливаться на ГЭС, уже давно находящейся в процессе строительства. На девяти агрегатных секциях строительной части на момент выдачи технического задания на разработку гидротурбинного оборудования находилось на разных стадиях готовности. К 2007 г. были установлены и забетонированы поставленные ранее на ГЭС облицовки и закладные части первых четырех агрегатов: отсасывающие трубы, спиральные камеры, статоры и облицовки шахт турбин. На агрегатах 5–9 установка и бетонирование ранее поставленных на ГЭС облицовок конуса отсасывающей трубы находились в разной степени готовности, а закладные части отсутствовали.

В связи с этим в техническом задании особо оговаривалось, что разработка проектной документации гидротурбинного оборудования должна вестись в строгом соответствии с уже окончательно принятыми ранее решениями по строительной части здания машинного зала Богучанской ГЭС.

Исходя из этих требований, вновь поставляемые на ГЭС узлы закладных частей гидротурбин для агрегатов 5–9 были спроектированы и изготовлены как полные аналоги соответствующих узлов агрегатов 1–4.

Также одним из условий для разработки оборудования являлся учет специфических условий начального этапа эксплуатации гидроузла, включая работу первых трех агрегатов в пусковой период в течение двух лет с пониженной отметкой верхнего бьефа от 185,0 м (напор нетто от 47,0 м) и наличие периода кратковременной, до 30 суток, работы в начальный период наполнения водохранилища с отметкой верхнего бьефа 178,0 м и напором нетто 40,0 м. При этом нормальную работу гидротурбин при этих пониженных напорах требовалось обеспечить без применения сменных рабочих колес.

Следует отметить, что по своим массогабаритным характеристикам (масса гидротурбины более 1000 т) радиально-осевые гидротурбины для Богучанской ГЭС с диаметром рабочего колеса 7,5 м стоят в ряду уникальных изделий, и близкими к ним аналогами по этим показателям, изготовленными ранее на «Ленинградском металлургическом заводе»,

Степанов В. Н.,
заведующий сектором гидравлических расчетов

Иванов С. В.,
заведующий сектором прочностных расчетов,
СКБ «Гидротурбомаш» ОАО «Силловые машины»

являются только турбины Красноярской ГЭС (диаметр рабочего колеса 7,5 м) и ГЭС Сайт-1 (Канада) с диаметром рабочего колеса 8,0 м. Эти турбины были изготовлены и пущены в эксплуатацию в 1960–1970-х гг. прошлого века и продолжают успешно работать по настоящее время.

Компоновка гидроагрегатов ГЭС — зонтичного типа, с опорой подпятника на крышку турбины. Гидроагрегат, кроме гидротурбинной установки, включает в себя синхронный генератор, ротор которого непосредственно соединяется с валом гидротурбины.

Разработанные в специальном конструкторском бюро «Гидротурбомаш» ОАО «Силловые машины» — «ЛМЗ» гидравлические турбины, входящие в состав гидротурбинной установки, имеют следующие основные технические характеристики:

Система гидротурбины	радиально-осевая, вертикальная
Диаметр рабочего колеса D_1 , мм	7500
Напоры нетто, м	
максимальный (H_{max})	70,8
расчетный по мощности (H_p)	65,5
минимальный (H_{min})	65,4
Мощность на валу гидротурбины, МВт	
номинальная при H_p (N_p)	340,0
максимальная при H_{max} (N_{max})	340,0
Частота вращения, мин ⁻¹	
номинальная	90,91
разгонная	190
Направление вращения	правое

Гидротурбинная установка (рис. 1), помимо собственно турбины, включает в себя также электрогидравлический регулятор скорости, маслonaпорную установку и комплект аппаратуры автоматики турбины.

Конструкция гидротурбины

Конструкция, технические характеристики и компоновка всех составных частей гидротурбинной установки разработаны с учетом современных требований обеспечения безопасности их эксплуатации, надежности работы и удобства при обслуживании и ремонте.

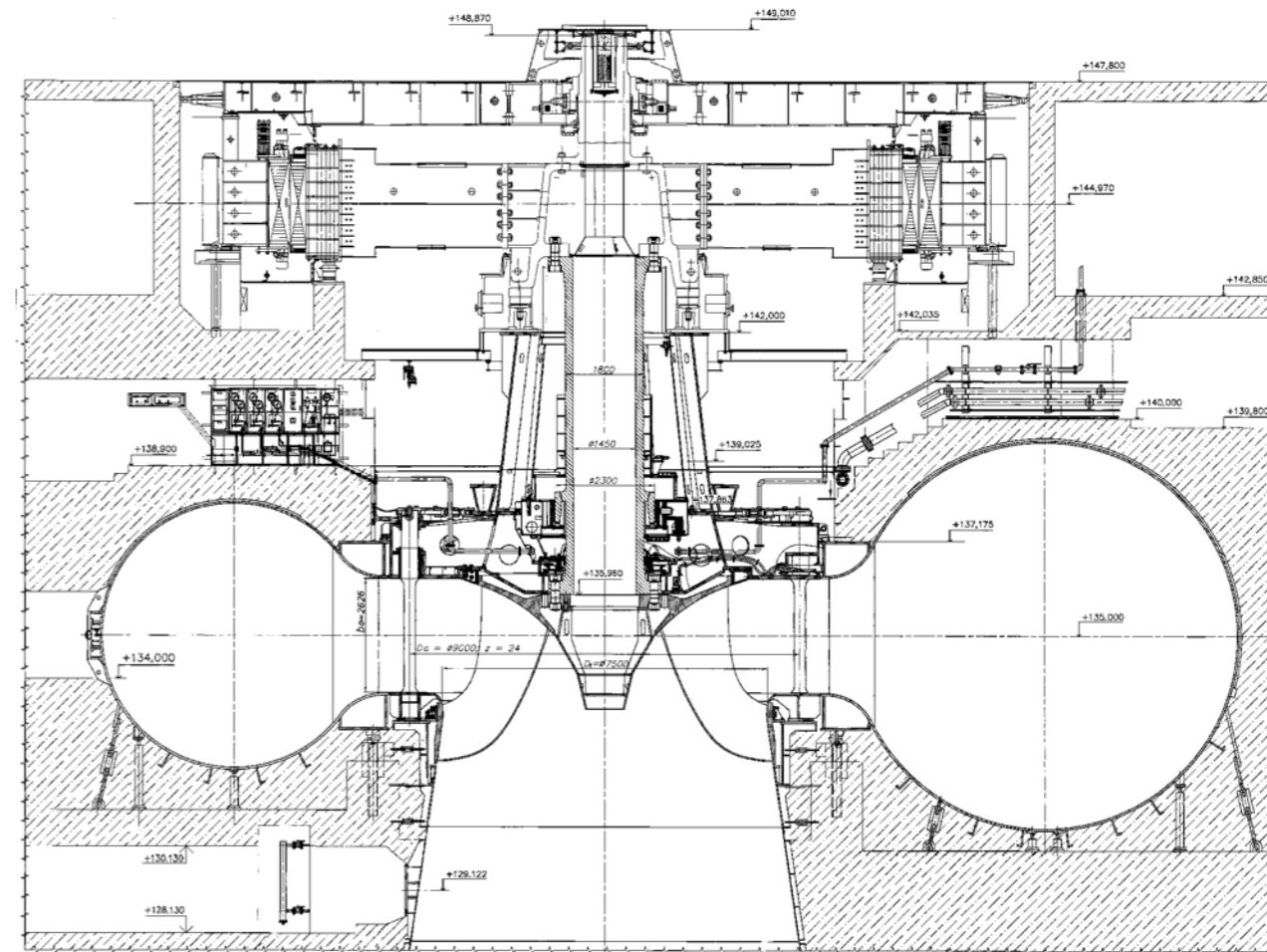


Рис. 1. Разрез гидротурбины Богучанской ГЭС

Гидротурбина включает в себя следующие основные группы узлов оборудования.

Облицовки:

- облицовка конуса отсасывающей трубы;
- облицовка шахты турбины.

Закладные части:

- спиральная камера, статор, фундаментное кольцо, надставка фундаментного кольца; закладные трубопроводы различного назначения.

Рабочие механизмы:

- рабочее колесо;
- направляющий аппарат с двумя сдвоенными сервомоторами;
- вал турбины;
- подшипник направляющий с маслоохладителями;
- уплотнение вала.

Вспомогательное оборудование:

- задвижка сливная из спиральной камеры;
- два сливных клапана DN600 с приводом и переносной маслonaсосной установкой для осушения отсасывающей трубы;
- трубопроводы водоснабжения и воздухоснабжения различных узлов турбины;
- шкафы в проходе в шахту турбины для установки контрольно-измерительных приборов;
- дренажные насосы в крышке турбины;
- электроталь на спиральном монорельсе в шахте турбины и ручная таль в опоре подпятника;
- площадки и перекрытия в шахте и крышке турбины;

- освещение и электропроводка в шахте, крышке турбины и опоре подпятника;
- трубопроводы системы регулирования и лекажного агрегата;
- установка датчиков частоты вращения;
- устройства обеспечения и управления режимом синхронного компенсатора;
- установка устройства противоразгонной защиты с трубопроводами;
- устройство впуска воздуха под рабочее колесо, устанавливаемое на валу-надставке генератора;
- ремонтное перекрытие под рабочим колесом (два на всю поставку).

Гидромеханическая часть системы управления турбиной:

- колонка регулятора ЭГР-100/6,3-19;
- генератор сигналов скорости (зубчатое колесо и датчики);
- система аварийного закрытия направляющего аппарата;
- маслonaпорная установка МНУ 12,5/2-63-12,5-2;
- комплект приборов автоматики турбины.

Ниже приводится краткое описание конструкции основных узлов гидротурбинного оборудования.

Электрическая часть системы управления турбиной:

- цифровая панель регулятора скорости турбины
- цифровая панель МНУ

Металлическая облицовка конуса отсасывающей трубы представляет собой сварную оребренную коническую оболочку из проката листовой углеродистой стали. Колено и диффузор отсасывающей трубы не облицовываются. Необходимые размеры бетонной части отсасывающей трубы обеспечиваются

строительным подрядчиком в соответствии с чертежами разработчика турбины. Для осмотра проточного тракта и лопастей рабочего колеса, а также проведения ремонтных работ, в облицовке конуса предусмотрен лаз размером 1000 × 650 мм.

Металлическая облицовка шахты турбины — оребренная цилиндрическая обечайка из проката углеродистой стали с внутренним диаметром 10600 мм. В облицовке шахты выполнена кольцевая ниша для установки светильников и электроарматуры.

Спиральная камера с круглыми сечениями, углом охвата 345° и внутренним диаметром 9862 мм на входе выполнена сварной из металлопроката низколегированной конструкционной стали. Для доступа в спиральную камеру при осушенной турбине имеется лаз диаметром 650 мм. Опорожнение спиральной камеры и напорного водовода происходит в отсасывающую трубу. На сливном трубопроводе установлена задвижка DN400 с электроприводом.

Статор гидротурбины состоит из верхнего и нижнего коробчатых поясов, соединенных двадцатью двумя полыми колоннами и зубом статора. По условиям изготовления и транспортирования статор выполнен из восьми секторов. Все элементы сварного статора выполнены из металлопроката низколегированной и углеродистой сталей.

Фундаментное кольцо выполнено сварным из листового проката.

Рабочее колесо номинальным диаметром 7500 мм изготовлено из высокопрочной кавитационно-стойкой нержавеющей стали. Рабочее колесо выполнено цельносварным и состоит из ступицы, нижнего обода и одиннадцати лопастей. Рабочее колесо крепится к валу двадцатью шпильками M180 из низколегированной стали и гайками. Шпильки и гайки воспринимают полное осевое усилие гидротурбины и передают крутящий момент.

Направляющий аппарат — цилиндрический с поворотными лопатками симметричного профиля. Высота направляющего аппарата $b_0 = 2626$ мм. Диаметр окружности расположения осей лопаток $D_0 = 9000$ мм. Число лопаток $Z_0 = 24$. Направляющий аппарат включает в себя крышку турбины, нижнее кольцо, лопатки, механизм поворота лопаток, регулирующее кольцо и опору подпятника. Конструкция крышки турбины обеспечивает возможность подъема при ремонтах на необходимую высоту лопаток с целью замены втулок, расположенных в нижнем кольце, без демонтажа самой крышки. Таким образом, в конструкции направляющего аппарата реализована возможность замены всех (верхнего, среднего и нижнего) подшипников лопаток направляющего аппарата без демонтажа ротора генератора. Лопатки направ-

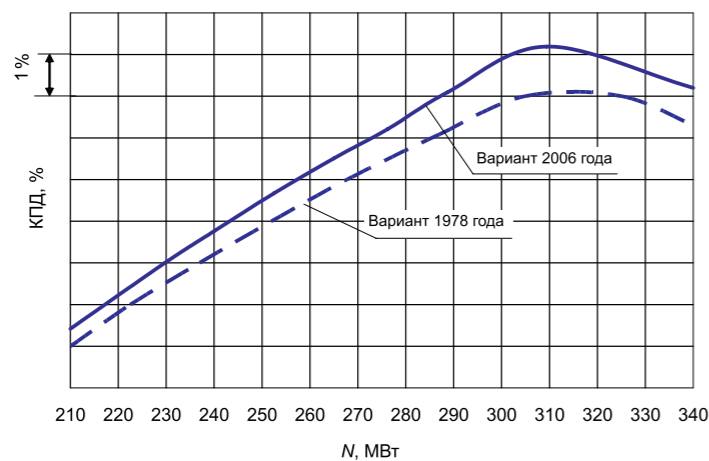


Рис. 2. Сравнение энергетической эффективности вариантов проточной части

ляющего аппарата — трехпорные, сварные. Поверхности трения подшипников лопаток выполнены из полимерного материала Thorndon, не требующего смазки в процессе эксплуатации. Уплотнение лопаток по торцам осуществляется профилированными полиуретановыми планками, установленными в пазах крышки турбины и нижнего кольца. Уплотнение лопаток между собой по высоте пера также выполнено с применением профилированных полиуретановых планок. На опоре подпятника установлены два стопора с ручным приводом, которые могут фиксировать регулирующее кольцо в закрытом и максимально открытом положениях направляющего аппарата, с целью обеспечения безопасности при проведении ремонтных работ. Для привода механизма поворота лопаток на турбине установлены два сдвоенных сервомотора, закрепленных на специальных кронштейнах опоры подпятника. Диаметр поршня сервомотора — 500 мм. Номинальное давление масла в системе регулирования — 6,3 МПа (63 кгс/см²).

Вал выполнен кованым трубчатого сечения из высококачественной углеродистой стали. Верхний фланец вала соединен с втулкой ротора генератора двадцатью болтами и гайками M180.

Направляющий подшипник выполнен самосмазывающимся, на жидкой масляной смазке. В корпусе подшипника установлены двенадцать самоустанавливающихся сегментов. Впервые в практике отечественного турбостроения разработаны и применены для вертикальной гидротурбины сегменты с эластичным металлопластмассовым покрытием (ЭМП). Зазор между валом и сегментами регулируется с помощью установочных болтов. В нижней части корпуса подшипника установлены восемь встроенных маслоохладителей. Подшипник оснащен датчиками температурного контроля сегментов и масла, датчиками уровня масла и датчиком наличия воды в масле.

Рабочее уплотнение вала — торцевого типа. Уплотняющими элементом в нем являются два вращающихся кольца из фенольного углепластика ФУТ и контактирующего с ними неподвижного нажимного кольца из оловянистой бронзы. Бронзовое кольцо прижимается к углепластиковым кольцам при помощи пружин. Для уменьшения износа и охлаждения пар трения в зону между ними подводится отфильтрованная вода от системы технического водоснабжения ГЭС. Степень износа пар трения контролируется датчиком положения. Имеется ремонтное уплотнение, которое используется только при остановленной турбине.

Проточная часть

Первые варианты проточной части гидротурбины Богучанской ГЭС были разработаны еще в 1978 г., второй вари-

ант в 1987 г., а третий, по которому был выполнен проект, в 2006 г. На рис. 2 показано сравнение эффективности исходного (1978 г.) и разработанного варианта проточной части. Повышение максимального КПД составило более 1%.

Существенно были улучшены кавитационные характеристики рабочего колеса и гидротурбины в целом. Улучшение гидравлических характеристик получено на основе современных методов математического моделирования, расчета и анализа трехмерного пространственного потока в проточной части гидротурбины. Применение этих расчетов позволяет более достоверно определять и оптимизировать параметры потока: скорости и давления в любой точке проточного тракта. Знание этих параметров наряду с другими данными позволяет надежно прогнозировать энергетические и кавитационно-эрозионные характеристики гидротурбины.

Комплекс программ для реализации этих задач и программа математического моделирования элементов проточной части разработаны Институтом математики и Институтом вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук. Комплекс реализован на ЭВМ и основан на решении трехмерных уравнений Эйлера движения несжимаемой жидкости с использованием метода искусственной сжимаемости.

Анализ расчетов пространственного потока в проточной части гидротурбины Богучанской ГЭС осуществлялся по следующим критериям:

- оптимальное распределение меридианной и окружной скоростей в сечении ниже рабочего колеса в отсасывающей трубе;
- отсутствие вихревых зон в проточной части турбины;
- обеспечение траекторий движения жидкости, соответствующих слабо деформированному безотрывному потоку;
- распределение давления на тыльной стороне лопасти с заданным уровнем кавитации.

В лаборатории водяных турбин ОАО «Силовые машины» проведены модельные энергетические, кавитационные, разгонные испытания, а также испытания по определению осевого гидравлического усилия и пульсации давления под рабочим колесом. Результаты испытаний подтвердили уровень прогнозируемых значений КПД. При этом обеспечиваются достаточные запасы по высоте отсасывания, а также достижение максимальной мощности при расчетном и более высоких напорах — 340 МВт. Подтверждены заданные величины по разгонной частоте вращения и гидравлическому осевому усилию, уровню пульсаций давления в проточной части турбины.

Прочность и надежность

В целях обеспечения надежности турбины проведен расчет на прочность рабочих колес. Расчет выполнен методом конечных элементов с помощью интегрированной системы прочностного анализа (ИСПА) с использованием объемных конечных элементов.

Рабочее колесо выполнено из материала: лопасть — 06X15H4ДМ, обод — 08X15H4ДМЛ, ступица — 08X15H4ДМЛ. Расчет выполнен для сегмента рабочего колеса, содержащего одну лопасть и примыкающие к ней секторы ступицы и обода, с наложением условий циклической симметрии. При расчете рабочего колеса учитывается суммарное действие центробежной и гидродинамической нагрузок, при этом гидродинамическая нагрузка определяется в результате расчета пространственного течения жидкости. Расчет выполнен для двух режимов работы: нормальная работа и разгон. Для рабочего колеса Богучанской ГЭС в качестве расчетного принят режим с максимальной

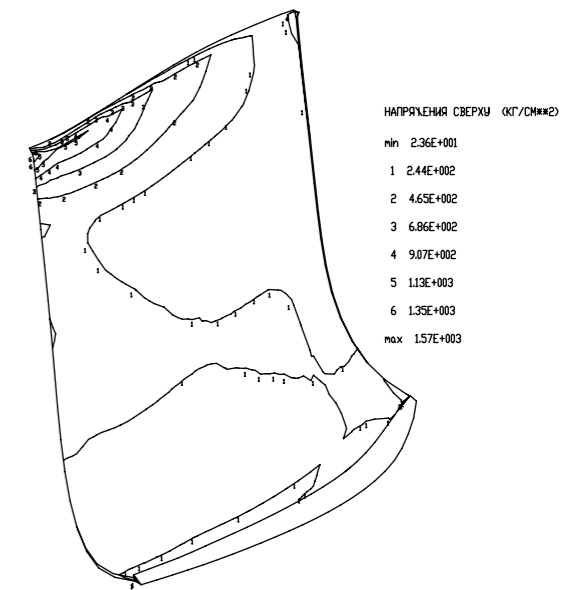


Рис. 3. Изолинии напряжений в лопасти рабочего колеса при нормальной работе

мощностью при расчетном напоре, т. к. в данном случае наибольшие статические напряжения в рабочем колесе имеют место именно при этом режиме. Изолинии эквивалентных напряжений в лопастях при нормальной работе показаны на рис. 3.

Был выполнен расчет коррозионно-усталостной прочности рабочего колеса, результаты которого показали, что запас по коррозионно-усталостной прочности обеспечивает надежную эксплуатацию рабочего колеса. Расчет базируется на результатах серии коррозионно-усталостных испытаний по определению характеристик конструкционных материалов, которые проводились совместно с НПО ЦНИИТМАШ и НПО «Прометей». Статистическая обработка полученных материалов позволила представить зависимость условного предела коррозионно-усталостной прочности σ_{-1} в зависимости от числа циклов нагружения. В настоящее время имеются данные по таким зависимостям для углеродистых и нержавеющей сталей и соответствующих сварных соединений. Экспериментальные данные были получены для широкой серии образцов с размерами сечения 30 × 40 мм, 50 × 75 мм и 180 × 200 мм, что позволило определить масштабный фактор, а реальная база испытаний — 10⁹ циклов позволяет уверенно использовать полученные зависимости для оценки усталостной прочности рабочих колес.

Также выполнен комплекс прочностных и вибрационных расчетов по всем узлам конструкции. Расчеты подтверждают надежность и работоспособность принятых проектных решений.

В целом компоновка и конструкция гидротурбины разработаны на основе положительного опыта эксплуатации крупных гидротурбин, изготовленных ЛМЗ.

Проточная часть турбины обоснована проведением комплекса 3D современных оптимизационных расчетов течения вязкой жидкости и выполнением высокоточных модельных испытаний в соответствии с международным стандартом IEC-60193.

Выбор конструкционных материалов, статическая и динамическая прочность конструкции турбины обоснованы применением апробированных расчетов МКЭ и с учетом экспериментальных данных в области материаловедения и технологии.

О ВКЛАДЕ ЗАО «ИАЭС» В СТРОИТЕЛЬСТВО БОГУЧАНСКОЙ ГЭС



Петров А.М.,
канд. техн. наук, генеральный директор ЗАО «ИАЭС»

Последние несколько лет ЗАО «Институт автоматизации энергетических систем» (ЗАО «ИАЭС») принимает активное участие в строительстве Богучанской ГЭС. Институт привлекался на всех стадиях проектирования станции для выполнения работ по анализу электрических режимов и устойчивости станции и разработки систем противоаварийного управления. В настоящее время завершаются работы по комплексному договору поставки и наладки оборудования.

За последние годы ЗАО «ИАЭС» были выполнены следующие работы:

- в 2007 г. раздел «Противоаварийная автоматика» в составе внестадийной работы «Технико-экономическая оценка вариантов схемы выдачи мощности Богучанской ГЭС и увязанной с ней схемы внешнего электроснабжения Богучанского алюминиевого завода мощностью 1120 МВт: с рекомендациями по этапности реализации приоритетных вариантов»;
- в 2008 г. раздел «Противоаварийная автоматика» в составе проектной документации «Строительство линий электропередачи от подстанции Камала-1 до строящейся Богучанской ГЭС через пос. Карабула»;
- в 2009 г. внестадийная работа «Актуализация ТЭО выдачи мощности Богучанской ГЭС в связи с изменением главной схемы электрических соединений; уточнение основных технических решений и требований по оснащению оборудованием РЗ, ПА, телемеханики, связи, АИИС-КУЭ, ТУЭ для Богучанской ГЭС»;
- в 2010 г. рабочая документация и поставка устройств противоаварийной автоматики (ПА) в составе титула «Открытый пункт перехода (500 кВ) на строящейся Богучанской ГЭС с токопроводами связи

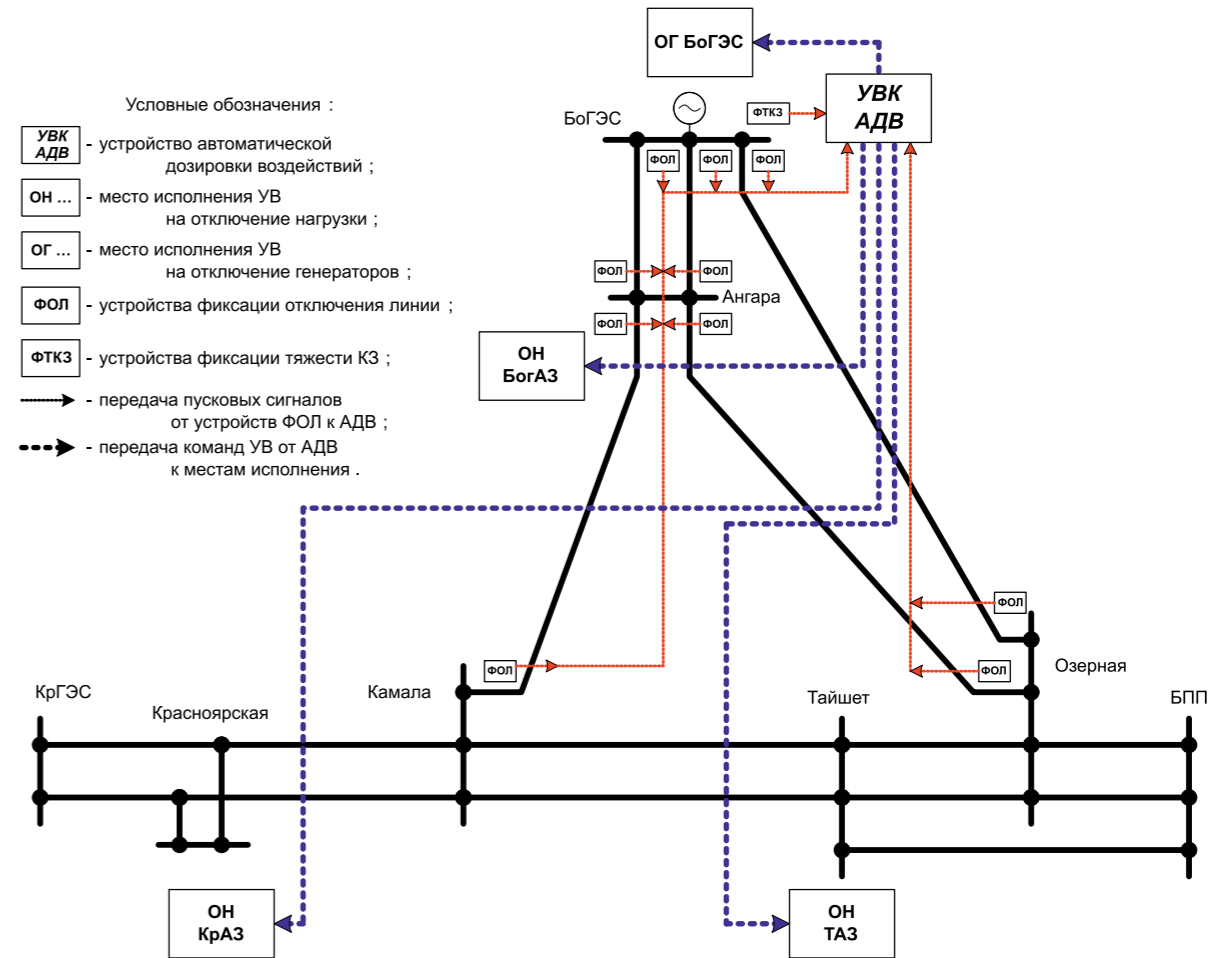
(500 кВ) — от комплектного распределительного устройства элегазового (500 кВ) до открытого пункта перехода (500 кВ)».

С 2010 г. по настоящее время ЗАО «ИАЭС» по прямому договору с ЗАО «Организатор строительства Богучанской ГЭС» выполняет рабочее проектирование, поставку и наладку оборудования противоаварийной автоматики и комплекса приема-передачи информации АРЧМ станции. Отгрузка последнего комплекта оборудования намечена на начало 2012 г.

Поставляемые на Богучанскую ГЭС устройства ПА выполняются на базе микропроцессорного комплекса КПА-М собственной разработки, аттестованного ОАО «ФСК ЕЭС» к применению на объектах ЕНЭС и имеющего сертификат РОСТЕСТ. Среди поставляемого и уже поставленного на Богучанскую ГЭС ЗАО «ИАЭС» оборудования ПА предусмотрены многофункциональные комплексы КПА-М, выполняющие следующие локальные функции ПА:

- фиксация отключения сетевых элементов (ВЛ, АТ 500/220 кВ, блоки генераторов);
- автоматическая ликвидация асинхронных режимов на ВЛ 500 кВ и АТ 500/220 кВ;
- автоматическое ограничение повышения напряжения на ВЛ 500 кВ;
- автоматическое ограничение перегрузки оборудования АТ 500/220 кВ;
- автоматическое ограничение повышения частоты;
- автоматический частотный ввод резерва мощности.

Кроме этого, институтом выполнено рабочее проектирование и поставка системных устройств ПА Богучанской ГЭС, предотвращающих нарушение устойчивости энергосистемы, — управляющего вычислительного комплекса автоматической дозировки воздействий и устройств фиксации



Структурная схема системы АПНУ схемы выдачи мощности Богучанской ГЭС

тяжести коротких замыканий в электрической сети. Системная противоаварийная автоматика Богучанской ГЭС имеет собственную дублированную систему сбора аварийной и доаварийной информации со смежных объектов 500 и 220 кВ и будет интегрирована в централизованную систему противоаварийной автоматики ОЭС Сибири с устройством верхнего уровня в ОДУ Сибири. Все это обеспечит возможность эффективного управления режимом работы Богучанской ГЭС при возникновении аварийных ситуаций в энергосистеме.

Оборудование ПА, разработанное, запроектированное и поставленное ЗАО «ИАЭС» на Богучанскую ГЭС и смежные объекты, позволяет **снять ограничения** на выдачу мощности станции по условиям устойчивости энергосистемы при аварийных возмущениях, что обеспечивает существенный экономический эффект, т. к., согласно результатам расчетов, отсутствие средств ПА на станции сделало бы невозможным использование почти трети установленной мощности.

Информация о ЗАО «ИАЭС»

Институт автоматизации энергетических систем основан в 1998 г. В настоящее время ЗАО «ИАЭС» — это многопрофильная фирма, выполняющая комплексно научно-исследовательские, проектные, монтажные и пуско-наладочные работы, имеющая свое конструкторское подразделение и опытное производство.

ЗАО «ИАЭС» специализируется на выполнении работ и услуг в области противоаварийного управления,

релейной защиты, связи и телемеханики, АСДУ, АСУ ТП, АИСКУЭ, технологической автоматики электростанций и др.; ведет разработку современных аппаратных и программных средств устройств противоаварийной автоматики широкого назначения на базе микропроцессорного комплекса КПА-М собственной разработки.

Мы всегда готовы к сотрудничеству и встрече с новыми заказчиками!



ЗАО «Институт автоматизации энергетических систем» (ЗАО «ИАЭС»)
630132 г. Новосибирск, ул. Железнодорожная, 12/1
Тел./ факс (383) 363-0265
E-mail: iaes@iaes.ru, Internet: www.iaes.ru

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА

ЗАО «ГК «ЭЛЕКТРОЩИТ» — ТМ САМАРА» НА БОГУЧАНСКОЙ ГЭС



Сразу после возобновления работ по строительству Богучанской ГЭС этот объект стал одним из крупных потребителей электрооборудования в Восточной Сибири. Немалый вклад в осуществление этого важнейшего для всего Сибирского экономического региона инвестиционного проекта внесло ЗАО «ГК «Электрощит» — ТМ Самара».

В декабре 2006 г. ЗАО «ГК «Электрощит» — ТМ Самара» осуществило первую поставку электрооборудования для Богучанской ГЭС — 18 ячеек КРУ-СЭЩ®-59 в климатическом исполнении ХЛ1, предназначенных для эксплуатации в условиях холодного климата. Данное изделие обладает целым рядом преимуществ. Росоустойчивая фарфоровая изоляция и дуговая защита обеспечивают высокую надежность шкафа. Размещение высоковольтных коммутационных аппаратов на выкатных частях значительно облегчает обслуживание, а безопасность в работе обслуживающего персонала обеспечивается надежной блокировкой от неправильных действий и автоматическими «шторками», защищающими от случайного прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением. Высокая степень готовности КРУ-СЭЩ®-59 в заводских условиях позволяет значительно сократить сроки монтажа оборудования.

Осенью 2007 г. ОАО «Богучанская ГЭС» продолжило сотрудничество с ЗАО «ГК «Электрощит» — ТМ Самара», был заключен контракт на поставку разъединителей РДЗ-СЭЩ® и РГП-СЭЩ®. Уже в январе 2008 г. была произведена отгрузка готовых изделий. РДЗ-СЭЩ® изготавливаются в однополюсном исполнении, с возможностью соединения в трехполюсный, двухполюсный и однополюсный аппарат, управляемый ручным совмещенным приводом. Аппарат отличается высоким уровнем надежности. Преимуществом разъединителя РГП СЭЩ® перед разъединителем РДЗ СЭЩ® — в измененной конструкции главных ножей. Контакты главных ножей РГП СЭЩ® выполнены из бериллиевой бронзы и имеют специальную конфигурацию, что обеспечивает равномерное нажатие и, как следствие, хороший электрический контакт во время всего срока службы разъединителя. Дополнительная регулировка контактного нажатия в течение срока службы не требуется. Одна из колонок аппарата выполнена неподвижной, что позволило уменьшить количество кинематических связей и увеличило надежность аппарата. Контакты хорошо работают в условиях сильного обледенения, что оказалось немаловажным условием эффективной эксплуатации изделия в суровых климатических условиях Сибири.

Осенью 2008 г. ЗАО «ГК «Электрощит» — ТМ Самара» было отгружено 24 ячейки КРУ-СЭЩ®-59 ХЛ1. К моменту

выполнения этого заказа на гидроэлектростанции уже успешно эксплуатировались 18 распределительных устройств этой серии.

После того как на этапе тендерных торгов в ноябре 2009 г. ЗАО «ГК «Электрощит» — ТМ Самара» посетили представители института «Гидропроект» совместно с представителями ОАО «Русал» и оценили производственные возможности предприятия, завод получил заказ на поставку 25 подстанций с распределительными устройствами серии НКУ®-СЭЩ для собственных нужд Богучанской ГЭС. Схемы и конструктив изделия были изменены специально для этого объекта в соответствии с техническими требованиями заказчика. Эта работа была произведена в сотрудничестве с институтом «Гидропроект», уже в начале 2010 г. электрооборудование было отгружено.

Последний заказ для Богучанской ГЭС был выполнен в январе 2011 г. ЗАО «ГК «Электрощит» — ТМ Самара» поставило 4 ячейки КРУ-СЭЩ®-63УЗ для открытого пункта перехода 500 кВ. ОПП играет роль стабилизатора при передаче электроэнергии от Богучанской ГЭС к трем воздушным линиям электропередач в направлении ПС 500 кВ Ангара (2 линии) и ПС 500 кВ Озерная. Ячейка КРУ СЭЩ®-63 отличается высокой надежностью и безопасностью, высокой степенью заводской готовности и малыми сроками монтажа. В изделии установлена система для автоматического регулирования температуры и влажности, высококачественная дуговая защита с использованием фототиристоров и дуговая защита на оптоволоконных элементах. Все виды высоковольтных коммутационных аппаратов расположены на выкатных частях, что значительно облегчает эксплуатацию и ремонт шкафа.

