

Распространяется бесплатно

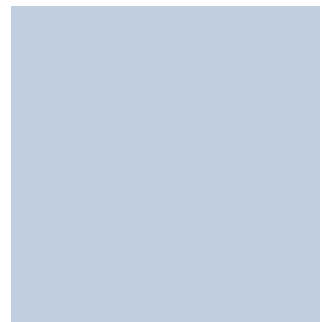
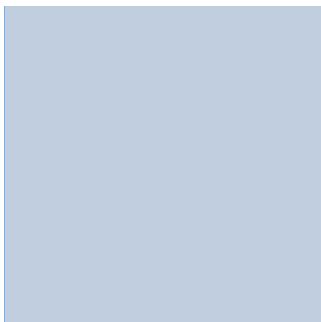
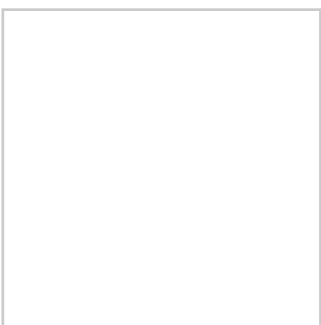
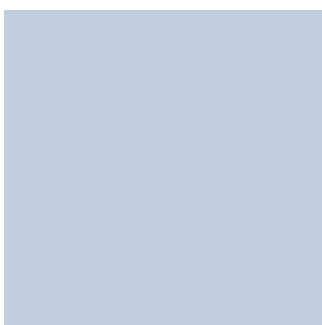
Издается с 2008 года

ГИДРОТЕХНИКА

Гидроэнергетика. Загорская ГАЭС. Ямал — строительство в криолитозоне. Морские ГТС. Намывные территории. Портовая инфраструктура. Ремонт ГТС. Гидромеханизация. Подводно-техническое оборудование

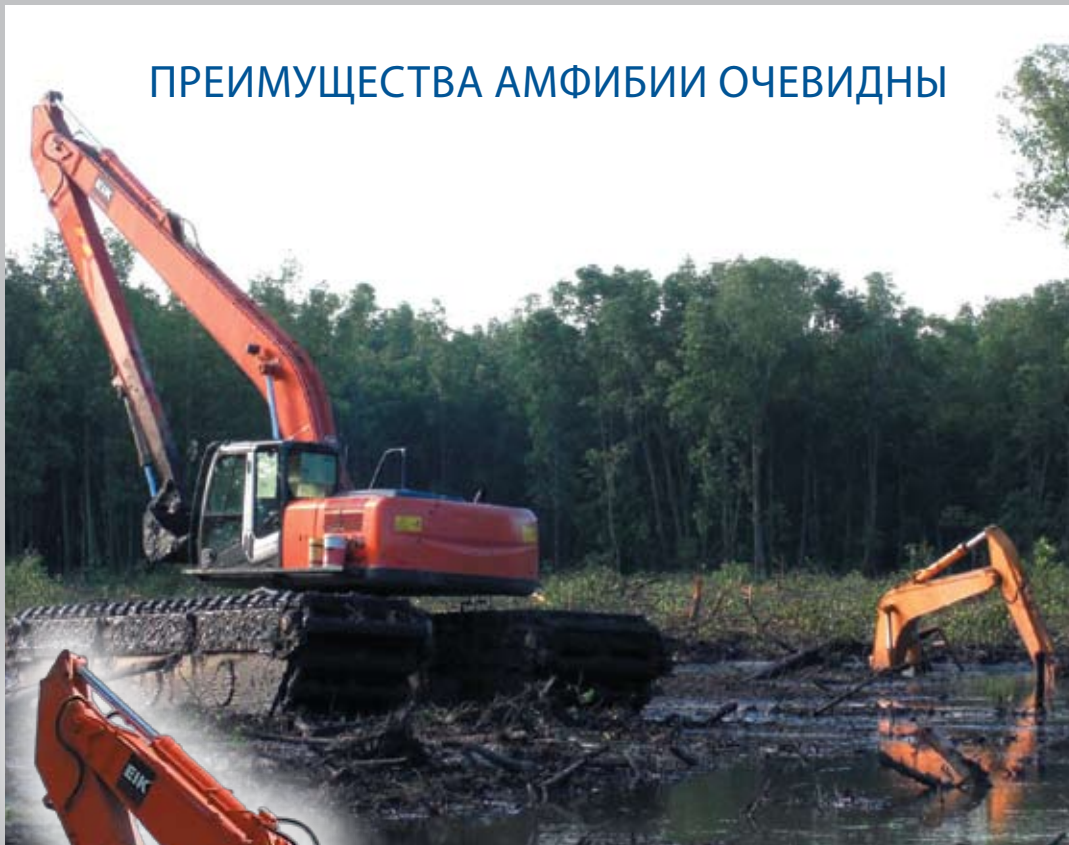
№ 2 (27)
2012

апрель-июнь 2012



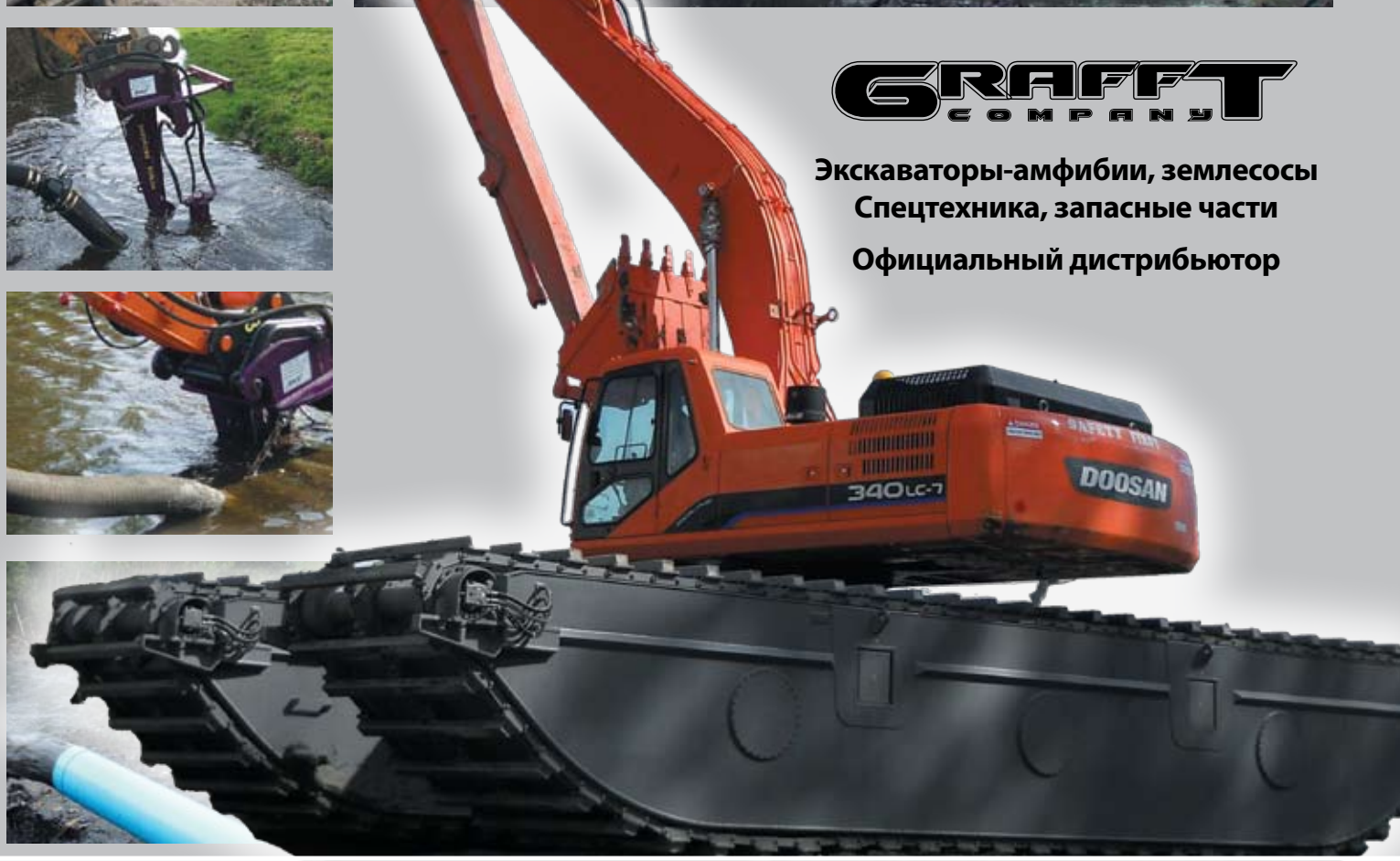
БОЛОТОХОД + ЗЕМЛЕСОС = ЗЕМСНАРЯД!

ПРЕИМУЩЕСТВА АМФИБИИ ОЧЕВИДНЫ



GRAFFT
COMPANY

Экскаваторы-амфибии, землесосы
Спецтехника, запасные части
Официальный дистрибьютор



Дистрибьютор по России и СНГ: ООО «ГраффТ»
Москва +7 (499) 130-31-83, e-mail: info@graft.ru, www.graft.ru



ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Экскаватор-амфибия, укомплектованный землесосом PD3000, становится идеальным агрегатом для добычи торфа, сапропеля и других гидротехнических работ. Мощный и надежный землесос PD3000 имеет уникальную производительность 600–800 м³/ч и к тому же может передавать смесь по пульпопроводу длиной до 1,5–2 км. При этом сухое вещество может достигать в пульпе 50%, что уже само по себе является достижением! По своим возможностям и техническим характеристикам это настоящий земснаряд, а не просто вездеход с землесосом.

Болотоход «АмфиMASTER» доберется в самые труднодоступные области добычи. Эта техника предназначена для работ в болотах любой категории топкости, на мелководье рек, озер и других водоемов глубиной до 5 м. Экскаватор-амфибия способен переплыть водоем, используя собственные шасси как гребные винты. Для работы на глубине более 1,6 м, когда техника переходит в режим плавания, устанавливаются дополнительные понтоны с гидрозаклами. Это позволяет «заякорить» амфибию и осуществлять работы строго в обозначенном месте. Понтонно-гусеничная ходовая система изготавливается из корабельной стали и имеет секционное строение, как у морских судов, что позволяет избежать риска затопления в случае потери герметичности. Идеальный баланс равновесия позволяет поворачивать башню на 360° без потери устойчивости.

Для уменьшения давления на грунт увеличена ширина понтонной ходовой (колеи), для повышения проходимости используются 4–6 синхронизированных моторов, равномерно распределяющих нагрузку на цепи ходовой, — это позволяет амфибии AmphiMaster стать идеальным вездеходом для работ в сложнотрудных регионах Севера, в местах добычи полезных ископаемых, в зонах рек и болот. AmphiMaster также может эксплуатироваться в агрессивных средах, таких как: соленая морская вода, отстойники хвостохранилищ, закисленные почвы при уроне PH 2, т. к. его понтоны обработаны пескоструйной машиной и покрыты защитным слоем композитной полимерной краски, используемой в судостроении, что повышает сопротивляемость понтонов к коррозии.

Мы предлагаем услуги по переоборудованию гусеничных экскаваторов всех известных производителей в амфибии — установке на них уникального шасси — гусеничного понтона с гидроприводом для работы на воде, в болотистой местности и на суше. Сделаем амфибиями экскаваторы массой от 7 до 50 т.

Землесос PD3000

Уникальный землесос PD3000 отличается своей универсальностью: он способен перекачивать воду из котлованов, влажный песок, грязь, глину, илистые отложения, водную растительность, камыши, мусор, пластиковую тару, ветки деревьев, камни диаметром до 4 см.

Режущий винт установлен на валу землесоса, без потерь мощности по принципу мясорубки, измельчает плотные материалы, такие как глина, мусор, ветки деревьев, и затем по пульпопроводу способен перекачивать их на расстояние до 1,5–2 км. Использование данного землесоса не наносит урона окружающей среде и способствует быстрому восстановлению флоры и фауны водоемов, что актуально в природоохранных зонах и городских парках.

Землесос PD3000 имеет запатентованную систему, которая позволяет использовать его с экскаваторами разной массы от 14 до 50 т. Рабочее давление от 280 до 350 бар, максимальный поток масла от 160 до 220 л/мин.

Производительность насоса 600–800 м³/ч по пульпе при концентрации пульпы 50/50 в зависимости от грунта.

ЭТОГО НЕ МОЖЕТ НИ ОДИН ЗЕМЛЕСОС В МИРЕ!

Имея мощность земснаряда, землесос PD 3000 может быть использован для дноуглубительных работ, для перекачки воды. Предлагаем применять землесос для рекультивационных работ на болотах и водоемах, в шламовых отстойниках. Измельченную смесь землесос может подавать по пульпопроводу к месту переработки. Диаметр выходного отверстия 220 мм. Возможность использования пульпопровода 180–220 мм. Вес 500 кг.

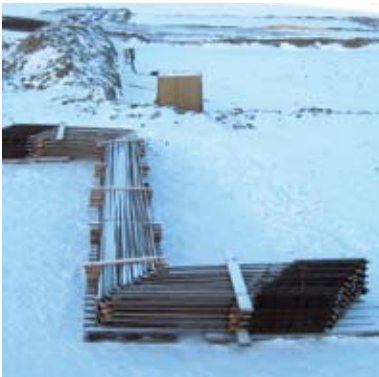
В условиях России **PD 3000** прошел серьезные испытания, бесперебойно работая в шламовых отстойниках без замены узлов и агрегатов около 4 лет, отлично зарекомендовал себя в добыче песка, торфа, сапропеля.

Инновационное решение специалистов компании «ГраффТ» позволяет значительно повысить производительность, осваивать ранее недоступные участки, в том числе в суровых климатических условиях, с высоким экономическим и экологическим эффектом решать задачи в агрессивных средах.

Вся техника легко транспортируется до места назначения (укладывается в габарит) и быстро монтируется. Специалисты компании «ГраффТ» осуществляют поставки запчастей, модифицируют и укомплектуют технику в минимальные сроки, исходя из задач заказчика.



ГИДРОТЕХНИКА



Инновационные решения для гидротехнического строительства и добывающих предприятий 1

Раздел 1

ГИДРОЭНЕРГЕТИКА.....4–23

Гидротурбинное оборудование от ОАО «ТЯЖМАШ» 5

Байков А. И., Руденко А. Л. Поддержание работоспособности гидросилового оборудования ГЭС, отработавшего нормативный ресурс 6

Черкашин М. Г. История внедрения пусковых тиристорных устройств на Загорской ГАЭС..... 10

Плетнёв В. В. АСУ гидроагрегатов Загорской ГАЭС: особенности внедрения, эксплуатации и развития 18

ОАО «Гидрострой»: комплексное обеспечение эксплуатации энергетических объектов 23

Раздел 2

ЯМАЛ: ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КРИОЛИТОЗОНЕ.....24–59

Попов А. П. К вопросу инновационности проектных решений при обустройстве объектов нефтегазовой отрасли на п-ве Ямал..... 24

Осокин А. Б., Галактионов Э. Ю., Смолов Г. К., Попов А. П. Строительные технологии для обустройства нефтегазовых месторождений п-ова Ямал..... 30

Евраз: шпунтовые сваи для северных регионов 35

Штефанова О. Ю. Инновационная система «Мульти-ГЕТ ТСГ Протвино» 36

Герасимов В. А., Тараканов А. С., Суворов С. Г. Система геотехнического мониторинга объектов путевого комплекса Новой железнодорожной линии Обская — Бованенково..... 38

Защита морских сооружений в Арктике..... 41

Леванов Н. И. Гидромеханизация на полуострове Ямал..... 42

Геосинтетические материалы для строительства в криолитозоне..... 45

Цацульников В. Т., Фефелов А. С., Южаков А. А., Кравцов Ю. В., Бабаев Р. А., Садова Ю. А. Обоснование выбора поглощающего горизонта для закачки сточных вод в условиях Ямала 46

Евстафьев О. В. Самая северная спутниковая постоянно действующая референцная станция ГНСС. Опыт реализации проекта..... 49

Бакшеев С. В., Тыртышный Н. Н. Технологии для человека: обеспечение жизни первопроходцев Ямала в условиях отсутствия инфраструктуры 50

Егоров А. В. Опыт и перспективы работ на Ямале..... 53

Письменский В. В. Причальные сооружения на р. Се-Яха для обустройства Бованенковского и Харасавэйского ГКМ на п-ове Ямал 54

Порт Сабетта 56

Линейка антикоррозионных химстойких покрытий для нанесения в арктических условиях..... 57

Раздел 3

МОРСКИЕ ГТС. ПОРТОВАЯ ИНФРАСТРУКТУРА60–87

Петров В. Э. Энергетическое обеспечение экологических технологий 61

Мельников А. Ю., Курилец С. С. Задачи освоения шельфа..... 62

Пупышев Н. Н. Оценка безопасности судоходных гидротехнических сооружений..... 64

Гуткин Ю. М. О расчетах шпунтовых ограждений на действие сил морозного пучения грунта 68

Уникальная система профилей для создания шпунтового замка 72

170 лет сборнику «Записки по гидрографии» 73

Бос Анко, Ерашов В. П. Намывные территории: проекты и технологии компании «Ван Оорд» 74

Старцев Ю. Г., Пономарев А. А., Зуев С. С., Маковецкий О. А. Строительство искусственного острова в акватории камского водохранилища 78

Макаров Н. К. Математическая модель динамики галечных пляжей искусственных островных комплексов 84

Раздел 4

СТРОИТЕЛЬСТВО. РЕМОНТ. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГТС..... 88–111

Васильченко К. И., Пономарев Я. Н., Шевченко Ю. В. Состояние защитных покрытий металлоконструкций водопропускных трактов ГТС 88

Шибаетов С. Ю. Альтернативная система ремонта железобетонных сооружений 96

Истомин В. И. О научном подходе к расчетам устойчивости откосов грунтовых сооружений 100

Илюхин Д. А. Сваи из ультракомпозитного материала — новая эра в строительстве 106

Раздел 5

ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ. ПОДВОДНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ.....112–124

Штин С. М. Малые реки России и отечественные разработки для решения экологических проблем 112

Итоги VI Съезда гидромеханизаторов России..... 116

Watermaster Classic IV — технологический лидер 118

Иголкин В. В. Новая система активного обогрева водолаза в условиях низких температур..... 120

Кронштадтский морской музей..... 122

130 лет первой водолазной школе в России..... 124

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 гидро-
технических сооружений

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

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

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

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

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, председа-
тель 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»

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

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

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

Юркевич Б. Н., к. т. н., первый зам. генерального директора — главный инженер ООО «Ленгидро-
проект»



Обработка статора ГЭС на станке К 19М

ОАО «ТЯЖМАШ» занимает одно из первых мест в рейтинге международных компаний тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения. Образованный в 1941 году завод «ТЯЖМАШ» прошел долгий путь своего развития, осваивая новые направления производства, развиваясь и зарабатывая репутацию серьезного предприятия с широкими возможностями.

Сегодня — это активная компания, уверенно чувствующая себя в современной бизнес-среде. В ОАО «ТЯЖМАШ» входят производственные площадки в России и за рубежом. Предприятие занимается разработкой и изготовлением дробильно-размольного, топливоприготовительного, транспортирующего оборудования, оборудования для АЭС и наземных стартовых комплексов космодронов.

Основной деятельностью гидротурбинного производства ОАО «ТЯЖМАШ» является проектирование, модернизация, изготовление и поставка гидротурбинного оборудования для ГЭС,

в том числе «под ключ». ОАО «ТЯЖМАШ» — один из крупнейших поставщиков гидротурбин и вспомогательного гидротурбинного оборудования в России и странах СНГ. За последние 50 лет специалистами ОАО «ТЯЖМАШ» было спроектировано, изготовлено и поставлено более ста крупных и средних гидротурбин для гидроэлектростанций России и зарубежья. В их числе — уникальные по своим параметрам машины.

Использование современных научных достижений, новых материалов, передовых технологий и технических решений обеспечивает гидротурбинам марки «ТЯЖМАШ» мировой технический уровень.

На сегодняшний день наиболее перспективными направлениями гидротурбинного производства ОАО «ТЯЖМАШ» являются проекты строительства ГЭС «под ключ» в Эквадоре «Тоачи Пилатон», в Сальвадоре «Чапарраль», производства гидрооборудования для ГЭС «Нам На 2» во Вьетнаме.



Поворотно-лопастная гидротурбина

Производство с 1951 года
Мощность — 0,6...120 МВт
Диаметр рабочего колеса — 2,25...10,3 м и более



Радиально-осевая гидротурбина

Производство с 1975 года
Мощность — 0,4...133 МВт
Диаметр рабочего колеса — 0,5...6,0 м

ПОДДЕРЖАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ГИДРОСИЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ГЭС, ОТРАБОТАВШЕГО НОРМАТИВНЫЙ РЕСУРС

6



Байков А. И.,
директор ДП АО «Волга-СГЭМ»
«Камспецэнерго», заслуженный
энергетик Минэнерго России,
заслуженный строитель
Республики Татарстан, ветеран
энергетики РАО ЕЭС

Российские гидроэнергетические объекты стремительно стареют. На 88 российских ГЭС (кроме малых) сегодня установлено порядка 470 гидроагрегатов общей мощностью 47 млн кВт. Три четверти этих гидроагрегатов отработали на износ от 30 до 60 лет, и пропорционально отработанному ими времени возрастает плохо поддающаяся какому бы то ни было контролю деградация их технического состояния. Потенциально они становятся объектами все более вероятных техногенных аварий. Примером тому Саянская авария — наш, так сказать, «гидроЧернобыль». Уже после Саян мы знаем случаи аварий на гидростанциях, которые могли привести, по крайней мере, к полной их остановке.

Большое количество агрегатов на российских ГЭС вводилось в строй в 50–70-е годы XX столетия с большой интенсивностью. Также интенсивно они выходят и будут выходить из строя.

Занимаясь монтажом, капитальным ремонтом и модернизацией оборудования гидростанций более 50 лет, автор имел возможность проследить картину развития износа последних в течение длительного периода.

На протяжении 50-70-х годов основными направлениями, характеризующими износ были:

1. Кавитационные разрушения в проточной части турбин.
2. Частые повреждения обмоток статоров и полюсных катушек роторов генераторов вследствие старения, примененных при их изготовлении, электроизоляционных материалов.
3. Ненадежная работа пар трения в подпятниках.
4. Искривление линии вала в следствии разрушения клиновых прокладок, которые ранее устанавливались в разъемы для исправления линии вала.



Реконструкция лопаток направляющего аппарата.
Нижнекамская ГЭС



Руденко А. Л.,
главный инженер ДП
АО «Волга-СГЭМ» «Камспецэнерго»,
заслуженный энергетик
Минэнерго России, заслуженный
строитель Республики Татарстан

5. Износ втулок цапф лопаток направляющих аппаратов. Уже в 1980-е гг. на первое место стали выходить факторы УСТАЛОСТНОГО ИЗНОСА узлов и деталей:

Усталостное повреждение камер рабочих колес турбин с выломом крупных фрагментов облицовок и разрывом бетона.

Усталостные повреждения рабочих колес поворотно-лопастных (ПЛ) турбин с неоднократными случаями отламывания полностью или частично пера лопасти, разрушения и других деталей кинематики, а также износ трущихся пар.

Недопустимый, часто односторонний износ облицовок шеек турбинных валов или их растрескивание.

Усталостные разрушения опорных деталей подпятников и направляющих подшипников генераторов, в т.ч. опорных болтов, тарельчатых опор, балансиров подпятников. Появились случаи усталостного разрушения опорных дисков подпятников.

После проведения неоднократных ремонтов и замен (как правило, частичных) возникали ситуации усталостных повреждений как механических, так и электромагнитных частей генераторов. Ослабление натяга между остовом и ободом ротора, трещины в спицах и втулках роторов, нарушения формы и крепления сердечника статора, последнее приводит к перемещению сердечника относительно корпуса при несимметричном воздушном зазоре.

В последнее время нами выявлены случаи появления значительных трещин в лопатках направляющих аппаратов турбин, особенно в местах перехода пера к цапфам лопаток.

Усталостные разрушения чаще всего происходят внезапно и не диагностируются на ранних стадиях возникновения, что особенно опасно.



Давлекановская МГЭС



Вазульская ГЭС. Детали механизма разворота лопастей

За последние 30 лет на станциях, где мы вели работы, возникали следующие ситуации:

- Отламывание верхней части вала подвешенного генератора мощностью 14 МВт при появлении трещины в месте установки запорного кольца (Широковская ГЭС). Подобная авария в недавнем прошлом имела место на Усть-Каменогорской ГЭС.
- Разрушение двух секторов камеры рабочего колеса на Камской, Жигулевской, Волгоградской, Павловской, Нижневирской (Чугунная камера) ГЭС.
- Крупные аварии с отламываем лопастей рабочих колес ПЛ турбин происходили на Воткинской, Камской, Жигулевской (1990), Волгоградской ГЭС, причем по двум последним — с выбросом большого количества масла в проточную часть.
- Поломка деталей кинематики рабочих колес происходила на Воткинской, Жигулевской, Ефратской (Сирия), Чебоксарской, Нижнекамской, Зейской и других ГЭС.
- В большом объеме наблюдались большие трещинообразования на спицах ротора генератора Нижнекамской ГЭС.
- На одном из генераторов Выгостровской ГЭС имело место опускание обода ротора относительно остова с обломом запячечиков на клиновом брусе на величину до 30 мм — вследствие потери натяга, а также появление трещин и сколов на запячечиках клиновых брусьев.

Нужно отметить малую жесткость роторов больших диаметров (12–14 м) и относительно небольшой высоты. На генераторах Нижнекамской, Чебоксарской, Саратовской ГЭС прогиб обода ротора по отношению к втулке ротора в месте крепления тормозного диска достигает величин 10–12 мм. Ротор прогибается, как лопасти стоящего на земле вертолета.

С увеличением экологических требований обострились проблемы с герметичностью уплотнений лопастей рабочих колес ПЛ турбин.

Аварии вследствие усталостных разрушений являются самыми тяжелыми, сопровождающимися большими разрушениями и затоплением турбинных шахт, а в случае несрабатывания защитных устройств (ЗАЗ или быстропадающего затвора) приводят и к более тяжелым последствиям. Пример тому не очень понятная авария на Саяно-Шушенской ГЭС. Относительно этой аварии было очень много публикаций, расследований и обвинений; свои версии высказывали многие ученые и лжеученые, но ни тогда, ни сейчас, по истечению времени, нигде не появилось мнения профессионалов — ни российских, ни зарубежных. Конструкторов, производителей, монтажников, испытателей, отраслевой науки. Общее мнение, которое, вероятно, хотели услышать «в сферах», свелось к пресловутым шпилькам, гарантийный срок работы которых миновал, хотя на остальных агрегатах обрывов



Жигулевская ГЭС. Рабочее колесо ПЛ турбины. Ремонт

шпилек обнаружено не было. После Саян начались тотальные проверки шпилек по всем турбинам российских ГЭС. Выполняя эту работу за последние годы на двенадцати турбинах, мы обнаружили всего две дефектные шпильки, да и на тех мелкие дефекты, похоже, существовали от рождения.

Многолетняя практика показывает, что причины многих неисправностей, на поиски которых уходят иногда недели, оказывались на поверку до бесстыдства простыми. При массовой проверке шпилек кому-нибудь, в том числе на Саянах, пришло ли в голову проконтролировать состояние сварных швов на приварном фланце, в который ввернуты шпильки и который подвергался воздействию тех же самых сил, что и шпильки? Четыре восстановленных агрегата работают, и дай-то бог, чтобы доработали до замены. Если какой-либо шов разрушится вследствие усталости, результат может повториться, и тогда мало не покажется ...

Но сколько бы мы ни говорили о проблемах, другого оборудования у нас на сегодня нет, и для того чтобы обеспечить устойчивость электроснабжения потребителей и свести к минимуму вероятность новых аварий, нужно срочно принимать меры как для замены, так и для обеспечения работоспособного состояния имеющихся гидроагрегатов. Безусловно, лучшим выходом является полная комплексная замена выработавшего ресурс оборудования — именно это направление выбрало в настоящее время ОАО «Русгидро» как основное.