С момента возобновления работ по строительству Богучанской ГЭС ЗАО «ГК «Электрощит» — ТМ Самара» регулярно осуществляло как крупные, так и не очень значительные поставки электрооборудования для этого объекта. Отрадно осознавать, что совсем скоро этот важнейший для всей Восточной Сибири гидрообъект будет введен в эксплуатацию, и в этом есть немалый вклад ЗАО «ГК «Электрощит» — ТМ Самара».



Тел.: (846) 278-4099, 276-2808, факс 276-2999
e-mail: sales@elsh.ru
www.electroshield.ru, электрощит.рф

ООО «НПП „СИБЭРА“» :

ЭКСПЕРТИЗА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ



Черняев А. П.,
генеральный директор НПП «СибЭРА», канд. техн. наук, старший научный сотрудник, эксперт высшей квалификации, специалист по неразрушающему контролю III уровня

Научно-производственное предприятие «СибЭРА» создано в 1990 г. по решению всесоюзной ассоциации «Комплексная оперативная диагностика аварийных ситуаций, прочности, живучести и безопасности машин и конструкций». Все это время качество оказываемых услуг является приоритетным принципом компании. Реализации этой позиции прежде всего способствуют высококвалифицированный научный и кадровый состав, наличие собственной производственной базы, уникальное приборное и техническое оснащение, расчетно-экспериментальные исследования при проведении основного вида деятельности — экспертизы промышленной безопасности объектов котлонадзора, подъемных сооружений, энергетики, газового хозяйства, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, нефтяной, газовой, металлургической, угольной, горнорудной промышленности.

Заказчиками работ компании являются более 360 промышленных предприятий Сибирского федерального округа. Есть опыт работы с зарубежными заказчиками. За годы работы компании «СибЭРА» проведено более 12 тыс. экспертиз проектной и эксплуатационной документации, технических устройств, зданий и сооружений. ООО «СибЭРА» имеет лицензии Ростехнадзора на экспертизу промышленной безопасности, допуски СРО на проектирование, строительство, изыскания, энергетическое обследование; имеет аттестованные лаборатории неразрушающих методов контроля; электроизмерительную лабораторию для работы на объектах энергетики напряжением до 500 кВ включительно; аккредитованную лабораторию разрушающего контроля.

На Богучанской ГЭС сотрудниками НПП «СибЭРА» с 2001 г. проводится экспертиза объектов котлонадзора, подъемных сооружений, неразрушающий контроль вновь

монтируемых подъемных сооружений. Особо стоит отметить экспертизу мостового крана г/п 200/32 т с целью повышения грузоподъемности, что позволило осуществить комплектную поставку трансформаторов на Богучанскую ГЭС. Аналогичная ситуация возникла с отправкой нового оборудования на Саяно-Шушенскую ГЭС. Устранение дефектов и продления ресурса кранов КБГС и др. позволило выдержать график строительства БогЧЭС, чему также способствовало проектирование, строительство и ремонту подкрановых путей, выполненные за эти годы предприятием. За два года нашими специалистами была проведена экспертиза 10 трансформаторов до 220 кВ Богучанской ГЭС, в ходе проведения работ были выявлены и устранены дефекты, что позволило увеличить эксплуатационный период данного оборудования. Также специалистами в области энергетики проводилась экспертиза эксплуатационных документов трансформаторных подстанций на Богучанской, Красноярской, Курейской, Усть-Хантайской ГЭС, Горнохимическом предприятии и Красноярской железной дороге. Для качественного выполнения поставленных задач дополнительно аттестованы эксперты в области промышленной безопасности на объектах электроэнергетики с правом расчета остаточного ресурса, разработана программа — методика проведения работ по экспертизе силового маслонаполненного оборудования трансформаторных площадок.

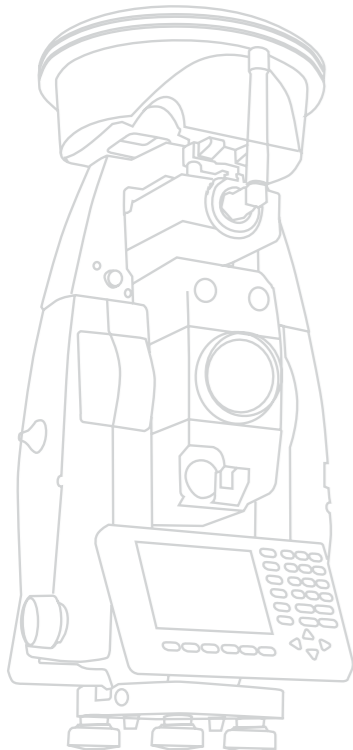
Предприятие, являясь членом научно-промышленного союза «РИСКОМ», нацелено на обеспечение промышленной безопасности стратегически и критически важных для страны объектов, расположенных в Сибирском регионе, на снижение рисков аварий на таких предприятиях, как АНПЗ, ГХК, ГЭС, ГРЭС, ТЭЦ, РУСАЛ, НТЭК, Норникель и др.

ООО «НПП „СИБЭРА“»

660062 г. Красноярск, ул. Телевизорная, 4 «Б»
Тел./факс: 8 (391) 256-0706, 258-1177
E-mail: sib_era@sib.kras.ru; www.sibera.org



Инновационные геодезические технологии и оборудование



Компания ООО «Фирма Г.Ф.К.» более 19 лет успешно поставляет и внедряет инновационные геодезические технологии и оборудование во всех отраслях экономики России. Специалисты нашей компании будут рады поделиться с Вами своим знанием и накопленным практическим опытом в области внедрения систем геодезического деформационного мониторинга, технологий спутникового позиционирования ГЛОНАСС/GPS и наземного лазерного сканирования в целях обеспечения безопасности инженерных сооружений, в том числе на гидротехнических сооружениях, окажут Вам квалифицированные консультации и помогут сделать правильный выбор.

ООО «Фирма «Г.Ф.К.»
111524, г. Москва,
ул. Перовская, д. 1

Тел. / Факс:
(495) 232-60-68
(495) 672-66-66

E-mail:
info-gfk@leica-gfk.ru

Internet:
www.gfk-leica.ru

ЗАЩИТА ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ В ТАЕЖНЫХ УСЛОВИЯХ. СЗПДн ДЛЯ БОГУЧАНСКОЙ ГЭС



Колпаков И. В.,
начальник отдела продаж и маркетинга ЗАО «ЕВРААС. ИТ»

Предпосылкой к началу осуществления работ на Богучанской ГЭС стала необходимость приведения информационной системы, в которой хранились и обрабатывались персональные данные (ИСПДн) персонала ГЭС, к требованиям федерального закона № 152-ФЗ «О персональных данных».

В процессе поиска поставщика соответствующих услуг выбор ГЭС пал на «ЕВРААС. ИТ». Это обусловлено тем, что наша компания обладает всеми необходимыми для реализации проекта ресурсами и компетенциями, а также имеет богатый опыт проведения подобных работ, в том числе в компаниях из аналогичной отрасли (например, на Красноярской ГЭС).

Работа предстояла довольно сложная. Во-первых, масштабы и значимость строительства ГЭС накладывают высочайшую меру ответственности на качество и сроки работ. Во-вторых, работать нужно было в условиях «тайги» — это удаленность и труднодоступность самого объекта, а также практически полное отсутствие Интернета для ведения удаленной работы. Помимо этого, ГЭС еще строится, и специалистам «ЕВРААС. ИТ» предстояло спроектировать систему защиты персональных данных (СЗПДн) для объекта управления строительством гидроэлектростанции, причем так, чтобы в дальнейшем можно было бы перенести как систему защиты, так и ИСПДн в саму ИТ-инфраструктуру ГЭС. Это требовало крайне тщательного и подробного проектирования СЗПДн.

Все необходимые работы были поделены на несколько последовательных этапов.

Вначале было проведено тщательное обследование объекта, целью которого являлось выявление степени соответствия текущего уровня защиты персональных данных (ПДн) ГЭС федеральному закону № 152-ФЗ. В ходе работ подверглись экспертизе все внутренние нормативные документы, регламентирующие порядок обработки и защиты ПДн, проведен анализ существующих средств защиты и определен перечень персональных данных, подлежащих защите, детально описаны все элементы ИСПДн.

Как уже отмечалось выше, Интернет на станции практически отсутствовал, а в радиусе нескольких сотен километров нет населенных пунктов. В подобной ситуации вероятным злоумышленником мог стать скорее не удаленный взломщик, а инсайдер, т. е. человек, который каким-то образом получил доступ к внутренней ИТ-инфраструктуре ГЭС с целью осуществления компрометации данных (например, работник самой гидроэлектростанции).

Все это, а также вышеописанные сложности проекта необходимо было учесть при проектировании СЗПДн. С этой целью были разработаны так называемые модели угроз и модели нарушителей, которые позволяют заранее определить все критические точки в информационной безопасности системы и выделить основные группы потенциальных на-

рушителей. Результаты работы дали возможность получить необходимую информацию для начала работ по проектированию эффективной и актуальной системы защиты для данного объекта.

Опираясь на собранные данные, было подготовлено техническое задание и осуществлено макетирование возможных вариантов реализации СЗПДн на тестовом стенде. Далее было разработано несколько различных проектно-технических решений защиты персональных данных, они все были испытаны и проверены на совместимость с существующей ИСПДн.

В результате был выбран наиболее оптимальный для данного объекта вариант СЗПДн и разработан его технический проект, описывающий архитектуру и все элементы будущей системы защиты информации.

После завершения работ по проектированию специалистами компании «ЕВРААС. ИТ» также был разработан полный комплект организационно-распорядительной документации, необходимой для реализации требований федерального закона № 152-ФЗ в части менеджмента обеспечения защиты ПДн.

Таким образом, в результате осуществления работ наш заказчик получил не общее стандартное решение, а проект системы защиты информации, учитывающий все специфические особенности и угрозы информационной безопасности данного конкретного объекта. В дальнейшем разработанная в соответствии с проектной документацией СЗПДн позволит реализовать надежную защиту не только ПДн, но и другой критичной информации.

Реализованный проект явился удачным примером плодотворного сотрудничества компании из энергетической отрасли с компанией, специализирующейся на обеспечении безопасности, в том числе и на защите информации, как в данном проекте. ЗАО «ЕВРААС. ИТ» готово сотрудничать по вопросам безопасности (информационной и технической) и обеспечения непрерывности и катастрофоустойчивости с любыми организациями из различных отраслей на территории России и за ее пределами.



ЗАО «ЕВРААС – Информационные технологии»
115280 Москва, ул. Автозаводская, 19, кор. 2
Тел. (495) 775-44-52, факс (495) 775-44-53
E-mail: info@evraasit.ru
www.evraasit.ru

МОРСКИЕ ГТС. ПОРТОВАЯ ИНФРАСТРУКТУРА



РУСТО ОРГ
ТОРГОВЫЙ ДОМ

Ваша выгода — наша профессия

Торговый дом «Русторг» — это торговая компания, предлагающая широкий спектр резинотехнических изделий промышленного назначения

Крупногабаритные шины: BRIDGESTONE (Япония), MAXAM (Люксембург), ADVANCE (Китай), HUNG A (Корея), TITAN/GENERAL (США).

Конвейерные ленты: BRIDGESTONE, YOKOHAMA (Япония), HS R & A (Корея), DRB (Корея).

Морские отбойные устройства для причальных сооружений: BRIDGESTONE, YOKOHAMA (Япония), MARITIME INTERNATIONAL (США)

А также быстроотдающиеся гаки VIKING, лазерные системы контроля скорости при швартовке фирмы Marimatech (Дания)

География поставок охватывает всю территорию Российской Федерации и республик СНГ. Складской терминал расположен в г. Находке Приморского края, вблизи портовых площадок и развитого транспортного узла, что позволяет осуществлять доставку в кратчайшие сроки

• БОЛЬШОЙ ВЫБОР •
• КАЧЕСТВЕННЫЙ ТОВАР •
• НАДЕЖНАЯ ГАРАНТИЯ •
• ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К КЛИЕНТУ •

Гибкая система цен и оплат позволяют осуществлять поставки как оптом, так и в розницу с максимальной выгодой для клиента

www.tdrustorg.ru

111250, Россия, г. Москва, ул. Лефортовский вал, д.16А
Тел.: +7 (495) 984-78-17, (495) 984-78-18
Тел./факс: +7 (495) 984-78-19

692900, Приморский край, г. Находка, ул. Портовая, 4
Тел./факс: +7 (4236) 69-80-68



НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54523-2011 «ПОРТОВЫЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ. ПРАВИЛА ОБСЛЕДОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ»

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии приказом от 25 ноября 2011 г. № 600-ст утвердило национальный стандарт ГОСТ Р 54523-2011 «Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния». Национальный стандарт ГОСТ Р 54523-2011 предназначен для применения в строительстве и эксплуатации при проведении обследований и мониторинга технического состояния портовых гидротехнических сооружений, расположенных на акваториях морских и речных портов и судоремонтных заводов, при разработке заданий на проектирование, обследование и мониторинг сооружений в процессе их эксплуатации.

Требования стандарта распространяются на обследование и мониторинг технического состояния причальных, оградительных, берегоукрепительных, судоподъемных портовых гидротехнических сооружений, плавучих причалов, рейдовых перегрузочных комплексов, судоходных каналов, акваторий портов.

ГОСТ Р 54523-2011 распространяется на проведение работ:

- по комплексному обследованию сооружений для проектирования их реконструкции или капитального ремонта;
- обследованию и освидетельствованию сооружений для подтверждения их соответствия требованиям технических регламентов о безопасности морского и внутреннего водного транспортов; оценки возможности их дальнейшей безаварийной эксплуатации, выявления элементов, изменивших свое напряженно-деформированное состояние, и определения необходимости их восстановления и усиления конструкций;
- общему мониторингу технического состояния сооружений для выявления дефектов, возникающих в процессе эксплуатации сооружений, и принятия мер по их устранению;
- обследованию сооружений, находящихся в неработоспособном или аварийном состоянии, для планирования мероприятий по ремонту или восстановлению этих сооружений.

ГОСТ Р 54523-2011 дополняет перечень документов в области стандартизации, содержащих правила и методы исследований (испытаний) и измерений, в результате применения которых обеспечивается соблюдение требований технических регламентов «О безопасности объектов морского транспорта» и «О безопасности объектов внутреннего водного транспорта», необходимых для безопасной эксплуатации объектов регулирования указанных технических регламентов и осуществления оценки их соответствия.

Национальный стандарт ГОСТ Р 54523-2011 «Портовые гидротехнические сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» разработан Ассоциацией экспертных организаций по техническому контролю портовых гидротехнических сооружений «Морпортэкспертиза». Дата введения стандарта — 1 марта 2012 г.

С содержанием стандарта можно ознакомиться на сайте Ассоциации «Морпортэкспертиза» — www.portsup.com и Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии — www.gost.ru.



АССОЦИАЦИЯ ЭКСПЕРТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ КОНТРОЛЮ ПОРТОВЫХ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

МОРПОРТЭКСПЕРТИЗА

125319 Москва, Большой Коптевский проезд, 3
Тел./факс (499) 151-6831
E-mail: hq@portsup.com
<http://www.portsup.com>

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

ДЕЙСТВУЮЩИХ МЕТОДИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО КОНТРОЛЮ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОХОДНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ



Мельник Г. В.,
начальник отдела НИЭП ОАО «Гипроречтранс»,
почетный транспортный строитель, почетный
работник речного флота РФ

15 апреля 2011 г. введены в действие «Методические рекомендации по контролю технического состояния и оценке безопасности судоходных гидротехнических сооружений» (далее по тексту — СГТС), разработанные специалистами ООО «ЭЦБ «Гидротехэкспертиза» и ОАО «Гипроречтранс» в соответствии с действующими нормативно-техническими документами и обеспечивающие единство подхода при контроле технического состояния и оценке безопасности СГТС*. При этом утратили силу «Методические рекомендации...», утвержденные 30.12.2003 г.

Существуют, естественно, и другие взгляды на оценку безопасности сооружений. В последнее время количество публикаций, связанных с безопасностью сооружений, значительно увеличилось. И в этом нет ничего плохого. Однако статья в последнем номере журнала «Гидротехника» (№ 4/25, 2011), посвященная безопасности судоходных гидротехнических сооружений (Н. Н. Пупышев, «Оценка технического состояния эксплуатируемых судоходных гидротехнических сооружений»), дезориентирует специалистов, занимающихся декларированием безопасности СГТС, а также нарушает единство подхода при контроле технического состояния и оценке безопасности СГТС. По этой причине оставить ее без внимания нельзя.

Основные результаты, использованные при составлении «Методических рекомендаций...», как 2011 г., так и 2003 г., получены в ходе работы, выполненной ОАО «Гипроречтранс» в рамках государственного контракта № 09-1353 от 31.03.2003 г. [1]. Здесь остановимся на наиболее существенных положениях этой работы, в общих чертах осветим алгоритм контроля технического состояния и оценки безопасности СГТС**, дадим ему пояснения и покажем некорректность основных предложений, представленных в статье Н. Н. Пупышева (далее по тексту — автора).

Начнем с так называемых двух подходов при оценке безопасности, о которых вскользь заметил автор. В частности,

было сказано: «Первый подход состоит в расчетах риска (вероятности) аварии СГТС, а второй основан на использовании результатов натурных наблюдений и многофакторном анализе безопасности, позволяющем в детерминированном виде оценить уровень риска аварии ГТС». На самом деле разница в подходах совсем не в этом. Кроме того, использование терминов «многофакторный анализ безопасности» и «детерминированный вид оценки уровня риска аварии» представляется здесь как минимум неуместным. Но об этом ниже.

В настоящее время существуют несколько направлений оценки безопасности гидротехнических сооружений, которые нашли отражение в нормах ОАО НИИЭС, Ростехнадзора, ФГУП НИИ ВОДГЕО, ВНИИГ им. Воденеева. Не вдаваясь в детали, отметим, что в нормах ОАО НИИЭС, по заявлению их разработчиков, используется метод, рекомендованный ICOLD, который модифицируется для многокритериального оценивания объектов по совокупности количественных и качественных признаков. При этом для решения задачи свертки векторного критерия в скалярный предлагается формула, применение и вывод которой обосновываются ссылкой на использование теории нечетких множеств и соотношения, применяемого при вычислении значений «функций принадлежности» для суммы нечетких множеств. Методики Ростехнадзора широко используют методы свертки векторного критерия в скалярный. Методические рекомендации ФГУП НИИ ВОДГЕО используют подход, близкий к концепции ОАО НИИЭС, однако другую методическую базу, более близкую методам Ростехнадзора. Методика оценки безопасности ВНИИГ им. Воденеева исповедует широкое использование хорошо разработанных методов теории надежности, которые, правда, судя по приводимым в большинстве публикаций примерам, пока что сводятся к обычным вероятностным расчетам с использованием априорно заданных типовых функций распределения и значений вероятности отказов.

Указанные нормы имеют принципиальные отличия, поскольку используют различные концепции оценки безопасности. В отличие от ВНИИГ им. Воденеева, первые три условно можно объединить в одну группу, поскольку по большей части они абстрагируются от вероятностных расчетов или, по крайней мере, не используют частотное определение вероятности. Для них характерно использование бальных шкал и качественных оценок.

Специалисты ОАО «Гипроречтранс» придерживаются мнения о несовместимости вероятностных расчетов с решением задач оценки безопасности гидротехнических сооружений. Основные возражения против широкого использования вероятностных методов для оценки безопасности заключаются в следующем.

Из классического курса теории вероятностей известно, что теория вероятности изучает лишь такие случайные события, в отношении которых имеет смысл не только утверждение о случайности, но и возможна объективная оценка доли случаев их появления. Это означает, что:

1. Теория вероятностей ограничивается изучением лишь тех событий, которые в принципе могут быть осуществлены неограниченное число раз, притом в неизменных условиях.

2. Теория вероятностей занимается лишь теми событиями, которые обладают статистической устойчивостью, или иначе устойчивостью частот. Т. е. при большом числе осуществления изучаемого события его частота близка к постоянной и лишь слегка изменяется от одной серии к другой.

3. Из первых двух требований следует — теория вероятностей не занимается изучением, во-первых, уникальных событий, которые не допускают повторений, во-вторых, событий, которые не могут быть воспроизведены в неизменных условиях, в-третьих, событий, не обладающих устойчивостью частот.

Последнее утверждение практически полностью характеризует специфику гидротехнических объектов, которые, несомненно, относятся к классу уникальных, и определяет ограничения на применение методов теории вероятности при оценке их безопасности, что подтверждается многими авторитетными мнениями. В качестве примера можно привести мнение П. Л. Капицы относительно аварий на уникальных объектах, высказанное в лекции, прочитанной в Стокгольмском университете в 1976 г. [2]: «Математические методы расчетов вероятности такого рода происшествий неприменимы». Можно привести также мнение В. В. Болотина [3]: «Наступление предельных состояний крупных технических объектов не может рассматриваться как массовое событие. При этом оказываются неприменимыми закон больших чисел и статистическое истолкование вероятности. Кроме того, мы почти нигде не располагаем настолько обширными статистическими материалами, чтобы с уверенностью судить о столь малых вероятностях отказа», которыми должны обладать крупные технические объекты. Процитируем также ведущих специалистов Ростехнадзора [4]: «Рекомендуется с осторожностью относиться к применению количественных показателей риска в качестве критериев безопасности, учитывая сложность рассматриваемых объектов и большую неопределенность используемой для расчетов информации».

Объем необходимого статистического материала для корректного выполнения вероятностных расчетов можно оценить хотя бы на основании доказанного в математической статистике утверждения, что для уверенного разделения двух вероятностей, отличающихся менее чем на одну сотую, нужно произвести много тысяч испытаний [5]. И это притом, что при оценке безопасности гидротехнических сооружений обычно оперируют вероятностями 10^{-3} – 10^{-6} . Необходимо уточнить, что ограничения распространяются именно на оценку безопасности объекта в целом и, естественно, не являются препятствием для применения статистических методов обработки результатов наблюдений и исследований.

В связи с вышесказанным, для оценки безопасности специалисты ОАО «Гипроречтранс» рекомендуют применение

качественных методов анализа и качественных показателей — уровней, позволяющих проводить ранжирование объектов посредством их расположения в виде последовательности по степени убывания или возрастания безопасности объекта.

Во всех случаях следует учитывать, что при существующем уровне статистической информации в ходе выполнения вероятностных расчетов сложных систем используются не более чем условные (иногда их называют инженерными, оперативными и т. п.), а не истинные вероятности, которые выражают не более чем степень уверенности в возможности реализации аварии или безопасной эксплуатации [4]. Величины этих вероятностей, в том числе и их допускаемых значений, в различных документах отличаются на порядки [6–13]. Причем в результате подобных расчетов получаются фактически не более чем ранжированные оценки возможности аварии на шкале (0;1).

Отсутствие достоверной и представительной статистической информации, а также в большинстве случаев наличие не стохастической природы неопределенности, характерной для аварий гидрозлов, делает практически невозможным при расчете показателей безопасности использование и расчет истинных вероятностей аварий или их частоты в год, которые обычно используются при страховании или при экспертизе безопасности органами ГО и ЧС.

В данной ситуации допустимо не более чем экспертное предписание и нормативное утверждение каждому уровню безопасности ожидаемой частоты возникновения аварий в год. При этом необходимо использовать существующие в каждой отрасли традиции и накопленный к настоящему времени опыт оценок этой величины.

Подведем итог сказанному. Дело вовсе не «многофакторном анализе безопасности, позволяющем в детерминированном виде оценить уровень риска аварии ГТС». А в том, что концепция оценки безопасности СГТС, заложенная в действующие «Методические рекомендации...», использует качественные оценки как безопасности, так и технического состояния сооружений. При этом никто не отрицает наличия большой доли неопределенности при выполнении этих оценок, так что о детерминизме, если следовать фактическому смыслу этого термина*, говорить не приходится. Мы только отрицаем вероятностное толкование этой неопределенности в частотной интерпретации и возможность получения ее оценки в количественной форме. И по этой причине используем качественные оценки.

Здесь я не буду заострять внимание на правильности использования автором некоторых терминов (в частности, «риск», «авария», «сценарий аварии», «параметр», словосочетание «оценка уровня безопасности» и пр.). Отшлю к разделу «Термины и определения» действующих «Методических рекомендаций...». А вот на алгоритме контроля технического состояния и оценки безопасности судоходных гидротехнических сооружений, столь непоследовательно изложенном в статье Н. Н. Пупышева, необходимо остановиться.

В соответствии с нормативными документами контроль технического состояния и оценку безопасности СГТС действующие «Методические рекомендации...» рекомендуют проводить на основе анализа сценариев возможных аварий с использованием критериев безопасности сооружений. В действующих «Методических рекомендациях...» принята следующая классификация аварий СГТС в зависимости от степени их опасности для сооружений и окружающей среды.

* Детерминизм — учение, по которому все явления обусловлены необходимой причинной связью.

Группа 1. Аварии, приводящие к разрушению сооружений, прорыву напорного фронта (гидродинамические аварии), развитию волны прорыва, затоплению территории, в результате которых могут быть человеческие жертвы.

Группа 2. Аварии, приводящие к разрушению конструкций сооружений, в результате которого могут быть человеческие жертвы, к прекращению судоходства на срок более 72 часов, но без гидродинамической аварии и затопления территории.

Группа 3. Аварии, приводящие к повреждению конструкций сооружений, к прекращению судоходства на срок более 72 часов, но без человеческих жертв, без гидродинамической аварии и затопления территории.

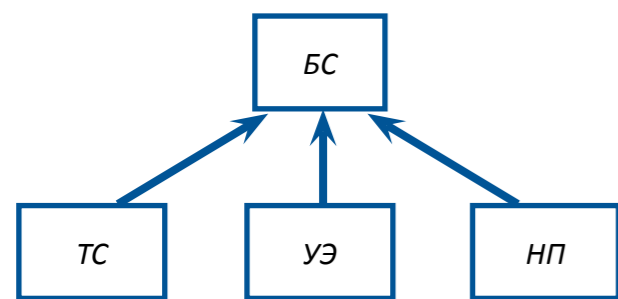
Оценка безопасности СГТС (определение уровня безопасности сооружения) производится по результатам определения показателя безопасности сооружения (БС).



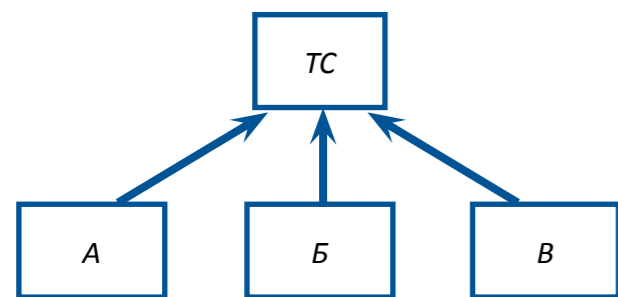
Контроль технического состояния СГТС (определение вида технического состояния сооружения) производится по результатам определения показателя технического состояния сооружения (ТС).



Показатель безопасности сооружения (БС) определяется на основе обобщения показателя технического состояния сооружения (ТС), показателя условий эксплуатации, влияющих на его безопасность (УЭ), а также показателя соответствия проекта сооружения действующим нормам и правилам (НП).



Показатель технического состояния сооружения (ТС) определяется на основе обобщения результатов оценок следующих групп критериев безопасности:

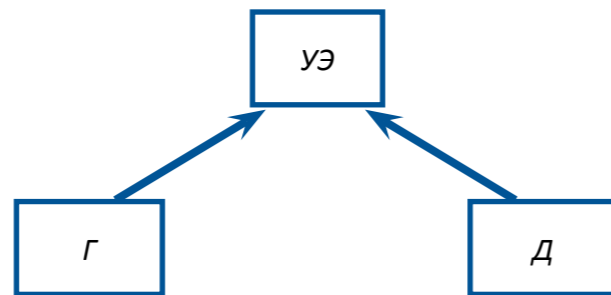


Группа А — количественные параметры, полученные в результате инструментальных наблюдений за наиболее значимыми свойствами сооружения.

Группа Б — качественные признаки, полученные в результате наблюдений за наиболее значимыми свойствами сооружения без применения инструментальных средств измерения.

Группа В — признаки, характеризующие соответствие сооружения требованиям конструкторской (проектной) документации.

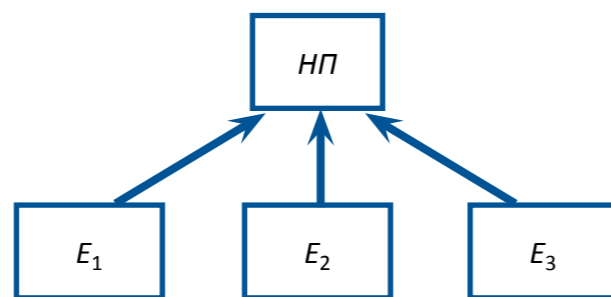
Показатель условий эксплуатации, влияющих на безопасность сооружения (УЭ), определяется на основе обобщения результатов оценок следующих групп критериев безопасности:



Группа Г — признаки, характеризующие соответствие условий эксплуатации сооружения проекту и нормативным требованиям.

Группа Д — признаки, характеризующие соответствие системы противоаварийных мероприятий, а также степени готовности эксплуатирующей организации к локализации и ликвидации аварий, нормативным и проектным требованиям.

Показатель соответствия проекта СГТС действующим нормам правилам проектирования (НП) определяется на основе обобщения результатов оценок следующих групп критериев безопасности:

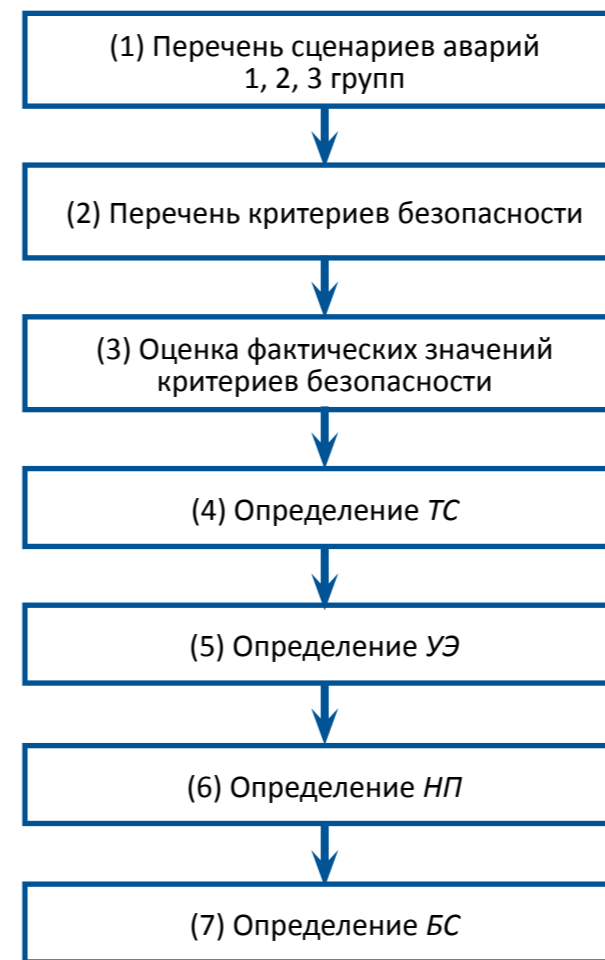


Группа E1 — признаки, характеризующие соответствие проекта сооружения действующим нормам и правилам при расчете по 1 и 2 группам предельных состояний.

Группа E2 — признаки, характеризующие соответствие проекта сооружения действующим нормам и правилам при расчете пропускной способности сооружения на пропуск расчетных расходов воды.

Группа E3 — признаки, характеризующие наличие предусмотренных нормами и правилами проектирования средств, обеспечивающих безопасность эксплуатации сооружения.

Порядок контроля технического состояния и оценки безопасности СГТС представлен следующей последовательностью операций.

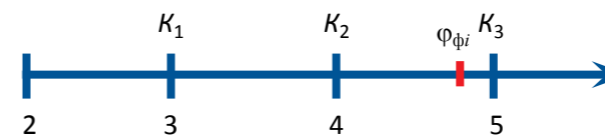


Значения показателей (ТС) и (БС) принимают равным максимальным значениям показателей, полученным при расчете для наихудших сценариев из 1, 2 и 3 групп аварий.

В качестве результата контроля технического состояния и оценки безопасности комплексного объекта (гидроузла), включающего несколько сооружений, принимается наихудший результат, полученный при рассмотрении всех сооружений объекта.

На основе полученных результатов контроля технического состояния и оценки безопасности СГТС формулируются рекомендации по обеспечению безопасности СГТС.

Для оценки различных по своей природе критериев безопасности, определения показателей технического состояния, условий эксплуатации, соответствия сооружения действующим нормам и правилам проектирования и безопасности сооружения (ТС, УЭ, НП, БС) рекомендуется использование порядковой критериальной шкалы:



Для каждого качественного признака и количественного параметра устанавливаются правила оценки, т. е. определяются их предельно допустимые значения K1, K2, K3. Предельно

допустимому значению K1 на рекомендуемой шкале соответствует балл, равный 3, предельно допустимому значению K2 — балл, равный 4, предельно допустимому K3 — балл, равный 5. С использованием значения phi_phi_i на рекомендуемой шкале выполняется оценка фактических значений критериев.

Далее выполняется оценка важности (значимости) критериев безопасности по степени их влияния на изменение технического состояния СГТС. Важность (значимость) критериев определяется коэффициентом их значимости (K3ни) для каждого сценария аварии. В случае если результат оценки фактического значения критериев безопасности сооружения групп А, Б и В по рекомендованной порядковой критериальной шкале (phi_phi_i) больше 3, их значения уточняются с учетом коэффициента важности (значимости) критерия безопасности (K3ни) по формуле

$$\phi_i = 2 + (\phi_{\phi_i} - 2) \times K_{3ни} \quad (1)$$

Определение показателя технического состояния (ТС) выполняется с использованием формулы

$$TC = I_{\max} - \prod_{i=1}^n (I_{\max} - \phi_i) \quad (2)$$

где phi_i — уточненные значения критериев безопасности групп А, Б и В; n — число критериев безопасности сценария аварии.

Для расчета показателя безопасности сооружения (БС) показатель технического состояния сооружения (ТС) уточняется с учетом уровня ответственности сооружения по формуле

$$TC_{\gamma} = 2 + (TC - 2) \times K_{\gamma} \quad (3)$$

где TC_{\gamma} — показатель технического состояния сооружения, уточненный с учетом уровня ответственности сооружения, определяемого его классом (класс устанавливается проектной документацией и СНиП 33-01-2003); K_{\gamma} — корректирующий коэффициент, учитывающий уровень ответственности сооружения.

Определение показателя безопасности (БС) сооружения для рассматриваемого сценария аварии выполняется по формуле

$$BS = I_{\max} - (I_{\max} - TC_{\gamma}) \times (I_{\max} - K_{УЭ} \times УЭ) \times (I_{\max} - НП) \quad (4)$$

где K_{УЭ} — коэффициент значимости условий эксплуатации.

Результат оценки показателя безопасности в зависимости от того, в какую группу аварий попадает рассматриваемый сценарий, уточняется по формуле

$$BS_{сц} = 2 + K_{сц} \times (BS - 2) \quad (5)$$

где K_{сц} — коэффициент, учитывающий степень опасности аварий для сооружения и окружающей среды.