Еще в 2005 г. в одной из своих статей автор говорил о том, что выполнять замену выработавших ресурс агрегатов силами российской промышленности невозможно. Прошло почти 7 лет, число агрегатов, за это время выработавших ресурс, значительно больше, чем того оборудования, которое было заменено, т. е. проблема только обострилась. Как известно «Русгидро» принимает следующий кардинальный шаг в направлении будущего обновления оборудования: заключено соглашение о строительстве заводов по выпуску гидротурбин с зарубежными фирмами «Альстом» (Франция) в Башкортостане и «Фойт-Сименс» (Австрия — Германия), на которых планируют выпускать новые гидротурбины. Вроде бы, все хорошо и правильно, но... Полный цикл гидротурбинного производства не создается ни за год, ни за пять лет, а «благи намерениями вымощены дороги» только в ад. Построив эти заводы и запустив на них производство, ни «Альстом», ни «Фойт-Сименс», да и никто другой не отдадут в Россию разработки на производство проточной части турбин, систем регулирования и автоматики, систем диагностики и контроля, тем самым полностью оставив за собой «контроль» за новой частью российской гидроэнергетики, а существующее оборудование тем временем состарится еще больше. Тем более они не отдадут ни научно-исследовательских, ни конструкторских, ни технологических разработок, и в конечном

7



Монтаж турбины Юмагузинской ГЭС

итоге поставят гидроэнергетику России в полную от себя зависимость.

Приведем некоторые конкретные данные. Как уже было отмечено выше, в России сейчас работает 88 ГЭС (не считая малых) общей мощностью около 47 млн. кВт, на них установлено порядка 470 гидроагрегатов, из которых 430 работают более 30 лет. За все предшествующие годы на 40 из них заменены турбины с использованием части узлов старой турбины, на 20 заменены частично генераторы. Остается еще 400 гидроагрегатов. Если заменять по 20 машин в год, — а столько российские заводы не выпускали даже в лучшие советские годы, — то до полной замены нужно минимум 20 лет. «Фойты» и «Альстомы» в ближайшие 7–10 лет серьезно не помогут. За это время состарятся остальные агрегаты.

Опыт, накопленный нами за последние четверть века, говорит о том, что работоспособность любого гидроагрегата можно, предварительно подвергнув его глубокому обследованию, продлить на 10–15 лет до полной его замены на новый. За период с 1984 по 2012 гг. «Камспецэнерго» в плотном контакте с заводами Ленинградским металлическим и «Тяжмаш-Сызрань» выполнили такие работы на 56 гидроагрегатах, отработавших к моменту выполнения работ от 26 до 45 лет. Так, полностью были модернизированы гидроагрегаты Воткинской ГЭС в период с 1984 по 1992 гг. На Жигулевской ГЭС модернизированы девять гидроагрегатов, самых на то время проблемных, и заменены на новые шесть турбин. Все модернизированные агрегаты работают надежно от 8 до 20 лет. При том, что все новые турбины пришлось долго доводить до надежного состояния. В процессе работ по модернизации выполняются работы по восстановлению трущихся пар кинематики механизма разворота лопастей рабочих колес ПЛ турбин, установке более надежных уплотнений лопастей. Выполнение модернизации направляющих аппаратов турбин с заменой трущихся пар и облицовкой нержавеющей сталью торцов и плоскостей касания лопаток. Замена фундаментных частей турбин, кроме статора турбины. Восстановление валовой линии гидроагрегата с заменой трущихся пар и устранением изломов линии вала. При этом заменяются опорные части подшипников турбин и генератора и опорных сегментов подпятника генератора. Восстанавливаются или заменяются их ответные пары трения — облицовки турбинных валов, плоскости разъема опорного диска и ступицы подпятника. При необходимости заменяются опорные части сегментов подпятника — тарельчатые опоры, балансиры, опорные болты.

На ряде генераторов выявляются отклонения воздушного зазора от проектной величины, причиной которых являются: изменение формы ротора генератора во время проведения предыдущих работ по замене полюсных катушек, ослабление проектного натяга между ободом и остоном ротора или одностороннее перемещение обода во время горячей перекалиновки обода, не-



Узлы турбины Можайской ГЭС. Капремонт

правильная форма расточки статора, несимметричное положение ротора относительно статора. Все эти отклонения, как правило, накладываются одно на другое, и в итоге имеется сложной формы, постоянно меняющийся в объеме воздушный зазор, в результате которого возникает одностороннее магнитное тяжение в генераторе. В линиях электропередач часто происходят броски нагрузки, замыкания или наводки от мощных грозозовых разрядов. На работающих в зоне этих явлений небольшой мощности генераторах это приводит к резкому изменению электродинамического воздействия между ротором и статором генератора и изменению амплитуды крутильных колебаний вала, и как следствие появляется периодическая вибрация.

Агрегаты на ГЭС, построенных на нескальных основаниях в процессе работы вместе со зданием ГЭС, приобретают некоторый уклон, результатом которого становится увеличение нагрузки на опорные части агрегата, асимметрия воздушного зазора и изменение положения магнитной оси генератора. Все это в комплексе приводит к возникновению вибрации, накоплению усталости, появлению нерасчетных нагрузок на опоры сегментов подшипников генератора и подплавлению их сегментов. Исправления этих отклонений весьма трудоемки, занимают много времени, но этим приходится заниматься. К примеру, на генераторах Жигулевской ГЭС отклонение опорной плоскости статора генератора составляет величину до 15 мм, на диаметре до 16 м. Эта негоризонтальность на 14 из 20 генераторов устранена путем подъема статора и фрезерования с учетом уклона его опорных плит. Во время горячей перекалиновки роторов генераторов тщательно отслеживается их форма.

С увеличением отработанного времени в металле основных узлов накапливаются усталостные явления, результатом которых является появление трещин и внезапное разрушение детали. Прежде чем оно произойдет, обязательно появляются вибрации, допустимая величина которых строго регламентируется нормативными документами и правилами технической эксплуатации. Применяемые средства технической диагностики и виброконтроль дают информацию о уже происходящих отклонениях и повреждениях, но они не способны спрогнозировать надвигающуюся усталостную аварию. Средства неразрушающего контроля, такие как МПД, УЗД, капиллярный контроль, позволяют выявить только дефекты, вышедшие на поверхность.

Контроль пера лопаток направляющего аппарата, выполненный методом ультразвуковой томографии, позволяет выявлять большое количество зарождающихся внутри объема металла трещин, еще не вышедших на поверхность, и многочисленных сварных дефектов в сварных швах, соединяющих перо лопатки с цапфами лопатки. Исследование пера литых лопаток (на Жигулевской ГЭС) выявило наличие усталостных микротрещин внутри материала пера лопасти, которые еще не вышли на поверхность и не достигли критической длины.

Несколько лопаток было исследовано с использованием акустического томографа Omni Sam MX DA 1664M. Проверялась также микроструктурное состояние материала пера переносным комплексом «СпектрМет».

Контроль вышеперечисленными методами выполнялся специалистами лаборатории неразрушающего контроля Нижегородского филиала института машиноведения РАН им. А. А. Благонравова. Считаем, что ответственные соединения деталей турбин и генераторов нужно обязательно подвергать акустическому контролю, позволяющему определить усталостные и технологические дефекты на ранней стадии их зарождения.

К сожалению, очень трудно прокладывает себе дорогу разработанный кафедрой метрологии МВТУ им. Баумана фазохронометрический метод диагностирования состояния оборудования — своеобразная «медицинская карта» агрегата, позволяющая контролировать состояние агрегата с момента его рождения и проводить ремонты по фактическому состоянию. Внедрение этого метода обеспечивает возможность при некоторых первоначальных затратах получить впоследствии крупную экономию, затрачивая средства на ремонт только тогда, когда это требует состояние машины на ранней стадии зарождения дефектов.

В процессе ремонтов нарабатываются методы и материальная база для выполнения многих работ заводского характера непосредственно на ГЭС или монтажных базах вблизи них, что позволяет разгрузить от разовых работ заводы, не затрачивать средства на дальнюю транспортировку деталей, резко сократить время ремонтов.

Важным фактором в поддержании состояния оборудования является наличие достаточного количества квалифицированных кадров рабочих и инженеров, знающих оборудование и методы работы с ним. Положение с кадрами весьма тревожное. Если в советское время отрасль располагала мощными монтажными и ремонтными организациями, которые могли грамотно сконцентрировать квалифицированных специалистов на любом объекте, то сегодня все распалось по многочисленным, зачастую «карманным» фирмам и фирмочкам, не обладающим ни силами, ни средствами для выполнения серьезных крупных работ. В течение последних 30 лет практически не издано никакой технической литературы по гидроагрегатам, зато пышно расцвели всевозможные энциклопедии и рекламные справочники, не дающие ничего для работы отрасли. В области монтажа и модернизации гидроагрегатов все держится на остаточном техническом и кадровом ресурсе когда-то мощного всесоюзного треста «Спецгидроэнергомонтаж», но этот ресурс не вечен, и кадровый вопрос все чаще и чаще будет давать о себе знать.

В заключение важно подчеркнуть:

1. Проблему сохранения работоспособности генерирующих мощностей на ГЭС России невозможно решить сегодня только путем замены гидроагрегатов на новые даже при наличии средств. Нужно иметь еще мощности по изготовлению и квалифицированные кадры для монтажа.

2. Передача иностранным фирмам или совместным предприятиям полномочий изготовления оборудования приведет к полной зависимости гидроэнергетики от поставки запасных частей, приборов диагностики и контроля, изготовление ко-

торых зарубежные компании на построенные в России заводы не отдадут. В России есть свои заводы, способные решить проблему поставок.

3. Проблему можно значительно уменьшить, если параллельно с заменой гидроагрегатов выполнять модернизацию части из них, которая позволит минимум на 10–15 лет продлить их работоспособность.

4. Нужно готовить кадры — как рабочих, так и инженеров — по специализации «Монтаж, модернизация и ремонт оборудования ГЭС» и возобновить издание технической литературы по этому направлению. В советское время такая специализация существовала в четырех техникумах МЭС и МСЭС и в нескольких профильных институтах. Необходимо возобновить издание технической литературы по этому направлению, а нормативная литература должна иметь доступную цену!

5. Нужно возобновить прохождение производственных практик студентов на рабочих местах в ведущих монтажных и ремонтных предприятиях. Сегодня в условиях искусственной конкуренции готовить кадры невыгодно, проще и дешевле переманить у того, кто готовит.

6. Нужно ввести аттестацию монтажных и ремонтных специалистов энергетики, проводить которую должны специалисты, не зависящие от монопольных генерирующих и поставляющих оборудование структур. Аттестовать нужно инженерно-производственный персонал и рабочих, начиная с пятого квалификационного разряда.



Бригада монтажников «Камспецэнерго» на Юмагузинской ГЭС



**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**

20!

От имени редакции, читателей журнала, коллег поздравляем коллектив «Камспецэнерго» и Александра Ивановича Байкова с 20-летием компании. Пусть ваш тяжелый, полный рисков и ответственности, но благородный и созидательный труд всегда будет востребован в России и оценен по достоинству!

ИСТОРИЯ ВНЕДРЕНИЯ ПУСКОВЫХ ТИРИСТОРНЫХ УСТРОЙСТВ НА ЗАГОРСКОЙ ГАЭС



Черкашин М. Г.,
начальник участка технологической
автоматики и возбуждения службы
технических систем управления филиала
ОАО «РусГидро» — «Загорская ГАЭС»

Большую часть своей профессиональной жизни Михаил Георгиевич Черкашин посвятил Загорской ГАЭС. Сначала работал инженером участка релейной защиты Загорской ГАЭС и занимался электронными устройствами. В ноябре 1986 г. был назначен ведущим инженером участка ПТУ Загорской ГАЭС, с этого момента началась его кропотливая работа с ПТУ. Как говорит сам М. Г. Черкашин: «На то время в СССР подобной техники не было, и мне как молодому инженеру хотелось проверить свои умственные силы и возможности».

Статья, которую мы предлагаем вашему вниманию, — обобщение пройденного автором пути, решение проблем и задач через непрерывный поиск, в результате которого рождалось множество рационализаторских предложений, ставших настоящими достижениями российской энергетики.

Мы сохранили стиль автора практически без изменений, потому что он свидетельствует не только о личном вкладе Михаила Георгиевича в Загорскую ГАЭС и развитие энергетики. Сквозь пройденное, которое трудно уложить в журнальную статью, прослеживается неравнодушное, сугубо профессиональное, созидательное отношение истинного профессионала к делу, которому он служит.

Эта статья будет полезна тем, кто разрабатывает, налаживает, а также интересуется преобразовательной техникой, она позволит учесть наш опыт, поскольку мы были первыми в стране в области освоения высоковольтных пусковых тиристорных устройств ПТУ для мощных синхронных машин на Загорской ГАЭС.

Такие устройства предназначены для плавного частотного пуска обратимых гидроагрегатов ГАЭС, точной синхронизации с энергосистемой и торможения с рекуперацией кинетической энергии вращающихся агрегатов в энергосистему. Эти функционально-режимные возможности ПТУ достигаются за счет основного элемента пусковой системы — тиристорного преобразователя с регулируемой выходной частотой.

Как известно, по принципу работы ГАЭС имеет два основных режима: генераторный с выдачей активной мощности в энергосистему, при котором пуск гидроагрегатов производится водой, вода из верхнего бассейна вращает гидроагрегат и сливается в нижний; и насосный режим, при котором потребляется активная мощность из энергосистемы для закачки гидроагрегатом с противоположным вращением воды из нижнего бассейна в верхний. Для пуска обратимого агрегата ГАЭС в этот режим как раз и предназначено пусковое тиристорное устройство ПТУ.