Зависимость вида технического состояния СГТС от значения ТС принимается в соответствии с табл. 1.

Табл. 1

Диапазоны порядковой критериальной шкалы для оценки технического состояния	Вид технического состояния СГТС
ТС = 2	Исправное
2 < ТС ≤ 3	Работоспособное
3 < ТС ≤ 4	Ограниченно работоспособное
4 < ТС ≤ 5	Предварийное
ТС > 5	Аварийное

Зависимость уровня безопасности СГТС от значения БС принимается в соответствии с табл. 2.

Табл. 2

Диапазоны порядковой критерияльной шкалы для оценки безопасности	Уровень безопасности СГТС
$2 \leq BC \leq 3$	Нормальный
$3 < BC \leq 4$	Пониженный
$4 < BC \leq 5$	Неудовлетворительный
$BC > 5$	Опасный

Необходимо сказать, что текст действующих «Методических рекомендаций...» содержит большое число пояснений. Тем не менее считаю необходимым остановиться еще на двух принципиальных моментах.

Прежде всего обратим внимание на некоторые приведенные выше формулы. В частности, на формулы для определения показателей интегральных признаков СГТС, т. е. ТС и БС.

Отметим, что задача многокритериального оценивания, решаемая на основе нахождения интегрального признака, характерна для многих областей человеческой деятельности. В первом приближении методы решения этой задачи лежат в диапазоне следующих трех способов. В первом способе проблемы решаются на основе построения математической модели объекта как сложной системы с применением какой-либо аксиоматической теории, или подбирается наиболее адекватная типовая математическая модель. Во втором используются широко распространенные стандартные методы свертки векторного критерия в скалярный. Обычно эта свертка осуществляется на основе принципа справедливой компенсации и приводит к тому или иному типу осреднения. И наконец, в третьем интегральный признак образуется на эмпирической основе как некоторая комбинация тех или иных параметров и коэффициентов, обосновывается здравым смыслом, большим практическим опытом; но обычно определяющим является желание максимально упростить задачу. Хотя практика показывает, что результат часто является обратным.

Для наших целей была построена математическая модель объекта (СГТС), на которой в связи с ограниченным объемом публикации здесь останавливаться не будем*. Здесь только отметим, что эта модель позволила по значениям частных признаков определить показатели интегральных признаков (состояния — ТС и безопасности — БС). При этом под состоянием мы понимаем сумму (объединение) элементарных состояний. Добавим, что эта модель не противоречит наиболее общему математическому описанию объекта с позиций теоретико-множественного подхода и вполне обосновано может служить базой для определения вида технического состояния и оценки безопасности гидротехнических сооружений.

Необходимо также остановиться на п. 5.39 и Приложении Д действующих «Методических рекомендаций...», в которых определен порядок оценки верхней границы расчетной вероятности возникновения аварий на СГТС. Причем этот пункт и Приложение были включены в документ, несмотря на всю критику использования вероятностных расчетов при решении задач оценки безопасности сооружений. Вызвано это утилитарными причинами. Во-первых, у эксплуатационников эти цифры часто требуют органы ГО и ЧС. Во-вторых, к сожалению, эти цифры используются при определении величины ущерба в результате гидродинамической аварии.

Однако здесь авторы документа не отошли от своей принципиальной позиции, которая заключается в том, что тому или иному уровню безопасности можно дать не более чем предписание той или иной вероятности возникновения аварии (термин «расчетная вероятность» принят СНиП 33-01-2003). Нормальному уровню безопасности приписаны значения, полученные из СНиП 33-01-2003, при определении

* Подробнее эта тема, а также пояснения к другим формулам представлены в публикациях, на которые даны ссылки в начале настоящей статьи.

зависимости, представленной в Приложении Д, использованы результаты [14]. Кроме того в документе использованы условные, которыми на самом деле и являются цифры Приложения Д, а не истинные вероятности. Последнее подтверждается тем фактом, что значения вероятности, приведенные в СНиП 33-01-2003 и [14], не являются результатом статистической обработки данных по авариям сооружений, а получены на основе вероятностных расчетов с использованием различных упрощающих гипотез и процедур.

Нельзя не отметить, что использование в СНиП 33-01-2003 термина «расчетная вероятность» с размерностью 1/год некорректно. Обсуждение этого вопроса выходит за рамки настоящей публикации. Подробнее с этой темой можно ознакомиться в [4].

Теперь рассмотрим некоторые предложения, представленные автором рассматриваемой статьи. На так называемых двух подходах мы уже остановились. Не будем дискутировать с размышлениями автора о том, что такое авария, — существуют нормативные определения это термина. Кроме того действующие «Методические рекомендации...», в отличие от автора, регламентируют не два вида аварий, а три группы. Тривиальны рассуждения о том, что оценки безопасности по разным сценариям могут иметь разный результат, а также то, что наблюдения за сооружением позволяют выполнять оценку его технического состояния, а следовательно, дают возможность контролировать возможность реализации того или иного сценария аварии. Соответствует действующим «Методическим рекомендациям...» и сообщение о том, что техническое состояние может иметь несколько видов, в том числе «работоспособное», «ограниченно работоспособное», «предаварийное» и «аварийное». Необходимо только уточнить, что не «имеющиеся методики разделяют состояние сооружений» — это положение ГОСТ 20911-89, ГОСТ 27.002-89. Кроме того, никто не «разделяет состояние сооружений», как это пишет автор. Непонятно, каким образом можно это делать (делить состояние сооружений на виды). На самом деле надо было пояснить, что вид состояния — это результат качественной оценки состояния сооружения (практически полностью аналогичный таким результатам качественной оценки, как «хорошо», «удовлетворительно» и т. д.). Добавлю, что был забыт еще один вид состояния, рекомендуемый указанными ГОСТами и используемый в действующих «Методических рекомендациях...», а именно «исправное», без которого приведенные автором бальные оценки К1, К2 и К3 не понятны. Неясно также, откуда вообще взялись эти баллы, т. к. в статье ничего не говорится об использовании критериальной бальной шкалы (см. рассмотренный выше алгоритм действующих «Методических рекомендаций...»). Однако эти погрешности статьи не столь существенны как те, о которых мы скажем ниже.

Принципиально неверным является утверждение, что «состояние сооружений разделяется тремя границами». Это утверждение противоречит федеральному закону от 21.06.1997 г. № 117 «О безопасности гидротехнических сооружений». Согласно закону, состояние сооружений оценивается не непосредственно, а по сценариям аварий с использованием предельных значений критериев безопасности, которыми и являются указанные выше три границы, а именно К1, К2 и К3, и вид состояния сооружения, а также уровень его безопасности определяется только переходом критериев (можно назвать их, как и в статье, «контролируемыми параметрами») этих границ.

Отсюда все рассуждения автора об «общих принципах назначения границ технического состояния», а также о «принципах назначения границ технического состояния» (хотя неясно, чем «общие принципы» отличаются от «принципов»), излишни и только вносят путаницу в алгоритм контроля технического состояния и оценки безопасности сооружений.

Больше пользы было бы от ясных предложений о назначении границ (предельных значений) для критериев безопасности. Однако то, что предлагается в статье, неприемлемо. Говорится следующее, «принципы назначения границ для контролируемых параметров должны быть такими же, как и для сценариев аварий». Причем здесь сценарии аварий?

Если все же прочитать эти принципы, то увидим, что они так же противоречат ФЗ 117. Ограничимся примером из статьи только для К1. Цитируем: «К1 — на сооружениях появились явные признаки, свидетельствующие о снижении способности ГТС выполнять свои функции. К1 — ...систематические повторяемые разрушения или дефекты одного и того же элемента гидросооружения, свидетельствующие о несоответствии элемента фактическим нагрузкам...». То есть утверждается, что достижение границы К1 означает переход из «работоспособного состояния» в «ограниченно работоспособное». А ведь согласно ФЗ 117 только переход через границу (предельное значение), в данном случае К1, приводит к изменению технического состояния. Кстати, с этим автор соглашается на следующей странице статьи, когда речь идет о контролируемых параметрах. Неясно, что же в итоге рекомендуется и как в этом случае относиться к «принципам назначения границ технического состояния»?

Предложения автора об определении количества контролируемых параметров по критерию трудозатрат не выдерживают никакой критики. Состав контролируемых параметров СГТС в основном давно устоялся и определен соответствующими инструкциями. Конечно, в зависимости от специфики сооружений состав параметров немного меняется, но это не принципиально. Следующее из этого предложения утверждение, что для контроля деструктивных процессов «достаточно одного или двух контролируемых параметров», которое широко внедряется автором в практику декларирования, приводит к тому, что количество сценариев аварий, которое приходится рассматривать для одного сооружения гидроузла, измеряется десятками и рассматриваются эти сценарии поверхностно.

Предложенный автором способ учета значимости контролируемых параметров окончательно запутывает ситуацию. Учет значимости контролируемых параметров путем ведения коэффициентов значимости, как это принято в действующих «Методических рекомендациях...», это классический прием. А предложение автора назначать в зависимости от значимости контролируемых параметров число их предельных значений (границ, как пишет автор), например, для менее значимых только К1, для более значимых К1 и К2 и т. д., абсурдно и противоречит основным понятиям теории измерений, согласно которой, чтобы что-то измерить, надо выбрать шкалу и меру. Если с помощью этой шкалы мы хотим проводить оценку каких-либо объектов, то необходимо определиться еще с правилами этой оценки. В частности, в действующих «Методических рекомендациях...» на критериальной шкале задаются начальное и три предельных значения К1, К2 и К3, которые позволяют разделить результат оценки технического состояния на пять видов: «исправное», «работоспособное», «ограниченно работоспособное», «предаварийное» и «аварийное» (см. табл. 1). Если таких предельных значений меньше, то выбирать придется из меньшего числа видов. Для выхода из этой ситуации автор предлагает ничем не мотивированное правило, которое невозможно даже обосновать, поскольку оно не имеет никакого обоснования.

То же самое можно сказать и о предложении автора, которое, правда, не озвучено им в рассматриваемой статье, но настойчиво внедряется при декларировании СГТС. Речь идет о попытке рассматривать в пределах фактически одной шкалы одновременно количественные параметры и качествен-

ные признаки. Делается это следующим образом. В качестве двух предельных значений, например, К1 и К2, задаются значения какого-нибудь количественного параметра, а в качестве К3 задается уже значение какого-нибудь качественного признака (возможны и другие комбинации). Неправомочность такого подхода очевидна. Известно, что для измерений используют различные типы шкал, как качественные, так и количественные (причем и те и другие имеют еще несколько подтипов). Соответственно предельные значения должны быть определены в шкале одного типа (подтипа). Представьте, что получится, если нарушить этот общий принцип, как предлагается автором. Например, для измерения температуры воздуха зимой используется количественная шкала разностей (интервалов). Примем шкалу в градусах Цельсия. А также рассмотрим возможность параллельного использования качественной шкалы наименований. И вот К1 и К2 задаются в количественной шкале (–10, –25 °С), а К3 задается в качественной шкале наименований («очень холодно»). По комфортности, в зависимости от температуры воздуха, зима характеризуется как «теплая», «комфортная» и «некомфортная» (можно привести и другую классификацию, но суть от этого не изменится). При этом зима при температуре теплее –10 °С считается «теплой», при температуре от –10 до –25 °С «комфортной», но остается еще одна характеристика зимы — «некомфортная». Но при таком подходе к назначению предельных значений определить, что такое «некомфортная» зима, невозможно, поскольку нарушен общий принцип измерения.

Еще больше усугубляют ситуацию рассуждения автора о критериях безопасности. Не будем здесь подробно останавливаться на определении термина «критерий безопасности», приведенном в ФЗ 117. Отметим только, что это определение некорректно, т. к. противоречит смыслу понятия «критерий»*. Важно, что если буквально принимать утверждение автора о том, что «критерии безопасности определяют одно состояние гидротехнического сооружения», то становится совсем уж непонятно, как же мы в итоге будем выбирать один из пяти возможных видов технического состояния для оценки состояния сооружения.

Далее автор приводит рекомендуемый им алгоритм для «оценки технического состояния гидросооружений», который в общих чертах дублирует алгоритм действующих «Методических рекомендаций...», и утверждает, что «приведенный (в статье) подход позволяет в декларации безопасности оценить техническое состояние гидроузла в целом». Однако анализ предложений автора позволяет сделать однозначный вывод, что для этого утверждения нет никаких оснований. Более того, нет никакой необходимости. Повторюсь: «15 апреля 2011 г. введены в действие «Методические рекомендации по контролю технического состояния и оценке безопасности судовых гидротехнических сооружений», утвержденные Федеральным агентством морского и речного транспорта и согласованные Росстраснадзором».

Действительно, с внедрением новых «Методических рекомендаций...» существуют определенные проблемы, на которых необходимо остановиться, чтобы внести в этот вопрос полную ясность.

Дело в том, что новые «Методические рекомендации...» позволяют учесть больше факторов, влияющих на безопасность СГТС, чем ранее действующий документ. В частности, они позволяют учесть состояние, наличие или отсутствие предусмотренных нормами проектирования средств, обеспечивающих безопасность эксплуатации (системы аварийной

* Критерий (от греческого criterion — средство для суждения) (книжн.) — признак, на основании которого производится оценка, определение, классификация чего-нибудь.

сигнализации и оповещения эксплуатационного персонала и населения, резервного электроснабжения объекта, автономного источника электроснабжения аварийных ворот, предохранительного устройства и аварийных ворот), чего не было в предыдущих «Методических рекомендациях...». Учет дополнительных факторов в некоторых случаях понижает уровень безопасности СГТС по сравнению с ранее выполненными оценками безопасности сооружений, которые базировались на предыдущем документе. В основном это относится к сооружениям, на которых отсутствуют предохранительные устройства и аварийные ворота. А то, что состояние, наличие или отсутствие предохранительных устройств и аварийных ворот, несомненно, отражаются на безопасности СГТС, это факт. Для подтверждения этого утверждения приведу примеры.

Рассмотрим два одинаковых шлюза, которые находятся в отличном (исправном) техническом состоянии и к эксплуатации которых нет никаких претензий. Однако на шлюзе № 1 нет аварийных ворот, а на шлюзе № 2 аварийные ворота есть. Вопрос — уровень безопасности какого шлюза лучше (выше)? Естественно шлюза № 2. Это хорошо иллюстрирует авария на шлюзе Константиновского гидроузла, на котором аварийных ворот нет. Навал судна на нижние ворота (при открытых верхних воротах) привел к гидродинамической аварии, которой не было бы, если бы шлюз имел аварийные ворота. Тем не менее шлюз Константиновского гидроузла имел высокие результаты оценки технического состояния и, соответственно, безопасности, полученные по старой методике. Новая методика позволяет объективнее подойти к этой оценке. Можно привести еще один пример, который подтверждает (впрочем, очевидный факт), что наличие аварийных ворот существенно повышает безопасность СГТС, — это авария на Пермском шлюзе. Когда баржа пробилась пять ворот западной нитки шлюза, именно аварийные ворота, которые закрылись в потоке, позволили избежать развития гидродинамической аварии.

Ситуация усугубляется тем, что даже после реконструкции СГТС, которая проводится сейчас в рамках федеральной целевой программы, уровень безопасности некоторых СГТС по действующим «Методическим рекомендациям...» может не только не повыситься, но даже снизиться, если на них нет аварийных ворот или предохранительного устройства. Естественно, это никому не нравится. Однако при этом делаются совершенно неверные выводы. Дело совсем не в том, что действующие «Методические рекомендации...» неправильно оценивают безопасность СГТС. Просто они позволяют учесть факторы, которые, несомненно, влияют на безопасность, но ранее не учитывались.

Ярко это недовольство проявилось на научно-практической конференции «Обеспечение безопасности и надежности судоходных гидротехнических сооружений» (30 августа — 2 сентября 2011 г., Нижний Новгород). С критикой новых «Методических рекомендаций...» здесь выступил и Н. Н. Пупышев. Причем основные доводы лежали в русле его же утверждения, высказанного в рассматриваемой статье, — «при оценке безопасности гидротехнического сооружения наиболее важным является техническое состояние ГТС». Заметьте, что в его статье кроме технического состояния не рассматривался больше ни один фактор, влияющий на безопасность сооружений.

Почему-то никто не хочет понять, что в итоге, при авариях, например, таких как на Константиновском гидроузле, и которые связаны с фактом отсутствия средств, обеспечивающих безопасность эксплуатации СГТС, могут спросить: «А почему же вы, «специалисты», при оценке безопасности не учли этот факт?» В итоге на научно-практической конференции были приняты рекомендации по корректировке «Методических рекомендаций...».

Предложения по корректировке были представлены разработчиками ФАМРТ в первой половине сентября 2011 г. Они полностью решают все проблемы недовольных ухудшением безопасности части СГТС. Суть предложений состоит в том, что учет дополнительных факторов теперь не переводит безопасность СГТС на уровень ниже того, который определяется техническим состоянием сооружений (комментировать эти поправки пока не буду). Тем не менее никакого решения о внесении изменений в действующие «Методические рекомендации...» до сих пор не принято.

Вообще анализ современной практики декларирования, в том числе ситуации с действующими «Методическими рекомендациями...», наводит на невеселые размышления. Возникает вполне естественный вопрос, волнует ли кого-нибудь единство подхода при контроле технического состояния и оценке безопасности СГТС, а также объективность этой оценки, или будут продолжаться дискуссии (в том числе и псевдонаучные), направленные на постоянную корректировку всеми согласованных и утвержденных действующих «Методических рекомендаций...» с целью получить при оценке безопасности желаемый результат?

Литература

1. Отчет «Методические указания к порядку определения допустимого уровня риска аварий судоходных гидротехнических сооружений» (гос. контракт № 09-1353 от 31.03.2003 г., тема № 58 «Разработка порядка определения допустимого уровня риска аварий СГТС»). М.: ОАО «Гипроречтранс», 2003. 55 с.
2. Капица П. Л. Эксперимент, теория, практика (Глобальные проблемы и энергия, лекция, прочитанная в Стокгольмском университете, 1976). М.: Наука, 1977. 352 с.: ил.
3. Машиностроение. Энциклопедия. Том IV-3. Надежность машин (Раздел 1.5.4.). М.: Машиностроение, 1998. 592 с.: ил.
4. Гражданкин А. И., Лисанов М. В., Печеркин А. С. К вопросу об использовании вероятностных оценок риска для анализа безопасности опасных производственных объектов // Об опыте декларирования промышленной безопасности и развитии методов оценки риска опасных производственных объектов: сборник материалов семинара Госгортехнадзора России. ГУП «НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России». М., 2002.
5. Курс теории вероятности: учебник. 7-е изд., исправл. / Гнеденко Б. В. М.: Эдиториа УРСС, 2001. 320 с.
6. Руководство по обеспечению надежности железобетонных конструкций предприятий черной металлургии при их реконструкции / Харьковский Промстройинипроект-НИИЖБ, Госстрой СССР. М.: Стройиздат, 1982. 112 с.
7. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций по внешним признакам. М.: ЦНИИПромзданий Госстроя СССР, 1995. 112 с.
8. Методика оценки и сертификации инженерной безопасности зданий и сооружений. М.: ВНИИ ГО и ЧС, 2003. 85 с.
9. РД 03-418-01 Методические рекомендации по проведению анализа риска опасных производственных объектов. М.: ГУП «НТЦ «Промышленная безопасность», 2001. 58 с.
10. Лисанов М. В., Лыков С. М., Печеркин А. С., Сидоров В. И. Оценка опасности установок первичной переработки нефти при декларировании промышленной безопасности // Безопасность труда в промышленности. 1999. № 8.
11. Современные методы обеспечения безопасности сложных технических систем: учебник / Александровская Л. Н., Афанасьев А. П., Лисов А. А. М.: Логос, 2001. 208 с.: ил.
12. Германский стандарт автомобильного союза VDA.
13. Военный стандарт США MIL-STD 1629A.
14. Стефанишин Д. В. Оценка нормативной безопасности плотин по критериям риска // Гидротехническое строительство. 1997. № 2.



ЭКСПЕРТНЫЙ ЦЕНТР ПО БЕЗОПАСНОСТИ ГТС «ГИДРОТЕХЭКСПЕРТИЗА»



ООО «Экспертный центр по безопасности гидротехнических сооружений» (ООО «ЭЦБ ГТС «Гидротехэкспертиза») создан выпускниками факультета ГС МИСИ (МГСУ) и выполняет работы по обследованию, декларированию безопасности, паспортизации и проектированию ГТС. За плечами специалистов предприятия большой опыт работы, вновь построенные и реконструированные сооружения

ООО «ЭЦБ ГТС «Гидротехэкспертиза» — аккредитованный при Ространснадзоре экспертный центр по безопасности СГТС. Созданные совместно со специалистами ОАО «Гипроречтранс» «Методические рекомендации по контролю технического состояния и оценке безопасности судоходных ГТС» — базовый документ декларирования их безопасности.

По инициативе ООО «ЭЦБ ГТС «Гидротехэкспертиза» более 10 лет ведутся работы по изучению целесообразности и возможности создания нового водно-транспортного соединения между Каспийским и Азово-Черноморским бассейнами по Кумо-Манычской впадине.

E-mail: gtexpert@mail.ru

Тел./факс (495) 741-0254

МОДУЛЬНЫЕ КОМПРЕССОРНЫЕ СТАНЦИИ J.P.SAUER&SOHN

Мещанов С. Л.,
бренд-менеджер ООО «ДАЛВА КОНСАЛТИНГ»

Модульные компрессорные станции (МКС) предназначены для снабжения сжатым воздухом (воздушные МКС) и азотом (азотные МКС) объектов портовой инфраструктуры, сухих доков, находящихся в порту судов. МКС состоит из компрессорного оборудования, размещенного в защитном блок-контейнере с полной трубопроводной обвязкой всего оборудования, системами освещения, отопления, принудительной вентиляции, средствами пожаротушения.

Для ввода модульной компрессорной станции в работу необходима горизонтальная площадка, по размерам сопоставимая с самим блок-контейнером, а также подвод напряжения 380 В. Окружающая температура эксплуатации МКС от -50 до +50 °С. Благодаря компактности и относительно небольшому весу МКС легко транспортируется портовыми кранами или автотранспортом и может быть установлена на причале-пирсе, перенесена на палубу судна или сухого дока, что сводит к минимуму потери рабочего давления сжатого воздуха (азота).



Рис. 1. МКС на базе воздушного компрессора J.P.SAUER&SOHN серии 6000

Воздушные МКС (рис. 1) применяются при решении следующих задач:

- ♦ Вытеснение воды из балластных цистерн.
- ♦ Создание запаса сжатого воздуха.
- ♦ Проверка трубопроводов на прочность и герметичность.
- ♦ Проведение морской сейсморазведки.
- ♦ Работа пневмоинструмента.
- ♦ Проведение пескоструйных работ.

В состав воздушной МКС входит следующее оборудование:

- ♦ поршневой воздушный компрессор;
- ♦ адсорбционный осушитель сжатого воздуха (точка росы не выше -40 °С);
- ♦ система масляных фильтров;
- ♦ воздухохранилище (батарея баллонов высокого давления);

Азотные МКС (рис. 2) применяются при решении следующих задач:

- ♦ Системы пожаротушения портовых резервуаров с нефтепродуктами.
- ♦ Системы охлаждения реакторов атомных ледоколов.



Рис. 2. МКС на базе дожимного азотного компрессора J.P.SAUER&SOHN серии TORNADO

- ♦ Создание модифицированной атмосферы в танках газовозов LNG и трюмах судов-перевозчиков скоропортящихся пищевых продуктов.

В состав азотной МКС входит следующее оборудование:

- ♦ винтовой воздушный компрессор;
- ♦ фреоновый осушитель сжатого воздуха;
- ♦ ресиверы;
- ♦ генератор азота мембранного (чистота азота до 99,95%) или адсорбционного типа (чистота азота до 99,9995%);
- ♦ дожимной азотный компрессор, оснащенный системой контроля и регулирования входного давления азота.

В качестве компрессорного оборудования, сжимающего воздух (азот) до требуемых давлений, в составе МКС используются поршневые компрессоры немецкой фирмы J.P.SAUER&SOHN с прямым приводом, водяным (серии 5000, 6000) или воздушным охлаждением (серии TORNADO, HURRICANE), рабочим давлением до 420 бар (см. табл.).

Таблица. Компрессоры J.P.SAUER&SOHN

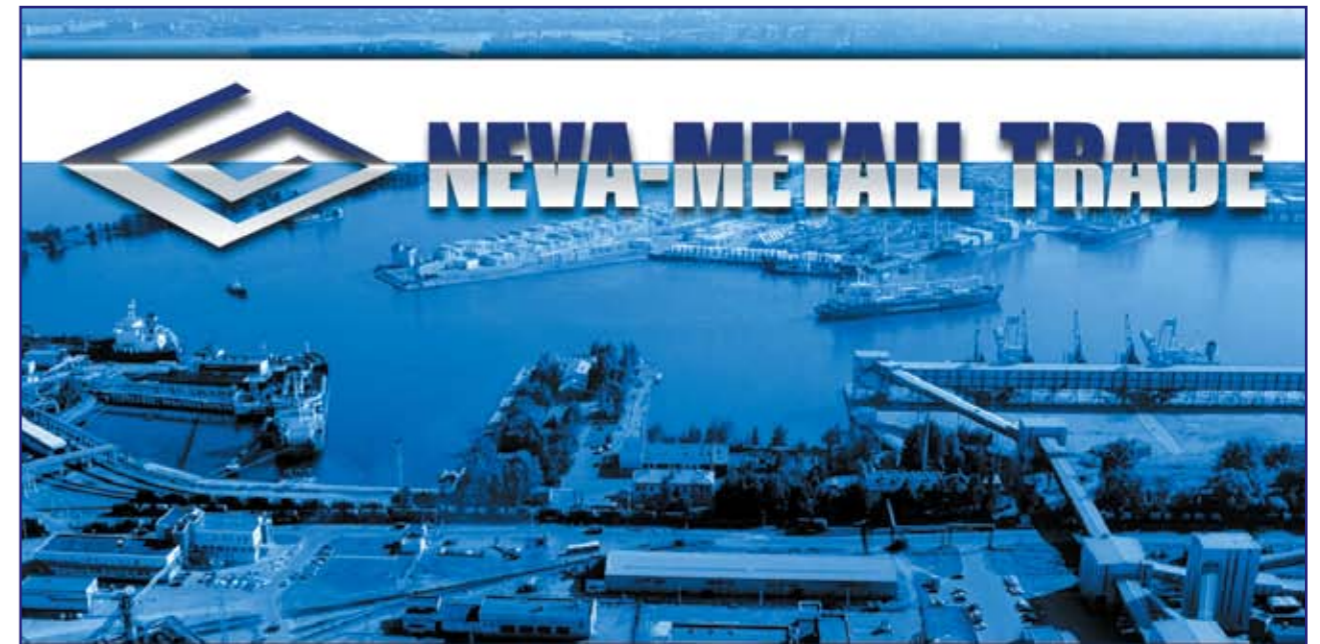
Серия	TORNADO	HURRICANE	5000	6000
	Воздушное		Водяное	
Компоновка	Вертик.	Горизонт.	Вертик.	Горизонт.
Макс. давление	420 бар	400 бар	350 бар	420 бар
Макс. производительность	22 м³/ч	107 м³/ч	125 м³/ч	500 м³/ч

При необходимости компрессоры J.P.SAUER&SOHN оснащаются приводным дизельным двигателем Caterpillar, Deutz. Управление компрессорами осуществляется автоматически при помощи электронной панели ЕСС в соединении с высокоуровневой системой контроля МЕСС. Все компрессоры сертифицированы по стандартам ГОСТ-Р, РТН или РМРС.



Официальный дистрибьютор в РФ
ООО «ДАЛВА КОНСАЛТИНГ»

Тел. (495) 223-7107
www.dalva.ru



ПРОГРАММА ПОСТАВОК ШПУНТОВЫХ СВАЙ

- ♦ Комплексные поставки стальных шпунтовых систем производства ведущей европейской металлургической компании «ARCELOR MITTAL Commercial RPS» для морских и речных проектов строительства причалов, портовых сооружений, защитных дамб, обустройства набережных и при проведении общестроительных работ;
- ♦ Инженерная поддержка инновационных технологических решений в области строительства гидротехнических сооружений;
- ♦ Техническое сопровождение проектных решений высококлассными специалистами европейских компаний.

«Neva-MetallTrade» Ltd

198035 г. Санкт-Петербург, Межевой канал, д. 3/2, 8 этаж
Тел./факс: (812) 740-7010, e-mail: severst@nevamt.spb.ru

www.nevamt.spb.ru

ПРОКЛАДКА ПОДВОДНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ НА АРКТИЧЕСКОМ ШЕЛЬФЕ РОССИИ: ОПЫТ ГОЛЛАНДСКОЙ КОМПАНИИ «ВАН ООРД»



Ерашов В. П.,
коммерческий представитель
фирмы «Ван Оорд»



Бос Анко,
менеджер филиала
«Ван Оорд»

Стратегическая задача ОАО «Газпром» на период до 2030 г. — ежегодная добыча голубого топлива в объеме 530 млрд кубометров. Институтом «Гипроспецгаз», являющимся головной проектной фирмой ОАО «Газпром», выполнено «Обоснование инвестиций в транспорт газа и газового конденсата от Бованенковского и Харасавэйского месторождений на полуострове Ямал до ЕСГ». Согласно ТЭО, ресурсная база природного газа полуострова Ямал с прилегающим шельфом рассматривается как стратегическая сырьевая база газовой отрасли России на длительную перспективу. Еще в 1993 г. проектировщики ОАО «Гипроспецгаз» разработали ТЭО строительства газопровода Ямал — Европа, в котором было определено, что самый короткий транспортный коридор от Бованенково до Торжка пролегает через Байдарацкую губу (протяженность перехода — 71 км), откуда затем по материковой части газопровод идет до Воркуты. От Воркуты вдоль железной дороги Воркута — Москва выходит в район Ухты (1074 км трассы) на действующую систему магистральных газопроводов до Торжка. Общая протяженность трассы — 2431 км. Эта газотранспортная линия соединяет газовые месторождения полуострова Ямал с центральной и западной российскими газопроводными системами.

По мнению Российского союза нефтегазостроителей, переход через водную акваторию Байдарацкая губа — залив Карского моря является одним из наиболее сложных сооружений линейной части магистральных трубопроводов.



Рис. 1. Самоотвозный трюмный землесос Utrecht в Байдарацкой губе

Данный переход газопровода строится по заказу ОАО «Ямалгазинвест», генеральным подрядчиком выступает ОАО «Межрегионтрубопроводстрой» (МРТС), которое для производства дноуглубительных работ при разработке траншеи заключило договор субподряда с компанией «Ван Оорд» (Нидерланды).

В докладе заместителя генерального директора ОАО «Межрегионтрубопроводстрой» С. А. Хомиченко «О строительстве морских трубопроводов на шельфе Арктики. Подводный переход через Байдарацкую губу», сделанном на проблемном научно-техническом совете Российского союза нефтегазостроителей, были приведены фактические данные по параметрам прокладываемого газопровода. Так, максимальный диаметр трубопровода на переходе равен 1219 мм (такой диаметр трубопровода еще не применялся на шельфовых проектах).

Технология строительства трубопровода определялась, исходя из технической характеристики трубопровода, а также из собственного опыта компании МРТС по строительству подводных трубопроводов в Тазовской губе и Баренцевом море. В ходе подготовки работ на объекте для подтверждения предварительных расчетов был выполнен детальный анализ укладки трубопровода с привлечением специалистов компании GMS, г. Хьюстон (США).

Компания «Ван Оорд» выполняет работы на проекте в Байдарацкой губе с 2008 г. За это время дноуглубительными судами «Ван Оорда» выполнены подводная разработка и засыпка траншей для многониточного газопровода, а также траншеи для оптоволоконного кабеля и создание искусственной территории.

По состоянию на 2011 г. в Байдарацкой губе ведется прокладка четырех ниток газопровода Бованенково — Ухта.

Работа компании «Ван Оорд» заключается в выполнении следующих операций: очистка траншеи под нитку газопровода до проектных отметок, разработка и углубление траншеи под нитку газопровода до проектных отметок, стабилизация нитки газопровода стабилизационными дамбами и засыпка траншеи газопровода.

К особенностям работы флота «Ван Оорд» в акватории Байдарацкой губы относятся сравнительно малые глубины и отсутствие естественных мест укрытия в случае штормов.

Дноуглубительный флот «Ван Оорда» способен выполнять дноуглубительные операции при значительной высоте



Рис. 2. Самоотвозный трюмный землесос Utrecht



Рис. 3. Самоотвозный трюмный землесос Geopotes 15

волны Hs до 2,5 м. Поэтому за годы работы на проекте в Байдарацкой губе дноуглубительные суда «Ван Оорда» имели низкие эксплуатационные простои, вызываемые неблагоприятными погодными условиями. Сокращению простоев на проекте способствовало также то, что менеджмент проекта умело варьировал выполнение различных видов контрактных работ (дноуглубление, засыпку траншей или создание искусственной территории) в зависимости от метеофакторов, лимитирующих производительность работ в данный отрезок времени.

На разных участках разрабатываемых траншей в Байдарацкой губе грунт представлял собой твердую пластичную глину, мягкий грунт и твердую сухую глину с валунами, а также песок.

С целью сокращения потерь грунта вне траншеи газопровода была разработана специальная насадка для грунтоприемника самоотвозного трюмного землесоса (СТЗ).

Плотные глинистые грунты на трассе газопровода в Байдарацкой губе, а также встречавшиеся участки вечной мерзлоты с трудом поддаются разработке с помощью стандартного грунтозаборного устройства СТЗ. В результате снижается производительность дноуглубительного флота при разработке траншей. Поэтому для обеспечения выполнения работ в Байдарацкой губе в соответствии с графиком специалисты «Ван Оорда» применили оригинальное инженерное решение. Было изготовлено специальное рыхлительное приспособление, которое затем смонтировали на грунтозаборном устройстве. Это усовершенствование позволило уложиться в жесткие сроки, установленные графиком разработки траншей и укладки газопровода.

Продолжительность навигационного периода на участке производства работ в среднем составляет 3 месяца — с середины июля по середину октября. Среднемесячная производительность укладки трубопровода (без учета штормовой погоды) может достигать 21,7 км.

Выполнение заданного объема работ в установленные сроки обеспечивалось, к примеру, в навигацию 2011 г. самоотвозными трюмными землесосами Vox Maxima, Utrecht и Geopotes 15, которые выполняли последовательно разработку и обратную засыпку траншей. При этом непосредственно укладка газопровода в разработанные траншеи производилась следовавшим след за головным СТЗ «Ван Оорда» трубоукладочным судном Defender генерального подрядчика — компании МРТС.

Работа дноуглубительного флота «Ван Оорд» в Байдарацкой губе обеспечивалась следующими вспомогательными судами, входившими в состав каравана: буксир для установки якорей, два судна для доставки персонала и два вспомогательных буксира.

Согласно положениям Ведомственных норм проектирования и строительства морского газопровода ВН 39-1.9-005-98, параметры подводной траншеи должны быть по возможно-



Рис. 4. Самоотвозный трюмный землесос Vox Maxima

сти минимальными, для чего следует обеспечивать повышенную точность их разработки. Требования повышенной точности распространяются также и на засыпку трубопровода. Выполнение данных требований обеспечивалось установленной на дноуглубительных судах «Ван Оорда», работавших в Байдарацкой губе, системой позиционирования судна на объекте DGPS, а точность разработки и засыпки траншей для газопровода обеспечивалась непрерывными гидрографическими наблюдениями.

Чтобы избежать перебора по ширине траншеи, СТЗ Vox Maxima, например, был оборудован грунтозаборным устройством меньшего размера.

Стабилизационный слой засыпки газопровода создавался из песка, выработанного в близлежащем подводном карьере, где глубина моря позволяла СТЗ осуществлять свободный за-



Рис. 5. Общий вид разработки подводной траншеи с помощью СТЗ

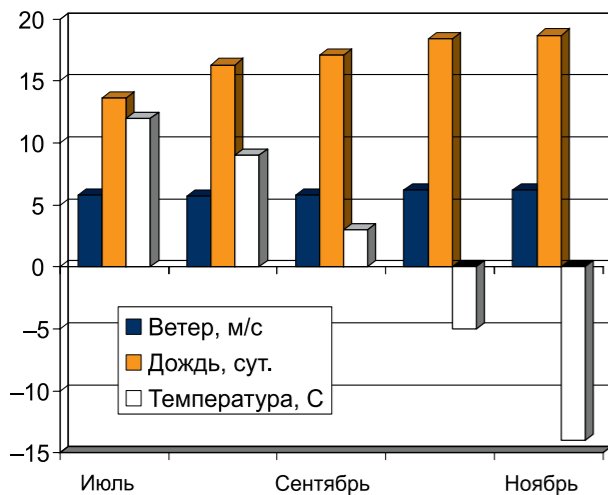


Рис. 6. Диаграмма погодных условий на трассе перехода

бор грунта до полной загрузки в соответствии с техническими характеристиками судна и требованиями безопасности.

Весь стабилизационный грунт укладывался на трубопровод посплошно — в два слоя. Сначала укладывался слой гравия, а затем сверху укладывался слой песка. При использовании СТЗ с двумя всасывающими трубами слой песка укладывался через одну из них, а у СТЗ с одной трубой песок укладывался через специально установленный разгрузочный пульпопровод.

Работа дноуглубительного флота «Ван Оорда» в суровых климатических условиях в арктических водах Байдарачкой

губы, кроме короткого навигационного периода, обуславливала и особые требования к охране труда экипажа (нахождение на палубе в условиях низких температур было ограничено по времени), предъявляемые в данном районе Мирового океана. Также в конце сезона работ приходилось вести мониторинг льдообразования в акватории, чтобы суда дноуглубительного каравана не оказались запертыми в ледовой ловушке на всю зиму.

В период с 2008 по 2011 гг. разработка и обратная засыпка траншей для прокладки газопровода в Байдарачкой губе Карского моря были выполнены «Ван Оордом» в заданные сроки и в запланированном объеме.

Ранее дноуглубительный флот «Ван Оорда» уже работал в Арктике — как на канадском шельфе в 1983–1985 гг., выполняя контракт по созданию искусственных островов на проекте по добыче нефти в море Бофорта, так и в России — в 2008-м в Баренцевом море на Варандее при строительстве терминала СМЛОП для отгрузки нефти. На этом проекте «Ван Оордом» была произведена подводная укладка скального грунта на глубинах до 20 м для защиты трубопроводов в предварительно разработанных котловане и траншеях. При этом общий объем доставленного и уложенного скального грунта составил 23500 т. Также «Ван Оорд» участвовал в прокладке трубопровода через реку Енисей.

Таким образом, компания «Ван Оорд» на сегодняшний день накопила значительный производственный опыт, приобрела глубокие и всесторонние знания особенностей работы в арктических морях, располагает дноуглубительными судами ледового класса, приспособленными к работе в сложных климатических условиях российского Заполярья, и готова к участию в новых дноуглубительных проектах в этом регионе Мирового океана.



Первый уровненный пост в условиях зимы

СИСТЕМА УРОВЕННЫХ ПОСТОВ НА КАЛИНИНГРАДСКОМ МОРСКОМ КАНАЛЕ

Как известно, уровненный пост — это специально оборудованное место для систематических наблюдений за уровнем моря. Благодаря быстрому развитию современного оборудования, на смену традиционным реечным постам с визуальным наблюдением пришли автоматические многофункциональные уровненные посты, которые позволяют в реальном режиме времени отслеживать не только изменения уровня моря, но и другие, не менее важные для безопасности мореплавания, данные. Например: скорость и направление ветра, температуру и влажность окружающего воздуха, точку росы и т. д.

Все получаемые с поста данные передаются в реальном режиме времени по каналу GPRS или радиоканалу в центр сбора и обработки информации. Далее все заинтересованные службы могут получать доступ к этим данным с помощью специального клиента или непосредственно на web-странице в Интернете.

В 2010 г. компанией ЗАО «МАРИМЕТР» совместно со специалистами группы контроля глубин службы морского канала Калининградского управления Северо-Западного бассейнового филиала ФГУП «Росморпорт» в порту Калининград был

установлен и введен в эксплуатацию первый уровненный пост на базе самописца уровня моря TideMaster производства английской компании Valeport Ltd.

В 2011 г. в поселке Ижевское установлен и введен в эксплуатацию уровненный пост с интегрированной метеостанцией Met Pack 2. В следующем году планируется установка третьего уровненного поста в Балтийске. Это позволит полностью завершить создание системы уровненных постов, что повысит безопасность мореплавания и качество выполнения навигационных, гидрографических и дноуглубительных работ на Калининградском морском канале и в Калининградском заливе. Все уровненные посты устанавливались с учетом климатических условий и предназначены для круглогодичной эксплуатации.



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



Второй уровненный пост с погодной станцией

Морская инфраструктура будущего

Компания «Ван Оорд» — это подрядная организация по дноуглубительным и морским работам, а также работам на шельфе, имеющая мировую известность в области строительства современной морской инфраструктуры.

Компания «Ван Оорд» имеет постоянные офисы в Москве и Санкт-Петербурге.

www.vanoord.com

Marine ingenuity

За прошедшие годы мы выполнили, и выполняем в настоящее время, множество масштабных проектов по дноуглублению, подводной разработке траншей и укладке скального грунта. В их числе такие проекты, как Варандейский морской отгрузочный терминал в Баренцевом море, переход газопровода через Байдарачкую губу у полуострова Ямал, береговое примыкание газопровода Nord Stream («Северный Поток») вблизи Выборга, разнообразные проекты по разработке нефтяных и газовых месторождений на Сахалине и строительство нового морского пассажирского порта в городе Санкт-Петербурге.

Проекты

Санкт-Петербург

Баренцево море

Ямал

Сахалин

Офисы «Ван Оорд» в России

117036 Москва
ул. Кедрова, 15
Т. +7 499 1291290
Ф. +7 495 6265991

199178 Санкт-Петербург
7-я линия ВО, 76 А
оф. 613-615
Т. +7 812 3329275
Ф. +7 812 3329276

Van Oord | PO Box 8574 | 3009 AN Rotterdam | The Netherlands | T +31 10 4478444 | F +31 10 4478100 | E info@vanoord.com
Van Oord Offshore bv | PO Box 458 | 4200 AL Gorinchem | The Netherlands | T +31 183 642200 | F +31 183 642708 | E area.off@vanoord.com | www.vanoord.com

ПРОБЛЕМЫ НАВИГАЦИОННО-ГИДРОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОРЕПЛАВАНИЯ НА ПОДХОДАХ И АКВАТОРИЯХ ПОРТОВ РФ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ



Мельников А. Ю.,
директор ООО «Фертоинг»



Тарасенко П. Ф.,
ведущий научный сотрудник
отдела гидрографических работ
ООО «Фертоинг»

Пользуясь уникальной возможностью, хотелось бы со страниц данного издания обратиться к заинтересованным сторонам по одной из актуальных проблем развития морского транспорта, а именно — проблеме навигационно-гидрографического обеспечения (НГО) общего мореплавания на акваториях морских портов Российской Федерации и подходах к ним.

НГО общего мореплавания представляет собой комплекс мероприятий, проводимых заинтересованными федеральными органами исполнительной власти с целью создания условий безопасного в навигационном отношении плавания морских и речных судов. Указанные мероприятия должны включать в себя следующие направления:

- изучение океанов, морей и внутренних водных путей (ВВП) с целью создания карт, руководств и пособий для плавания;
- оснащение океанов, морей и ВВП средствами навигационного оборудования (СНО) и обеспечение их действия в соответствии с установленными режимами работы;
- лоцманские проводки судов;
- издание и снабжение судов картами, руководствами и пособиями для плавания и поддержание их на современном уровне;
- информирование судов об изменениях навигационной обстановки и режима плавания в океанах, морях и на ВВП.

Разумеется, качественное выполнение данных мероприятий является залогом надежного обеспечения безопасности мореплавания на акваториях морских портов РФ и подходах к ним. При этом требования, предъявляемые к обеспечению безопасности, особенно высоки. Более того, на фоне экспортной ориентированности морского транспорта РФ возрастает значимость НГО в условиях устойчивого роста грузооборота морских портов России и увеличения интенсивности морских операций на акваториях и подходах к ним. Наряду с этим, необходимо учесть тот факт, что рост грузооборота портов России значительно опережает модернизацию портовой инфраструктуры, в том числе маневровых акваторий и подходных каналов, эксплуатационные габариты которых в большинстве случаев не отвечают требованиям действующих норм проектирования, т. е. меньше проектных значений.

Однако безусловный рост объемов торгового мореплавания РФ происходит на фоне глубокого спада в развитии нацио-

нальной гидрографической отрасли. Спад, начавшийся с начала 1990-х гг. XX в. и продолжающийся по настоящее время, обусловлен резким ослаблением, по объективным причинам, внимания к Гидрографической службе ВМФ со стороны государства и выражается в бесконечном ее реформировании, сопровождающемся значительным снижением финансирования, урезанием структуры и сокращением численности. Несомненно, что такая ситуация требует серьезных изменений в пользу развития НГО в широком понимании этого термина, традиционно подразумевающего не только социально-экономический, но и оборонный аспекты морской деятельности РФ как морской державы с тысячами километров морских границ.

Казалось бы, коренное изменение общественно-экономических отношений в РФ за последние десятилетия должно



Средства навигационного оборудования (Козьмино)

было привести и к росту положительных тенденций в области регулирования деятельности по развитию НГО общего мореплавания, как минимум торгового. Однако на данный момент фактически ничего так и не изменилось. При этом сложилась ситуация, при которой нельзя продолжать жить по-старому, тем не менее формы новых отношений не разработаны, а существующие формы не согласованы между ведомствами и даже не рекомендованы. Но в связи с безусловной необходимостью и востребованностью услуг в области НГО общего мореплавания отношения в этой сфере деятельности формируются стихийно снизу, нередко приобретая характер острых противоречий и взаимных претензий. Сформировалась целая сеть предприятий и коммерческих организаций, оказывающих услуги в области НГО общего мореплавания. Среди этих услуг наибольшее развитие получили производство гидрографических исследований и работ, строительство и эксплуатация средств навигационного оборудования (СНО), производство и поставка морских навигационных карт и пособий для плавания, производство и поставка СНО.

Данный процесс, безусловно, влияющий на качество обеспечения безопасности мореплавания, происходит на наших глазах уже более 15 лет. При этом следует отметить, что ни одна из участвующих сторон на уровне заинтересованных органов государственного управления не предприняла существенных шагов хотя бы в целях формирования и согласования перечня (плана) необходимых мер для придания этим процессам регулируемого характера, который крайне важен, прежде всего в общегосударственных интересах. Намерения сторон не выработаны, усилия по наведению порядка в должной степени не консолидированы. Не определены место и роль в системе НГО общего мореплавания в современных условиях Управления навигации и океанографии Минобороны России (УНиО Минобороны России), Росреестра, Федерального агентства морского и речного транспорта, что привело к следующим негативным последствиям:

- неудовлетворительному состоянию навигационно-гидрографической изученности районов плавания судов, в том числе перспективных;
- критическому сокращению объемов гидрографических, геофизических и гидрометеорологических исследований морских и океанских зон;
- значительному отставанию от современных потребностей конечных пользователей, как по оперативности, так и по качеству, выпуска (издания) новых и корректуры действующих морских навигационных карт, руководств, пособий для плавания;
- утрате и моральному устареванию материальных баз ведомственных гидрографических служб, отвечающих за НГО мореплавания;
- формальному существованию единого государственного картографо-геодезического фонда по выполненным гидрографическим работам;
- неудовлетворительной работе системы сбора информации о навигационной обстановке и отсутствию у этой системы необходимой степени оперативности;
- отсутствию единой, приведенной на уровень мировых стандартов нормативно-технической документации, позволяющей регулировать отношения и осуществлять должный контроль качества и полноты гидрографических работ, выполняемых сторонними, в том числе коммерческими, организациями.

На заседании Морской коллегии при Правительстве РФ 20 января 2006 г. состояние системы НГО морской деятельности Российской Федерации оценено как неудовлетворительное.

Рассмотрев сложившуюся ситуацию в области НГО безопасности общего мореплавания на территории РФ, хотелось



Встреча гидрографического общества

бы поднять вопрос о насущной необходимости объединения усилий всех заинтересованных в этом сторон. Учитывая положительный мировой опыт, а также основные тенденции развития российского законодательства, в том числе в области технического регулирования, крайне необходимо усилить влияние на сохранение и развитие основных направлений НГО общего мореплавания со стороны общественных и коммерческих организаций путем объединения в профильные ассоциации.

Данная мера позволит объединить усилия и улучшить координацию с государственными научно-образовательными и инфраструктурными предприятиями, заинтересованными в качественном улучшении и гарантированной устойчивости НГО общего мореплавания. Все это будет в значительной степени способствовать повышению уровня оказываемых услуг заинтересованным потребителям (государственным инфраструктурным компаниям, стивидорным компаниям, судовладельцам и собственникам портовой инфраструктуры), сможет стать основой самостоятельного регулирования данной отрасли. Также данная мера обеспечит должное взаимодействие и обмен опытом с предприятиями (УНиО, ФГУП «Росморпорт», ФГУП «Гидрографическое предприятие» и пр.), ассоциациями (Ассоциация морских торговых портов, Ассоциация «Морпортэкспертиза» и пр.) и техническими комитетами (Технический комитет № 318), в том числе в области обеспечения актуализации существующих нормативно-технических документов.

В ходе встречи с представителями РОО «Гидрографическое общество» под председательством его президента доктора техн. наук Неронова Н. Н. данная позиция ООО «Фертоинг» была обсуждена и одобрена. Встреча состоялась 25 ноября 2011 г. в рамках ознакомления с опытом компании.

ООО «Фертоинг» как инженерная компания, основным направлением деятельности которой является обеспечение безопасной эксплуатации и строительства объектов морской инфраструктуры, а также навигационно-гидрографическое обеспечение общего мореплавания на акваториях портов и подходах к ним, считает крайне необходимым начать активизацию данной деятельности в кратчайшие сроки.



ООО «ФЕРТОИНГ»

**196158 Санкт-Петербург,
Пулковское шоссе,
д. 40, к. 4, лит. А, оф. А7060
Тел. (812) 240-4490
Факс (812) 240-4491
info@fertoing.ru
www.fertoing.ru**



ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО НА САХАЛИНЕ: ОПЫТ КОМПАНИИ «МИДО»



Есть на Сахалине компании, работа которых способствует стратегическому развитию всего региона. И дело не только в налоговых отчислениях в бюджет области и даже не в строительстве объектов, которые называют приоритетными, а в ежедневной, кропотливой работе по поддержанию портовой инфраструктуры островного региона в работоспособном состоянии, без которой Сахалин не сможет полноценно развиваться. К числу таких компаний с уверенностью можно отнести ЗАО «МИДО». Мы попросили Андрея Владимировича Шапорева, директора компании, рассказать о предприятии, его проблемах и перспективах.

Андрей Владимирович, расскажите, пожалуйста, как и когда образовалась ваша компания, и как давно Вы ей руководите.

Закрытое акционерное общество «МИДО» было основано в 1999 г. как специализированное предприятие, оказывающее услуги в области обследования, проектирования, ремонта и строительства морских гидротехнических сооружений. Костяк компании составили специалисты гидротехнической группы Сахалинского комплексного отдела Дальневосточного научно-исследовательского и конструкторско-технологического института морского транспорта.

Что касается меня, то я работаю в компании с момента ее основания. В 1995 г. окончил Дальневосточный государственный технический университет по специальности «Гидротехническое строительство». В компании занимался обследовательскими, подводно-техническими работами (имею квалификацию водолаза 2 класса). В 2011 г., по решению общего собрания акционеров, возглавил компанию.

Каковы основные направления деятельности и приоритеты ЗАО «МИДО», с кем сотрудничает компания, кто выступает заказчиками ваших услуг?

Сахалин — уникальное место не только в силу своих природных, климатических условий, но и благодаря наличию небольших портов (порт-ковшей), присущих только островному региону. Большинство портов (а всего их было больше 30) было построено японцами в период колонизации южной части Сахалина с 1907 по 1938 гг. Поэтому есть, где и над чем работать.

С момента создания компании мы ставили перед собой цель предлагать заказчикам полный комплекс услуг, связанных с обеспечением технической эксплуатации гидротехнических сооружений. Но если мониторинг технического состояния и проектирование были для нас делом хорошо знакомым, то строительный участок пришлось создавать, что называется, с нуля. Мы и сейчас стараемся не изменять взятому когда-то курсу на постоянное развитие и осваиваем новые для нас виды деятельности. За последние годы мы добавили к перечню оказываемых услуг инженерные изыскания, широкий спектр водолазных работ и мн. др.

Нашими заказчиками являются большинство собственников и арендаторов гидротехнических сооружений на территории Сахалинской области от порта Москальво до порт-ковша о. Монерон. С нашими основными заказчиками мы сотрудничаем уже много лет и очень дорожим их доверием, считая это самым важным критерием оценки нашей работы. Среди них ООО СП «Сахалин-Шельф-Сервис», ЗАО «Дальтрансуголь», Сахалинский и Ванинский филиалы ФГУП «Росморпорт», Сахалинский филиал ФГУП «Нацрыбресурс», дирекция программы «Курилы», ОАО «Корсаковский морской торговый порт», ОАО «Сахалинское морское пароходство» и др.

А как складываются ваши отношения с конкурирующими компаниями, или таковых нет?

Конкуренция в бизнесе хватает, и строительный — не исключение. Здесь хотелось бы отметить положительную, на мой взгляд, тенденцию, когда для частных инвесторов основными критериями в оценке потенциальных подрядчи-



ков становятся уровень предлагаемых технических решений и качество выполняемых работ. А на этом поле мы вполне конкурентоспособны, ведь для «МИДО» самое важное — это качество оказываемых нами работ и услуг, удовлетворенность ими заказчика.

Ну а если говорить по существу, то одним из важнейших преимуществ над конкурентами считаю нашу масштабируемость. Т. е. без значительных финансовых вливаний мы способны значительно увеличить объем производимых услуг за счет сбалансированности кадрового, технического и технологического потенциала.

Еще одно наше преимущество — это способность решать технически сложные задачи. Мы часто сталкиваемся с ситуациями, когда по объективным причинам на строительных объектах невозможно применить тяжелую строительную или плавучую технику. Каждый такой объект по-своему уникален и не имеет типовых решений. Ведь то, что, например, можно легко сделать плавучим краном, в отсутствие такового вырастает в большую проблему. В настоящее время именно решение нетривиальных задач составляет основной объем наших строительных работ.

В продолжение Вашей мысли, кадры — болезненный вопрос для любой, на наш взгляд, компании, — как Вы решаете его?

Вы правы. Всеобщий кадровый кризис, к сожалению, не обошел и нас, но если учитывать отдаленность нашего региона от центров высшего профессионального образования, то это вполне объяснимо.

Свою главную задачу на посту директора вижу в обеспечении компании высококвалифицированными специалистами. И мы не сидим сложа руки, стараемся поддерживать и развивать связи с профильными вузами, организуем экскурсии и встречи с нашими специалистами для старшеклассников.



Хорошо зная афоризм Козьмы Пруткова: «Что имеем, не храним, потерявши — плачем», стараюсь сохранить уже имеющиеся кадры. Постоянно совершенствуем систему мотивации, причем не только в материальном плане, но и стараемся предоставить своим сотрудникам возможности для самореализации. Немалые средства тратим на обучение и повышение квалификации кадров. Не забываем и о досуге: желающие могут бесплатно посещать тренажерный зал, фитнес, плавательный бассейн.

Основная заповедь бизнеса — не останавливаться на достигнутом. Андрей Владимирович, поделитесь, пожалуйста, планами и перспективами Вашей компании?

23 февраля компании исполняется 13 лет, и за эти годы в области гидротехнического строительства ЗАО «МИДО» зарекомендовало себя как надежная, высокопрофессиональная компания, приоритетом которой является высокое качество выполнения работ, внедрение в производство и освоение новых технологий и методов ведения работ. Но мы не останавливаемся на достигнутом.

Одна из первоочередных задач на данный момент — это приведение деятельности водолазной службы компании в соответствие требованиям международных стандартов, в частности ИМСА.

Кроме этого, стремимся обеспечить свое присутствие в портах Ванино и Советская Гавань Хабаровского края для участия в ремонтных и строительных работах данного транспортного узла.

Андрей Владимирович, мы благодарим Вас за интервью и желаем компании исполнения всех планов, новых достижений и интересных объектов. Пусть Ваша команда остается такой же сильной и мужественной, способной бороться с нередко жестокой стихией.

Виды работ, предлагаемые ЗАО «МИДО»:

- работы по капитальному строительству зданий и сооружений;
- работы по подготовке проектной документации;
- инженерные изыскания;
- освидетельствование подводной части судов, находящихся в классах РМРС и DNV;
- освидетельствование гидротехнических сооружений;
- все виды водолазных работ.



ЗАО «МИДО»
694620 Сахалинская область,
г. Холмск, ул. Победы, д. 24А
Тел./факс:
(42433) 514-75, 578-43
office@mido.pro; www.mido.pro

ПРОГНОЗНАЯ ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ГИДРОСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ



Жигульский В. А.,
канд. техн. наук, директор
ООО «Эко-Экспресс-Сервис»



Шуйский В. Ф.,
доктор биол. наук, проф., акад. РАН,
нач. отд. ООО «Эко-Экспресс-Сервис»



Соловей Н. А.,
ведущий специалист
ООО «ЭКОПЛИЮС»

Закономерное увеличение интенсивности гидростроительства в современной России существенно усиливает и сопутствующее антропогенное воздействие на окружающую природную среду [1]. Это придает все большую актуальность задачам обеспечения экологической безопасности гидростроительства, сохранения используемых морских и прибрежных экосистем. При этом очень важно учесть, что масштаб будущего антропогенного воздействия намечаемого гидростроительства на окружающую среду во многом предопределяется еще на предпроектной стадии — при выборе тех или иных вариантов альтернативных проектных решений. Поэтому еще на этом первом этапе важно хотя бы в первом приближении спрогнозировать степень воздействия на различные компоненты природной среды, связанную с каждым из сравниваемых вариантов размещения будущего объекта. Очевидно, что результаты такой сравнительной оценки альтернативных вариантов строительства позволят сразу же выбрать наиболее экологически безопасный из них, предотвратить выбор вариантов с детерминировано-высоким уровнем антропогенного воздействия, уже не поддающегося устранению на дальнейших этапах проектирования.

Компания «Эко-Экспресс-Сервис» имеет богатый опыт проектирования различных гидротехнических сооружений. За 19 лет активной деятельности компании ее специалистами разработана природоохранная документация для нескольких сотен проектов, прямо или косвенно связанных с гидростроительством [2]. Анализ этих проектных материалов позволил нам разработать и предложить довольно простой метод ориентировочной прогнозной оценки экологической опасности намечаемого гидростроительства еще на предпроектной стадии. В рамках настоящей работы метод удобнее продемонстрировать на примере объектов гидростроительства на Финском заливе Балтийского моря, участие в проектировании которых принимала компания «Эко-Экспресс-Сервис».

Метод базируется на выявленных закономерностях соотношения:

- некоторых основных проектных характеристик, определяющих общий уровень воздействия на окружающую

среду и ориентировочно известных уже на предпроектной стадии;

- соответствующих суммарных величин платы за негативное воздействие и ущерб всем компонентам окружающей среды, определенных для данных объектов в дальнейшем, уже на стадии разработки природоохранной проектной документации.

Абсолютные показатели

Базовыми для дальнейшей оценки являются абсолютные показатели как *уровня самого воздействия*, так и *вызываемых им изменений окружающей среды*.

Показатели уровня воздействия: V (млн м³) — объем грунта, перемещенного при дноуглублении; S (км²) — площадь образованной территории.

Показатели итоговых изменений окружающей среды: U_V (тыс. руб. или тыс. €) — суммарная величина платы за воздействие на все компоненты окружающей среды (согласно действующему законодательству) при дноуглублении (далее — «экологическая стоимость» дноуглубления); U_S (тыс. руб. или тыс. €) — суммарная величина платы за воздействие на все компоненты окружающей среды (согласно действующему законодательству) при образовании территорий (намыве) (далее — «экологическая стоимость» образования территории).

Для сравнительного анализа использованы лишь те объекты, для которых соблюдалось одно из двух условий:

- 1) результаты воздействия на окружающую среду от дноуглубления и от образования территорий могли быть достаточно четко разделены (в пространстве и (или) во времени);
- 2) предусматривалось или только образование новой территории, или только дноуглубительные работы.

Поскольку основным и наиболее уязвимым реципиентом антропогенного воздействия, а также важнейшим компонентом экологического ущерба при гидростроительстве являются водные биологические ресурсы, отдельно оцениваются также следующие показатели: $U_{V'}^*$ и $U_{S'}^*$ (тыс. руб. или

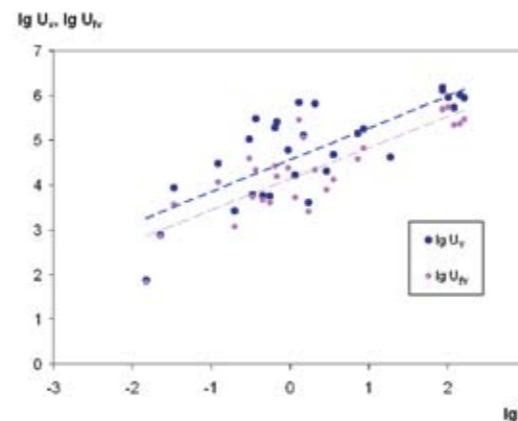


Рис. 1. Зависимость «экологической стоимости» дноуглубления от объема перемещаемого грунта (размерности: U_V и $U_{V'}$ — тыс. руб., V — млн м³)

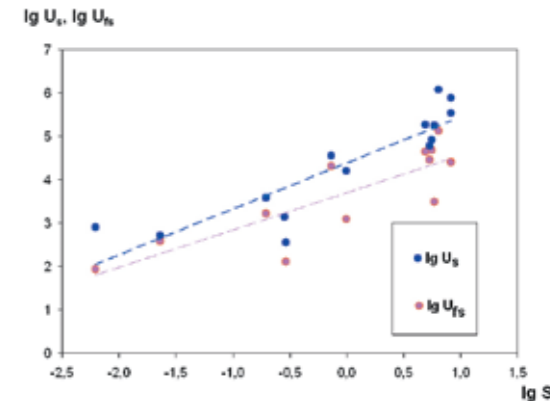


Рис. 2. Зависимость «экологической стоимости» образования территории от ее площади (размерности: U_S и $U_{S'}$ — тыс. руб., V — млн м³)

тыс. €) — величина компенсационной платы за ущерб водным биологическим ресурсам при дноуглублении и намыве соответственно.

Относительные показатели изменений окружающей среды

Показатели этой категории определяются на основе вышеречисленных относительных показателей.

1) U_V/V (руб./м³, €/м³) — «экологическая стоимость» единицы объема перемещенного грунта (далее — «относительная экологическая стоимость» дноуглубления).

2) U_S/S (тыс. руб./км² или руб./м², тыс. €/км² или €/м²) — «экологическая стоимость» единицы площади образованной территории (далее — «относительная экологическая стоимость» образования территории).

3) $U_{V'}/V$ (руб./м³, €/м³) — ущерб водным биоресурсам от дноуглубления на единицу объема перемещенного грунта.

4) $U_{S'}/S$ (тыс. руб./км² или руб./м², тыс. €/км² или €/м²) — ущерб водным биоресурсам от образования территории на единицу ее площади.

Зависимость значений абсолютных показателей изменения окружающей среды от показателей уровня воздействия

Для объектов гидростроительства на Финском заливе, участие в проектировании которых принимала компания «Эко-Экспресс-Сервис», выявлена зависимость вышеречисленных абсолютных показателей изменения окружающей среды в стоимостном выражении (U_V и U_S) от объема перемещаемого грунта (V) и общей площади образуемой территории (S) (рис. 1, 2).

Соотношение этих показателей описывается следующими уравнениями (U_V и U_S — тыс. €, V — млн м³, S — км²):

$$\lg U_V = (2,928 \pm 0,135) + (0,715 \pm 0,115) \times \lg V; r = 0,77 \quad (1)$$

$$\lg U_S = (2,764 \pm 0,158) + (1,063 \pm 0,163) \times \lg S; r = 0,89 \quad (2)$$

При этом величина компенсационной платы за ущерб водным биологическим ресурсам от дноуглубительных работ $U_{V'}$ (тыс. €) также демонстрировала существенную зависимость от объема перемещаемого грунта (V млн м³), которая с приемлемой точностью аппроксимируется уравнением (рис. 1):

$$\lg U_{V'} = (2,465 \pm 0,115) + (0,651 \pm 0,098) \times \lg V; r = 0,79 \quad (3)$$

Зависимость величины компенсационной платы за ущерб водным биологическим ресурсам при работах по образованию новых территорий $U_{S'}$ (тыс. €) от их площади S (км²) описывается уравнением (рис. 2):

$$\lg U_{S'} = (2,073 \pm 0,164) + (0,861 \pm 0,165) \times \lg S; r = 0,84 \quad (4)$$

«Экологическая стоимость» работ по дноуглублению и образованию территории при их различных масштабах

Значения показателей «относительной экологической стоимости» работ по дноуглублению (U_V/V) и работ по образованию территории (U_S/S) в значительном диапазоне изменения объема перемещаемых грунтов (V) и площади намыва (S) представлены на рис. 3 и 4.

При выражении показателей «относительной экологической стоимости» в евро (U_V/V , €/м³ и U_S/S , тыс. €/км²) их соотношения с величинами объема перемещаемых грунтов V (млн м³) и площади намыва S (км²) выражаются уравнениями:

$$\lg(U_V/V) = (-0,072 \pm 0,135) - (0,285 \pm 0,115) \times \lg V; r = -0,42 \quad (5)$$

$$\lg(U_S/S) = (2,459 \pm 0,192) + (0,001 \pm 0,001) \times \lg S; r = 0,11 \quad (6)$$

При этом изменения значений величины ущерба водным биоресурсам при дноуглублении на единицу объема перемещенного грунта $U_{V'}/V$ (€/м³) в изученном диапазоне объема перемещенного грунта V (млн м³) выражаются уравнением:

$$\lg(U_{V'}/V) = (-0,535 \pm 0,115) - (0,348 \pm 0,098) \times \lg V; r = -0,56 \quad (7)$$

Изменения значений величины ущерба водным биоресурсам при образовании территорий на единицу их площади $U_{S'}/S$ (тыс. €/км²) в изученном диапазоне площадей намыва S (км²) выражаются уравнением:

$$\lg(U_{S'}/S) = (2,073 \pm 0,164) - (0,139 \pm 0,165) \times \lg S; r = -0,25 \quad (8)$$

Таким образом, очевидно, что зависимость использованных абсолютных показателей итоговых изменений окружающей среды (U_V , U_S , $U_{V'}$ и $U_{S'}$) от абсолютных показателей уровня воздействия (объем перемещаемого грунта V , площадь образованной территории S) достоверна, положительна и достаточно хорошо формализуется (рис. 1, 2, формулы 1–4).

Во все время все относительные показатели изменений окружающей среды (U_V/V , U_S/S , $U_{V'}/V$ и $U_{S'}/S$) варьируют

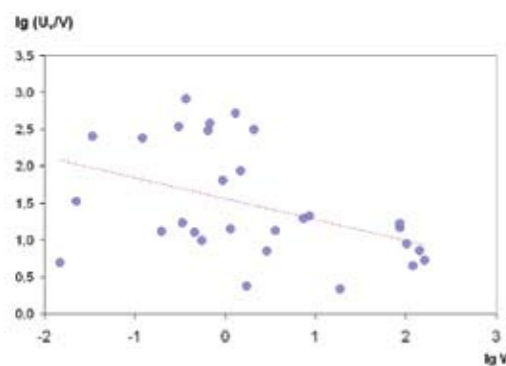


Рис. 3. Значения показателей «относительной экологической стоимости» работ по дноуглублению (U_v/V) в изученном диапазоне изменения объема перемещаемых грунтов (V) (размерности: U_v/V — руб./м³, V — млн м³)

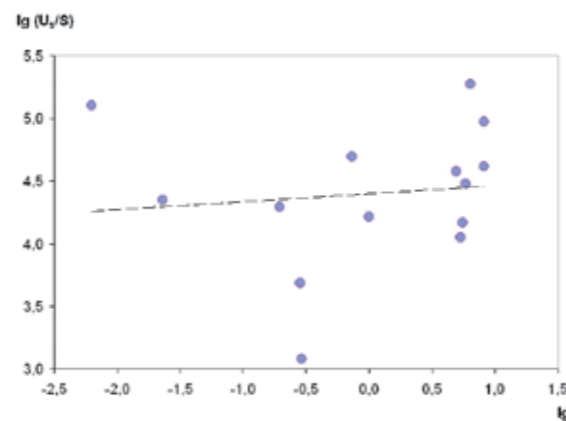


Рис. 4. Значения показателей «относительной экологической стоимости» работ по образованию новых территорий (U_s/S) в изученном диапазоне их площади (S) (размерности: U_s/S — тыс. руб./км², V — км²)

в изученных диапазонах показателей воздействия неупорядоченно (рис. 3, 4, формулы 5–8), никаких достоверных зависимостей между показателями этих двух групп не обнаруживается.

Это позволяет признать предлагаемые *относительные показатели изменений окружающей среды* не зависимыми от масштабов гидростроительства и дает нам основание содержательно определить их единые средние значения.

Установлено, что распределения значений всех четырех перечисленных относительных показателей характеризуются выраженной положительной асимметрией и с удовлетворительной точностью аппроксимируются логнормальным распределением [3]. Таким образом, наиболее корректно выразить математические ожидания этих показателей как среднелогарифмические значения:

$$\overline{\frac{U_v}{V}} = 0,700^{+0,271}_{-0,196} \text{ €}/\text{м}^3; \quad \overline{\frac{U_{IV}}{V}} = 0,231^{+0,082}_{-0,061} \text{ €}/\text{м}^3;$$

$$\overline{\frac{U_s}{S}} = 0,657^{+0,279}_{-0,196} \text{ €}/\text{м}^2; \quad \overline{\frac{U_{IS}}{S}} = 0,117^{+0,053}_{-0,037} \text{ €}/\text{м}^2$$

Соответственно, умножив данные показатели на величину планируемого общего объема грунтов, перемещаемых при дноуглублении, или на общую площадь образуемой новой территории, можно уже на предпроектной стадии получить предварительный ориентировочный прогноз величины эколого-экономического ущерба, связанного с намечаемым гидростроительством.