ПТУ-1 мощностью 15000 кВт (см. **рис. 1, фото 1**) на генераторное напряжение 15,75 кВ разрабатывалось Ленинградским ВНИИ «Электромаш» и предназначалось для частотного пуска в насосный режим и останова с рекуперативным торможением шести гидроагрегатов Загорской ГАЭС мощностью 200 мВт на генераторное напряжение

15,75 кВ. ПТУ-1 представляло из себя сложную конструкцию, в которую входили:

- Преобразователь частоты с номинальным напряжением 3,3 кВ, состоящий из четырех трехфазных мостовых выпрямительно-инверторных преобразователей ВИПЭ2 с принудительным воздушным охлаждением, в каждом преобразователе было по 360 тиристоров Т15-250-12, т. е. по шесть параллельно и десять последовательно включенных в каждом плече, и двух бетонных реакторов РБФА-У в звене постоянного тока.
- Четыре согласующих трансформатора ТДП 12,5 мВА 3,3/15,75 кВ, У/Д-11: по два на входе и выходе — производства УЭТМ (Свердловск).
- Три воздушных выключателя ВВЧП на 15,75 кВ и 1000 А: один на входе и два на выходе — производства завода «Электроаппарат», специально разработанные для частотных преобразователей ВНИИ высоковольтного аппаратостроения (Ленинград).
- КРУ 3,3 кВ с четырьмя выключателями ВЭ 10 кВ на выходе.
- Шесть бетонных токоограничивающих реакторов РБГ 10 кВ, 1000 А на входе, по два в фазе для снижения токов при коротком замыкании в ПТУ.
- Релейный щит РЩ из шестнадцати панелей ПН550 с реле автоматики, защит и сигнализации производства Чебоксарского электроаппаратного завода.

Преобразователь ВИПЭ2 на напряжение 3,3 кВ и ток 2000 А (Таллинский электротехнический завод) предназначался для тяговых электроподстанций железных дорог и был

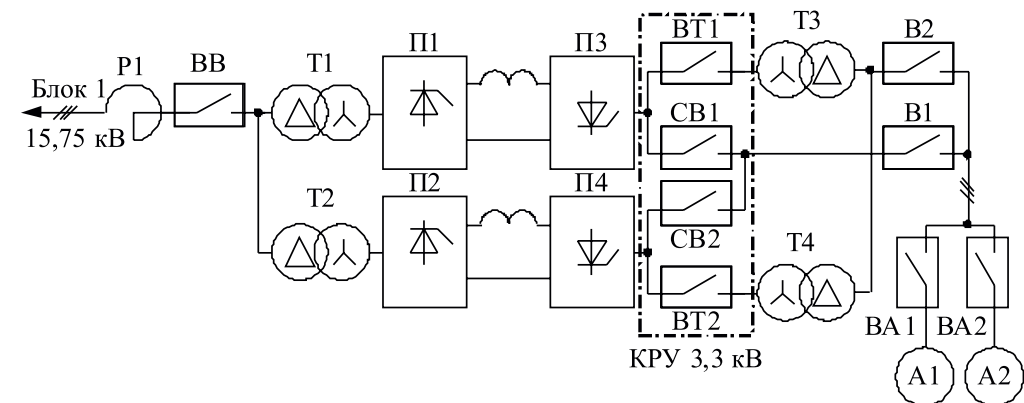


Рис 1. ПТУ с преобразователем 3,3 кВ

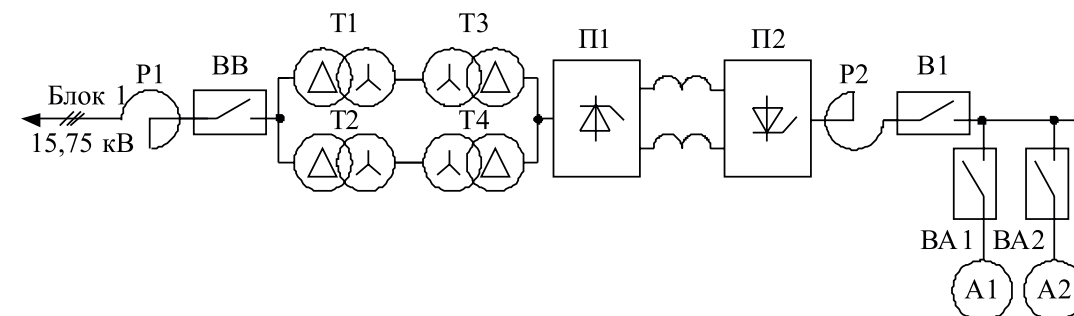


Рис 2. ПТУ с преобразователем 15,75 кВ и 4 входными трансформаторами

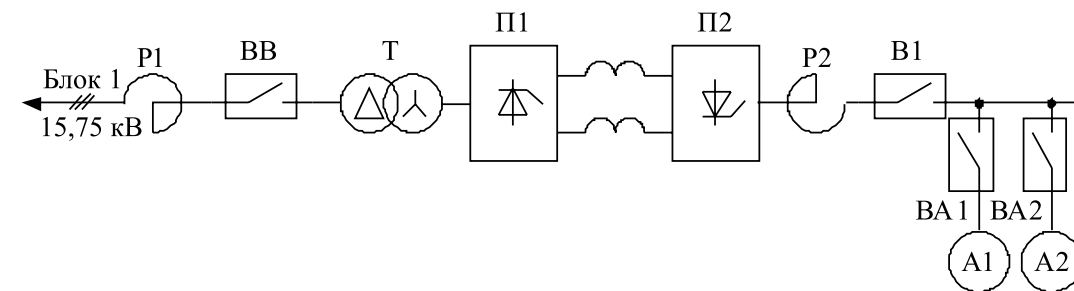


Рис 3. ПТУ с преобразователем 15,75 кВ и 1 входным трансформатором

выбран разработчиком потому, что промышленностью СССР в то время не производилось преобразователей на большие напряжение и мощность. Преобразователь состоял из двух параллельных ветвей: выпрямитель — реактор постоянного тока — инвертор, в связи с чем было по четыре преобразователя и трансформатора. У каждого преобразователя был шкаф управления (ШУ), построенный на «Логике-Т», ко времени ввода в работу уже морально устаревший, и шкаф выходных каскадов (ШВК), построенный на RLC цепях и тиристоре ТЧ50-7. ШВК формировал импульсы управления шириной 550 мкс для силовых тиристорных. Вся система управления питалась от собственных нужд станции и имела два разделительных трансформатора У/У $3 \times 380/3 \times 220$ В, по 70 кВА, для первой и второй ветви.

ПТУ — устройство групповое, т. е. оно работает с несколькими гидроагрегатами поочередно, а потому схема автоматики и защит поочередно подключается к тому гидроагрегату, с которым предстоит работать, и отключается при завершении работы, что производилось реле на РЩ.

Идея сводилась к тому, что входное напряжение 15,75 кВ, 50 Гц от блочного трансформатора 500/15,75 кВ, 250 МВА понижалось входным согласующим трансформатором ТДП до 3,3 кВ, подавалось на выпрямитель, затем выпрямленный ток для сглаживания пульсаций проходил через сглаживающий

реактор и подавался на инвертор, где преобразовывался в ток переменной (регулируемой) частоты. Через выходной согласующий трансформатор напряжение повышалось до 15,75 кВ и подавалось на гидроагрегат. Поскольку постоянный ток не трансформируется, то необходимо иметь прямую связь преобразователя с пусковым гидроагрегатом, т. к. для разгона гидроагрегата из остановленного состояния необходима подача тока переменной частоты, начиная с нулевой частоты, т. е. с постоянного тока. Поэтому для переключений выхода преобразователя на выходной трансформатор и далее на статор гидроагрегата или прямо на статор гидроагрегата было предназначено КРУ 3,3 кВ. Преобразователь со стороны гидроагрегата, т. е. инвертор, управлялся шестью бесконтактными магнитными датчиками положения ротора КВД25, которые находились на венце статора, а на роторе находилось колесо диаметром 2 м с двадцатью алюминиевыми флажками — по числу пар полюсов ротора. Флажки, входя в зазор датчика, вызывали его срабатывание и подавали сигнал на переключение плеч инвертора, обеспечивая запирающие тиристоры, проводящих ток от напряжения гидроагрегата, и отпирание следующих плеч тиристорных.

При разгоне гидроагрегата в насосный режим вода из камеры рабочего колеса отжимается воздухом, в ротор подается ток возбуждения холостого хода генератора, и преобра-



Фото 1. ПТУ15000 с преобразователями 3,3 кВ ВИПЗ2 (съемка сделана во ВНИИ «Электромаш»)

зователь напрямую подключается к статору остановленного гидроагрегата через пусковые шины, агрегатный выключатель и выключатели ПТУ. Затем подается постоянный ток от выпрямителя в две фазы статора через два открытых плеча инвертора по сигналу срабатывания КВД. При этом ротор проворачивается на 60 электрических градусов, работает следующий датчик, выпрямитель запирается блокировкой импульсов управления, ток падает до нуля для запираания тиристоров инвертора. Через 10 мс импульсы управления подаются вновь, при этом синхронно на два плеча выпрямителя, два следующих плеча инвертора, и ток течет в следующие две фазы статора, ротор проворачивается еще на 60 градусов, срабатывает следующий датчик — и так продолжается до достижения частоты вращения ротора 5 Гц. При частоте 5 Гц напряжение статора становится достаточным для естественного запираания тиристоров инвертора, поэтому прерывание тока снимается, выключателями на выходе ПТУ происходит переключение выхода преобразователя на гидроагрегат через разделительный трансформатор, разгон продолжается дальше до напряжения на статоре 15,75 кВ, соответствующего напряжению синхронизации гидроагрегата с сетью. При достижении синхронной частоты работает агрегатный автосинхронизатор СА1, который подает команды на включение гидроагрегата в сеть и отключение ПТУ.

К ноябрю 1986 г. уже завершались наладочные работы с пусками гидроагрегатов № 1 и № 2 с осушенной проточной частью, количество успешных и неуспешных пусков было примерно 2/1 из-за низкой помехоустойчивости системы управления. В состав системы управления входили RS-триггеры, которые фиксировали факт работы защит и которые спонтанно срабатывали. Бесконечные проверки защит и управления результатов не приносили. Кроме того, произошла авария при торможении гидроагрегата, когда кто-то по ошибке отключил импульсы управления инвертора со стороны сети, в результате чего повредились два плеча инвертора и четыре плеча выпрямителя, защиты ПТУ от такого режима не было. Позднее была разработана дифференциальная защита преобразователя, которая измеряла разность токов на входе и выходе и в случае нарушения коммутации тиристоров и превышения разности токов снимала импульсы управления как с выпрямителя, так и инвертора, а также действием на электрические защиты гидроагрегата гасила возбуждение отключением АГП, но она работала только при режиме «Разгон», т. к. трансформаторы тока находились около выводов 3,3 кВ согласующих трансформаторов ТДП, которые при тор-

мождении не использовались. При торможении преобразователь напрямую подключался к гидроагрегату при токе возбуждения, при котором напряжение на статоре было 3,3 кВ, и трансформаторов тока между гидроагрегатом и преобразователем не было.

Так случилось, что вскоре после моего прихода на участок ПТУ во ВНИИ «Электромаш» не осталось никого, кто занимался ПТУ, посоветоваться было не с кем, и я остался без технической поддержки, пришлось, не принимая глобальных решений, идти мелкими шагами.

Передо мной встали четыре первоочередных задачи: во-первых, изучить схемы и режимы системы; во-вторых, навести порядок во вторичных схемах, т. е. нарисовать исполнительные схемы, а также переделать, промаркировать и аккуратно уложить монтаж (поскольку состояние было, как говорится, «без слез не взглянешь», сплошная «паутина»); в-третьих, найти источники помех и пути их проникновения в систему управления; в-четвертых, разобраться с настройкой датчиков положения ротора, т. к. иногда на записях светолучевого осциллографа были видны пропуски и работала токовая защита. На решение первых двух задач понадобился почти год. Для решения третьей задачи необходимы были регистрирующие приборы, которыми можно отслеживать и фиксировать параметры помех для определения оптимального уровня помехозащищенности системы, но в наличии были только осциллографы: электронный С1-68 и светолучевой Н113, которыми этого сделать невозможно, пришлось постепенно повышать уровень помехозащищенности.

Предположительно, источниками помех могли быть: во-первых, сварочные работы, которых было много, т. к. шло строительство, во-вторых, работа мощных коммутационных аппаратов, и, в-третьих, коммутационные процессы самого ПТУ. Два первых предположения основными источниками быть не могли, т. к. сбой в работе ПТУ происходили даже тогда, когда сварочные работы и переключения не производились, следовательно, основным источником помех являлось само ПТУ. После продолжительных поисков и анализа был выявлен основной источник — шкаф выходных каскадов ШВК.

ШВК предназначен для формирования импульсов управления силовых тиристоров преобразователя. Силовые тиристоры преобразователя управляются от импульсных трансформаторов, первичной обмоткой которых является токовая петля, для надежного отпирания тиристоров необходимо в токовую петлю подать ток порядка 100 А длительностью 550 мкс. ШВК состоит из питающего трансформатора $3 \times 220/12 \times 240$ В, десяти кВА и шести ячеек по два формирователя в каждой ячейке. Формирователь состоит из мощных RLC цепей с общим зарядом конденсаторов $85 \text{ мкФ} \times 400$ В и быстродействующего тиристора ТЧ50-7, при отпирании которого формирователь подает ток в токовую петлю. Во время заряда и разряда RLC цепей в питающую сеть выбрасывается мощный импульс, который и является основным источником помех, учитывая, что общее количество формирователей во всех ШВК было 48.

Вторым источником были наведенные помехи, т. к. связи ПТУ, как внутри, так и с внешними устройствами, были выполнены длинными, до 400 м не экранированными кабелями КВВГ, которые проходили в зонах сильных магнитных полей. Последовательный ряд мер, таких как: «заземление» экранных обмоток блоков питания шкафа управления ШУ, установка в цепи питания ШУ разделительных трансформаторов У/Д с заземленными конденсаторами на выходе, установка в блоках питания ШУ параллельно электролитическим конденсаторам бумажных, установка в цепи питания ШВК LC фильтров с секционированными катушками, заземление токовых петель ШВК, переделка некоторых блоков защит и управления ШУ, а также укладка контрольных кабелей в стальные короба в зонах



Фото 2. ПТУ-1 с преобразователем ПЧ-ТПП 15750/800

сильных магнитных полей, установка RC фильтров на открытых входах ШУ особенно от датчиков положения ротора, — позволили значительно повысить помехозащищенность.