Очевидно, что вариабельность реальных относительных показателей изменений окружающей среды вокруг этих средних значений определяется множеством сложно взаимодействующих факторов, по-разному проявляющихся в условиях строительства различных объектов. К наиболее влиятельным из них относятся:

- особенности морфологии и структуры дна и берегов;
- метеорологический и гидролого-гидрохимический режим;
- гранулометрический состав грунтов, перемещаемых при дноуглублении и используемых при намыве территорий;
- выбранные гидростроительные технологии и техника;
- уязвимость водной и околотоводной биоты данной экосистемы к антропогенному воздействию;

• эффективность разработанных проектировщиками природоохранных мероприятий и т. д.

Поэтому в каждом конкретном проекте уточненные значения этих показателей, определяемые уже по итогам полного цикла разработки природоохранной проектной документации, могут значительно отличаться от приведенных математических ожиданий. Соответственно, если проектируемое гидростроительство характеризуется благоприятными значениями вышеперечисленных факторов, его «относительная экологическая стоимость» окажется ниже ожидаемой средней величины, и наоборот.

Результаты анализа этих распределений на основе проектной базы компании «Эко-Экспресс-Сервис» позволили предложить следующую классификацию ожидаемого воздействия гидростроительства на окружающую среду:

- 1) слабое воздействие: $U_v/V < 0,1$; $U_s/S < 0,1$;
- 2) умеренное воздействие: $0,1 \leq U_v/V < 1,0$;
 $0,1 \leq U_s/S < 1,0$;
- 3) существенное воздействие: $1 \leq U_v/V < 10$;
 $1 \leq U_s/S < 10$;
- 4) интенсивное воздействие: $U_v/V \geq 10$; $U_s/S \geq 10$;

где U_v/V указано в € / м³; U_s/S — в € / м².
Приведенные средние значения показателей *относительной экологической стоимости* для всей совокупности объектов гидростроительства на Финском заливе, в проектировании которых принимала участие компания «Эко-Экспресс-Сервис», соответствуют «умеренному» воздействию. При этом для конкретных объектов ожидаемое антропогенное воздействие варьировало от «слабого» до «интенсивного».

Пример использования метода прогнозной экспресс-оценки

В 2011 г. компанией «Эко-Экспресс-Сервис» выполнена оценка воздействия на окружающую среду и разработан комплекс природоохранных мероприятий для проекта «Инженерная подготовка земельных участков путем намыва и стабилизации территории для их комплексного освоения в целях жилищного и иного строительства и организации рельефа вертикальной планировкой» (заказчик проекта — ООО «Северо-Запад Инвест», генпроектировщик — ООО «Морстройтехнология»). Этим проектом предусматривается образование двух крупных участков новой территории в районе г. Сестрорецка и п. Лисий Нос (в пределах Санкт-Петербурга) площадью 310,03 га и 66,89 га (итого — 3,77 км²).



Совокупная величина платы за воздействие на окружающую среду и компенсационные платежи за ущерб, наносимый ее компонентам, рассчитана согласно действующему законодательству и составила за период строительства 136,6 млн руб. (что соответствует 3,3 млн €). В том числе общая расчетная величина компенсации за ущерб водным биологическим ресурсам — 25,8 млн руб. (0,62 млн €). Таким образом, «относительная экологическая стоимость» образования территории U_s/S составит 25,3 руб./м² (0,61 €/м²), что на 8% меньше среднего значения и соответствует категории «умеренного» воздействия на окружающую среду. Ущерб водным биоресурсам от образования территории на единицу ее площади. U_{IS}/S составит 4,78 руб./м² (или 0,114 €/м²), что практически полностью соответствует приведенному выше математическому ожиданию 0,117 €/м² и категории «умеренного» воздействия (около нижней границы градации, ближе к «слабому» воздействию). Таким образом, общую экологическую безопасность данного проекта можно оценить как достаточную.

Итак, предложены простой метод прогнозной экспресс-оценки экологической безопасности гидростроительства и классификация уровней его воздействия на окружающую среду. Представленные закономерности позволяют ориентировочно прогнозировать математическое ожидание эколого-экономического ущерба от гидростроительства уже на предпроектной стадии, по самым основным его характеристикам — общему объему грунтов, перемещаемых при дноуглублении, и общей площади образуемой новой территории. Это дает возможность осуществлять предварительную срав-

нительную оценку альтернативных вариантов строительства с учетом ожидаемого уровня его негативного воздействия на окружающую среду.

Литература

1. Жигульский В. А., Шуйский В. Ф., Соловей Н. А., Заболотская О. А. Условия экологической безопасности портостроения в Финском заливе. I. Оценка и нормирование воздействия на экосистему // Гидротехника-2010. 2010. № 3 (20). С. 77–80.
2. Жигульский В. А., Шуйский В. Ф., Щацаев Ю. А., Былина Т. С. ООО «Эко-Экспресс-Сервис»: опыт оценки и прогнозирования воздействий на водные экосистемы при гидростроительстве // Рыбоохр. 2011. № 2 (6). С. 42–47.
3. Zhigulsky V. A., Shuisky V. F., Solovey N. A., Zabolotskaya O. A. Designing of maritime ports: environmental risk assessment and control // Modeling and Analysis of Safety and Risk in Complex Systems / Proceedings of the Tenth International Scientific School MA SR. Saint Petersburg, July 6-10, 2010. SPb.: SUAI, 2010. P. 461–467.



Эко-Экспресс-Сервис

ООО «Эко-Экспресс-Сервис»
195112 Санкт-Петербург, Заневский пр., 32, корп. 3
Тел. 8 (812) 574-5790, факс 8 (812) 574-5794
e-mail: ecoplus@ecoexp.ru
http://www.ecoexp.ru

4.

72-96

**СТРОИТЕЛЬСТВО.
РЕМОНТ.
ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГТС.**

КОМПОЗИТНЫЕ ШПУНТОВЫЕ СВАИ

ООО «Балтийские Берега» предлагает системы композитных шпунтовых свай производства ООО «Пултрузионные технологии» (Россия).



- Преимущества системы композитных шпунтовых свай:
- Легкие и простые в установке
 - Исключительная долговечность
 - Несущая способность сопоставима с металлическими сваями
 - Экологическая безопасность
 - Эстетичный вид
 - Возможность формирования изгибов береговой линии
 - Специально спроектированные замки
 - Низкая стоимость
 - Широкая цветовая гамма.

Шпунт, выполненный из композитного материала: обладает высокой механической стойкостью к истиранию, растрескиванию, появлению царапин; не подвержен коррозии, гниению, воздействию морской воды и ультрафиолетовому излучению; не требует технического обслуживания; огнеупорен, устойчив к сезонному перепаду температур (несущая способность стенки выдерживает нагрузку от 200 кН/м при температурном режиме от +50 до -60 °С без остаточной деформации). Способность композитного материала на основе полиуретана противостоять агрессивной среде значительно выше, чем у стали и бетона. Срок службы свай из этого материала неограничен.

Области использования композитных шпунтовых свай распространяются на все сферы строительства — в промышленном и гражданском строительстве, при строительстве традиционных гидротехнических сооружений шлюзов, дамб, молов, мостов, укреплений берегов на реках и каналах, в строительстве подземных и инженерных сооружений, путей сообщения, газо- и нефтепроводов с учетом охраны окружающей среды.



"Балтийские Берега"
www.rosbereg.ru

Москва, ул. Ольховская, д. 45, стр. 1, оф. 304
Тел.: +7 (965) 183-92-52, +7 (964) 536-8771, +7 (499) 265-0408
E-mail: rosbereg@rosbereg.ru; rosbereg@bk.ru
www.rosbereg.ru, www.pultrusion.ru

**29 мая
2 июня
2012**

Россия
Москва
МВЦ «Крокус Экспо»

13-я Международная выставка
«СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ'2012»

СТТ'2012

СПЕЦИАЛИСТЫ ЗНАЮТ!

- СТТ — №1 в мире среди ежегодных выставок строительной техники и оборудования
- Сотни мировых и отечественных производителей
- Тысячи единиц строительной техники
- Десятки тысяч профессионалов со всего мира

Медиапартнер: **MEDIA GLOBE** (Logo: *help around the world*)
Международный партнер выставки: **CEC**, **AEM**, **CMEC**
Партнеры выставки: **СТТ**, **КОМ ТРАНС**
Партнерские информационные ресурсы: **Ирузовик**, **Средства**, **Средства**

Тел.: +7 (495) 961-22-62 E-mail: ctt@mediaglobe.ru Web: www.ctt-expo.ru, www.mediaglobe.ru

О НАУЧНОМ ПОДХОДЕ К РАСЧЕТАМ УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВЫХ ОТКОСОВ

ЧАСТЬ 1. О ТОЧНОСТИ МЕТОДОВ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ



Истомин В. И.,
инженер ООО «СтройПроект»
(г. Белгород)

В связи с ограничениями, связанными с форматом журнала, автор публикации, посвященной вопросам устойчивости грунтовых откосов, вынужден разбить ее на две части.

Содержание второй части: О критерии подобия расчетных схем. Условия применения расчетных методов. Величина нормальных сил на поверхности скольжения. Основное уравнение универсального метода.

Вполне вероятно, что заголовок данной статьи может вызвать у некоторых специалистов вопросы и возмущение. Механика грунтов как сложившаяся наука ни у кого не вызывает сомнений, и вдруг такое заявление. Но прежде, чем бросить в автора камень, подумаем, а можем ли мы четко ответить на, казалось бы, простейшие вопросы:

- когда можно, а когда нельзя применять тот или иной метод расчета устойчивости (к примеру, методы Терцаги, Чугаева, Крея, Бишопа, Можжевитинова или любой другой на ваше усмотрение);
- какие отклонения от точных значений и в каких случаях могут давать вышеперечисленные методы, включая метод, который вы используете.

Если правильные ответы на эти вопросы хорошо известны, то автор статьи не прав в постановке вопроса, и научные подходы к расчетам устойчивости однозначно сложились в науке. Если ответов на эти вопросы нет, то говорить о научных подходах не приходится, что подтверждают пробелы и ошибки, которые мы видим в нормативных документах и специальной литературе.

В статье в качестве иллюстраций и доказательств по вышеобозначенному заявлению использованы уравнения Терцаги (упрощенный), Чугаева (упрощенный), Крея (упрощенный), Можжевитинова (удовлетворяющий уравнениям статики), Бишопа (упрощенный) и не столь известный метод, разработанный автором данной статьи в середине 80-х гг. прошлого века, а также СНиП 2.06.05-84*.

Термины «упрощенный» и «удовлетворяющий уравнениям статики» использованы из СНиП 2.06.05-84*.

Учитывая, что в означенных методах для упрощения доказательств исследовалась только составляющая, влияющая на распределение и величину нормальных сил (по мнению автора статьи, это наиболее слабое место во всех методах), остальные части уравнений, связанные со сцеплением, фильтрацией, сейсмикой, принимались при О значениях этих воздействий. При этих допущениях соответствующие уравнения принимали следующий вид:

$$K_T = \frac{\sum_i (P_i \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi_i)}{\sum_i (P_i \sin \alpha_i)} \quad (1)$$

$$K_{\text{ч}} = \frac{\sum_i (P_i \operatorname{tg} \varphi_i)}{\sum_i (P_i \sin \alpha_i)} \quad (2)$$

$$K_K = \frac{1}{\sum_i (P_i \sin \alpha_i)} \frac{\sum_i (P_i \operatorname{tg} \varphi_i)}{\cos(1 + \operatorname{tg} \alpha_i \frac{\operatorname{tg} \varphi_i}{K_K})} \quad (3)$$

$$K_M = \frac{\sum_i (P_i \cos \beta \operatorname{tg}(\varphi_i + \beta - \alpha_i))}{\sum_i (P_i \sin \beta)} \quad (4)$$

В уравнениях (1)–(4) приняты следующие обозначения: K_T , $K_{\text{ч}}$, K_K , K_M — коэффициенты устойчивости по Терцаги, Чугаеву, Крею, Можжевитинову; P_i — вес столбика в отсеке обрушения; α_i — угол наклона подошвы столбика к горизонту; φ_i — угол внутреннего трения;

$$\beta = \frac{\sum_i (\alpha_i) dx_i / \sum_i dx_i} — \text{угол взаимодействия столбиков по Можжевитинову; } dx — \text{ширина столбика.}$$

О точности методов расчета коэффициента устойчивости откосов грунтовых массивов

Говоря о научном подходе к расчету устойчивости, автор не имеет претензий к выводу самих уравнений, здесь все нормально, но последующее их применение на практике, на различных схемах, по мнению автора статьи, не имеет должного научного обоснования, как и назначение нормативного коэффициента устойчивости.

Нормативный коэффициент устойчивости для грунтовых плотин определяется по уравнению (5) (это уравнение в СНиП 2.06.05-84* имеет номер 8).

$$K_s = \frac{R}{F} > \frac{Y_n Y_{fc}}{Y_c} \quad (5)$$

Т. к. речь в данной статье об устойчивости, то нам больше интересен коэффициент Y_c , который в значительной степени влияет на нормативное значение коэффициента устойчивости:

- если метод удовлетворяет условиям равновесия, то $Y_c = 1$;
- если не удовлетворяет (упрощенный), то $Y_c = 0,95$.

Необходимо отметить, что коэффициент Y_c в такой форме и с такими значениями имеет право существовать в уравнении (5) исключительно при удовлетворении каждому из трех нижеприведенных условий:

1. Разница в значениях расчетных коэффициентов устойчивости, полученных методами, удовлетворяющими уравнениям статики и упрощенными, не должна превышать 5%.

2. Упрощенные методы всегда завышают расчетный коэффициент устойчивости, а удовлетворяющие — не завышают.

3. Методы, удовлетворяющие уравнениям статики, всегда более точные, чем упрощенные.

Если хотя бы одно из этих условий не выполняется, то требования по применению формулы (5) должны быть уточнены. Предложения по применению этой формулы изложены в еще в неопубликованной части статьи «Методика оценки точности методов расчета устойчивости по универсальному критерию подобия».

Рассмотрим на нижеприведенных примерах, насколько адекватно применять уравнение (5) в расчетах устойчивости.

Пример 1. По результатам натурных наблюдений, опубликованных Пило [1]. Статья Пило посвящена анализу серии разрушений реальных дамб, отсыпанных на слабых основаниях. Эти разрушения были тщательно изучены и запротоколированы. Определены реальные поверхности скольжения, уточнены в местах оползней прочностные характеристики, как грунтов тела дамб, так и их основания. По этим данным были выполнены поверочные расчеты, которые полностью подтвердили правильность проектных решений, но поставили исследователей в тупик, т. к. коэффициенты устойчиво-

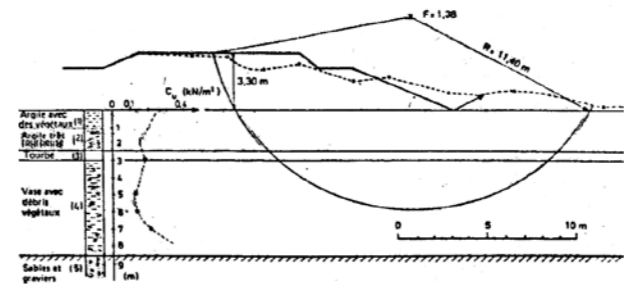


Рис. 1. Разрез разрушенной насыпи в Сен-Андре де Кузбак:
1 — глина с растительными остатками; 2 — сильно заторфованные глины; 3 — торф; 4 — ил с растительными остатками; 5 — песок и гравий

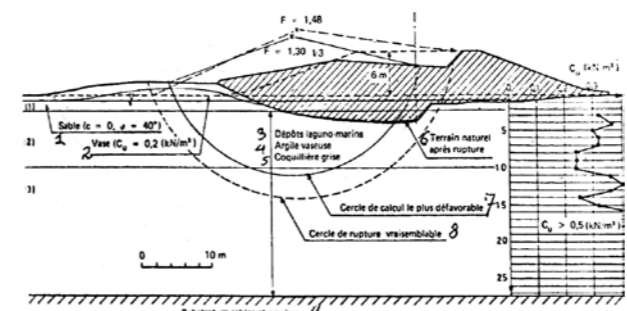


Рис. 2. Разрушение насыпи CD 58 в Палавэ-ле Флот:
1 — песок; 2 — ил; 3 — озерно-моренные отложения; 4 — илистая глина; 5 — серый ракушечник; 6 — естественное основание после разрушения; 7 — наиболее опасная окружность по расчету; 8 — действительная окружность скольжения

сти откосов во всех расчетах (как предпроектных, так и поверочных, выполненных после разрушения насыпей) были не ниже 1,3 и даже в одном случае 1,69. В статье имеется ссылка только на метод Бишопа, но точных указаний, что расчеты устойчивости для приведенных схем **рис. 1** и **рис. 2** выполнялись по этому методу, автор не обнаружил. Поэтому можно только предположить, что расчеты устойчивости для схем **рис. 1** и **рис. 2** выполнялись по методу Бишопа.

Для иллюстрации приведем небольшую выборку из статьи Пило.

Насыпь в Сен-Андре де Кузбак

Экспериментальная насыпь (**рис. 1**), предназначенная для исследований осадок, была разрушена в процессе ее сооружения. Расчетный коэффициент запаса на момент ее разрушения составил 1,38.

Насыпь в Палавэ-ле-Флот

Минимальный расчетный коэффициент устойчивости 1,3, но насыпь разрушилась (**рис. 2**) по поверхности, для которой расчетный коэффициент устойчивости составлял 1,48.

На основе анализа достаточно многочисленных примеров разрушений насыпей при высоких расчетных коэффициентах устойчивости, приведенных в статье, Пило сделал вывод: «...большое число аварий нельзя объяснить с помощью традиционной расчетной схемы: **действительный коэффициент запаса меньше расчетного...**»

Можно утверждать, опираясь на данные, приведенные Пило, что некоторые методы расчета устойчивости (в частности, метод Бишопа) для сооружений, расположенных на слабых основаниях, могут завышать коэффициенты устойчивости на 69% против реальных значений. Если учесть, что нормативный коэффициент устойчивости для сооружений I класса составляет 1,31, то подобное завышение является для него фатальным.

Пример 2. По результатам сопоставительных расчетов, опубликованных ранее [2].

На **рис. 3** приведена расчетная схема откоса с заложением 1:2,5 на двухслойном основании.

С использованием схемы (**рис. 3**) были выполнены расчеты по трем вариантам (а, б, в): при постоянных для всех вариантов значениях, приведенных в **табл. 1**, и переменных, приведенных в **табл. 2**.

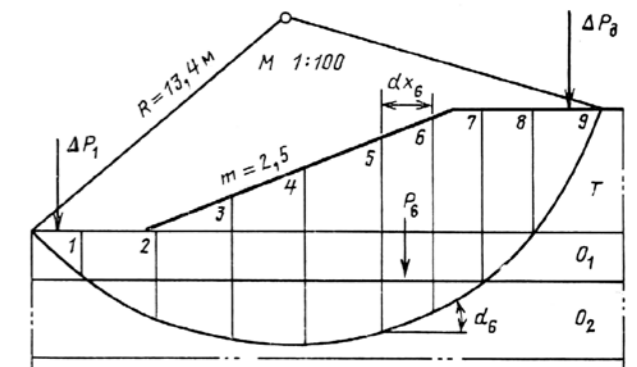


Рис. 3. Расчетная схема откоса, использованная для сравнительного анализа точности общепринятых методов расчета коэффициента устойчивости:

1–9 — номера столбиков, на которые разбивался отсек скольжения; dx — ширина столбика; T , O_1 , O_2 — тело, слой 1 в основании, слой 2 в основании насыпи; $m = 2,5$ — заложение откоса 1:2,5; α_6 — угол наклона подошвы шестого столбика к горизонту; P_6 — вес шестого столбика; ΔP — сосредоточенные силы

Табл. 1. Постоянные значения к сравнительным расчетам по схеме рис. 3

Параметр	1	2	3	4	5	6	7	8	9
dx, м	2	3	3	3	3	2	2	2	2,8
α _в , град	-35	-28	-15	0	10	22	32	44	62
P _i , тонн	4,0	16,8	29,4	39,0	45,0	31,2	29,6	24,0	14,0

Обозначения к таблице: см. рис. 3.

Табл. 2. Переменные значения к сравнительным расчетам по схеме рис. 3

Вариант	ΔP ₁ , тонн	ΔP ₂ , тонн	φ _н , град	φ _{от1} , град	φ _{от2} , град	β, град
а	0	0	40	12	12	8°
б	50	100	40	12	12	8°
в	50	100	40	45	12	8°

Обозначения к таблице: β, град — угол взаимодействия столбиков в расчетах по методу Можжевитинова; остальные значения см. рис. 3.

Подставляя значения табл. 1, 2 в уравнения (1)–(4), получаем расчетные коэффициенты устойчивости (табл. 3).

Табл. 3. Расчетные значения коэффициентов устойчивости

Вариант	Расчетный коэффициент устойчивости по методу:			
	Терцаги (упрощенный)	Чугаева (упрощенный)	Крей (упрощенный)	Можжевитинова (удовлетворяющий)
а	1,03	1,26	1,31	1,39
б	0,91	1,44	1,56	1,70
в	1,55	2,24	2,9	30,6

Разница в результатах по вариантам а, б, в между методами Чугаева, Крея, Можжевитинова относительно Терцаги приведена в табл. 4.

Табл. 4. Разница в % между методами Чугаева, Крея, Можжевитинова относительно Терцаги по вариантам а, б, в

Метод/Вариант	Чугаев	Крей	Можжевитинов
а	22	27	35
б	58	71	87
в	44	87	1874

В сопоставительных расчетах (см. табл. 4) мы также достигаем отклонений между методами на многие десятки процентов. Какой нормативный документ нам укажет, на какой метод мы можем в этом случае положиться? А если нет такого документа, то почему?

И немного о методе Можжевитинова, рекомендованном СНиП 2.06.05-84*. Как-то конце 1980-х гг. прошлого века автору статьи довелось заниматься дамбой Коршуновского хвостохранилища. Расчетный коэффициент устойчивости по Можжевитинову (СНиП 2.06.05-84 только начал действовать, и руководство настояло на этом расчете) — **бесконечность!** По Чугаеву — 1. И это для реального сооружения, которое по показаниям марок находилось в движении. Фактический коэффициент устойчивости был близок к 1. У автора данной статьи сложилось мнение, что метод «наклонных сил взаимодействия» — наиболее неточный, непредсказуемый и опасный, который в любой момент может зависеть или снизить расчетный коэффициент устойчивости до неприличных значений (см. табл. 6). Возможно это не так, и в СНиПе 2.06.05-84* он представлен неточно или неполно. Поэтому ответственные за использование это документа должны дать официальное разъяснение по использованию этого метода, иначе возможны инженерные ошибки и серьезные аварии.

Пример 3. На основании данных, полученных по сдвигам на экспериментальной установке (рис. 4), проведенных автором данной статьи в 1981 г.

Несколько слов об экспериментальной установке и методике проведения опыта.

На плоском вертикальном экране 1, касательно к проведенной дуге окружности 2, жестко закреплялись неподвижные части пар 3, представляющие собой прямоугольные параллелепипеды, имитируя поверхность скольжения с известными сдвиговыми характеристиками. Подвижные части пар 4, представляющие прямоугольные параллелепипеды, имели оси 5, через которые они соединялись тросами 6, установленными по обеим сторонам.

В совокупности все подвижные части пар образуют отсек скольжения, способный перемещаться по заданной поверхности скольжения.

Веса столбиков P заменялись весом грузиков 7, закрепленных на вертикальных стержнях 8, соединенных шарнирно с подвижными частями опор.

Подготовленный к эксперименту отсек скольжения выводился из состояния статического равновесия путем изменения веса груза на соответствующем стержне. Момент соскальзывания подвижных частей пар с жестко закрепленных принимался за предельное равновесие. При этом коэффициент устойчивости принимался равным 1.

В табл. 5 приведены экспериментальные данные по 13 опытам, всего было выполнено более 50.

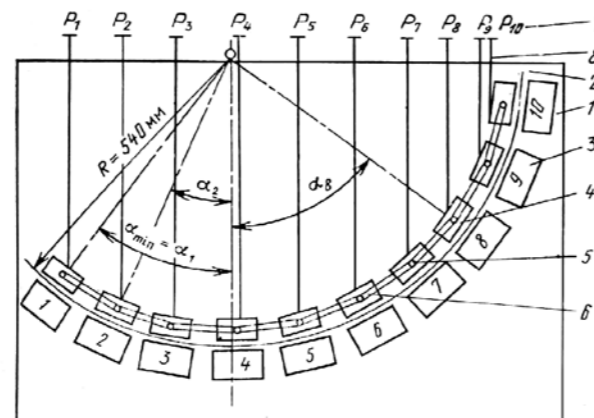


Рис. 4. Схема экспериментальной установки для исследования точности методов расчета коэффициента устойчивости

Табл. 5. Характеристики расчетной схемы (рис. 4) на момент сдвига, при фактическом коэффициенте устойчивости = 1

№ ст	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
φ, град	23	23	23	23	23	23	23	28	28	28
α, град	-46	-31	-13	0	15	28	40	56	72	83
dx, мм	97	115	126	130	126	116	97	75	48	21
№ опыта	Веса столбиков в граммах, обеспечивающие коэффициент устойчивости в опыте = 1									
1	693	74	79	66	66	78	74	83	82	1783
2	79	74	416	66	66	78	74	83	82	858
3	79	74	514	66	66	78	74	83	82	853
4	79	74	716	66	66	78	74	83	82	1128
5	79	74	916	66	66	78	74	83	82	1354
6	79	74	79	66	1116	78	74	83	82	640
7	79	74	79	66	1497	78	74	83	895	0
8	79	74	79	66	1203	78	74	1080	0	0
9	79	74	79	66	1003	78	1576	0	0	0

Обозначения к таблице: № ст — номер столбика в эксперименте, см. рис. 4; φ, град — угол трения между подвижной и неподвижной составляющей пары; α, град — угол наклона подошвы столбика; № опыта — номер опыта. Веса столбиков в граммах, обеспечивающие коэффициент устойчивости в опыте = 1, — веса по столбикам, при которых произошел сдвиг отсека в опыте.

Табл. 6. Расчетные коэффициенты устойчивости экспериментального отсека скольжения при фактическом коэффициенте устойчивости = 1

№ опыта	дβ, град	Терцаги	Чугаев	Крей	Можжевитинов	Истомин
1	106	0,36	1,03	2,57	3,38	0,91
2	79	0,46	0,99	1,81	0,11	0,89
3	80	0,52	1,06	2	0,43	0,97
4	82	0,51	1,05	2,01	0,15	0,95
5	83	0,51	1,07	2,1	0,06	0,96
6	51	0,67	1,048	1,45	0,63	0,98
7	38	0,74	1,05	1,21	0,95	1,00
8	25	0,83	1,08	1,13	1,45	1,03
9	16	0,89	1,05	1,07	1,56	1,04

Обозначения к таблице: значения в столбиках Терцаги, Чугаев, Крея, Можжевитинов, Истомин — расчетные коэффициенты устойчивости (во всех случаях правильное значение = 1); дβ, град — угол между равнодействующими удерживающих и сдвигающих сил в отсеке скольжения.

Несколько слов от точности эксперимента. Т. к. строительство установки и опыты по сдвигу выполнялись с применением самых простейших инструментов и материалов, без учета фактора времени, то не исключаю, что точность экспериментов можно несколько повысить.

В табл. 6 приведены результаты расчетов по уравнениям (1)–(4) с исходными данными из табл. 5.

И в экспериментах (см. табл. 6) мы также получаем отклонения в результатах расчета коэффициента устойчивости от фактических значений уже на сотни процентов. Вновь возникает тот же вопрос, на который наука не дает ответа: как при отсутствии экспериментальных значений коэффициента устойчивости выбрать наиболее точный метод?

Выводы

1. Представленные примеры 1–3 однозначно свидетельствуют, что ни одно из условий, дающее право на существование уравнения (5), не выдерживается, т. к.:

1.1. Разница в значениях расчетных коэффициентах устойчивости, полученных методами, удовлетворяющими уравнениям статики и упрощенными, существенно превышает 5% (в расчетах получены четырехзначные числа).

1.2. Упрощенные методы могут и завышать, и занижать расчетный коэффициент устойчивости, но большее завыше-

ние мы наблюдали у метода, удовлетворяющего уравнениям статики (на тысячи процентов).

1.3. Для ряда схем методы, удовлетворяющие уравнениям статики, оказались менее точными, чем упрощенные. И это понятно, т. к. авторы удовлетворяющих методов для получения чистого математического решения могут вводить недопустимые допущения в физическую сущность оползневых процессов. И получают то, что получают.

2. Применимость уравнения (5) для сооружений, расположенных на слабых основаниях, не выдерживает критического анализа.

3. На применимость уравнения (5) должно быть наложено ограничение или даны четкие указания по его использованию. Предложения по этому вопросу сделаны во второй, пока не опубликованной, части статьи.

Литература

1. Пило Г. Устойчивость насыпей на слабых грунтах // Pilot G. La stabilité des remblais sur sols mous. 1976. № 3. С. 83–106. Перевод с французского.

2. Истомин В. И. Соответствие расчетной схемы способу расчета коэффициента устойчивости // Гидротехническое строительство. 1989. № 3.

ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИИ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

ОБЪЕКТ : ЛОГИСТИЧЕСКИЙ СКЛАДСКОЙ КОМПЛЕКС «ТРИЛОДЖИ»



Бойков О. И.,
генеральный директор
ООО «СОЮЗВОДПРОЕКТ»

Уважаемые коллеги! Хотел поздравить вас с прошедшими праздниками и пожелать всего самого светлого и хорошего в новом году!

Всем известно, что Москва растет. Она растет вверх,вширь и вглубь, а скорость этого роста из года в год только увеличивается. И с каждым годом девелоперу все труднее и труднее найти площадку в Москве или близ нее — с НОРМАЛЬНЫМИ условиями для строительства. Поэтому все чаще под застройку попадают площадки со сложными, порой по нескольким показателям, условиями. Речь в статье пойдет об одной из таких ситуаций и предложенном проектом выходе из нее.

Застройщику логистического комплекса «Трилоджи Парк Томилино» попалась площадка на территории бывшей Томилинской птицефабрики. Площадка строительства была осложнена несколькими факторами:

- экологическими (загрязненная почва и грунтовая вода);
- стесненностью территории (размеров площадки едва хватало на то, чтобы вместить все объекты строительства);
- гидрогеологическими (уровень грунтовых вод, по результатам инженерно-геологических изысканий, был на отметках планировки территории).

Надо отметить, что на площадке на момент обращения застройщика к ООО «Союзводпроект» уже были возведены все пять корпусов будущего логистического комплекса. К тому моменту смета на выполнение земляных работ была превышена вдвое. Это превышение было следствием того, что за-

стройщик не учел фактические сложные гидрогеологические условия при планировании застройки.

А поскольку застройщик не хотел больше повторять своих ошибок при дальнейшей прокладке инженерных коммуникаций, планировке территории и укладке покрытий, он пригласил ООО «Союзводпроект», чтобы решить проблему подтопления территории. Наша компания не первый год и вполне успешно занимается проблемами инженерной защиты территорий, в том числе в селитебных зонах. Застройщику на этапе согласований было предложено несколько принципиальных вариантов создания системы инженерной защиты территории, из которых был выбран оптимальный по соотношению цены и количества решаемых проблем.

В качестве решения по инженерной защите территории была принята система из трех опорных колодцев лучевого дренажа, соединенных в общую сеть со сбросом дренажного стока в существующий на территории речной коллектор. Лучевой дренаж представляет собой систему горизонтальных лучей-скважин, пробуренных из опорного колодца, с уклоном к нему, на необходимых отметках под существующими зданиями. Опорный колодец одновременно является и насосной станцией, откуда дренажные воды попадают в сбросной коллектор. Применение лучевого дренажа является практически единственным возможным решением по инженерной защите территории в условиях существующей городской за-



стройки. А в данном случае принятый вид дренажа позволял решить и несколько сопутствующих задач, возникших при строительстве.

Для определения проектных характеристик будущей системы инженерной защиты специалистами ООО «Союзводпроект» было проведено математическое моделирование процессов фильтрации на площадке строительства. Такое моделирование проводится с использованием математического процессора ModFlow, позволяющего получать частные решения задачи трехмерной фильтрации воды в грунте. Результатами моделирования являются: набор решений по инженерной защите данной территории, объем притока грунтовых вод в систему защиты при ее эксплуатации, поведение грунтовых вод в разных ситуациях и временных периодах (например, в период паводка или при аварии в ближайшей водонесущей сети). Создание математической модели позволяет оперативно реагировать на возможные изменения условий строительства, а также в кратчайший срок анализировать любой возможный вариант инженерной защиты.

На практике, по наблюдениям за построенными объектами в нормальном эксплуатационном режиме, точность результатов математического моделирования находится в пределах 10–15%, что дает нам возможность существенно экономить средства застройщика на материалах и агрегатах, применяемых в системе защиты.

В данном случае перед моделированием стояло несколько задач:

- выбор оптимальной системы инженерной защиты для данной территории;
- расчет притоков дренажной воды в систему;
- моделирование очередности возведения опорных колодцев и влияние этой очередности на карту поверхности подземных вод;
- расчет влияния изменения физико-механических характеристик грунтов основания существующих сооружений вследствие понижения уровня грунтовых вод на территории.

На основании результатов математического моделирования специалистами ООО «Союзводпроект» был разработан проект инженерной защиты территории строительства в полном объеме. Проект был защищен в Мособлгосэкспертизе и, при авторском надзоре, выполнен в короткие сроки.

Подводя итоги этой крайне интересной работы, можно перечислить задачи, решенные в рамках данного проекта.

Ликвидация подтопленности территории комплекса. После реализации запроектированных мер по инженерной защите территории у застройщика появилась возможность для проведения дальнейших работ при соблюдении необходимых норм осушения и не прибегая к специальным средствам.

Строительное водопонижение. Застройщик вообще не имел возможности проводить земляные работы! Любая попытка выкопать котлован или траншею в песчаном грунте быстро заканчивалась образованием небольшого и неаккуратного прудика с отметкой поверхности воды на 5 см ниже поверхности земли.

Значительное улучшение физико-механических характеристик грунтов основания. Понижение уровня грунтовых вод позволило существенно упростить инженерные сооружения, планируемые застройщиком к возведению (подпорные стенки, служебные здания и т. д.).

Экологический мониторинг. По результатам экологических изысканий были обнаружены загрязнения подстилающих почв и соответственно грунтовых вод. При созданной системе инженерной защиты стало возможным проведение точного мониторинга уровня загрязнения грунтовых вод, а при необходимости и применение к отводимым грунтовым водам мероприятий по их очистке до необходимых показателей.

Строительство самой системы защиты проходило с сильными осложнениями. Выбранные застройщиком подрядчики предложили использовать при создании системы защиты имеющиеся у них «на руках» материалы, естественно, не совпадающие с указанными в проекте. Позже потребовалось решение задачи временного отвода дренажного стока в процессе возведения колодцев и прокладки временной сбросной сети. Но, несмотря на все сложности, система была построена и работает по сей день, исправно выполняя все возложенные на нее функции!

Реализация систем инженерной защиты территории в период строительства объекта позволяет застройщику экономить значительные средства и избежать множества возможных проблем при строительстве в сложных условиях.

Применение передовых инженерных решений и современных материалов позволяет решать нашей компании весь спектр задач по инженерной защите территории, предлагая самые эффективные и экономически выгодные варианты конструкций.

Наши работники специализируются на решении подобных нестандартных задач. Трудные инженерные задачи — профиль нашей команды. Мы готовы к любым вызовам!

ООО «СОЮЗВОДПРОЕКТ»

119311 Москва, ул. Крупской, д. 4, корп. 3.

Тел./факс (495) 504-1850

E-mail: info@sovopro.ru, www.sovopro.ru

ЗАО «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

поставляет и обслуживает:

Самходные буровые установки IMT International S.p.A. (Италия)



- предназначены для сооружения буронабивных и буросекущих свай

Малые и средние буровые установки TEREDO S.r.l. (Италия)



- предназначены для геологических изысканий, инъектирования, устройства грунтовых анкеров, разработки геотермальных источников, проходки скважин на воду

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



ООО «ТРЕСТ ЗАПСИБГИДРОСТРОЙ» — НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Компания ООО «Трест Запсибгидрострой», ее разработки и опыт гидротехнического строительства, особенно в сложных климатических условиях, широко известны и востребованы в России. О том, чем заняты сегодня специалисты компании, какие проблемы и инновационные решения есть в современном гидротехническом строительстве, мы беседуем с генеральным директором ООО «Трест Запсибгидрострой» **Виктором Викторовичем Гончаровым** и его заместителем, главным инженером компании **Маратом Гамировичем Харисовым**, которых можно назвать инженерами-гидротехниками не только по профессии, а прежде всего — по призванию.

— Вашей организации, как и всем предприятиям Советского Союза, в 90-е гг. пришлось пройти непростой путь. Как удалось не просто выжить, но и стать ведущей строительной компанией?

— Прежде всего основой стал высочайший профессионализм и огромный опыт. Ведь «Трест Запсибгидрострой» был образован по приказу министра транспортного строительства еще в 1977 г. Основное направление деятельности — строительство гидротехнических сооружений (в первую очередь портов и причалов). В состав треста в 1980-х гг. входили восемь подразделений, общая численность коллектива доходила до 3400 человек. Со дня основания построено более 150 гидротехнических и транспортных объектов, в том числе более 50 в постсоветский период. Также важно отметить, что мы не потеряли профессиональные связи, несмотря на то, что с 1990-х гг. подразделения работают самостоятельно. Сегодня в составе делового и партнерского «Содружества» мы можем решить любую задачу, опираясь на поддержку высококлассных специалистов. Руководству треста удалось в тяжелый переходный период сохранить профессиональный управленческий и инженерный состав специалистов.

— Что сегодня является приоритетами в работе треста? Какие объекты вы бы выделили как особые профессиональные достижения коллектива?



— За свою 33-летнюю историю трест накопил богатейший опыт в сфере строительства и проектирования гидротехнических сооружений. Сегодня компания участвует сразу в двух саморегулируемых организациях. При этом эксперты отмечают, что инновационные технологии «Запсибгидростроя» по уровню вполне сопоставимы с западными, а по ряду параметров превосходят их.

Основными направлениями деятельности являются:

- строительство причалов, портовых комплексов, набережных, берегоукреплений, плотин, дамб, автомобильных транспортных развязок, подпорных стенок в области промышленного и гражданского строительства;
- производство и поставка запатентованного и сертифицированного трубошпунта.

Среди объектов уже нового века я бы выделил причалы для перегрузки КТО в пгт. Приобье (р. Обь) и в г. Самаре. Переливные плотины в Самарской области — очень актуальны в регионах с дефицитом воды.

Мы знаем, что Виктор Викторович — автор нескольких патентов и множества технологических разработок. Как удается совмещать научную деятельность с работой руководителя крупной компании?

— Я убежден, научная деятельность — неотъемлемая составляющая и необходимое условие развития как конкретной компании, так и отрасли в целом; каждая разработка — это







способ решения проблемы, движение вперед, совершенствование строительных технологий. Ярким примером реализации научной идеи в нашей деятельности можно назвать производство шпунта. Основной конструктивной схемой, хорошо зарекомендовавшей себя в суровых климатических условиях Западной Сибири, является металлическая шпунтовая стенка — больверк. Производство качественного металлического шпунта широкой номенклатуры при огромных потребностях ни в Советском Союзе, ни в России не было налажено (к примеру, в Европе на одном только Люксембургском заводе выпускается более 100 видов шпунта общим объемом 400 тыс. т в год). С 1989 г. коллектив «Треста Запсибгидрострой» занимается разработкой и внедрением новых видов шпунта. За основу взят трубошпунт, имеющий ряд существенных преимуществ перед другими видами по определению: равножесткость во всех направлениях, любой угол поворота оси шпунтовой стенки, на порядок более высокие показатели несущей способности. Яркий пример — транспортная развязка в г. Ханты-Мансийске, где свободная высота незаанкеренной стенки 9–10 м.

— Сегодня ООО «Трест Запсибгидрострой» является лидером в разработке и производстве трубошпунта ШТС в России. Как удается конкурировать с зарубежными производителями?

— Парадокс заключается в том, что большую часть шпунта Россия предпочитает по-прежнему покупать за границей. Объяснить эту тенденцию сложно, поскольку преимущества отечественной продукции очевидны даже для неспециалистов. Во-первых, отечественный трубошпунт дешевле на 30–40%, во-вторых, он легче. Если сопоставить несущие способности шпунтов, то у западных аналогов прокатного профиля материалоемкость в полтора раза выше, чем у отечественных образцов. Т. е. мы не только конкурентоспособны, но и обладаем рядом преимуществ. Но нам понадобилось 20 лет на совершенствование разработок: идея, патент, нормативные документы на проектирование и строительство, получение национального стандарта — ГОСТ Р 52644-2006 и, наконец, первого сортамента на трубошпунт из более чем 300 наименований, который превосходит по своим характеристикам все виды прокатного шпунта ведущих мировых производителей. На сегодняшний день трестом получено двенадцать патентов на изобретение, разработаны технические условия,

стандарт предприятия, ВСН, в феврале 2007 г. вышел первый ГОСТ, в настоящем году был выпущен обновленный ГОСТ, ФЭР и ТЭР. Также важно отметить, что десятки предприятий, а это дополнительные рабочие места, участвуют в комплектации и изготовлении сварного трубчатого шпунта. Предприятия треста ОАО «МО-69» (Нижевартовск), ООО «ПСО-34» (Сургут), ЗАО «Гилан» (Тюмень) и ООО «Больверк» (Самара) первыми перешли на современные технологии погружения шпунта с использованием гидромолотов и гидравлических вибраторов. В ШТС требование по качеству замков с точки зрения их прочности на те или иные растягивающие усилия, особенно во время погружения, должны быть выше, ибо из-за высокой жесткости конструкции трубы при ее малейшем уходе от вертикали (что недопустимо), от встретившегося препятствия в виде валуна, бревна или очаговой вечной мерзлоты, при слабых замках неизбежен их разрыв или выход из зацепления. Хотя известно, что в построенной конструкции на замки воздействует нагрузка в пределах 3–7% от засыпки, остальное воспринимается трубой. Для сравнения, применяемые нами замки от различных типов шпунтов имеют следующие показатели (см. табл. 1).


Табл. 1

№	Тип замка	Прочность замка, кН/м	Прочность замка, тн/м	Марка стали, не менее
1	 Карповый тип "Арсен" ТУ 5264-003-13512256-2009	2200–2500	220–250	S 355 GP
2	 ШЗ и Ш (ГОСТ Р 52644-2006) ТУ 5264-002-13512256-2006	3600	360	S 355 GP
3	 FL-512 AC-512 (Иленин шпунт) ТУ 5264-003-13512256-2009	5000	500	S 355 GP

Ниже приведу в табличной форме замковые соединения из подручного материала. Насколько они имеют право на жизнь, судите сами.



Табл. 2

№	Тип замка	Прочность замка, кН/м	Прочность замка, тн/м	Марка стали, не менее
1	 ТУ 5264-007-1393674-2010	780	78	09Г2С
2	 ТУ 0925-008-1393674-2004	470	47	09Г2С
3	 ТУ 0925-007-01393674-2003	650	65	09Г2С

В новом ГОСТе на трубошпунт для капитальных сооружений введено ограничение на применение трубошпунта с замками с прочностью менее 1500 кН/м (150 тн/м). Для временной ограждающей свободной конструкции высотой не более 3–4 м на период строительства возможно применение подобных замковых соединений.

К сожалению, проектировщики, из-за отсутствия опыта рассматривают замок в трубошпунте как элемент, обеспечивающий грунто непроницаемость, да и только!

На самом деле на период забивки или вибропогружения это направляющий кондуктор вертикального типа!

Эксперты из Центрального научно-исследовательского института транспортного строительства (ЦНИИС), в сотрудничестве с которыми было сертифицировано ноу-хау треста, отмечают, что преимущества трубошпунта очевидны: это быстрота возведения, хорошая сопротивляемость ледовым воздействиям, а также сравнительная дешевизна и незначительная трудоемкость. Он способен обеспечить современный уровень строительства сооружений.

— Какими результатами и достижениями трест встречает новое десятилетие XXI века?

— Для нас как для руководителей значимо то, что мы не только сохранили уровень ведущего предприятия, но и достигли совершенства в современных технологиях гидротех-

нического строительства в сложных климатических условиях. Сегодня в творческом и партнерском союзе системы «Треста Запсибгидрострой» состоят семь самостоятельных строительных и проектных подразделений в Сургуте, Нижневартовске, Тюмени, Новосибирске, Самаре и Москве. Основные технические мощности представлены специализированной тяжелой, средней и легкой сваебойно-бурильной техникой, мощным комплексом землеройной и подъемной техники, апробирована технология вибропогружения свай и шпунта высокочастотными безрезонансными вибропогружателями в плотной городской застройке.

За 21 год построено более 30 км шпунтовых стенок с применением трубошпунта ШТС, произведено более 150 тыс. т шпунта. ООО «Трест Запсибгидрострой» является доминирующим предприятием в области проектирования и строительства тонких шпунтовых стенок типа больверк, а также в производстве трубошпунта и научном сопровождении данного направления гидротехнического и транспортного строительства на территории РФ.

— Что, на ваш взгляд, стимулирует коллектив к новым профессиональным достижениям? Поделитесь, пожалуйста, своими управленческими секретами.

— Никаких особых секретов нет. Человек, постоянно включенный в процесс совершенствования технологии, не останавливается на достигнутом. Любая проблема для нас является задачей, которую необходимо решить на высоком профессиональном уровне, используя самые современные, надежные, доведенные до совершенства технологии.



628403 Тюменская обл., г. Сургут,
ул. Университетская, 7
Тел./факс (3462) 24-31-57
E-mail: tzsgs@mail.ru, zsgs@surguttel.ru

МАНТА ГРУНТОВЫЕ АНКЕРЫ

ООО «ТПК»
 Санкт-Петербург, Богатырский пр., д. 18, корп. 2, оф. 205
 Тел.: (812) 329-88-67, 324-97-55, e-mail: sale@tpk-stroy.ru; www.tpk-stroy.ru

**ЗА 30 МИНУТ
 УСТАНОВКА
 АНКЕРА**

ПРЕИМУЩЕСТВА АНКЕРОВ МАНТА RAY:

- быстрая и простая установка за 30 минут
- немедленная проверка несущей способности
- низкая стоимость по сравнению с традиционными применяемыми видами анкеров

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПОВРЕЖДЕНИЯ И РЕМОНТА ТУННЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Давиденко В. М.,
 доктор техн. наук, ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева

Рубин Д. Б.,
 мл. науч. сотрудник ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева

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

Многочисленные обследования гидротехнических туннелей показывают, что основными причинами повреждения туннельных сооружений являются: низкое качество проектов, в основном связанное с недостаточным объемом проведенных изыскательских работ и тяготением проектных организаций к использованию в работе аналогов, кроме этого, недостаточный уровень производства подземных работ, пренебрежительное отношение к современным материалам и технологиям, а порой просто низкий уровень информированности в данном вопросе.

Обозначенные проблемы достаточно полно иллюстрируются некоторыми примерами, полученными при остановке и обследовании эксплуатируемых туннелей.

В напорном деривационном туннеле Теребля-Рикской ГЭС в период эксплуатации произошли обводнения и деформации склона вдоль трассы туннеля. Основной причиной этих явлений было образование трещин в бетонной обделке на концевом участке. За время эксплуатации в лотковой части туннеля образовались глубокие промоины и каверны. Проведенные ремонтные работы частично снизили протечки воды и понизили уровень грунтовых вод в склоне скального массива.

При обследовании напорного туннеля Дзорагетской ГЭС в отдельных местах было отмечено наличие кольцевых трещин с раскрытием до 1 см, повсеместно была обнаружена оголенная арматура. Отмеченные дефекты явились следствием деформаций (подвижек) скального массива в районе головного узла. Проведенные ремонтные работы позволили устранить обнаруженные повреждения и протечки воды.

Кольцевые трещины были обнаружены в обделке напорного туннеля Храм ГЭС-1. Через образовавшиеся кольцевые трещины происходила утечка воды с расходом до 50 л/с. В отводящем безнапорном туннеле обнаружены повреждение железобетонной обделки и размыв покрытия из железобетона за отсасывающими трубами.

На безнапорном железобетонном туннеле Карабулакского узла обнаружены трещины глубиной 10–15 см и раскрытием до 1 см, а на отдельных участках дно лотка размывто до скалы, имеются участки с оголенной арматурой.

Повреждение железоторкретного слоя в зоне стыка с металлической рубашкой произошло в концевой части деривационного туннеля Сухумской ГЭС. Эти повреждения представлены в виде скола части торкретного слоя, выдавливания битумной

мастики из гидроизоляционного слоя, уложенного под металлической рубашкой, обрыва арматурных выпусков, выполненных для связи металлической рубашки с железоторкретом.

Напорный деривационный туннель Ткибульской ГЭС пройден в закарстованных известняках. При обследовании туннеля были обнаружены продольные трещины на всем протяжении туннеля. Протяженность обнаруженных трещин составляла от 10 до 12 м, а на отдельных участках до 35–40 м. Возникновение таких фильтрационных трещин связано с наличием пустот между обделкой и породой, не ликвидированных при выполнении работ по заполнительной цементации.

На туннеле № 2 Канакерской ГЭС в период строительства не были проведены работы по заполнительной цементации, что впоследствии привело к оседанию горной породы и образованию трещин в пятах свода обделки. По аналогичной причине была повреждена обделка напорного туннеля Ереванской ГЭС.

В безнапорном деривационном туннеле Татевской ГЭС на участке длиной 300 м бетон обделки в стенах и лотке туннеля имел следы размыва и образования каверн на глубину до 30 см. На отдельных участках трассы с повышенным горным давлением отмечено наличие трещин с различной протяженностью и раскрытием до 5 мм.

На начальном участке напорного водовода подводящего туннеля Шамбской ГЭС были отмечены протечки с общим расходом в 25 л/с через железобетонную обделку, в боль-



Нурекская ГЭС



Напорные трубопроводы Ирганайской ГЭС

шинстве случаев с выходом на дневную поверхность. Места инфильтрации приурочены в основном к поперечным и продольным строительным швам в отделке, не ликвидированным в процессе строительства, а также появляются через недостаточно проработанный бетон отделки.

При обследовании подводящего туннеля Агбашинской ГЭС имели место протечки воды с выходом на дневную поверхность в районе низового откоса плотины в ее левобережном примыкании. Появление протечек воды и обводнение низового откоса непосредственно связаны с недостаточным качеством проведенной цементации пород вокруг туннельной отделки.

Железобетонные отделки туннелей Токтогульской и Нурекской ГЭС были рассчитаны, исходя из недопущения образования трещин. В связи с высокими скоростями транспортировки воды в туннелях уже на первом этапе пропуска строительных расходов произошел неравномерный абразивный износ отделок, в результате которого образовались местные неровности с размерами, значительно превышающими проектные требования. Это обстоятельство вызвало необходимость повторной обработки поверхности бетона отделок для предотвращения кавитационных разрушений в дальнейшем.

Обследование строительных туннелей выявило идентичность характера износа отделок на Чарвакской, Нурекской, Токтогульской ГЭС. Степень абразивного износа отделок пропорциональна количеству наносов, прошедших через туннель. Характер разрушения материала отделок явился общим для всех обследованных объектов. Лоток и нижняя часть стен туннелей на высоту 1–1,5 м неравномерно и интенсивно истираются влекомыми наносами с обнажением крупного заполнителя бетона и арматуры. В отдельных местах истирание бетона сопровождалось образованием углублений, вытянутых по течению или в форме ям и канав до 1,8 м. В местах, где в результате истирания был разрушен защитный слой бетона, арматура оказалась разорванной, прогнутой, истонченной и, таким образом, частично или полностью исключенной из работы конструкции. На стенах и сводах туннелей выше 1–1,5 м над лотком сосредоточенных разрушений отделки не наблюдалось. В этой зоне происходило почти равномерное истирание бетона взвешенными наносами на глубину 3–5 см в пределах защитного слоя с обнажением крупного заполнителя. Глубина истирания уменьшается по направлению вверх к своду.

Обследование напорного туннеля Ирганайской ГЭС выявило пустотность за облицовкой в сводной части, отдельные вывалы, некачественное омоноличивание строительных швов и недостаточное качество бетонных работ в лотковой части.

Обследование туннеля регулируемого глубинного эксплуатационного водосброса (РГЭВ) Зарамагской ГЭС выявило:

- ♦ недочеты при проектировании (установлены низкие классы бетона по прочности и марка по водонепроницаемости, не учтено кавитационное влияние), что привело к последовательному разрушению бетона лотка: разрушение поверхностного слоя, разрушение защитного слоя арматуры, коррозия и деформация арматурного каркаса, образование полостей глубиной до 1,0 м;
- ♦ низкое качество производства работ, на что указывали участки непроработанного бетона (раковины), «холодные» швы в блоках бетонирования, как сухие, так и с фильтрацией различной интенсивности, со следами выщелачивания, выступы и наплывы бетона на строительных швах примыкающих блоков шириной до 5 см, а также неровности, уступы и наплывы, образовавшиеся при применении опалубки из неоструганной доски, дефектные строительные швы с участками фильтрации различной интенсивности, дефектные участки бетона с произведенным некачественным ремонтом.

Обследование строящихся напорного и деривационного туннелей Зарамагской ГЭС также показало как не учтенные при проектировании параметры (не учтена повышенная морозостойкость входного и концевого участков на период строительства), так и низкое качество производства работ (в добавление к вышеперечисленным дефектам в туннеле РГЭВ наблюдаются разрушения, связанные с фильтрацией из-за несвоевременного проведения заполнительной и укрепительной цементации).

По результатам обследований в отдельных туннелях в необходимых случаях проводились ремонтно-восстановительные работы с целью ликвидации выявленных дефектов и повреждений.

Если общее количество гидротехнических туннелей принять за 100%, то доля напорных туннелей составляет 53%, а безнапорных — 47% (туннели с переменным режимом работы отнесены к напорным). По срокам эксплуатации 10% туннелей находятся в работе от 50 до 40 лет; 19% — от 40 до 30 лет; 28% — от 30 до 20 лет; 9% — от 20 до 10 лет; 34% эксплуатируются менее чем 10 лет.

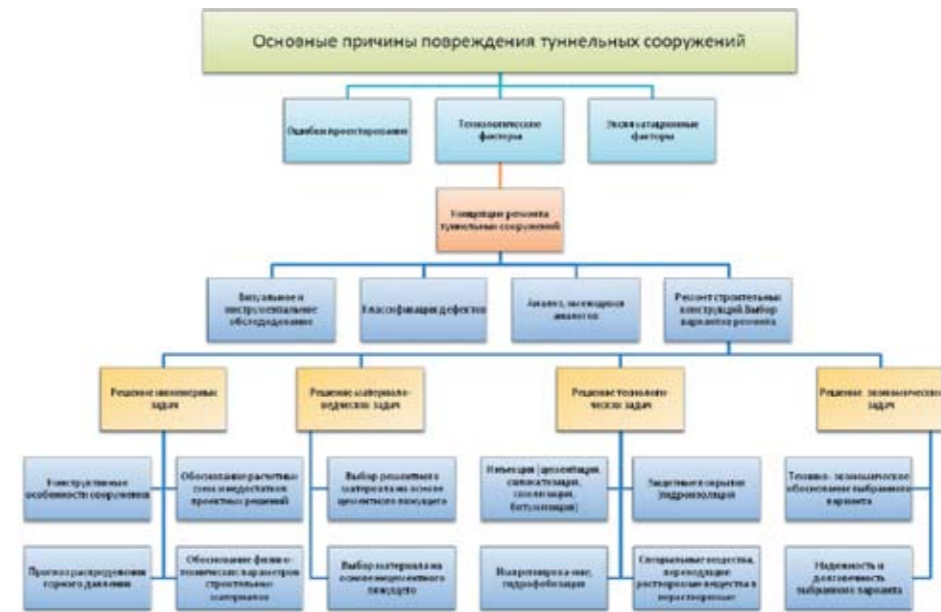
Выявленные в процессе обследований дефекты и повреждения элементов туннельных конструкций, а также их причины можно подразделить на две основные группы:

Низкое качество проектов, что вызывает:

- ♦ раскрытие швов в отделке (на 10–60 мм) из-за недостаточного обоснования (а порой и неправильного выбора) расчетных схем;
- ♦ появление крупных трещин в отделках туннелей длиной до и более 40 м из-за недоучета неравномерности горного давления, прогноз которого на стадии проектирования затруднителен;
- ♦ недопустимое истирание отделок наносами (до 30–70 см и более) из-за недостаточного обоснования прогноза износа и низкой прочности, водонепроницаемости и морозостойкости бетона.



Глубинный водосброс Зарамагской ГЭС



Недостаточный уровень производства подземных работ, который может привести к таким последствиям, как:

- ♦ повреждение бетонной отделки (каверны, вымоины, ямы, свищи, раковины и т. п. глубиной до 60 см и более и длиной в несколько метров);
- ♦ некачественный ремонт источников фильтрации из туннеля на период его эксплуатации (из-за неликвидированных цементационных скважин, незаделанных вертикальных швов между блоками бетонирования вдоль туннеля, необработанных поверхностей рабочих швов и др.);
- ♦ дефекты, вызванные нарушениями технологических процессов (незаделанные пустоты за отделкой, значительный разрыв во времени проведения заполнительной цементации после выполнения бетонных работ, а также усадочные явления как в бетоне отделки, так и в цементно-тампажном растворе, преждевременный пуск в эксплуатацию туннеля до набора необходимой прочности бетона, нарушение технологии сварочных работ и др.).

Основные причины повреждения и концепция ремонта туннельных сооружений представлены на рисунке.

Для ликвидации указанных повреждений и дефектов в напорных и безнапорных гидротехнических туннелях необходимо:

Проведение работ по восстановлению бетона на всех разрушенных и поврежденных участках отделок, заключающихся в нанесении на предварительно обработанную поверхность (удаление разрушенного бетона до прочного бетона) бетона адгезионного, а в случае наличия оголенной арматуры (после ее зачистки от продуктов коррозии) антикоррозионного слоя, после чего повреждение заделывается специальными ремонтными материалами (раствором или мелкозернистым бетоном в зависимости от глубины и площади разрушения), имеющими повышенную прочность, водонепроницаемость, морозостойкость. Из современных материалов и технологий могут быть рекомендованы ремонтные материалы следующих фирм: «ЦМИД», Sika, Volteco, Index, Emaco и др.

Проведение работ по ликвидации ненормативной трещиноватости и раскрытия строительных швов, а также неликвидированных стволов инъекционных скважин в отделке. Заключается в проведении работ инъекционным способом с использованием специальных инъекционных растворов, производимых вышеперечисленными фирмами.

Проведение работ по заполнительной и укрепительной цементации, особенно в сводной части отделки. Могут про-

изводиться инъекционными смесями с наполнителем, выпускаемыми выше перечисленными фирмами, а также и материалами компаний Ombran, Kristo.

Вид ремонтно-восстановительных работ, их объем и время проведения определяются в зависимости от результатов проведенных обследований трассы туннеля и зон проведения работ.

Выводы

Анализ опыта эксплуатации гидротехнических туннелей позволил выявить целый ряд характерных повреждений и разрушений, заключающихся в следующем:

- ♦ разрушение защитного слоя и тела отделки по всему периметру, особенно в лотковой части до обнажения арматуры, а в некоторых случаях до скалы;
- ♦ раскрытие строительных и конструктивных швов, образования пустот и каверн; инфильтрация воды из туннеля в массив и занепоривание последнего, что приводит к снижению геотехнических характеристик породы и, как следствие, ухудшению статических условий работы конструкции;
- ♦ появление развитой продольной трещиноватости в сводной части отделки туннеля как результат не проектных условий работы конструкции;
- ♦ наличие неликвидных стволов инъекционных скважин, являющихся в период эксплуатации туннеля источниками фильтрации и повышенных неплановых водно-энергетических потерь.

Вид ремонтно-восстановительных работ, их объем и время проведения определяются по приведенной выше схеме и главным образом зависят от полноты и качества проведенных обследований.

Литература

1. Мостков В. М., Серков В. С. Об изучении опыта эксплуатации гидротехнических туннелей // Гидротехническое строительство. 1980. № 1.
2. Мостков В. М., Чумбуридзе Г. К., Сафонов В. В. Анализ опыта эксплуатации гидротехнических туннелей // Гидротехническое строительство. 1984. № 8.
3. Фурсов Л. Ф. Заполнительная цементация в гидротехнических туннелях. СПб., СПбГПУ, 2009. С. 511–522.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ГЕОМЕМБРАНЫ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ПЛЕНКИ, РАСПОЛОЖЕННОЙ НА ОСНОВАНИИ ИЗ ФРАКЦИОНИРОВАННОГО ЩЕБНЯ, ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ



Луначев О. Ю.,
начальник отдела
гидротехнических сооружений
ООО «ТОМС-проект»



Романченко А. А.,
генеральный директор
ООО «ТОМС-инжиниринг»

Современные полимерные материалы обладают рядом существенных преимуществ перед другими противодиффузионными материалами, в том числе перед «тонкими» полиэтиленовыми пленками образца 80-х гг. 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.

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 чаще всего используются тканые и нетканые геотекстилы.

Конструкции противодиффузионных 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 снижаются при уменьшении крупности частиц грунта и при использовании грунтов с частицами округлой формы. Поэтому на практике наиболее часто переходные зоны выполняются из песка.

Анализ результатов опытов по повреждению геомембраны частицами грунта

Наблюдение за деформацией образца с геомембраной, обсыпанной с двух сторон щебнем, под воздействием нагрузки показали, что к моменту прокола или прорыва геомембраны происходит значительная деформация щебня, сопровождающаяся изломом острых выступающих граней частиц. При этом вертикальное перемещение поршня, непосредственно воздействующего на испытываемый образец, составляет 20–25% от высоты образца в сборе. Следовательно, пористость слоя отсыпанного щебня в процессе испытания под действием приложенной нагрузки уменьшается с 40–45% в начале испытания до 15–25% в момент фиксации прорыва геомембраны. Таким образом, в момент достижения нагрузки на геомембрану значений, приводящих к прорыву

или проколу последней, в щебеночной засыпке фактически отсутствуют сколько-нибудь значительные поры, в которые может быть выдавлена геомембрана. Вид поверхности щебня фр. 5–20 мм после приложения к нему нагрузки в ходе испытания геомембраны на прокол приведен на **рис. 1**.

Требование нормативной документации

Действующая до сих пор «Инструкция по проектированию и строительству противодиффузионных устройств из полиэтиленовой пленки для искусственных водоемов» СН 551-82. Госстроя СССР требует выполнения расчетов повреждаемости геомембраны для двух расчетных случаев:

1. Прокола геомембраны частицами грунта, непосредственно прилегающими к поверхности пленочного элемента или защитных прокладок.

2. По допускаемым напряжениям при растяжении от действия гидростатического давления (прорыва геомембраны в пору грунта).

Если следовать рекомендациям расчета толщины пленочного элемента по допускаемым напряжениям при растяжении от действия гидростатического давления для расчетного напора воды на геомембрану, получаем следующее: по расчету при напоре воды на геомембрану, равному 30 м для фракции грунта 5–20 мм, толщина геомембраны из полиэтилена



Рис. 1. Вид поверхности щебня фр. 5–20 мм после приложения к нему нагрузки в ходе испытания геомембраны на прокол

должна составлять 1,75 мм; для фракции грунта 20–40 мм — 6,67 мм. Таким образом, согласно расчету по допускаемым напряжениям, применение в качестве защитных слоев пленочных геомембран фракционированных грунтов, рассеянных на стандартных ситах и имеющих крупность более чем фракция 5–20 мм, оказывается невозможным.

Постановка задачи эксперимента

Обнаруженное в ходе опытов несоответствие наблюдаемого взаимодействия геомембраны с прилегающими к ее поверхности подстилающим и покрывающим слоями грунта позволили сформулировать задачу эксперимента: на базе имеющейся экспериментальной установки опытным путем исследовать повреждаемость геомембраны под воздействием объемной силы (аналога гидростатического давления), выдавливающей геомембрану в случайном образом сложившиеся поры грунта, образованного стандартными фракциями щебня.

Проведение испытаний

Эксперимент проводился в два этапа.

Первый этап, предварительный, в ходе которого конструировались и опробовались составные элементы и параметры экспериментальной установки.

Второй этап, основной, — собственно эксперимент, состоящий из четырех серий испытаний опытных образцов.

Перед проектируемым экспериментом ставились следующие задачи:

1. Получение численного значения нагрузки, при которой происходит прорыв геомембраны в поры прилегающего к геомембране грунта заданной крупности (в результате каждого испытания). Поры во фракционированном грунте формируются случайным образом при отсыпке слоя грунта в цилиндр.

2. Фиксация прорыва геомембраны в момент времени, когда испытываемый образец находится под воздействием разрушающей нагрузки (в режиме реального времени).

3. Фиксация момента прокола геомембраны (производится инструментальным способом посредством электрогальванического индикатора).

Требуемые для прорыва геомембраны значения величины гидростатического давления для образцов, размещаемых в цилиндре диаметром 320 мм, фактически исключали возможность проведения испытаний с приложением гидростатической нагрузки, создаваемой давлением рабочей жидкости. В этой связи была осуществлена замена рабочей жидкости на сыпучий материал, способный передавать давление поршня на геомембрану.

В качестве сыпучего материала были рассмотрены сухой мелкозернистый песок и смесь полированных стальных высокопрочных шариков.

При проведении постановочных опытов было определено, что несущая способность образца из смеси шариков, обработанных для материала частиц песка составляет 0,25–0,45. Для полированных стальных шариков, обработанных синтетической смазкой, — 0,03–0,001, в связи с чем дальнейшие опыты были поставлены с применением стальных шариков диаметром 0,5–5,0 мм

Согласно научным данным, коэффициент трения скольжения для материала частиц песка составляет 0,25–0,45. Для полированных стальных шариков, обработанных синтетической смазкой, — 0,03–0,001, в связи с чем дальнейшие опыты были поставлены с применением стальных шариков диаметром 0,5–5,0 мм

На **рис. 2** показан вид поверхности слоя, состоящего из стальных шариков, уложенных на дно цилиндра, при подготовке к проведению испытания.



Рис. 2

Полученный результат был оценен как достаточный для моделирования действия гидростатической нагрузки посредством передачи давления, аналогичного гидростатическому давлению, от поршня пресса на испытываемый образец геомембраны через слой мелких стальных шариков. Толщина слоя шариков между поршнем и испытываемым образцом составляла в начале испытания не менее 5,0 см.

Успешному проведению испытаний способствовало использование в опытной установке индикатора нарушения герметичности геомембраны — электрогальванического индикатора прокола геомембраны. С обеих сторон геомембраны располагаются положительный (медный) и отрицательный (алюминиевый) электроды. Электропроницаемая среда, являющаяся электролитом с pH = 9,0. При приложении к геомембране разрушающей нагрузки происходит прокол геомембраны, в результате чего гальванический элемент начинает вырабатывать электрический ток напряжением 0,67 В, который фиксируется вольтметром.

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

В Лаборатории сопротивления материалов ГОУ СПбГПУ была собрана установка для проведения опытов, общий вид которой представлен на **рис. 3**. Основным элементом установки является пресс, развивающий нагрузку до 100 тс.

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

В исследовании использовались образцы, приготовленные из импортной высококачественной геомембраны толщиной 1,5 мм, 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 четыре серии испытаний по пять испытаний в каждой серии. Поры грунта формировались при случайном сложении с частицами грунта, прилегающего к пленочной мембране. Испытания производились в изотермических условиях при температуре воздуха в лаборатории +22±1 °С.

Испытания проводились в следующей последовательности:

1. На приставном столике собирается образец для испытаний. В цилиндр последовательно укладываются слой шариков, геомембрана с индикатором прокола, фракционированный щебень.



Рис. 3

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 прорыв.
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 планируемой разрушающей нагрузки. После увеличения нагрузки на ступень образец удерживается в течение 5 мин. под постоянной нагрузкой, корректируемой в автоматическом или ручном режиме системой управления прессом. Для предотвращения зависания грунта на стенках цилиндра дважды при каждом ступенчатом увеличении нагрузки производится сотрясение образца в цилиндре ударами молотка по его боковой наружной стенке.

Во всех сериях испытаний в рамках каждой серии выполнялся единый порядок приготовления испытываемого образца: подстилающий слой выполнялся из стальных шариков, укрывающий слой — из щебня, защитные прокладки, подстилающие и укрывающие пленочный элемент геомембраны (в случае их использования) имели одинаковую плотность.

Анализ результатов испытаний

Полученные в сериях испытаний значения нагрузки на геомембрану, при которых был зафиксирован прорыв геомембраны, подчиняются нормальному распределению случайных величин. Анализ полученных результатов показал, что среди результатов измерений отсутствуют промахи и грубые погрешности.

На рис. 4, 5 представлены результаты испытаний геомембраны из полиэтилена $t = 1,5$ мм, с защитными прокладками из дорнита плотностью $0,45 \text{ кг/м}^2$ и без защитных прокладок.