Для решения четвертой задачи необходимо было проверить настройку датчиков положения ротора на гидроагрегатах № 1 и № 2, которые были настроены при наладке. Настройка датчиков положения ротора представляла непростую задачу потому, что на венце статора не было разметки полюсов, и было непонятно, от какой точки производить отсчет. Кроме того, колесо с флажками было не точное, а сварное, и было не плоским, а седловидной формы, — это приводило к тому, что флажки проходили на разной высоте в зазоре датчика с разбросом более 15 мм.

Датчик КВД25 с зазором шириной 25 мм и глубиной 60 мм надежно работал, если флажок проходил не выше 10 мм от его основания. Комплект из шести датчиков крепился на кронштейне, который мог перемещаться как продольно, так и по высоте — для настройки угла управления инвертором.

Единственным, на что можно было положиться, — это перпендикулярность плоскости венца статора к оси вращения ротора, поэтому все флажки пришлось переделать как на существующих, так и последующих гидроагрегатах с таким расчетом, чтобы расстояние от нижнего торца флажка до основания датчика составляло 5 мм, учитывая расстояние от основания датчика до плоскости венца статора. Ротор опирается на подпятник, который может просесть до 3 мм, в этом случае флажки могут задеть датчики и снести их, и +2 мм — запас на точность изготовления и монтажа. Прделанные мероприятия позволили обеспечить надежную работу датчиков, оставалось только откорректировать угол управления инвертором в диапазоне $\beta = 40\text{--}45$ электрических градусов продольным перемещением датчиков, по напряжению специально установленного трансформатора на выходе инвертора.

На всех последующих гидроагрегатах, чтобы облегчить первоначальную настройку датчиков (а нужно было подобрать такое сочетание датчиков, при котором ротор начнет вращаться в нужном направлении), применил способ настройки по уже настроенным датчикам другого гидроагрегата, который заключался в следующем. Гидроагрегат с настроенными датчиками пускался водой с генераторным направлением вращения в режим СКГ, датчики подключались к ПТУ, по осциллографу с сетевой синхронизацией импульс первого датчика фиксировался на экране, затем пускался настраи-



Фото 3. ПТУ-2 с преобразователем СПЧРС 15750/800МП

емый гидроагрегат в режим СКГ, подключались его датчики, и определялось смещение импульса первого датчика, откуда определялись направление и величина коррекции, оставалось произвести коррекцию и проверить при работе с ПТУ с насосным направлением вращения.

Предпринятые меры позволили в конце 1987 г. практически все пуски проводить без сбоев. Это была первая ПОБЕДА.

Вывод: трансформаторы, питающие систему управления, должны иметь между сетевой и вторичной обмотками заземленную экранную гильзу, для повышения помехозащищенности. Экранной обмотки, как показала практика, не достаточно.

В августе 1987 г. произошла вторая авария, когда во время разгона гидроагрегата при его синхронизации, т. е. работе автосинхронизатора СА1 и предполагаемого последующего включения в сеть, не включился главный выключатель ВД, и ПТУ в начале отключилось, а затем напрямую подключилось к гидроагрегату, в результате напряжение 15,75 кВ подалось на не работающий преобразователь с номинальным напряжением 3,3 кВ. Причиной случившегося послужили ошибочные решения, которые предполагали разбор схемы связей между гидроагрегатом и ПТУ производить по факту включения главного выключателя ВД, и отказ блокировки ПТУ по напряжению из-за неисправности реле. В результате аварии произошло повреждение всех плеч преобразователя со стороны гидроагрегата и двух со стороны сети. Это было поражение.

Выводы:

1. Преобразователь должен «спасать себя сам»: т. е. поддерживать номинальное напряжение гидроагрегата, и никакие блокировки не дают полной гарантии его выживания.

2. Вопросы безопасности должны быть выше желания как можно быстрее получить результат работы — необходим тщательный анализ нештатных ситуаций.

После завершения ремонтных работ на ПТУ-1 был изменен алгоритм завершения разгона, т. е. разбор схемы связей между гидроагрегатом и ПТУ производился по факту работы автосинхронизатора СА1, и дополнительно разрешение на повторный пуск производилось нажатием кнопки на ПТУ.

При пуске требовалось присутствие персонала для регулирования частоты при синхронизации, т. к. отсутствовал регулятор для нажатия кнопки разрешения на повторный пуск.

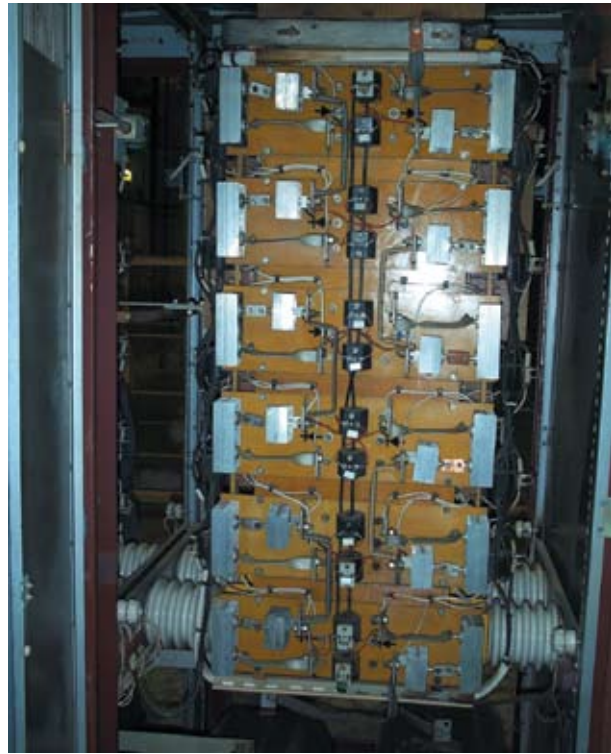


Фото 4. ПТУ-2: шкаф тиристоров ШТ СПЧРС 15750/800 до реконструкции в 2007 г.

В октябре 1987 г. после посещения станции членом ЦК КПСС В. И. Долгих директор собрал сотрудников, кто занимался пусковыми работами, и заявил: «Или мы пускаемся в этом году, или нас консервируют на неопределенное время». Причина такого заявления была понятна: три предыдущих года тоже были пусковыми, и каждый год находились «объективные» причины для переноса пуска станции на более поздний срок. Все собравшиеся приехали на строительство станции из разных уголков СССР, сдав жилье по прежнему месту жительства, и на то время имели временную прописку в поселке Богородское, поэтому это заявление означало, что нужна максимальная концентрация сил, необходимо во что бы то ни стало пустить станцию, отступать дальше нельзя, позади судьбы наших семей.

Первые пуски гидроагрегата № 1 в генераторный и насосный режимы были проведены 30 декабря 1987 г. С начала 1988 г. были готовы проточные части гидроагрегатов № 1, а затем № 2, и начались пуски с водой в генераторный режим и в насосный от ПТУ-1, а поскольку пуски в насос производились ночью, то приходилось ночью быть на пусках, а днем заниматься ПТУ, в сутках свободного времени оставалось 6 часов на сон — так продолжалось полгода, пока я не сделал первый регулятор частоты.

Для уверенной работы автосинхронизатора СА1 требовалось, чтобы скорость увеличения или снижения частоты не превышала 0,1 Гц/с, тогда при разности частот сети и гидроагрегата $\pm 0,3$ Гц он выдавал импульс на включение, если скорость превышала 0,1 Гц/с, СА1 блокировался.

Регулятор содержал таймер, который измерял время разгона от 5 Гц до 48 Гц и в зависимости от измеренного времени устанавливал ток на подсинхронной частоте, т. е., если время больше, и ток устанавливался больше; было четыре уровня тока, это обеспечивало плавность подхода к синхронной частоте.

Гидроагрегат с осушенной проточной частью при номинальных оборотах потребляет порядка 3,5–4 МВт мощ-

ности, а с заполненной и отжатой воздухом водой — порядка 12–14 МВт из-за протечек воды через закрытый направляющий аппарат, поэтому при выдаваемой на тот момент ПТУ-1 мощности 14 МВт длительность пуска возросла с 4–5 мин. до 10–15 мин. и более, и, как следствие, возросла температура тиристорных преобразователей. Примерно через 3 месяца начались новые проблемы, система контроля тиристоров через 7 мин. после начала пуска показывала наличие тиристоров с большими токами утечки, что приводило к преждевременному отключению ПТУ-1. Плечо тиристорного преобразователя содержало десять последовательно и три+три параллельно включенных тиристоров, между тройками, как в диагонали моста, были включены импульсные трансформаторы, сигналы с которых подавались на блоки контроля тиристоров. При исправных тиристорах вышеперечисленные сигналы отсутствовали, при пробое одного тиристора были порядка 15 В, что приводило к отключению ПТУ-1, а при увеличении тока утечки постепенно увеличивались от 0 до 15 В, что и происходило, т. е. равномерное распределение напряжений в тройках нарушалось. Причиной вышеперечисленного явления были прежние аварии, после которых остались тиристоры с частичными повреждениями, и которые в холодном состоянии определить было невозможно. В конце 1988 г. я возил несколько поврежденных тиристоров в лабораторию Таллинского электротехнического завода, где они производились и где подтвердили, что пробой происходит именно анодным током. В сложившейся ситуации была необходимость замены всех 1440 тиристоров, но они уже были сняты с производства. Вторая необходимость была связана с разработкой методики поиска неисправных тиристоров. Оборудования, которым можно было нагреть одновременно хотя бы плечо из 60 тиристоров, чтобы потом можно было подать напряжение от постороннего источника и измерить утечки, у нас не было, а это значило, что диагностику необходимо проводить непосредственно при пуске, и времени на эту работу отводиться не более 5 мин. Вольтметром с делителем за 5 мин. распределение напряжений по тиристорам выполнить невозможно, значит, замеры необходимо проводить одновременно на всех тиристорах, поэтому мы изготовили две линейки последовательно включенных вольтметров на 300 вольт по десять штук и подключали их к обеим тройкам тиристоров зажимами «крокодил». При пуске напряжение на тиристорах с утечкой отставало от остальных, это являлось основанием для замены трех тиристоров, затем эти три тиристора нагревали на электроплитке с поверх положенной алюминиевой плитой и специально изготовленным температурным регулятором на 110 градусов, подавали напряжение и браковали тиристоры с повышенной утечкой.

В 1988 г. для ПТУ-2 был поставлен заказанный ранее второй преобразователь на базе ВИПЭ2 — аналогичный, но с тиристорами на меньший ток Т15-200-12, к тому же морально устаревший, со снятыми с производства тиристорами, при этом строительная площадка под ПТУ-2 была еще не готова, поэтому, по моему предложению, было решено пристроить его параллельно к ПТУ-1.

На ПТУ-1 параллельно существующим преобразователям были установлены дополнительные: в 1989 г. — два выпрямителя и в 1990 г. — два инвертора с кабельной обвязкой силовых цепей. Для лучшего деления токов по параллельным преобразователям соединения сделали по перекрестной схеме, т. е. старый выпрямитель соединили с новым инвертором и новый выпрямитель соединили со старым инвертором, чтобы кабельные вставки были во всех звеньях, для выравнивания сопротивлений параллельных ветвей, обмотки сглаживающих реакторов разделили на две параллельные части, что



Фото 5. ПТУ-2: панели мнемосхемы, учета электроэнергии, защиты трансформаторов и управления выключателей «Сириус»

позволило разделить токи в параллельных преобразователях в пропорции 45% к 55%. Мы сами на ГАЭС разработали проект реконструкции, изготовили блоки защит дополнительных преобразователей и переделали управление. Вышеназванные мероприятия позволили уменьшить нагрузку на старые преобразователи и даже увеличить выходной ток и выходную мощность ПТУ-1 до 16 МВт, что было достаточно для уверенного пуска гидроагрегатов в течение 5–10 мин. Это была вторая ПОБЕДА! «Жизнь встала на мирные рельсы».

ПТУ-1 с восемью преобразователями ВИПЭ-2 уверенно работало со всеми гидроагрегатами до реконструкции в 2000 г., когда его заменили на преобразователь ПЧ-ТТП 15750/800 (см. рис. 2, фото 2) производства Саранского завода «Электровыпрямитель», который был изготовлен по документации преобразователя частоты нового поколения СПЧРС-15750/800 Таллинского электротехнического завода и был по существу копией этого преобразователя, о чем будет сказано ниже.

В начале 1989 г. по разработкам ВНИИ электроэнергетики Таллинским электротехническим заводом был изготовлен один из первых в мировой практике и первый в СССР высоковольтный преобразователь частоты на напряжение 15750 В — СПЧРС 15750 В/630 А. Этот преобразователь (заводской № 1) был изготовлен для Кайшадорской ГАЭС в Литве, и Загорская ГАЭС заказала такой же преобразователь с № 2, но большей мощности — СПЧРС 15750/800 (15750 В, 800 А) для ПТУ-2. С этого момента мы стали работать с ВНИИЭ и ВНИИ «Электропривод» — так появилась техническая поддержка, и жить стало легче.

Преобразователь СПЧРС 15750/800 с № 2 был поставлен в начале 1990 г. и до 1994 г. хранился на теплом складе, потому что строительная площадка под ПТУ-2 была не готова. В 1994 г. ПТУ-2 с СПЧРС 15750/800 (см. рис. 2, фото 2) было смонтировано и введено в работу, это был явный прогресс. ПТУ-2 содержало:

- Входной согласующий трансформатор, состоящий из четырех трансформаторов ТДП 12,5 МВА, 3,3/15,75 кВ, У/Д-11 (такие же, как на ПТУ-1), соединенных по два последовательно и пары параллельно с трансформацией с 15,75 кВ на 3,3 кВ и с 3,3 кВ на 15,75 кВ, — такая схема была вызвана экономическими соображениями, но лучше было бы иметь один трансформатор 25 МВА, 15,75/15,75 кВ.
- Два выключателя ВВЧП на 15,75 кВ и 1000 А по одному на входе и выходе.
- Двенадцать токоограничивающих реакторов РБГ10 кВ/1000 А по два в фазе на входе и выходе.