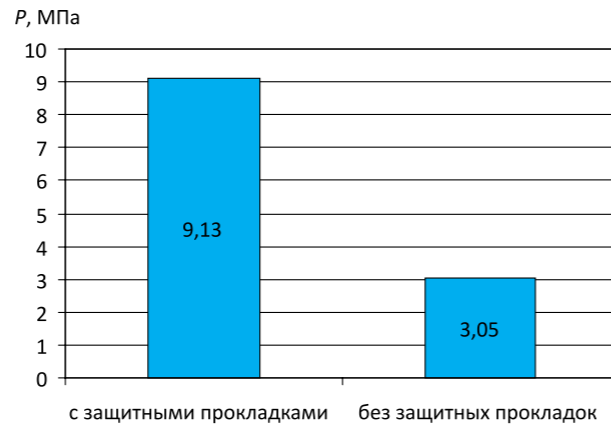


Рис. 4. Результаты испытаний геомембраны $t = 1,5$ мм, расположенной на слое щебня фр. 5–20 мм

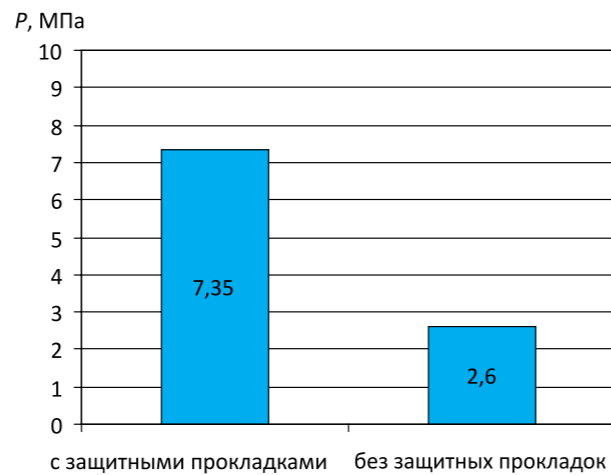


Рис. 5. Результаты испытаний геомембраны $t = 1,5$ мм, расположенной на слое щебня фр. 20–40 мм

док, на прорыв давлением, аналогичным гидростатическому, в поры грунта фр. 5–20 и 20–40 мм, рассчитанных с обеспеченностью 95%. Значения приложенной к поршню нагрузки указаны в МПа.

Сравним результаты испытаний геомембраны в данном эксперименте с результатами испытаний по проколу геомембраны частицами защитных слоев грунта, уложенного с обеих сторон геомембраны.

На рис. 6, 7 показано, что под воздействием нагрузки, аналогичной гидростатике, геомембрана повреждается при значительно больших нагрузках.

Следует отметить, что нарушения герметичности испытанных образцов геомембраны имели вид точечных проколов, образованных частицами грунта. Не было зафиксировано ни одного разрыва геомембраны, который мог быть интерпретирован как прорыв геомембраны в пору грунта.

Влияние вариаций различных факторов на результаты испытаний

1. Влияние факторов состояния окружающей среды.

Испытания проводились в изотермических условиях внутри помещения лаборатории, следовательно, при проведении испытаний удалось избежать вариаций значений модуля деформации полиэтилена при изменении температуры.

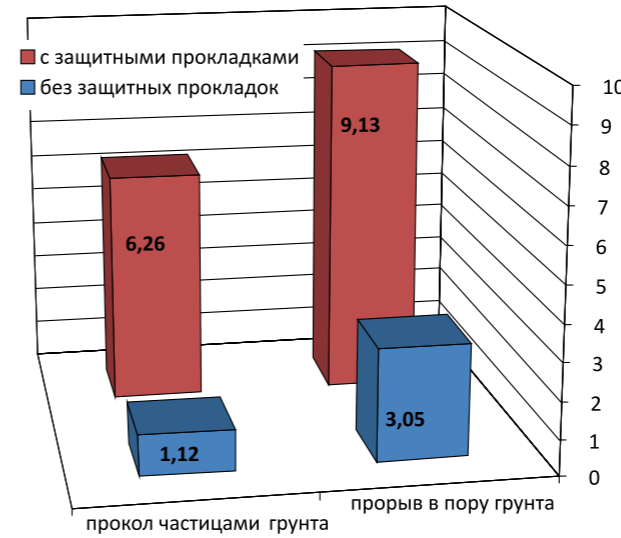


Рис. 6. Сравнительные результаты испытаний геомембраны $t = 1,5$ мм, расположенной на слое щебня фр. 5–20 мм, на прорыв давлением, аналогичным гидростатическому, с испытаниями, при которых происходит прокол геомембраны частицами защитных слоев грунта, уложенного с обеих сторон геомембраны

2. Приборная погрешность. Показания индикатора нагрузки прессы 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 $\pm 10\%$ от значения толщины, указанного в паспорте. Например, исследуемая полиэтиленовая мембрана толщиной 1,0 мм в точке прокола может быть толщиной от 0,9 мм до 1,1 мм. Согласно паспорту изготовителя, дорнит имеет допуск по плотности $\pm 15\%$ от значения плотности, указанного в паспорте, т. е. в точке прокола мембраны с прокладками из дорнита плотностью 500 г/м^2 его фактическая плотность может находиться в диапазоне $425\text{--}575 \text{ г/м}^2$.

Гранулометрический состав щебня соответствует требованиям ГОСТ 12536-79, который не позволяет оценить влияние вариальности крупности частиц щебня и размеры образцовых пор между частицами внутри одной стандартной фракции на результат исследования.

Выводы

1. Результаты выполненных серий испытаний позволяют утверждать об отсутствии технических ограничений высоты плотин с противofильтрационными элементами из геомембраны, состоящей из водонепроницаемой полиэтиленовой мембраны и защитных прокладок из дорнита, относительно разрыва геомембраны под действием гидростатического давления.

2. Механизм образования прокола геомембраны в случае ее заземления между двумя слоями щебня и прокола геомембраны, расположенной на основании из щебня, при воздействии аналога гидростатической нагрузки одинаков: герметичность образца нарушается вследствие продавливания геомембраны твердой остроугольной частицей грунта. В результате проведения испытаний не удалось зафиксировать ни одного случая разрушения геомембраны вследствие превышения допускаемых напряжений при растяжении (выдавливании геомембраны в пору грунта с образованием разрыва последней).

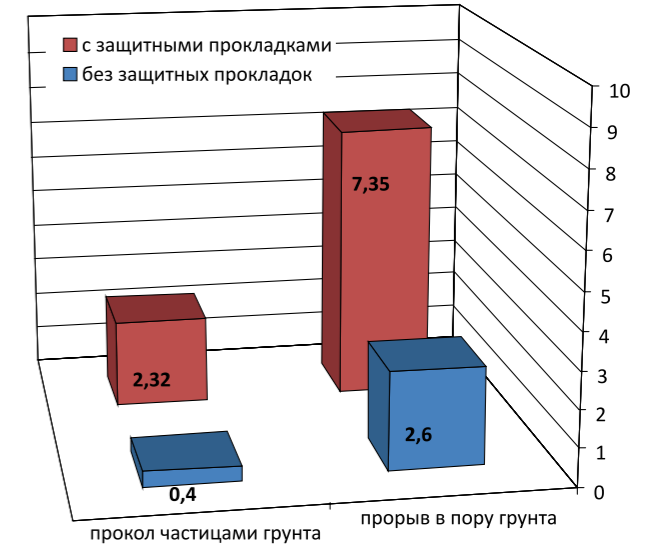


Рис. 7. Сравнительные результаты испытаний геомембраны $t = 1,5$ мм, расположенной на слое щебня фр. 20–40 мм, на прорыв давлением, аналогичным гидростатическому, с испытаниями, при которых происходит прокол геомембраны частицами защитных слоев грунта, уложенного с обеих сторон геомембраны

3. Предлагаемый СН 551-82 расчет прорыва геомембраны, выполненной из полиэтилена низкого давления высокой плотности $t = 1,5$ мм, как без защитных прокладок, так и с защитными прокладками из дорнита, в пору грунта под действием нагрузки, аналогичной гидростатической, не является актуальным в диапазоне нагрузок, при которых геомембрана повреждается при проколе частицами грунта или прорывается в случайном образом сформировавшуюся пору грунта. Определяющим толщину геомембраны должен быть расчет повреждения геомембраны частицами грунта.

Наличие защитных прокладок из дорнита существенно повышает величину нагрузки, при которой происходит повреждение геомембраны.

Литература:

1. Лупачев О. Ю., Телешев В. И. Противofильтрационные 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 противofильтрационных элементов плотин и дамб // Гидротехника. 2009. № 1. С. 71–75.
3. СНиП 2.06.01-86. Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования. М.: Госстрой, 1986.
4. Инструкция по проектированию и строительству противofильтрационных устройств из полиэтиленовой пленки для искусственных водоемов. СН 551-82. М.: Госстрой, 1988.
5. Рекомендации по проектированию и строительству противofильтрационных устройств из полимерных рулонных материалов. СПб., 2010.
6. Гладштейн О. И. Особенности применения геосинтетических материалов в гидротехническом строительстве // Гидротехника. 2009. № 1. С. 69–70.
7. Глебов В. Д., Кричевский И. Е. Судаков В. Б. Лысенко В. П. Толкачев Л. А. Пленочные противofильтрационные устройства гидротехнических сооружений. М.: Энергия, 1976.
8. Лысенко В. П. Конструкции противofильтрационных пленочных экранов грунтовых плотин. Л.: ВНИИГ, 1975.
9. Радченко В. П., Семенов В. М. Геомембраны в плотинах из грунтовых материалов // Гидротехническое строительство. 1993. № 10.

ВЫБОР СПОСОБА РАСШИРЕНИЯ ХВОСТОХРАНИЛИЩА



Пятаков В. Г.,
доктор техн. наук, нач. отд.
ГТС и разработки россыпных
месторождений
ОАО «Иргиредмет»



Неретин А. В.,
старший научных сотрудник
ОАО «Иргиредмет», г. Иркутск

Главной целью расширения действующих хвостохранилищ обогатительных фабрик является увеличение их вместимости. На выбор способа увеличения вместимости хвостохранилища, как правило, влияет ряд факторов. К основным из них можно отнести следующие:

- техническая возможность наращивания высоты существующей ограждающей дамбы до требуемой вместимости;
- наличие поблизости грунта с требуемыми строительными свойствами;
- ценность прилегающей к действующему хвостохранилищу земли;
- климатические особенности района (особенно наличие многолетней мерзлоты);
- фильтрация грунтов, подаваемых в тело ограждающей дамбы, и хвостов, оседающих у мокрого откоса дамбы в виде пляжа.

В настоящей статье рассмотрена последовательность выбора способа расширения хвостохранилища на примере золотозвлекательной фабрики на севере Бурятии.

Предприятие расположено в суровых климатических условиях в зоне распространения многолетней мерзлоты. По этой причине до наступления ледостава на водной поверхности хвостохранилища стремятся поднять уровень воды в чаше, чтобы создать необходимый для размещения хвостов в холодный период под лед полезный объем, включающий и намерзающий лед.

На момент постановки задачи (октябрь 2009 г.) действовала III секция хвостохранилища с площадью зеркала 85 600 м² и высотой ограждающей дамбы от 4,0 до 10,5 м (рис. 1). Секции I и II были заполнены ранее и рекультивированы.



Рис. 1. Вид действовавшей III секции хвостохранилища в октябре 2009 г. (за хвостохранилищем виден карьер, из которого брался грунт для отсыпки дамбы)

Задача сводилась к поиску способа расширения хвостохранилища для дополнительного размещения в нем 3 млн т хвостов.

При выборе способа расширения хвостохранилища были рассмотрены следующие четыре варианта:

- 1) Наращивание высоты дамбы существующей III секции хвостохранилища привозным грунтом из ближайшего карьера. Наращивание дамбы ведется по линии верхнего откоса дамбы (рис. 2, а) поэтапно. При такой схеме наращивания дамбы с увеличением ее высоты растет площадь зеркала хвостохранилища.
- 2) Наращивание высоты дамбы существующей III секции также привозным грунтом, но повышение дамбы производится без увеличения площади зеркала хвостохранилища (рис. 2, б).
- 3) Увеличение площади хвостохранилища в 2,5 раза за счет сооружения бульдозером на новых площадях пионер-

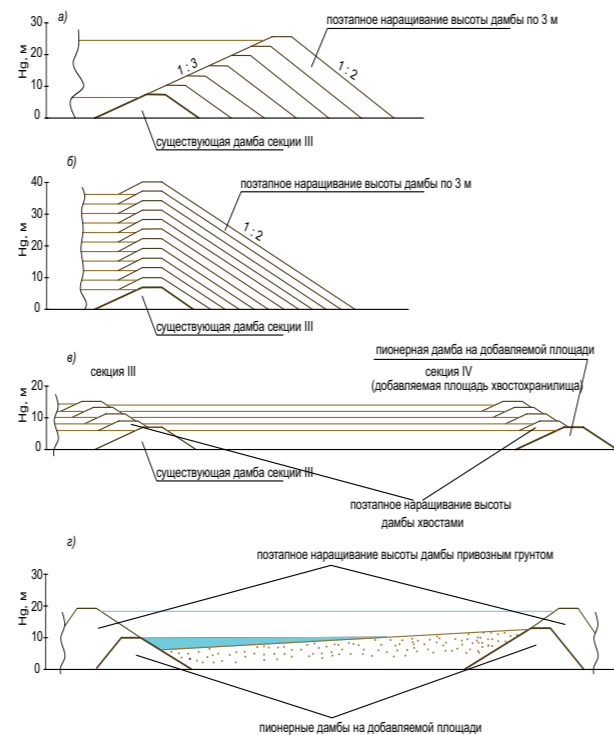


Рис. 2. Принципиальные схемы возможных способов расширения хвостохранилища

Таблица. Величины затрат на расширение хвостохранилища по вариантам

Варианты расширения хвостохранилища	Сооружение пионерных дамб бульдозером на новой площади			Наращивание дамбы привозным грунтом			Наращивание дамбы собственными хвостами			Полные затраты на расширение при условии дополнительного размещения 3 млн т хвостов, млн руб.
	Объем грунта в дамбах, м ³	Себестоимость 1 м ³ , руб.	Затраты, млн руб.	Объем грунта при наращивании, м ³	Себестоимость 1 м ³ , руб.	Затраты, млн руб.	Объем строительных работ, м ³	Себестоимость строительных работ, руб./м ³	Затраты, млн руб.	
Вариант № 1	–	–	–	2220000	126	279,7	–	–	–	279,4
Вариант № 2	–	–	–	2550000	126	321,3	–	–	–	321,3
Вариант № 3	171810	36,9	6,3	–	–	–	244000	67	16,2	22,5
Вариант № 4	130000	36,9	4,8	630000	126	79,4	–	–	–	84,2

Примечание: величина себестоимости выполнения строительных работ принята по укрупненным экономическим расчетам с учетом свойств грунтов, трудоемкости их разработки, дальности транспортировки и затрат на формирование дамб в реальных условиях.

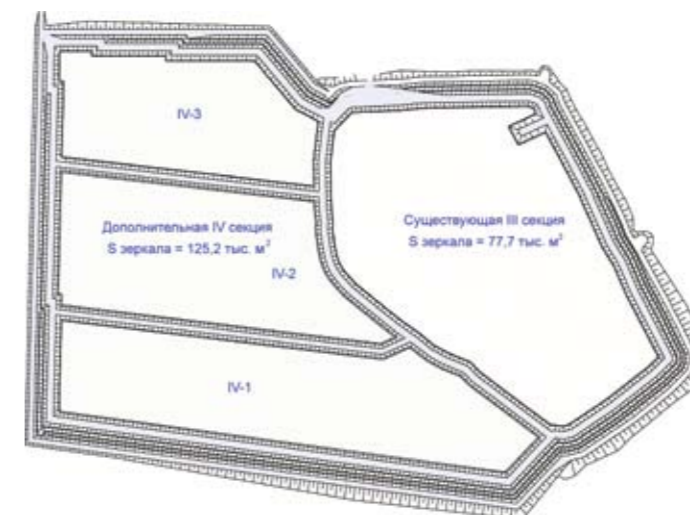


Рис. 3. Проектный план расширенного хвостохранилища при максимальной высоте ограждающих дамб

ной ограждающей дамбы высотой 4–6 м из грунта основания чаши и дальнейшее наращивание пионерной дамбы собственными хвостами, вынимаемыми в конце холодного периода после рыхления пляжного участка бульдозером-рыхлителем. Наращивание высоты дамбы хвостами ведется поэтапно при высоте разового наращивания 2 м (рис. 2, в).

4) Увеличение площади хвостохранилища в 2,5 раза за счет сооружения бульдозером на новых площадях пионерной дамбы высотой 6–10 м из грунта основания чаши, подача хвостов с нагорной части хвостохранилища с растеканием в пониженную часть хвостохранилища и последующее поэтапное наращивание высоты дамбы привозным грунтом из карьера (рис. 2, г).

Следует отметить, что земли, запланированные под расширение площади хвостохранилища, находятся в безрудной зоне, а по характеру растительности относятся к лесотундре.

Технология наращивания высоты дамбы собственными хвостами ранее изложена в [1].



Рис. 4. Вид хвостохранилища в стадии его расширения (октябрь 2011 г.)

Все представленные выше способы расширения хвостохранилища технически реализуемы, поэтому в качестве критерия выбора целесообразного варианта принята величина затрат на период строительства пионерной ограждающей дамбы и дальнейшего поддержания хвостохранилища в рабочем состоянии до размещения в нем дополнительно 3 млн т хвостов.

В таблице приведены результаты выполненных укрупненных расчетов по определению величины полных затрат для рассмотренных вариантов. Очевидно, что наименее затратным является вариант № 3, который и был принят для дальнейшего проектирования расширения хвостохранилища.

На рис. 3 представлен проектный план расширенного хвостохранилища. К секции III добавлена секция IV, ограждающая дамба которой строится поэтапно как по площади, так и по высоте.

К настоящему времени пущена в работу секция IV-1 (рис. 4).

Литература

1. Пятаков В. Г., Неретин А. В. Технология наращивания дамбы хвостохранилища в районах распространения многолетней мерзлоты // Гидротехника. 2011. № 4. С. 92–93.

ОАО «ИРГИРЕДМЕТ»

664025 г. Иркутск, бульвар Гагарина, 38
Тел. (3952) 25-51-58, факс: (3952) 33-08-95, 33-08-33
www.irgiredmet.ru

СОСТОЯНИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ И ВОДОТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО РЕМОНТУ И УСИЛЕНИЮ КОНСТРУКЦИЙ

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

Возведенные более 50 лет назад сооружения нуждаются в проведении значительных работ по ремонту и усилению конструкций, без которых дальнейшая безаварийная эксплуатация не представляется возможной.

Специфика ремонтируемых объектов, а также условий их работы и эксплуатации, требует разработки отдельного перечня специализированных продуктов, подлежащих применению на объектах гидротехнических и водотранспортных сооружений. В настоящее время в отечественной практике на нормативном уровне такого перечня не существует, поэтому материалы и технологии ремонта для каждого объекта подбираются индивидуально, в зависимости от поставленных задач и технического состояния конструкций.

Компания «Строительные технологии и материалы» предлагает специальный перечень продуктов, подлежащих использованию при ремонте: железобетонных и металлических конструкций плотин; шлюзов и причальных сооружений; туннельных и подводных сооружений и т. п., включающий в себя следующие группы продуктов:

- специальные добавки для приготовления бетонов и растворов подводного применения;
- инъекционные полиуретановые смолы и пены для герметизации;
- эпоксидные смолы надводного и подводного применения для ремонта и приготовления ремонтных растворов.

В процессе работы по созданию данного ассортимента выяснилось, что многие труднорешаемые в отечественной практике задачи имеют за рубежом простые и широко применяемые способы решения, обеспечивающие высокие скорость работ и качество.

Одним из них является применение специальной эпоксидной смолы «Ипанол ИХ», применяемой как в качестве самостоятельного продукта, так и для приготовления полимерцементных ремонтных и защитных растворов.

Отличительной характеристикой «Ипанол ИХ» является способность к полимеризации и обеспечению высокой адгезии к бетонным и металлическим конструкциям зоны подводной части и зоны переменного уровня сооружений.

«Ипанол ИХ» обладает низкой вязкостью и прекрасно подходит для инъекционного нагнетания однокомпонентными насосами. Однако введением специальных добавок преобразуется в пластичный тиксотропный состав для ремонта поверхностных дефектов и зачеканки швов.

Кроме этого, «Ипанол ИХ» используется для приготовления высокопрочных ремонтных растворов на основе обычных цементно-песчаных составов для участков конструкций, подвергающихся значительной механической нагрузке, например, водосливов, причальных стенок, участков, подверженных ледовой нагрузке.

«Ипанол ИХ» является экологически безопасным продуктом и может быть использован для ремонта сооружений питьевого водоснабжения.

В сооружениях, где необходимо произвести ремонт трещин с активной фильтрацией (туннели, потерны и т. п.), перед применением «Ипанол ИХ» необходимо произвести тампонаж протечек гидроактивными (вспенивающимися) однокомпонентными полиуретановыми смолами «Ипапур ВП 1К» и «Ипапур ВМ 1К».

Для герметизации «дышащих» трещин и швов мы рекомендуем заменить «Ипанол ИХ» эластичными инъекционными полиуретановыми смолами «Ипапур ИФ» и «Ипапур СП».

За прошедшее время компания «СТИМ» принимала участие в реализации множества проектов, частично или непосредственно связанных с приготовлением, ремонтом и гидроизоляцией бетона в различных условиях применения и эксплуатации.

Помимо поставок готовых продуктов компания «Строительные технологии и материалы» осуществляет техническое консультирование или полностью выполняет работы по проектированию составов бетонов и торкрет-бетонов с использованием современных зарубежных добавок в бетоны и растворы. Применение современных научных разработок позволяет значительно улучшить технико-экономические показатели рядовых бетонных смесей, а также получить смеси со специальными требованиями: безусадочные, высокопрочные, торкретируемые, с высокими требованиями по водонепроницаемости и морозостойкости и специальные растворы для инъецирования конструкций и грунтов.

Все разработки осуществляются на основе местной сырьевой базы с минимальным применением завозных материалов — добавок, расход которых незначителен ввиду высокой эффективности.

Таким образом, в результате накопленного опыта в сочетании с постоянным сотрудничеством с партнерами специалисты компании всегда готовы предоставить квалифицированную помощь как при выборе отдельных материалов, так и при решении комплексных технических задач на объекте, что обеспечивает их успешное и эффективное решение.

От лица компании «Строительные технологии и материалы» хочу поздравить всех коллег с наступившим 2012 годом и пожелать им динамичного развития, новых интересных проектов и профессионального успеха!

ООО «СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ»

ctm
construction
technologies
and materials

195027 Санкт-Петербург,
ул. Магнитогорская, д. 11, лит. Ю,
БЦ ИСТЕН, оф. 416,
Тел./факс (812) 495-6682



группа компаний
ТЕХПОЛИМЕР

Российский производитель
геосинтетических материалов

Области применения геосинтетических материалов:

- Гидроизоляция новых и реконструируемых дамб, плотин
- Гидроизоляция прудов-испарителей
- Гидроизоляция отстойников технологических вод
- Гидроизоляция хвостохранилищ
- Гидроизоляция полигонов ТБО и ПО
- Армирование откосов и склонов
- Система дренажа и водоотвода дорог, тоннелей, подземных частей зданий и сооружений
- Укрепление бортов горной выработки
- Укрепление сводов шахт

Геомембрана «ТехПолимер»

ТУ 2246–001–56910145–2004
специально разработана для использования в качестве противодиффузионных герметичных экранов на объектах промышленного строительства

Гидромат «ТехПолимер»

СТО 56910145–005–2011
для выполнения строительных работ по устройству пластового дренажа полигонов ТБО, магистральных трубопроводов, автомобильных и железных дорог

Георешетка «ТехПолимер»

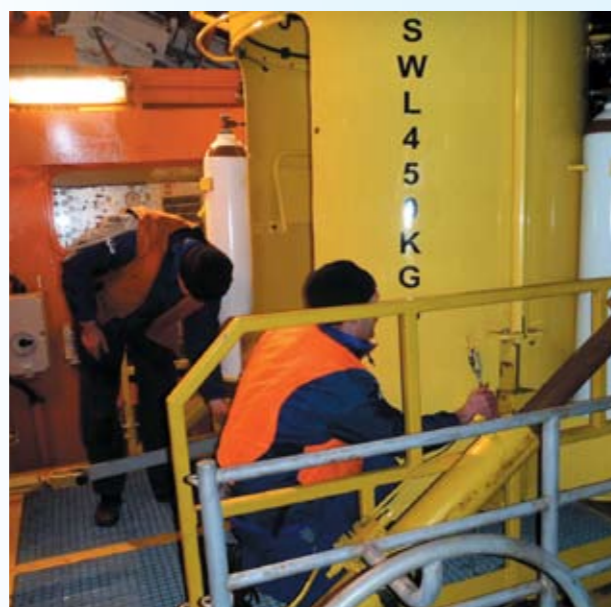
ТУ 2246–002–56910145–2006
разработана для повышения несущей способности, усиления и армирования слабых и нестабильных грунтов



(391) 269–58–98; 269–54–64
269–57–15; 269–54–74



e-mail: info@texpolimer.ru
www.texpolimer.ru



ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ



Чижов Е. А.,
директор ООО фирмы «Рассвет-К»

Чижов А. Е. (на фото),
канд. техн. наук, профессор,
зам. директора по НИР
ООО фирмы «Рассвет-К»

Новиков С. Г.,
канд. техн. наук, доцент РГСУ



Чижов М. Е.,
аспирант ИБРАЭ РАН

Миронов А. К. (на фото),
гл. механик ЦХХ ОАО
«Михайловский ГОК»

Оборудование гидромеханизации: грунтовые насосы, трубопроводы, компенсаторы, переходники, отводы — работают в условиях интенсивного гидроабразивного износа. Поэтому при проектировании, изготовлении и модернизации этого оборудования вопросам повышения долговечности необходимо уделять самое серьезное внимание. Решение этой проблемы достигается различными способами. Один из них традиционный — использование твердых и сверхтвердых сплавов. Однако этот способ не всегда экономичен.

Как показывает наш опыт и опыт других исследований, целесообразнее использовать не повышенную твердость материалов, а учитывать эластичность таких материалов, как резина. Способность резин к высокоэластическим деформациям приводит к частичному поглощению и рассеиванию энергии ударов потока твердых частиц.

Однако сложность и недостаточная изученность природы физико-химических процессов гидроабразивного износа эластичных материалов, большая номенклатура оборудования гидромеханизации и резко отличающиеся условия его эксплуатации вызывают серьезные затруднения обоснованного выбора соответствующих рецептур защитных резино-канальных покрытий.

Наибольшее применение для защиты внутренней поверхности пульпопроводов нашли высокомолекулярные соединения, к которым относятся различные резиновые смеси.

Резина отличается от других технических материалов уникальным комплексом физико-механических свойств, из которых главное — высокая эластичность. Это свойство делает резину одним из основных конструктивных материалов.

В отличие от других материалов она свободна к значительным, практически обратимым деформациям под действием больших нагрузок. Эластичные свойства резины сохраняются в широком интервале температур. Модуль упругости резины при температуре 230 находится в пределах 10–100 кгс/см². Для сравнения — модуль упругости стали составляет около 2 000 000 кгс/см². Резина отличается малой объемной сжимаемостью и большой величиной коэффициента Пуассона, составляющей 0,4÷0,5 (для стали этот коэффициент равен 0,25). Способность резины к высокоэластичной деформации и высокая усталостная выносливость сочетаются со значительной износостойкостью, прочностью на разрыв и ударную нагрузку. Основные физико-механические характеристики резины, используемые при изготовлении гибких пульпопроводов, представлены в табл. 1 и 2.

Гидроабразивное изнашивание резиноканальных материалов потоком абразивной пульпы происходит в результате многократного ударного воздействия на поверхность твердых частиц, вследствие чего в поверхностном слое резины накапливаются усталостные деформации, и резина разрушается. Способность резины перераспределять энергию ударов

Табл. 1. Физико-механические характеристики резин, используемых в пульпопроводах

Шифр*, р/см	Тип и содержание каучука, масс. час	Пластичность, усл. ед.	Плотность, усл. ед.	Твердость, усл. ед.	Усталостная прочность при растяжении, МПа	Относит. удлинение, %	Остат. удлинение, %	Сопрот. раздиру, КН/м	Эласт. по отскоку, %	Гидроабраз. износостойкость, усл. ед.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
101	НК (100)	0,35	1,11	60	21	600	22	72	48	10
101/1	НК (100)	0,48	1,05	45	22	700	22	58	51	11
102	НК+СКД (50+50)	0,32	1,18	60	19	595	30	70	40	12
103	СКД (100)	0,41	1,08	68	20,5	736	18	56	38	12
104	СКИ 3+СКД (75+25)	0,45	1,05	45	20,6	600	25	60	52	17
105	СКИ 3+СКД (75+25)	0,45	1,07	50	21,4	680	19	66	54	19
106	НК+СКД (60+40)	0,30	1,2	68	22,8	680	10	36	50	13

*Условное обозначение резиновой смеси на предприятии ООО фирма «Рассвет-К».



Рис. 1. Испытания напорно-всасывающего патрубка диаметром 800 мм

твердых частиц, частично поглощать и возвращать ее потоку, в конечном счете, и определяет износостойкость.

Большое значение на интенсивность гидроабразивного износа оказывает скорость релаксационных процессов, а также величина механических потерь [1–6]: чем меньше механические потери, тем выше износостойкость.

При моделировании гидроабразивного износа резиноканевых материалов за меру износа может быть принята величина возвращаемой энергии при деформации резин.

Наиболее детально механизм гидроабразивного износа рассмотрен в работах Пенкина Н. С. [2, 6], который вывел графические и аналитические зависимости интенсивности изнашивания от различных свойств резин и условий износа: эластичности, динамического модуля, коэффициента трения, концентрации пульпы, скорости соударения, угла атаки твердых частиц и их размера.

Надежное прогнозирование срока службы резиноканевых трубопроводов, рабочих колес грунтовых насосов, компенсаторов и другого оборудования гидромеханизации, работающего в условиях гидроабразивного износа, возможно только на основании лабораторных или стендовых испытаний, моделирующих реальные условия эксплуатации.

При лабораторных и стендовых гидроабразивных испытаниях образцы резиноканевых материалов либо обтекаются потоком пульпы, либо подвергаются действию струи.

Недостатком большинства лабораторных стендов является замкнутость цикла испытания, во время которого пульпа в лучшем случае периодически обновляется. Из-за этого условия испытаний не постоянны: изменяются гранулометрический состав пульпы, степень обкатанности твердых частиц. Все это существенно сказывается на величине интенсивности износа или относительной износостойкости по отношению к модельному образцу, изготовленному, как правило, из стали.

Струеударные установки дают более сходимые результаты, чем установки, в которых образцы омываются потоком в замкнутом цикле испытаний.

Существенный недостаток струеударных установок — непостоянство параметров испытаний, значительный разброс результатов.

Приближение к реальным условиям работы дают стенды, включаемые непосредственно в технологический или производственный процесс, т. е. там, где образцы устанавливаются, к примеру, непосредственно в пульпопровод.

На рис. 1 показана работа напорно-всасывающего патрубка диаметром 800 мм, установленного на всасывающей линии насоса 1 ГРТ 4000/71 в цехе хвостового хозяйства Михайловского ГОКа.



Рис. 2. Испытания опытного эластичного переходника диаметром 950 × 610 мм

На рис. 2 показана работа опытного образца напорно-эластичного переходника диаметром 950 × 610 мм длиной 1800 мм, установленного на грунтовый насосный агрегат 2ГРТ 8000/71 хоз. № 7.

После 1055 часов эксплуатации видимых следов гидроабразивного износа обнаружено не было. За время эксплуатации снижена вибрация напорного трубопровода, снижена вероятность расцентровки насосных агрегатов. Однако при разработке конструкции этого переходника не было учтено следующее: возможность образования в переходнике вакуума; возможность возникновения гидроудара. При установке второго такого же переходника и запуске насоса произошел гидроудар и разрыв закладного стального кольца, установленного в месте перехода диаметров.



Рис. 3. Испытания эластичного компенсатора диаметром 1200 мм

Табл. 2. Физико-механические характеристики резин, используемых для изготовления абразивоустойчивых пульпопроводов

Условн. обознач., р/см.	Условная прочность при растяжении, мПа		Сопротивление раздиру, н/м		Потери объема при истирании, мм ³ по DIN 53510	
	норма	факт	норма	факт	норма	фактич. показ
8–107	н/м 24,5	25,0–28,0	–	100–130	н/б 160	90–140
8–108	н/м 15,0	20,0–23,0	–	80–100	н/б 100	35–60
8–109	н/м 20,0	20,0–23,0	–	80–100	н/б 100	35–60
8–110	н/м 20,0	20,0–24,0	н/м 78,0	90–120	н/б 160	90–140
8–111	н/м 25,0	26,0–28,0	–	–	н/б 120	88–105
8–112	н/м 18,0	20,0–23,0	–	–	н/б 90	55–72

Табл. 3. Резиновые смеси, рекомендуемые для пульпопроводов, транспортирующих грунты разных категорий

Назначение	Твердость по Шору, А	Норма для резин	
		Эластический отскок, %	Потери объема при истирании, мм ³ по Din 53510
Гравийная гидросмесь	55–60	45	120
	58–65	43	145
	60–70	40	125
	45–55	50	150
Для грунтов, склонных к залипанию	30–40	72	95
Грунты III категории	65	45	150

В настоящее время — после анализа работы опытных образцов и внесения изменений в конструкцию — мы приступили к изготовлению новых переходников, предусматривающих увеличение жесткости конструкции за счет установки промежуточных распорных колец.

Недостатком таких испытаний является небольшая скорость (до 5 м/с) и невозможность изменения параметров испытаний в широком диапазоне. В настоящее время на Михайловском ГОКе проходят промышленные испытания гибких эластичных компенсаторов осевых деформаций (рис. 3) диаметром 1200 мм. Компенсатор установлен на магистральном пульповоде хвостового хозяйства МГОКа.

Компенсатор может компенсировать до 150 мм осевых перемещений. После 1000 часов промышленной эксплуатации видимых следов гидроабразивного износа нет.

В табл. 3 представлены резиновые смеси, которые мы рекомендуем для пульпопроводов, транспортирующих грунты разных категорий.

На основании анализа эксплуатационных характеристик продукции предприятия ООО «Рассвет-К» из полимерных композиционных материалов мы рекомендуем предприятиям горной и горно-перерабатывающей промышленности, предприятиям гидромеханизации следующие изделия:

1. Гибкие абразивоустойчивые технологические трубопроводы для насосных агрегатов диаметром до 1200 мм на рабочее давление до 1 мПа.
2. Гибкие эластичные патрубки диаметром до 1200 мм длиной до 1500 мм на рабочее давление до 1 мПа для соединения труб, работающих в разных плоскостях с углами компенсации 45–70°.
3. Клапаны эластичные для донных затворов.
4. Сита виброгрохотов абразивоустойчивые с размерами карт до 800 × 2200 мм.
5. Ударные пластины из эластичных материалов и абразивоустойчивой резины, армированные высокопрочными синтетическими тканями или металлокордом. Предназначены для поглощения энергии от ударных воздействий при загрузке конвейеров, разгрузке бункеров и т. д.
6. Резиновые футеровки для уменьшения износа и защиты от коррозии поверхностей технологического оборудования.

7. Эластичные абразивоустойчивые выпуски опорожнения магистральных трубопроводов хвостохранилищ.
8. Конусные переходники из абразивоустойчивой резины диаметром до 1200 мм.
9. Патрубки напорно-всасывающие эластичные абразивоустойчивые диаметром до 1200 мм.
10. Отводы износоустойчивые диаметром до 1200 мм.
11. Тройники эластичные абразивоустойчивые.
12. Эластичные компенсаторы диаметром до 1200 мм для компенсации осевых деформаций.
13. Гибкие длинномерные абразивоустойчивые плоско-сворачиваемые трубопроводы.
14. Гибкие длинномерные оболочки для обваловки карт намыва хвостохранилищ.
15. Трубы напорные гибкие плавающие диаметром до 730 мм.
16. Трубы гибкие напорно-всасывающие диаметром до 1200 мм.
17. Трубы гибкие всасывающие диаметром до 900 мм.