Фото 6. ПТУ-2: шкафы АРМ, реле, контроллеры SLC500

- Преобразователь частоты СПЧРС 15750/800, состоящий из трехфазных мостовых выпрямителя и инвертора с принудительным воздушным охлаждением, и тиристорами Т353-800-32, по двенадцать штук последовательно соединенных в плече, с воздушными сглаживающими реакторами ТРОС 5000 по две на полюс в звене постоянного тока. Выпрямитель и инвертор состояли из трех тиристорных шкафов ШТ (шкаф-фаза), входного (выходного) шкафа питания ШВП, шкафа резисторов и конденсаторов ШРК.
- Шкаф управления преобразователя частоты ШУ, выполненный на базе микросхем дискретных К511 и аналоговых К553.
- Релейный щит РЩ из шестнадцати панелей ПН550 с реле автоматики, защиты и сигнализации.

Преобразователь имел бестрансформаторный выход на гидроагрегат и такое же номинальное напряжение 15750 В, а также собственные трансформаторы тока на входе и выходе, что позволило надежно реализовать режимы разгона и торможения до полной остановки в обоих направлениях вращения гидроагрегата.

В дополнение к перечисленному несомненными преимуществами данной системы являются:

- Наличие режима рекуперативного торможения, который позволяет не только возвращать в сеть часть кинетической энергии вращающихся частей гидроагрегата (по показаниям счетчика электроэнергии, установленного на ПТУ-2, соотношение выданной активной энергии к потребленной составляет 22,5%), но и экономить ресурс механического торможения, а главное — машина и воздух, которым дышит персонал около нее, остаются более чистыми.
- Наличие реверсивной системы фазоимпульсного управления СИФУ инвертора позволило реализовать режим разгона от ПТУ гидроагрегата в режим синхронного компенсатора с генераторным направлением вращения СКГ, что экономит расход воды верхнего бассейна при пусках в этот режим. Технология этого пуска отличается от традиционной тем, что вместо открытия направляющего аппарата и подачи воды на рабочее колесо гидроагрегата происходит отжим воды воздухом из камеры рабочего колеса и разгон гидроагрегата от ПТУ с генераторным вращением.
- При режиме «Разгон» нет переключений выключателями выхода преобразователя, гашение тока в режиме прерываний производится переводом выпрямителя в инверторный режим.



Фото 7. Релейный щит ПТУ-2 до реконструкции в 2007 г.

- Отсутствие датчиков положения ротора — достаточно трансформатора напряжения на выходе, от которого происходит синхронизация инвертора. В статор подается ток сверхнизкой частоты, и возбужденный ротор вращается с этой частотой, создавая ЭДС в статоре, с которой и синхронизируется инвертор.
- Наличие универсальной системы диагностики тиристоров, позволяющей контролировать исправность тиристоров как при работающем под напряжением, так и не работающем преобразователе без подачи высокого напряжения.
- Наличие пропорционально-интегрального регулятора частоты синхронизации, который позволяет держать частоту вращения гидроагрегата в зоне работы автосинхронизатора $\pm 0,2$ Гц относительно частоты сети.
- Наличие режимов инвертирования выпрямителя и логического короткозамыкателя как выпрямителя, так и инвертора преобразователя в аварийных ситуациях позволяет без применения дополнительных устройств быстро и надежно предотвращать развитие аварийных режимов и тем самым сохранять оборудование ПТУ.
- Наличие системы сбора и отображения информации на базе контроллера Allen Bradley, которая собирает информацию о состоянии дискретных выходов, контактов реле автоматики и защит и позволяет отслеживать весь алгоритм работы ПТУ-2, а также при необходимости выявлять причины сбоев.
- Наличие защиты «от потери связи с агрегатом», т. к. ПТУ работает с гидроагрегатами поочередно, оно поочередно связывается по цепям автоматики и защит с автоматикой и защитами гидроагрегата, с которым работает, и на ПТУ постоянно на время работы присутствует сигнал, говорящий о том, что связь есть. В случае потери связи с гидроагрегатом, при завершении разгона или работе защит гидроагрегата, сигнал об этих событиях на ПТУ не поступит, поэтому на ПТУ не запустится алгоритм гашения тока, и когда произойдет отключение агрегатного выключателя ВА с разрывом тока, на ПТУ создается аварийный режим, связанный с выбросом энергии магнитного поля реакторов постоянного тока и возникновением ЭДС самоиндукции в сотни киловольт, — для предотвращения такого режима на ПТУ заранее запускается алгоритм гашения тока.
- Применение в ПТУ высоковольтного преобразователя частоты позволило продлить ресурс работы воздуш-

ных выключателей ПТУ-2 за счет введения нового режима — ожидания, при котором они не отключаются после каждого пуска, а остаются включенными на несколько пусков. При этом между пусками импульсы управления тиристорами преобразователя сняты. Так как ГАЭС в течение суток имеет циклический график работы, то ПТУ работает тоже циклично: это разгон в режим насоса, останов из режима насоса, останов из режима генератора. При этом выключатели ПТУ должны включаться перед каждым режимом, далее происходит пуск нескольких гидроагрегатов, после завершения пусков выключатели должны отключаться.

Помимо положительных сторон, были и отрицательные:

- Шкафы ШРК подключались на входе и выходе преобразователя, содержали конденсаторы, установленные на «заземленных» конструкциях, и имели малый, порядка 50 мм, изоляционный промежуток, согласно ПУЭ п. 4.2.12, не менее 180 мм, пришлось их вынести из шкафа за сетчатое ограждение и установить на изоляторы.
- Шкафы ШТ тоже имели малый, порядка 50 мм, изоляционный промежуток от токоведущих частей до дверей, пришлось наложить на ШТ рамы и отвести двери на 150 мм.
- В шкафах ШТ соединения между тиристорными блоками были выполнены кабельными перемычками с опрессовкой наконечников, и контактные соединения в месте опрессовки ввиду циклической работы ПТУ и, следовательно, частых нагревов и остываний ослабевают, что привело в 1998 г. к разрыву тока в одной из таких перемычек с горением «дуги» и повреждению тиристоров и других комплектующих шкафа, после чего все кабельные перемычки были заменены на шинные.

Вывод: все соединения в силовых цепях должны выполняться сваренными, паяными или цельными проводниками — ни в коем случае опрессованными.

- Воздушные сглаживающие реакторы звена постоянного тока типа ТРОС5000 имеют горизонтальное расположение катушек с общим весом 3 т, стягиваются стеклотекстолитовыми щечками при помощи сквозных стальных шпилек и стоят на изоляторах. При работе преобразователя в режиме прерываний тока реактор испытывает значительную вибрацию, от которой катушки проседают и ложатся на нижние стяжные шпильки, что стало причиной повреждения одного из реакторов. Для исключения проседаний катушек пришлось, по моему рацпредложению, подпереть реактор по всей длине стеклотекстолитовыми опорами.
- В процессе эксплуатации преобразователя происходит его старение, и в первую очередь это деградация параметров тиристоров. В высоковольтных преобразователях тиристоры соединяются только последовательно, и наиболее важными параметрами, подверженными деградации, для них являются: снижение класса по напряжению U_{drm} , U_{rrm} и увеличение заряда обратного восстановления Q_{rr} , а точнее — разности зарядов ΔQ_{rr} , которые происходят одновременно, но с разной интенсивностью и начинают заметно отражаться на надежности работы лет через 10: это частые пробой тиристоров и ограничителей напряжения на тиристорах ОНС. Для поддержания надежной работы преобразователя необходимо через 10 лет эксплуатации проверять и далее периодически через год поддерживать параметры U_{drm} , U_{rrm} , ΔQ_{rr} , но чтобы знать, как идет процесс старения, необходимо вести учет параметров за замерами через 1 год и через 5 лет после монтажа. Поскольку параметры U_{drm} , U_{rrm} , Q_{rr} деградируют

одновременно, достаточно контролировать один Q_{rr} , сегодня на ГАЭС для этого применяется прибор АД ИП5, разработанный Мордовским государственным университетом, а раньше возили тиристоры на проверку параметров в московский ВЭИ.

Другой способ поддержания надежной работы преобразователя — замена тиристоров, но — **внимание! — не покупайте тиристоры на рынке** — это малоэффективно, поскольку необходим подбор вышеуказанных параметров. Надежнее заказать тиристоры на заводе-изготовителе с указанием необходимых параметров.

По рационализаторским предложениям автора на ПТУ-1 и ПТУ-2 проведены следующие работы: внедрен пропорционально-интегральный регулятор частоты синхронизации; внедрена защита «от потери связи с агрегатом»; внедрен режим ожидания; вынесены за сетчатое ограждение и установлены на изоляторы конденсаторы шкафов ШРК; наложены рамы на шкафы ШТ — для увеличения изоляционного промежутка; в шкафах ШТ заменены кабельные перемычки на шинные; установлены изоляционные опоры реакторов ТРОС5000.

В 2004 г. на ПТУ-2 произошло повреждение межвитковой изоляции обмотки 3,3 кВ одного согласующего трансформатора. Причиной стали высокочастотные колебания напряжений и токов, происходящих в контуре с индуктивностями намагничивания обмоток 3,3 кВ и емкостями экранированных токопроводов при отключении токов холостого хода трансформаторов. При разборе трансформатора обнаружены множественные коричневые пятна на обмотках 3,3 кВ, что говорит о термическом их происхождении. И такая же картина была на остальных трансформаторах. По результатам проведенных НТЦ электроэнергетики (бывший ВНИИЭ) исследований коммутационных перенапряжений в схеме пуска с СПЧРС 15750/800 и рекомендаций завода-изготовителя трансформаторов УЭТМ, параллельно обмоткам 3,3 кВ были установлены ограничители перенапряжения Polim D4N. Это в определенной степени смягчило ситуацию, т. к. теперь обмотки были защищены, но полностью не решало ее. Высокочастотные колебания, хотя и меньшей амплитуды, все же оставались. Поэтому, по рекомендации НТЦ электроэнергетики, было принято решение о замене каскадного соединения четырех трансформаторов на один двухобмоточный мощностью с параметрами, принятыми по результатам расчетов института.

В 2008 г. на ПТУ-2 четыре трансформатора ТДП 12,5 МВА заменены на один ТМП 25 МВА, 15,75/15,75 кВ, Y/Д-11, такая же реконструкция предполагается на ПТУ-1 в 2012 г. В 2007 г. на ПТУ-2 проведена реконструкция с заменой преобразователя частоты и системы управления. Преобразователь частоты СПЧРС 15750/800 МП (см. **рис. 3, фото 3**) производства Таллинского завода ESTEL ELEKTRO AS с микропроцессорным управлением разработан совместно с ОАО «НТЦ электроэнергетики» (Москва), выполнен в шкафах Rittal, имеет такую же структуру, что и прежний, но другое содержание:

- Шкафы тиристоров ШТ содержат по восемь горизонтально расположенных тиристоров Т753-500-56 в плече, с охладителями на тепловых трубах, с параллельным забором воздуха и крышными вентиляторами, что сделало ШТ более компактными и удобными в обслуживании.
- Шкафы резисторов и конденсаторов ШРК содержат дисковые резисторы с охладителями на тепловых трубах и крышными вентиляторами.
- Шкаф управления ШУ с микропроцессорной системой управления МПСУ. В основе МПСУ для СПЧРС применен контроллер MPSD-01 (ESTEL ELEKTRO AS), вы-



Фото 8. ПТУ-2: шкаф управления СПЧРС 15750/800 МП

полненный на базе микроконтроллера TMS320F2808 (TEXSAS) и ПЛИС EP2C5T144 (ALTERA).

- Подключение к цепям управления с преобразователем СПЧРС осуществляется через переходные модули и плату сопряжения PS-01.
- В качестве пульта управления МПСУ используется чувствительная к нажатиям панель E1061 (Mitsubishi). С пульта управления осуществляется ввод наладочных параметров и отображение требуемой при эксплуатации МПСУ и СПЧРС информации.

Система управления производства НПО «Приводная техника» (г. Истра) разработана ОАО «НТЦ электроэнергетики», выполнена на основе контроллера SLC500, состоит из трех шкафов Rittal, для защиты входного трансформатора и управления выключателями применены микропроцессорные терминалы «Сириус» производства НПО «Радиус-Автоматика» (Зеленоград). Оборудование ПТУ-2 получилось вполне конкурентным иностранным образцам и в настоящее время работает надежно, без замечаний. Применение микропроцессорной техники переводит на новый, качественно более высокий уровень эксплуатацию и обслуживание оборудования, делает их более удобными, т. к. не нужно ничего паять и крутить отверткой, все делается с компьютера и все процессы можно наблюдать на мониторе дистанционно.

В 2012 г. предполагается реконструкция ПТУ-1 с заменой входного трансформатора, выключателей, преобразователя и системы управления. В настоящее время идет проектирование преобразователя частоты и системы автоматики. В работе принимают участие ВНИИР «Гидроэлектромеханика», НТЦ электроэнергетики, НПО РАКУРС и Таллинский завод ESTEL ELEKTRO AS.

Важно отметить, что два преобразователя частоты, но большей мощности СПЧРС 15750/1000 одновременно разрабатываются упомянутыми организациями и для Загорской ГАЭС-2. Что получится, говорить рано, но уверен, что результат будет не хуже, чем на ПТУ-2.

В заключение хочу поблагодарить за оказанное доверие и поддержку в разные годы директоров Загорской ГАЭС А. Н. Анчукова, А. П. Кулешова, В. И. Магрука, главного инженера В. А. Крымова, а также на протяжении многих лет основного идеолога высоковольтных преобразователей частоты и всей системы частотного пуска агрегатов ГАЭС — заведующего отделом ОАО «НТЦ электроэнергетики» Г. Б. Лазарева.

С благодарностью приму любые замечания по материалам, изложенным в этой статье.

АСУ ГИДРОАГРЕГАТОВ ЗАГОРСКОЙ ГАЭС: ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ, ЭКСПЛУАТАЦИИ И РАЗВИТИЯ



Плетнёв В. В.,
старший инженер-программист отдела разработки
ПО ВУ ООО «НПФ «Ракурс», Санкт-Петербург

АСУ комплексного объекта нельзя рассматривать как статичный механизм решения алгоритмизированных задач. Хотя ей присущи такие черты, и подобная позиция выглядит экономически привлекательной, однако это путь к неконтролируемой деградации объекта управления. Системный же подход требует не только выбора правильных решений для структуры и принципов функционирования, но и ежедневно-го компетентного анализа, внимания к деталям, доработки как объекта управления, так и АСУ, в соответствии с изменившимися условиями.

Объект и стратегия автоматизации

Существование гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС) обусловлено дефицитом маневренных мощностей на фоне преобладания тепловых и атомных электростанций. Ночное использование избытка электроэнергии для закачивания воды в верхний бассейн, утреннее и вечернее покрытие дефицита в энергосистеме работой агрегатов в генераторном режиме обеспечивают выравнивание суточной неоднородности графика нагрузок. Попутно решаются задачи оптимизации работы тепловых и атомных электростанций, позволяя им избегать кратковременных глубоких разгрузок и таким образом сокращать износ оборудования энергоблоков. Обеспечивается баланс доступных потребителям активной и реактивной мощностей. Реализация функции аварийного резерва генерирующей мощности дает возможность купировать сбои в энергосистеме, не давая локальным авариям перерасти в системные.

Мощность Загорской ГАЭС, расположенной в Сергиево-Посадском районе Московской области, — 1200/1320 МВт (в турбинном/насосном режимах). Шесть обратимых гидроагрегатов радиально-осевого типа мощностью по 200/220 МВт, расчетный напор 100 м. К ГАЭС относятся рукотворное водохранилище верхнего бьефа и нижний бьеф на реке Кунья.

Проведенное обследование объекта привело к выработке следующей **стратегии автоматизации**: было принято решение о разделении гидромеханической и электротехнической частей оборудования на две независимые системы для обеспечения возможности выбора наиболее эффективных решений, учитывающих их специфику и индивидуальные специализированные требования. Работы по автоматизированной

системе управления электротехническим оборудованием (АСУ ЭТО) еще продолжают, тогда как весь запланированный комплекс работ по автоматизированной системе управления гидроагрегатами (АСУ ГА) выполнен к концу 2011 г. В течение 5 лет с декабря 2006 г. ООО «НПФ «Ракурс»» последовательно произвело замену АСУ ГА всех агрегатов. АСУ состоит из двух частей — верхнего (общего) и среднего (поагрегатного) уровня.

Верхний уровень АСУ

Состав и функции верхнего уровня управления представлены в **табл. 1**.

Базовое программное обеспечение:

1. Windows XP и Windows 2003 Server (Microsoft) — операционные системы;
2. Intouch (Wonderware) — SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), обеспечивающая визуализацию технологического процесса: схема ГА, электрическая схема, гистограммы температур, диаграмма мощности, текущая сигнализация, управляющие экраны датчиков и механизмов;
3. FinsRouter (ООО «НПФ „Ракурс“») — сервис маршрутизации данных, кросс-конвертации стандартных протоколов связи;
4. FinsLogger (ООО «НПФ „Ракурс“») — сервис архивации данных аналоговой и дискретной истории;
5. RawServer (ООО «НПФ „Ракурс“») — сервис доступа к данным аналоговой и дискретной истории;
6. Trends (ООО «НПФ „Ракурс“») — программа для работы с данным аналоговой и дискретной истории — построение графиков, отчетов, отображение и фильтрация дискретной истории;
7. UnitDiag (ООО «НПФ „Ракурс“», «Фирма ОРГРЭС») — программа диагностирования функционирования агрегатов;
8. HART-Master (ПГ «Метран») — программа для работы с агрегатными мультиплексорами и обслуживания датчиков, поддерживающих HART протокол;
9. «Алмаз-7010» (ООО «Диамех 2000») — программный комплекс виброконтроля.

Сетевое взаимодействие осуществляется по FINS протоколу в рамках сети Ethernet 100 Mb/s (TX, FX). Топология сети — дублированная звезда на основе сетевого оборудо-

Табл. 1. Состав и функции верхнего уровня управления АСУ Загорской ГАЭС

Наименование	Выполняемые функции
Дублированные серверы баз данных (БД)	Ведение архива данных функционирования АСУ ГА и интегрированных систем, обслуживание канала связи с административной сетью станции.
Дублированные серверы общестанционного уровня (ОУ)	Обработка сигналов точного времени от программно-технического комплекса (ПТК) измерений, сигнализации, управления общестанционного уровня (ИСУ ОУ), организация SNTP (Simple Network Time Protocol) сервера для синхронизации участников сети верхнего уровня.
ПТК ИСУ ОУ	Централизованная обработка сигнализации от ПТК верхнего и среднего уровней, математическая обработка показаний датчиков уровня бьефов с учетом стоячих волн, расчет текущего напора и передача его на ПТК электрогидравлического регулятора (ЭГР) каждого агрегата, раздача ПТК агрегатного уровня синхроимпульсов сигналов точного времени от GPS/ГЛОНАСС приемника ПС-161 (производства ОАО «Российский институт радионавигации и времени»).
Автоматизированные рабочие места (АРМ) оперативного и диспетчерского персонала (6 шт.)	Визуализация протекания технологического процесса, сигнализации.
Агрегатный шлюз на каждом ГА	Узел связи между верхним и средним уровнями: консолидация данных от ПТК среднего уровня, транзит команд от верхнего уровня управления и обеспечение синхронизации по SNTP.
Информационная панель на каждом ГА	Ведение архива данных функционирования агрегата для обеспечения локального, независимого от основных серверов БД доступа к нему.
Станция виброконтроля на каждом ГА	Подключение к локальному стационарному комплексу оборудования виброконтроля, сбор, анализ и трансляция данных от него.
Мультиплексор «Метран-670» на каждом ГА	Подключение HART (Highway Addressable Remote Transducer) совместимых устройств, передача данных между ними и конфигурационным программным обеспечением.

ния Муха (EDS-5xx, EDS-7xx, NPort-5xxx). Сигналы, участвующие в алгоритмах управления, передаются только по физическим линиям.

Средний уровень АСУ

Средний уровень на каждом из агрегатов представлен шестью шкафами управления, выполненными на базе ПТК «Апогей», в основе которых — микропроцессорные программируемые логические контроллеры Omron CS1D-S. Агрегатный уровень управления состоит из шести шкафов:

1. АУГ — автоматизированное управление агрегатом;
2. ЭГР — электрогидравлический регулятор;
3. ИСУ — концентрация агрегатной сигнализации, управление синхронизацией с сетью;
4. ТК — температурный контроль;
5. УВО — управление вспомогательным оборудованием;
6. АРЗ — управление аварийно-ремонтными затворами.

Ручное управление и информационная поддержка технологического процесса на шкафах реализованы с помощью стрелочных приборов, ламп-индикаторов, кнопок и ключей. В рамках каждого ПТК всю полноту и доступность информации о подключенных устройствах и механизмах, а также функции управления обеспечивают сенсорные терминалы Omron NS8 и NS10. Одно из главных их достоинств — надежность и безотказность в самых жестких условиях эксплуатации.

Особенности реализации проекта

Привычный формат статей о конкретных системах автоматизации: описание объекта внедрения и самой системы, малоинтересные данные объемов подключенного оборудования, перечисление традиционных для промышленной АСУ

аспектов надежности и функционала, часто заимствованных из рекламных проспектов. В заключение обычно слова об успешности внедрения, завершении работ и пуске. Хотелось бы выйти за эти рамки. Серьезных и хорошо себя зарекомендовавших решений в автоматике не так много, и большинство проектов — это лишь их адаптивное копирование. Однако важно, чтобы читать статью было интересно и из нее можно было почерпнуть что-то новое. Хочется показать, что результатом совместных усилий заказчика и исполнителя может стать не только ограниченный функционал штатных средств промышленной автоматизации от мировых разработчиков, но если не революционные, то как минимум полезные эволюционные находки. Хочется, чтобы и у исполнителей, и у заказчиков возникло понимание, что жизненный цикл АСУ не заканчивается подписанием актов и в дальнейшем требует согласованных обоюдных усилий для достижения наилучшего результата.

ГАЭС оказалась интересным и интенсивным объектом. Технологические процессы, такие как пуск или останов, и связанные с ними ситуации, происходящие на обычных гидроагрегатах, паровых турбинах или водогрейных котлах 10–20 раз за год, здесь возникают до 400 раз в месяц! Не говоря уже о многообразии режимов, переходов между ними и требований к своевременному и точному их достижению. В результате служба эксплуатации — и оперативный, и обслуживающий персонал — несут большую нагрузку. Это диктует гораздо более широкие требования к функционалу АСУ. Эксплуатационные службы ждут от системы не только отработки стандартных действий, но и помощи в разборе аварий и нестандартных ситуаций; информации, позволяющей выявить и предотвратить проблему, если возможно, то еще до ее появления; способности достигать результата разными взаимно не пересекающимися путями. Все эти требования трудно формализуемы и выкристаллизовываются как в процессе пусконаладочных работ, так и в первые несколько лет эксплуатации, когда возможности новой системы дают большую волю фантазии и позволяют переосмыслить накопленный опыт.

Основные результаты внедрения АСУ Загорской ГАЭС,

которые, по нашему мнению, можно отнести к реальным достижениям совместной работы всех участников проекта:

1. Основной целью модернизации была замена морально устаревшего оборудования технологической системы управления агрегатами на современное и более надежное. Противоаварийная эффективность — это критерий, трудно поддающийся прямой оценке, однако, принимая за один из серьезных показателей надежность самой АСУ ТП, уже можно говорить о ее улучшении. Вывод опирается на два исчисляемых фактора. Первый — это уменьшение частоты выхода из строя использованной элементной базы. Второй — снижение объемов и сложности операций по обслуживанию и ремонту.

2. Со времени ввода в работу первой системы прошло уже несколько итераций курсов в Учебном центре «НПФ „Ракурс“», инициированных самим заказчиком для своего оперативно-ремонтного и административно-технического персонала. Это позволило повысить уровень компетентности сотрудников и дало возможность рассматривать наши системы с точки зрения разработчика — отчетливой представлять их сильные и слабые стороны, потенциал расширения и развития.

3. Необходимость срочного и оперативного восстановления программных элементов системы производства ООО «НПФ „Ракурс“», оснащенных как интеллектуальная собственность механизмами защиты от копирования, могло бы представить определенную сложность для персонала



станции. Специально для решения этой проблемы были внедрены два решения. Первое — использование активационных ключей ограниченного срока действия, которые генерируются автоматически при установке программного обеспечения (ПО) и дают месяц на получение бессрочного. Второе — электронный почтовый сервис, мгновенно предоставляющий оговоренное количество лицензий для всех продуктов в ответ на запрос с доверенных почтовых адресов заказчика.

4. Исходные технологические алгоритмы, повторяющие предыдущую реализацию, были предоставлены ОАО «ПИ НИИ институт «Гидропроект» им. С. Я. Жука» и, в процессе ввода в эксплуатацию, были доработаны при тесном сотрудничестве специалистов «Ракурс», «Гидропроект» и ЗаГАЗС. Это позволило использовать значительный объем наших собственных наработок и весь предшествующий опыт службы эксплуатации. Совместными усилиями удалось преодолеть и ограничения консервативного подхода к построению АСУ, и просто поведенческого консерватизма. Из наиболее заметных достижений стоит отметить режим пуска агрегата в СКг (режим синхронного компенсатора обратимого агрегата с генераторным направлением вращения) от ПТУ (пускового тиристорного устройства). Ценность данного варианта в том, что становится возможным пуск агрегата без использования воды и открытия направляющего аппарата.

5. Для совместной работы с ЭГР была произведена реконструкция гидромеханических колонок (ГМК). К отличительным особенностям их реализации можно отнести наличие ручного управления с помощью механизма ограничения открытия. Это позволяет позиционировать направляющий аппарат при отсутствии электрического питания и команд от ПТК ЭГР. Таким образом, ГМК сохраняет свой статус автономного управляющего устройства, что обеспечивает дополнительные удобства и надежность при эксплуатации и ремонте гидроагрегатов.

6. В качестве системы визуализации SCADA была выбрана система Intouch, которая является одной из самых надежных. Однако ее компоненты, связанные с работой по ведению архива данных, далеки от совершенства. Они отличаются сложностью обслуживания, ограниченной расширяемостью, высокими требованиями к аппаратным ресурсам.

Это отражается и на итоговой стоимости, и на удобстве использования. С самого начала работ было принято решение отказаться от их использования. По первой оценке, нужды станции составляли: несколько простых форм отчетов по данным термоконтроля; графики всех аналоговых параметров с широкими возможностями их масштабирования и комбинирования; обобщенный протокол событий по всем агрегатам и общестанционному оборудованию. Применение имевшихся собственных разработок позволяло не только эффективно решить обозначенные задачи, но и, имея доступ к исходному коду ПО, реализовать любые пожелания заказчика.

Первый шаг — это использование для архивации данных из контроллеров на серверы БД программы FinsLogger. Данные записываются в бинарные файлы. Так обеспечиваются простота управления архивом, переносимость, минимизация используемого для хранения места.

Второе — отказ от традиционных систем управления базами данных (СУБД) на основе SQL (Structured Query Language) сервера для доступа к данным. Роль провайдера ретроспективных данных исполняет RawServer. Количество одновременных подключений ограничено лишь возможностями операционной системы; минимальные требования к доступной оперативной памяти и процессорному времени, ввиду отсутствия необходимости удержания в памяти всего объема накопленной информации; отсутствие ограничений на общий размер базы данных. По сути, сервер БД реализован как файл-сервер, что сводит временные задержки доступа к информации ко времени, необходимому на вычитывание файлов с жестких дисков.