Литература

1. Фрикционный износ резины / под ред. В. Ф. Евстратова. М.: Химия, 1964.
2. Пенкин Н. С. Гуммированные детали машин. М.: Машиностроение, 1972.
3. Капралов Е. П., Дмитриев А. А., Бобров Г. М. и др. Гуммирование быстроизнашиваемых деталей обогатительного оборудования на предприятиях цветной металлургии. Л.: ЦНИИ-Цветмет, 1962.
4. Марей А. И., Извозчиков П. В. Определение износа в потоке абразивного зерна.
5. Бродский Г. И., Евстратов В. Ф. Истирание резин. М.: Химия, 1975.
6. Пенкин Н. С. Износостойкость гуммированных деталей машин в абразивных средах. МИНХ и ГП, 1978.
7. Чижов А. Е. Использование гибких напорных плоско-сворачиваемых резиноканевых рукавов для гидротранспорта абразивных материалов // Гидротехническое строительство. 1977. № 12.

ООО фирма «Рассвет-К» предлагает нашим партнерам высококачественную и технологичную продукцию. Надеемся на плодотворное сотрудничество в области разработки и внедрения новых изделий в гидромеханизации.



ООО фирма «Рассвет-К»
г. Курск, ул. Народная, 7 «А»
Тел./факс: (4712) 73-47-73,
73-47-72, 73-47-71
E-mail: rassvet-k@yandex.ru
http://www.rassvet-k.ru,
www.gruntoprovod.ru

ДРЕДЖИНГ КАК ФАКТОР ОПТИМИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ

Шилин М. Б.,
доктор географ. наук, профессор РГГМУ и СПбГПУ, главный специалист
ООО «Нефтегазгеодезия», член экологической комиссии Центральной
дреджинговой ассоциации

Мамаева М. А.,
канд. физ.-мат. наук, нач. управления международных связей РГГМУ

Леднова Ю. А.,
аспирант СПбГПУ

Волнина О. В.,
аспирант РГГМУ

На сегодняшний день дноуглубительные и берегонамывные работы (ДБР) являются важным компонентом в развитии береговой зоны. В качестве важнейшей задачи ДБР рассматривается сохранение, поддержание и улучшение качества природной среды — как водной, так и околоводной. Эта задача по-разному решается при проведении капитальных, ремонтных и очистных ДБР.

При проведении капитальных ДБР в качестве критериев сохранения качества среды обычно используются скорость восстановления после проведения ДБР биологических сообществ и возможность ускорения процесса восстановления экосистем, затронутых ДБР. История королевства Нидерланды практически целиком основана на капитальных ДБР, направленных на формирование новых территорий с целью «отвоевывания» у моря фрагментов суши «кусочек за кусочком»; при этом качество природной среды береговой зоны признается одним из наиболее высоких в Западной Европе. Современное развитие прибрежной зоны сложно представить без капитальных ДБР, к которым относятся: строительство портов, подходных каналов, причалов для яхт, увеличение территории путем намыва и насыпки, особенно — в престижных районах города (что широко используется, например, в Санкт-Петербурге).

Ремонтные ДБР известны еще со времен Греческой и Римской империй. Примером проведения таких работ является город Эфес, в котором в Византийский период регулярно проводились дноуглубительные работы, связанные с расчисткой гавани от большого потока наносов, приносимых с близлежащих территорий. Такие работы одновременно улучшали качество водной среды и обеспечивали возможность проводки торговых судов. В настоящее время все без исключения прибрежные сооружения нуждаются в поддержании или ремонтных ДБР, которые включают в себя расчистку каналов от наносов, углубление портов и пр. Подходные каналы необходимо расчищать периодически вне зависимости от хозяйственной деятельности человека, т. к. заиливание и занесение каналов наносами происходят в результате преимущественно природных процессов, связанных с изменением природного рельефа.

Наконец, очистные ДБР регулярно проводятся как в прибрежно-морской зоне, так и в городских водоемах и водотоках, в частности — в Санкт-Петербурге, и по определению направлены на улучшение качества природной среды. Отличие очистных ДБР от остальных видов работ заключается в изъятии

загрязненного (иногда токсичного) грунта из природной среды и либо перемещении его в специальные хранилища, либо использовании в качестве одного из типов строительного материала. В последнем случае извлеченный грунт («дреджинговый материал») подвергается дополнительной очистке. На современном этапе развития ДБР загрязненный грунт очищается лишь в единичных местах в мире, где хорошо развиты технологии очистки и нет возможности складировать грунт в отвалы. В некоторых отраслях строительства даже загрязненный грунт может быть использован в качестве строительного материала. Существуют различные технологии замены традиционно используемых щебня, гравия и прочих материалов для отсыпки основы различных прибрежных конструкций, таких как дамбы, валы и пр. К таким технологиям относится использование геотекстильных материалов и геотуб, которые при заполнении дреджинговым материалом приобретают требуемые свойства, при этом отпадает необходимость специально разрабатывать карьеры с горными породами, которыми традиционно отсыпались основы для дамб и прочих конструкций.

Интересным положительным опытом использования очистных ДБР для повышения качества среды в береговой зоне является рекультивация территории химического терминала в городе Сфаксе (Тунис) в ходе проекта Тапарура.

Проект Тапарура является примером решения задачи, связанной с устойчивым экономическим развитием и обеспечением экологической безопасности портовых городов и прилегающих территорий (рис. 1). Проектный район простирается вдоль северного побережья г. Сфакса и нуждается



Рис. 1. Аэроснимок, сделанный в ходе проведения земляных работ (Callaert B., 2010)



Рис. 2. До санации (Callaert, 2010)



Рис. 3. После санации (Callaert, 2010)

в санации для создания городского промышленного комплекса, очистки пляжей, восстановления и развития региона. Сфакс расположен в 270 км юго-восточнее г. Туниса. Это крупнейший в Тунисе средиземноморский порт, специализирующийся на экспорте фосфатов. Прибрежная область площадью 150 га многие годы была загрязнена различными видами твердых и жидких отходов. Остатки от промышленного фосфатирования («фосфогипс») размещались на площади 50 га кучами до 6 м высотой.

Распространяющееся загрязнение угрожало пляжам и прибрежным водам, препятствуя дальнейшему развитию и экономическому росту и представляя угрозу здоровью людей. В марте 2006 г. проектировщики компаний «Ян Де Нул»/Jan De Nul (Бельгия), «Энвисан»/Envisan (Бельгия) и «Соматра-Гет»/Somatra-GET (Тунис) получили согласие города на преобразование побережья для создания пляжей и новых городских территорий. Для преобразования загрязненной промышленной зоны и размещения 3 000 000 м³ фосфогипса в центральной части проектного района создан искусственный пирамидальный остров общей площадью 55 га. После детализированного исследования береговой зоны осуществлено извлечение около 1,7 млн м³ загрязненного материала с берегового участка, включая 1,25 млн м³ фосфогипсовой полосы, и изъятие 450 000 м³ загрязненных осадков, расположенных под водой, с глубины от 0,5 до 1,5 м. Весь мокрый загрязненный материал был собран и осушен на специальной территории. Санация пирамидального фосфатного купола включила в себя изменения формы склонов, установку вертикального цементно-бетонного высокопрочного экрана вдоль периметра для того, чтобы ограничить область полигона, а также установку покрывающего слоя с грунтовым материалом и формирование нового почвенного слоя. Рекультивация области была произведена с использованием 6,75 млн м³ песка, доставленного с расстояния 18 км. На рис. 2 и 3 показана ситуация в ПМЗ до проведения очистных ДБР и после.

Дреджинговые работы производились с середины 2006 по 2008 гг. в прибойной зоне (глубина воды от 0,5 до 1,5 м). Ввиду сильного загрязнения осадков и высокой стоимости работ ДБР были сведены к минимуму благодаря применению высокоточной техники проведения работ. Изъятый материал временно помещался на вершину существующей свалки, где он осушался. После осушения материал использовался для преобразования свалки. Стадия восстановления территории включила в себя создание дамбы, дренажного канала и вертикального экрана вокруг свалки. Экран был построен из цементно-бетонной стены в грунте с тонкой пленкой из высокопрочного полиэтилена. Восстановление области на берегу проводилось с использованием песка, поступающего по пульпопроводу из канала Керкенах. Восстановление береговой зоны порта Сфакс по проекту

Тапарура оказало прямое положительное воздействие на здоровье людей путем устранения из береговой зоны осадков, загрязненных мышьяком, свинцом, кадмием, хромом, фтористыми соединениями, цинком, сурьмой и медью.

Проект Фасивер является примером того, как обезвоженный мелкозернистый грунт может использоваться для изоляции загрязненного грунта — как на земле, так и на водных объектах. Пример — покрытие свалок бытовых отходов или полигонов промышленных отходов или восстановление загрязненных и заброшенных участков под застройку на ранее использованной территории (например, площадка Фасивер/Fasiver рядом с г. Гентом в Бельгии, рис. 4).

Загрязненные и заброшенные участки могут быть пригодны для застройки и промышленной деятельности после покрытия загрязненных почв обезвоженными дреджинговыми материалами. Примером является площадка Фасивер близ г. Гента в Бельгии. Проект Фасивер сочетает в себе комплексное решение по трем вопросам:

- недостаток мест под отвалы извлеченного грунта и, как следствие, отсрочка (задержка) ремонтного углубления каналов в области Гента;
- наличие загрязненных и заброшенных территорий, непригодных для развития;
- нехватка площадей для промышленного развития вблизи Гента.

В проекте Фасивер загрязненная территория в 42 га покрыта осушенным и обработанным дреджинговым материалом. Использование 1,3 млн т обработанного сухого вещества позволило поднять уровень площадки до 5 м. Загрязненные почвы и грунтовые воды очищены, территория подготовлена под застройку. Различные партнеры объединили свои знания и профессиональную компетенцию и с 2000 по 2007 гг. осуществили:



Рис. 4. Аэроснимок расположения площадки Фасивер с миллионами тонн очищенного дреджингового материала (Murray, 2008)



Рис. 5. Пальмовый остров Джумейра/Jumeirah (Waterman, 2007)

- ♦ рекультивацию места;
- ♦ обработку дреджингового материала;
- ♦ перепланировку территории 42 га для промышленной зоны.

К концу 2007 г. 850 000 т дреджингового материала было обработано и использовано в месте проведения работ.

Пальмовый остров Джумейра/Jumeirah может быть рассмотрен как один из самых захватывающих примеров искусственно созданных островных территорий (рис. 5). Всемирно известный намывной остров Пальма Джумейра создан как свободная экономическая зона и при этом является одной из самых протяженных искусственных прибрежных зон, созданных в мире. Реализация данного проекта стала возможной благодаря природным условиям, т. к. район находится в зоне выноса значительного количества наносов, формирующих мелководную зону Аравийского полуострова.

Остров, имеющий в плане форму пальмового дерева, связан с побережьем дамбой и мостом. «Стол» пальмы имеет 2 км в длину и 450 м в ширину и вмещает автомобильное шоссе, центральный канал шириной 50 м, прогулочные дорожки, отели и парк с прудами и лагунами. Здесь же размещаются пассажи с эксклюзивными бутиками, галереями искусств, ресторанами, продовольственными магазинами, смотровой башней с вращающимся рестораном, а также оборудование для подачи энергии и снабжения пресной водой, системы канализации и очистные сооружения. Протяженность пляжам по периметру «пальмовых листьев» добавляют 60 км дамбы в форме полумесяца, тогда как длина первоначальной прибрежной полосы в проектном районе не превышала 80 м.

Внутренняя сторона «полумесяца» состоит из песчаных пляжей. На «полумесяце» располагаются 15 отелей, спалон и медицинских учреждений. Около «полумесяца» созданы искусственные рифы с обломками кораблей и репродукциями археологических объектов. Центр подводного плавания предоставляет оборудование для дайвинга. Общая площадь поверхности острова Джумейра — 650 га. Количество песка, необходимого для реализации проекта, составило 110 млн м³. Для создания надводной береговой террасы вдоль внешней стороны «полумесяца» использовано 9 млн т каменного материала, привезенного из 16 каменоломен из внутренних районов страны. Этот надводный уступ действует также как субстрат и является приютом, привлекательным для морских млекопитающих и птиц. Строительство было начато в октябре 2001-го и закончено в 2003 г.

Создание новых объектов в результате ДБР стимулирует экономическое развитие территории, района и государства в целом, способствуя развитию рекреации, туризма и сохранению экосистем. Примером такого объекта является проект Кюрасао в Карибском регионе.

Проект Кюрасао реализован на одноименном острове, относящемся к группе Малых Антильских островов и расположенном на расстоянии 70 км от берега Венесуэлы. Площадь острова 444 км², население 150 тыс. человек, протяженность береговой линии 200 км. Проект заключается в мелиоративной трансформации участка побережья протяженностью 1 км на юго-западной стороне Кюрасао, к востоку от города Виллемстада. До реализации проекта участок побережья представлял собой загрязненную болотистую местность, использовавшуюся для свалки мусора. Проект известен под названием «**Морской аквариум Кюрасао**» (рис. 6). Он включает в себя парки, искусственные пляжи, береговые параллельные дамбы, лагуны, причал для яхт, отель и квартирные дома. Береговая инфраструктура включает помещения для дискотек, бар, рестораны, фитнес-центр, приспособления для прыжков/погружений в воду, морской аквариум, морской музей и образовательный центр, сувенирный магазин, пешеходные дорожки, подъездные дороги и парковки для автомобилей. Сформированы искусственные лагуны для дельфинотерапии и демонстрации морских животных. Искусственно сформированные зеленые насаждения выполняют три основные функции: обеспечивают благоприятную окружающую среду для посетителей; создают искусственный биотоп для птиц; фиксируют песок и ил корневыми системами растений, кустарников и деревьев. Проект был начат в 1990 г. От 60 до 80 тыс. м³ известнякового булыжника были привезены из каменоломни из внутреннего района Кюрасао. Перемещение больших объемов грунта и скалистых пород стало причиной серьезных перестроек береговой среды. Однако через несколько лет береговые параллельные дамбы стали выполнять роль привлекательного субстрата для морских организмов, в том числе — коралловых сообществ. 80 тыс. м³ песка для отсыпки пляжа было добыто с глубины 45 м. Новый пляж и береговые параллельные дамбы разделяются лагуной с заливами и проливами. Система искусственных лагун с заливами и проливами разработана таким образом, чтобы течения и волны обеспечивали очищение воды в ПМЗ. К Морскому аквариуму прилегает специально созданный подводный заповедник общей протяженностью 20 км, способствующий развитию эко-туризма.

ДБР могут быть направлены не только на извлечение прямой экономической выгоды, но и на получение ее косвенным путем, благодаря восстановлению территории обитания особо ценных видов животных и растений, и также путем сохранения нерестилиц рыб как важного звена развития и поддержания территории. Примером улучшения состояния окружающей среды является проект создания ветлендов в Валласи, Великобритания/Wallasea, UK (рис. 7, 8)

Проект Валласи заключается в формировании нового ветленда, созданного в 2004–2006 гг. при помощи дреджингового материала на северной береговой полосе, затопляемой приливом, острова Валласи в эстуарии реки Кроч в Великобритании (рис. 7). Выбранный эстуарий привлекает



Рис. 6. Техносферный объект в прибрежной зоне: «Морской аквариум Кюрасао», дельфинарий и отели (Waterman, 2007)



Рис. 7. Аэроснимок части местности Валласи до нарушения дамб и затопления области (рис. с www.geography.org.uk)

большое количество птиц, использующих ветленды для отдыха, кормежки и гнездования. Новый ветленд расположен между старой и заново воздвигнутой дамбами.

Руководство порта Нарвич регулярно изымает 1 млн т в год тонкодисперсного материала для поддержания глубин в порту и подходном канале, что превышает количество материала, которое может быть перераспределено в пределах эстуария. Этот излишек, как правило, размещался в море. После анализов материала определили, что он имеет подходящее для использования в проекте качество и не содержит большого количества загрязняющих веществ. В ходе реализации проекта извлекаемый дреджинговый материал стал размещаться с морской стороны новой дамбы.

Ветленд составляет 45 м в ширину и формирует неотъемлемую часть новой дамбы, обеспечивающую защиту береговой зоны от повторяющихся морских наводнений. Напротив ветленда вновь сформированный ландшафт состоит из мелководных лагун и островов, которые обеспечивают питание, гнездование и ночлег для эстуарных птиц. На участке также созданы открытые пространства и проложены 4 км пешеходных тропинок. В дополнение к местам обитания птиц, ветленды обеспечивают местообитания для мальков рыб, таких как морской окунь, сельдь и барабулька.

Многие авторы исследований воздействия ДБР на окружающую среду отмечают изменения экосистем и их длительное восстановление. Однако при рекультивации мест проведения ДБР, включающей в себя такие методы, как искусственное создание экосистем, в том числе — из тех видов организмов, которые обитали в данном регионе до начала ДБР, восстановление территорий происходит быстрее. При этом происходит сокращение времени на восстановление экосистем в месте проведения работ и уменьшение потерь запасов ценных видов промысловых организмов.

В России в береговой зоне функционируют и положительно воздействуют на качество природной среды многочис-



Рис. 9. Петродворец: парковые ансамбли на насыпном берегу



Рис. 8. Аэроснимок нового вида водно-болотных угодий Валласи (рис. с www.geography.org.uk)

ленные объекты рекреации, созданные в результате проведения ДБР (рис. 9, 10). Парк имени 300-летия Санкт-Петербурга, созданный на намывной территории между Приморским проспектом и берегом Невской губы, обеспечивает местами отдыха жителей спального района Санкт-Петербурга. Курортные зоны побережий Балтийского и Черного морей повышают свою привлекательность за счет искусственно намытых пляжей. Улучшенные пляжи обеспечивают комфортный отдых большому числу туристов и отдыхающих.

В центре г. Геленджика (Краснодарский край) в 1974–1976 гг. намыт искусственный пляж протяженностью около 1 км. Песок для пляжа взят в центральной части бухты. Объем намытого песка — около 250 тыс. м³. Ширина пляжа доведена до 70 м.

Все описанные проекты были реализованы после проведения общественных слушаний по поводу запланированных ДБР, что способствовало предотвращению каких-либо конфликтов, связанных с работами.

Во всех проектах, проводимых международными компаниями, указывается несколько важных пунктов, нуждающихся в обязательном исполнении при проведении строительства/реконструкции объектов в прибрежной зоне. Такими пунктами/аспектами являются:

- ♦ комплексные проектные изыскания, предшествующие ДБР;
- ♦ учет природных условий (т. к. любой проект требует обоснования его целесообразности);
- ♦ соблюдение международных требований, норм и стандартов в области строительства, установленных законодательством
- ♦ рекультивация/восстановление нарушенной территории/акватории вследствие проведения ДБР.

При соблюдении этих требований любой проект будет иметь положительные воздействия на все аспекты жизнедеятельности при сохранении прибрежных водных и околосредных экосистем.



Рис. 10. Искусственно намытый пляж в центре г. Геленджика

РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ПЕРВОГО СВК НА ГЛУБИНЕ 100 МЕТРОВ ПОДТВЕРЖДЕНА



До недавнего времени в России судовые водолазные комплексы (СВК), установленные на суда аварийно-спасательного флота, обеспечивали проведение водолазных работ в основном на глубине до 60 м. В декабре 2011 г. был достигнут новый уровень работы СВК — 100 м. Это первый подобный опыт для новой России, и, как можно судить, далеко не последний.

С 10 по 13 декабря на базе Каспийского филиала ФГУП «Балтийское БАСУ» ФБУ «Госморспасслужба России» успешно завершили ходовые испытания судового водолазного комплекса, установленного на головном водолазном судне проекта SDS08 — «Стольный град Ярославль».

Еще в апреле 2011 года был проведен первый этап ходовых испытаний СВК с освидетельствованием комплекса инспекторами Российского морского регистра судоходства (РС). По результатам испытаний было выдано первое в России свидетельство РС на СВК с допуском по проведению водолазных работ на глубинах до 60 м. Это был начальный этап введения в эксплуатацию судового водолазного комплекса на судне «Стольный град Ярославль», и тогда проверялся не только СВК, но и само судно-носитель, на котором установлен комплекс.

Следующий этап испытаний комплекса — на глубину 100 м — состоялся в конце 2011 г. с участием комиссии под председательством главного водолазного специалиста ФБУ «Госморспасслужба России» С. И. Смольского в присутствии инспектора Астраханского филиала Российского морского регистра судоходства.

В ходе испытаний были задействованы судно-носитель «Стольный град Ярославль» и судно обеспечения, задачей которого было содействие в удержании судна-носителя СВК в одной точке, не допуская дрейфа и качки.

Испытания проводились в декабре, и погода для этого месяца выдалась на редкость благоприятная. В районе проведения испытаний, в северной части Каспия, море было почти штилевым. Однако вероятность быстрой смены погодных условий все же существовала. В связи с этим, по прибытии судов в заданный район моря с глубинами более 100 м испытания начались без промедления.

Не дожидаясь утра, ночью, оба судна были поставлены на якоря и сошвартованы. В таких условиях, в соответствии с «Программой швартовых и ходовых испытаний», на глубине 108 м, при волнении моря в 2 балла, температуре воздуха и воды +4 и +10 °С начались испытания СВК.

В течение ночи было выполнено четыре последовательных спуска и подъема водолазного полуколокола до заданной глубины 100 м и обратно до захватывающего устройства. Во время спусков-подъемов осуществлялся контроль за прохождением несущего и направляющего тро-



сов, кабель-шланговой связки, равномерностью их укладки на барабаны лебедок. Была проверена работа тормозных устройств лебедок, а также контроль за уровнем воды в куполе полуколокола, подачей и давлением воздуха в водолазный полуколокол. В заключение команда разработчиков проверила возможность аварийного подъема водолазного полуколокола при помощи лебедки направляющих тросов якорного устройства полуколокола и ручного подъема полуколокола.

В процессе испытаний все оборудование СВК работало в штатном режиме и подтвердило заявленные технические характеристики. Работа комплекса не вызвала никаких замечаний, и, по заключению инженера-инспектора Российского морского регистра судоходства, СВК на 100 м был признан работоспособным, о чем был составлен соответствующий акт РС.

В результате на сегодняшний день Северо-Каспийское управление АСПТР имеет в распоряжении уникальное современное спасательное судно для участия в спасательных, судоподъемных, гидротехнических и других подводных работах любой сложности при волнении моря до 3 баллов. Судно оснащено самым новым и передовым оборудованием, необходимым для проведения водолазных спусков и подводных работ с применением для дыхания воздуха и газовой смеси (КАГС). Водолазные спуски могут осуществляться непосредственно с борта судна или с помощью системы водолазного («мокрого») полуколокола во всех типах водолазного снаряжения, в том числе в вентилируемом и водообогреваемом. Полуколокол рассчитан на спуск трех водолазов (двух работающих и одного оператора) и оснащен системой газораспределения и подачи газов, системами внешнего и внутреннего освещения и видеонаблюдения, системой кислородных дыхательных BIBS-масок, системой связи с гелиевым корректором речи.

В состав СВК входят самые современные системы и оборудование:

- двухотсекная поточно-декомпрессионная барокамера;
- водолазный полуколокол с СПУ;
- баллоны со сжатыми газами (воздуха, гелия и кислорода);
- компрессоры высокого давления;
- интегрированный пульт управления;
- система подачи и распределения газов;
- средства обеспечения спусков;
- средства выполнения ПТР.

Безусловно, успешно завершившиеся испытания СВК на головном судне — это большой положительный опыт, который позволит провести ходовые испытания судовых водолазных комплексов на двух других судах этой же серии (SDS08). Напомним, что аналогичные комплексы установлены на судах «Углич» (г. Новороссийск) и «Ростов Великий» (г. Сахалин). Испытания для них назначены на середину следующего года, и подготовка к ним уже ведется. А пока команда «Стольного града Ярославль» встречает новый 2012 год, осваивая новую глубину.



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

«ТЕТИС ПРО» — НАДЕЖНОСТЬ, ПРОВЕРЕННАЯ ВРЕМЕНЕМ



183038, Мурманск
 Портовый проезд, д.21
 bme@barmarin.ru, www.barmarin.ru
 +7 (8152) 488155, +7 (8152) 488153 (факс)

Общество с ограниченной ответственностью

Баренц Марин Инжиниринг



Возведение и ремонт морских и речных гидротехнических сооружений, мостов

- подводно-технические работы (подводные электросварка и электрокислородная резка, работы с использованием механизированного инструмента)
- обследование грунта и гидротехнических сооружений
- выравнивание каменной постели, установка массивов
- подводное бетонирование (в том числе с применением смесей типа EMACO®, MASTERSEAL™)
- укладка, диагностирование и ремонт подводных переходов кабельных линий и трубопроводов
- ремонт гидротехнических сооружений (восстановление грунтонепроходимости шпунтовых стенок, ремонт и установка отбойных устройств, восстановление дренажных устройств)
- кавитационная очистка гидротехнических сооружений
- дноуглубительные и намывные работы (ремонтное черпание, восстановление проектных глубин)
- обследование и ремонт опор мостов
- строительство дамб, берегоукрепление
- подводная ультразвуковая толщинометрия
- подводная фото и видеосъемка
- очистка дна акватории, подъем предметов
- установка рейдового оборудования
- обслуживание гидроэлектростанций, водозаборов, установка рыбозащитных устройств

Судовые водолазные работы и работы при оказании помощи аварийному судну

- осмотр подводной части корпуса судна под надзором РМРС, DNV, Lloyd's Register
- подводная ультразвуковая толщинометрия
- обследование аварийного судна на плаву, обследование судна, сидящего на мели
- очистка кингстонов, гребных винтов, корпуса судна от обрастаний
- правка лопастей гребных винтов, замена гребного винта на плаву судна
- согласование положения пера руля со стрелкой указателя
- обмер пробоин, постановка пластырей на пробоины
- откачка воды из затопленных отсеков
- организация буксировки аварийного судна в укрытие, проектирование буксировочной операции

Проектирование

- проектирование и разработка технологий по ремонту и строительству гидротехнических сооружений, мостов и проведению различного рода подводно-технических работ
- проектирование судоподъемных операций
- проектирование буксировочных операций

Судоподъемные работы

- водолазное обследование затонувшего судна, проектирование судоподъемной операции
- водолазные работы по подготовке затонувшего объекта к подъему (промывка тоннелей для заводки стропов, остропка судоподъемных понтонов к корпусу затонувшего объекта, герметизация корпуса и палубы объекта, установка водоотливных средств и др. работы)
- организация подъема затонувшего судна в соответствии с проектом
- организация буксировки поднятого объекта в пункт назначения

Услуги по аренде строительной техники

- автосамосвалы, экскаватор, автокран, шаланда
- 4-х сторонний полноприводный вилочный погрузчик COMBILIFT C5000XL (экономичная обработка длинномерных грузов, способность двигаться во взаимно перпендикулярных направлениях без поворота, разворот на 360° на месте)



АССОЦИАЦИЯ
ПО СЕРТИФИКАЦИИ
-РУССКИЙ РЕГИСТР-

7.1.4.2
№ 10.00786.150

Lloyd's Register
SPB 1111009

DNV
264.1-001698
ARK-10-1906



28.02 – 01.03.2012

МОСКВА, СК ОЛИМПИЙСКИЙ

www.ndt-russia.ru



Техногенная диагностика
 Экологическая диагностика
 Лабораторный контроль
 Антитеррористическая диагностика

NDT®

11-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА И КОНФЕРЕНЦИЯ

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВСЁ ПОД КОНТРОЛЕМ!

Организаторы:   

Тел: +7 (812) 380 6002/00, Факс: +7 (812) 380 6001, ndt@primexpo.ru, www.ndt-russia.ru

При содействии: 

КУПОН БЕСПЛАТНОЙ ПОДПИСКИ НА ЖУРНАЛ «ГИДРОТЕХНИКА»

Уважаемые читатели!

Для бесплатного получения журнала, пожалуйста, заполните подписную карточку и отправьте ее по факсу (812) 712-90-48. Журнал «ГИДРОТЕХНИКА» — специализированное издание, которое распространяется в первую очередь по ведомствам и компаниям, имеющим непосредственное отношение к гидротехническому строительству и сооружениям. Редакция журнала оставляет за собой право корректировать базу рассылки журнала.

Данные для бесплатной подписки

Название компании:		Основной вид деятельности:	
Ф.И.О. руководителя:			
Ф.И.О. и должность получателя:			
Индекс	Почтовый адрес		
Код города	Тел.	Факс	E-mail
Хотели бы Вы получать журнал в электронном виде?			<input type="checkbox"/> Да <input type="checkbox"/> Нет

Журнал «ГИДРОТЕХНИКА» способствует установлению новых деловых контактов. Мы искренне рады, когда благодаря нашему изданию завязываются партнерские отношения.

В приведенном ниже списке отметьте, пожалуйста, компании, представленные в текущем номере журнала, публикации которых вызвали у вас наибольший интерес:

Компания	Стр.	Компания	Стр.	Компания	Стр.
<input type="checkbox"/> Балтийские Берега	72	<input type="checkbox"/> МИДО	66-67	<input type="checkbox"/> Силовые машины	38-41
<input type="checkbox"/> Балтик Сгэм Комплект	20-21	<input type="checkbox"/> Микронинтер Сибирь	18-19	<input type="checkbox"/> Союзводпроект	78-79
<input type="checkbox"/> Баренц Марин Инжиниринг	106	<input type="checkbox"/> Морпортэкспертиза	49	<input type="checkbox"/> Строительные технологии и материалы	94
<input type="checkbox"/> Ван Оорд	60-62	<input type="checkbox"/> Нева МеталлТрэйд	59	<input type="checkbox"/> СтройПроект	74-77
<input type="checkbox"/> ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева	85-87	<input type="checkbox"/> Неразрушающий контроль, выставка	107	<input type="checkbox"/> СТТ, выставка	73
<input type="checkbox"/> ГИДРОПРОЕКТ Институт	25-31	<input type="checkbox"/> Организатор строительства Богучанской ГЭС	37	<input type="checkbox"/> Тетис Про	104-105
<input type="checkbox"/> Гидротехэкспертиза	57	<input type="checkbox"/> Охтинский завод строительных машин	80	<input type="checkbox"/> Техполимер	95
<input type="checkbox"/> Гипроречтранс	50-56	<input type="checkbox"/> ПромГидроЭнергоМаш	1	<input type="checkbox"/> ТОМС	88-91, 3-я обл.
<input type="checkbox"/> Г.Ф.К.	46	<input type="checkbox"/> Просек Рус	22	<input type="checkbox"/> ТПК	84
<input type="checkbox"/> ДалваКонсалтинг	9, 58	<input type="checkbox"/> Профиль Группа Фирм	4-я обл.	<input type="checkbox"/> Фертоинг	64-65, 2-я обл.
<input type="checkbox"/> ЕВРААС. ИТ.	47	<input type="checkbox"/> Ракурс НПФ	31	<input type="checkbox"/> Центр молекулярных технологий	18-19
<input type="checkbox"/> Запсибгидрострой, Трест	81-83	<input type="checkbox"/> Рассвет-К.	97-99	<input type="checkbox"/> ЦНИИТМАШ	10-15
<input type="checkbox"/> Институт автоматизации энергетических систем	42-43	<input type="checkbox"/> РГГМУ	100-103	<input type="checkbox"/> Эко-Экспресс-Сервис	68-71
<input type="checkbox"/> Иргиредмет	92-93	<input type="checkbox"/> РусГидро	32-37	<input type="checkbox"/> Электрощит	44
<input type="checkbox"/> Камспецэнерго	16-17	<input type="checkbox"/> Русторг, ТД	48		
<input type="checkbox"/> Мариметр	63	<input type="checkbox"/> СибЭРА	45		

Уважаемые читатели! Редакция журнала приглашает к сотрудничеству. Отметьте, пожалуйста, какое участие вы можете принять в подготовке следующих номеров:

- Подготовить статью(-и) по теме: _____
- Разместить рекламную информацию о своей компании
- Принять участие в распространении журнала
- Представить журнал на сайте своей компании (дать ссылку на журнал)

БЛАГОДАРИМ ВАС ЗА ПРЕДОСТАВЛЕННУЮ ИНФОРМАЦИЮ!

В полном объеме вы можете скачать бесплатно любой номер журнала на www.hydrotech.ru



TOMC®

от исследований к фабрике

Комплексное развитие сырьевых объектов

Компания TOMC® оказывает комплексные услуги в реализации крупномасштабных проектов по освоению минеральных ресурсов на территории РФ и за рубежом:
от геологического моделирования и подсчета запасов
до выпуска готовой продукции и создания современного эффективного предприятия



Горно-геологический инжиниринг

ТЭО инвестиционных проектов
Организация и контроль геологоразведочных работ;
Горно-геологический консалтинг;
Подсчет запасов в соответствии с российским законодательством и JORC;
Компьютерное моделирование месторождений;
Геологический аудит;
Оказание консультационных услуг в области недропользования.

Исследования и разработка технологий

Современные методики и технологии рудоподготовки;
Исследования на обогатимость;
Металлургические исследования;
Аналитические исследования;
Полупромышленные испытания;
Инновационные технологии;
Технологические регламенты.

Проектные работы

Проектирование документации на всех стадиях и по всем разделам – от ТЭО до РД.

Объекты проектирования:

Горные выработки;
Обогатительные фабрики;
Металлургические производства;
Горно-химические и смежные производства;
Объекты инфраструктуры.

Комплексная поставка и пусконаладка оборудования

Рудоподготовка;
Циклы измельчения;
Гравитация;
Флотация;
Обогащение;
Гидрометаллургия;
Фильтрация и сгущение;
Пиррометаллургия.

Санкт-Петербург

В.О., 26-я линия, 15, корп. 2
тел.: (812) 680 22 55, 680-22-44
факс: (812) 680 22 00
info@tomsgroup.ru

Иркутск

ул. Лермонтова, 83/1
тел.: (395 2) 40 53 01
факс: (395 2) 40 53 00
ул. Октябрьской Революции, 1/4
тел.: (395 2) 79 87 00
факс: (395 2) 79 87 01
toms@tomsgroup.ru

Улан-Удэ

ул. Ленина, 49 А, оф. 303
тел.: (301 2) 21 41 30
факс: (301 2) 21 41 70
androsov@tomsgroup.ru

Караганда

ул. Жанибекова, 53
тел.: (721 2) 416 135
факс: (721 2) 416 534
ramazanovb@mail.ru
ул. Ермекова, 29, оф. 405
тел./факс: (721 2) 433 227
kfnipi_toms@mail.ru

Чита

ул. Красноярская, 32а
тел.: (302 2) 41 01 05
toms.chita@gmail.com

КОМПЛЕКСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЧЁРНЫМ
СОРТОВЫМ И ФАСОННЫМ МЕТАЛЛОПРОКАТОМ

МЕТАЛЛОПРОКАТ, ШПУНТ 



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
WWW.PROFILGROUP.RU +7 (495) 707-4-707 15 КАНАЛОВ