7. Отображение ретроспективной информации в рамках SCADA системы Intouch или дополнительных продуктов Wonderware имеет множество ограничений: жесткость заданных принципов вывода и манипуляций объектами; обязательное лицензирование каждой копии с установкой ее самой и аппаратного ключа на компьютер конечного пользователя. В случае выбора web-ориентированного решения — низкая скорость доступа и урезанный инструментарий работы с представляемыми результатами. То есть при наиболее экономически выгодном формалистском подходе со стороны

разработчика, заказчик получает в итоге не то, что ему надо, а то, что может базовое ПО. Решением описанных проблем явилось использование собственной разработки — Trends. Одна оболочка совмещает в себе механизмы вывода отчетов, графиков, истории событий; обеспечивает выбор из предварительно сконфигурированных временных интервалов или любого произвольно заданного; позволяет параллельно работать с несколькими окнами для всестороннего анализа всего комплекса рассматриваемых данных. Построение отчетов выполнено на базе компонентов FastReport. Последние позволяют в каждом конкретном случае делать выбор реализации обработки и подготовки данных по принципу «толстого» или «тонкого» клиента. Управление графиками позволяет:

- ♦ совмещать отображение произвольного количества сигналов;
- ♦ через контекстное меню моментально изменять индивидуальные характеристики отрисовки;
- ♦ изменять масштаб и смещаться по осям времени и значения;
- ♦ показывать уставки датчиков;
- ♦ уточнять метку времени и значение сигнала в любой точке по наведению мыши или с использованием курсора-рамки;
- ♦ выводить значения замеров в табличном виде;
- ♦ динамически управлять пользовательскими наборами трендов.

История событий представляется в табличном виде как упорядоченный по времени с точностью до миллисекунд перечень зафиксированных событий. Для удобства пользователя вызов функционала рационально распределен между панелью инструментов, контекстными меню и «жестами» мыши. Программа Trends была доработана с учетом пожеланий к организации доступа не только из технологической, но и из административной сети. Для оптимизации обслуживания и обновления запуск осуществляется с общедоступного сетевого диска — на сегодня зарегистрировано 11 пользователей технологической сети верхнего уровня и более 30 пользователей административной сети.

8. Слабым местом многих АСУ и программных средств автоматизации как таковых является несовершенство способов фильтрации событийных списков. В ряде решений для этого требуются знания о соответствии имен переменных искомым событиям или умение строить запросы к СУБД или представление общих списков событий, манипулирование которыми занимает гораздо больше времени, чем работа с результатами фильтрации. Нами была предложена и реализована структура упорядочивания объектов и событий по схеме: агрегат — контроллер — группа источников событий — устройство — событие. Учитывая, что разбиение технологии и управления отдельными устройствами было изначально рационально распределено между ПТК в соответствии с их обозначенными целями функционирования, причинно-следственные основания их расположения в структуре становились очевидны для персонала станции. Наиболее наглядным вариантом представления мы сочли древовидную структуру (рис. 1).

Использование такого подхода и прозрачной логики расположения элементов позволило пользователям быстро отмечать интересующие отдельные события или же сразу целые группы. При этом дерево фильтра постоянно находится на виду, и внесение изменений в уже заданную фильтрацию становится секундным делом.

9. Суммарное количество объектов, способных генерировать события, в общей сложности составило более 60000. Чтобы обеспечить действенный контроль информации — предоставление именно той информации, которая необходима в данный момент, — была реализована возможность сохра-

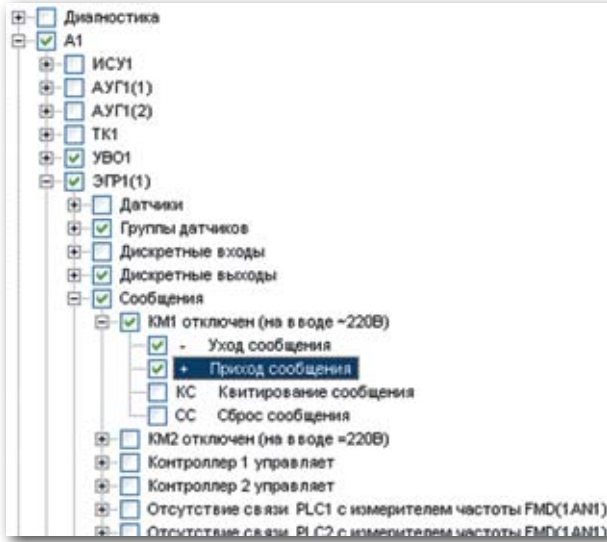


Рис. 1. Древовидная структура представления фильтра событий объектов

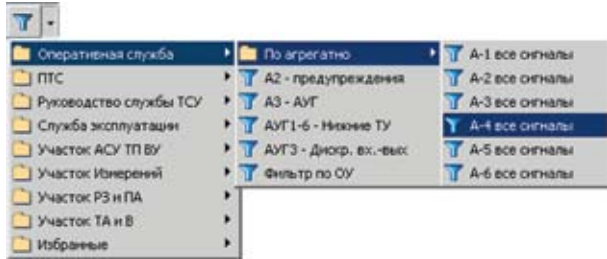


Рис. 2. Библиотека фильтров

нения/загрузки подготовленных самими работниками станции фильтров. Дана возможность использовать фильтр, расположенный в произвольном месте или размещенный в библиотеке фильтров соответствующей службы (рис. 2).

Использование таких опытных наработок персонала станции расширяет доступность информации и позволяет поставить регулярность мониторинга работы на плановую основу, быстро и эффективно сравнивать текущие характеристики работы с прошлыми периодами.

10. Развитием технологии сквозного общего протокола событий и показаний датчиков стала интеграция с системами виброконтроля и АСУ ЭТО станции. Клиентская часть программного комплекса виброконтроля «Алмаз-7010» была доработана для запуска по сети и стала доступной на всех АРМ сети верхнего уровня. Дополнительно утвержденный перечень сигналов от обеих систем был добавлен в систему архивации и отображения ретроспективной информации АСУ ГА. Соответствующие группы появились в каталоге датчиков и дереве фильтра событий. Это подняло на новый уровень работу технологов, т. к. информация, о существовании которой они раньше не знали или были вынуждены собирать ее из разных систем, стала непрерывно доступна и в контексте основных для гидроагрегатов событий, дополняя и объясняя ее.

11. Другим инструментом, обеспечивающим требуемую высокую надежность и заблаговременное обнаружение тенденций к отказам и неисправностям на ранних стадиях развития, становится диагностика. Система диагностирования гидроагрегатов была разработана специально для агрегатов ЗаГАЗС с учетом их индивидуальных конструктивных особенностей и двунаправленного рабочего цикла. Подготов-

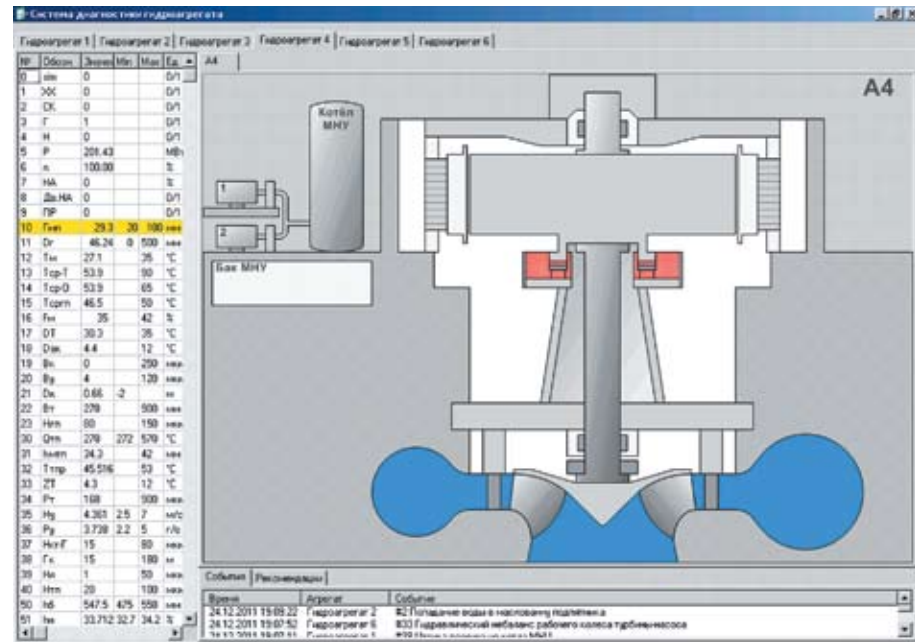


Рис. 3. Экран системы диагностирования гидроагрегата

кой алгоритмической основы экспертной системы занималась «Фирма ОРГРЭС». Хотелось отметить бесценный опыт и огромный личный вклад ведущего специалиста Александра Анатолия Евгеньевича.

Программа диагностирования постоянно получает все необходимые данные от АСУ каждого агрегата, проводит их обработку и анализ. Результатом становятся расширенная интерпретация событий, прогнозирование развития дефектов и, при необходимости, выдача рекомендаций о необходимости проведения корректирующих мероприятий. Вся информация, выдаваемая системой диагностирования, попадает в единый общий архив событий, таким образом, обеспечивается максимальная полнота ретроспективного анализа развития дефектов.

В программной реализации были учтены проблемы, с которыми сталкивалась эксплуатация при использовании автоматизированной системы контроля гидроагрегатов производства НПП «Мера», существовавшей на одном из агрегатов с 1998 г. UnitDiag так же, как и Trends, доступна и в сети верхнего уровня, и в административной сети станции. Таким образом, регулярный и оперативный доступ к ней имеют все заинтересованные лица. И износ, и каждый ремонт агрегата оказывают влияние на значения параметров, принимаемых как номинальные, поэтому персоналу обеспечен доступ к смене всех установок и параметров. Код алгоритмов представлен открытым скриптовым языком, что не привязывает станцию к нам как единственному разработчику и обеспечивает оперативность и простоту добавления или коррекции алгоритмов. Эффективность работы экспертной системы обеспечивается активностью персонала ЗаГАЭС по регулярному отслеживанию изменений показателей работы агрегатов и привлечению специалистов-технологов для сопровождения алгоритмического обеспечения на всем жизненном цикле.

Подводя итоги, отметим выраженную тенденцию по развитию систем АСУ в течение как всего периода внедрения, так и промышленной эксплуатации. Налаженная обратная связь между специалистами заказчика и исполнителя дала широкое поле деятельности по анализу функционирования программной и аппаратной частей АСУ, технических средств самих агрегатов. Практическая возможность влиять на рабо-

ту всего комплекса средств управления стала серьезной мотивацией в первую очередь для специалистов заказчика, т. к. обеспечила ощутимый и конкретный результат их личной работы. Таким образом, по многим вопросам удалось совершить переход от формулярной функциональности, которую гарантирует исполнение технических требований и технического задания на систему, к реальной задачеориентированности, отвечающей конкретным нуждам и практикам при эксплуатации и обслуживания общего комплекса АСУ и объекта управления.

Литература

1. Калянов Г. Н., Левочкина Г. А. Направления продуктового ИТ-консалтинга // Автоматизация в промышленности. 2010. № 9.
2. Ицкович Э. Л. АСУ для промышленных предприятий. Болевые места автоматизации производства // Промышленные АСУ и контроллеры. 2010. № 9. ISSN 1561-1531.
3. Синюгин В. Ю., Магрук В. И., Родионов В. Г. Гидроаккумулирующие электростанции в современной электроэнергетике. М.: ЭНАС, 2008. ISBN 978-5-93196-917-6.
4. Rowe D., Рыбинский А., Новиков М. Как защитить данные внутри локальной сети? // Рациональное управление предприятием. 2011. № 5.
5. Ильиных И. И. Гидроэлектростанции. М.: Энергоатомиздат, 1988. ISBN 5-283-01958-6.
6. Материалы сайта <http://www.rushydro.ru>.



ЯСНОСТЬ ЦЕЛИ

НПФ «Ракурс»
198095 Санкт-Петербург,
Химический пер., д. 1, корп. 2
www.rakurs.com

ОАО «ГИДРОСТРОЙ»: КОМПЛЕКСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ



Группа компаний ОАО «ГИДРОСТРОЙ» — строительное объединение, которое включает в себя 17 организаций, имеющих огромный опыт в гидротехническом строительстве. Объединение возникло на базе предприятий, осуществлявших строительство первой очереди Загорской ГАЭС, которая успешно работает с 1987 г., принята в эксплуатацию в 1997 г. На ГАЭС работают шесть обратимых гидроагрегатов по 200 МВт.

Штаб-квартира компании находится в пос. Богородское Сергиево-Посадского района Московской области.

Виды работ, выполняемые ОАО «ГИДРОСТРОЙ»:

- земляные работы, выемка, насыпь грунтов, устройство дренажей, фильтров;
- монолитные и сборные железобетонные конструкции;
- монтаж металлоконструкций;
- внутренние и наружные инженерные сети (водопровод, канализация, теплосеть, ЛЭП);
- глубинное водопонижение;
- гидромеханизированная разработка и намыв грунтов;
- водолазные работы;
- монтаж электрооборудования и пусконаладочные работы;
- инженерно-геологические и геодезические изыскания;
- проектные работы;
- сооружение и эксплуатация блоков АЭС.

ОАО «ГИДРОСТРОЙ» сегодня представляет собой интегрированный холдинг из 17 специализированных предприятий, располагающих собственными промбазами, собственной техникой, в составе которых свыше 1600 человек рабочего персонала.

Объектами, над которыми компания в настоящее время работает на строительстве Загорской ГАЭС-2, являются ее основ-

ные сооружения: водоприемник, здание ГАЭС — зона 8, 9 агрегатов, СПК, земляной комплекс — верхний и нижний бассейны, отдельные участки напорных водоводов.

С 2011 г. группа начала развивать сегмент выполнения работ по монтажу, капремонтам и реконструкции гидросилового и гидромеханического оборудования ГАЭС, строительной части ГАЭС, считая их перспективными. Для этого создан монтажный участок, на котором в настоящее время выполняются монтажные работы по гидромеханическому оборудованию водоприемника Загорской ГАЭС-2. Участок обеспечивается необходимыми монтажными механизмами, оснасткой, оборудованием, специальным инструментом. К работе на участке привлечены специалисты с опытом работы по проектированию, монтажу, эксплуатации и ремонту гидросилового оборудования ГАЭС и рабочий персонал.

Учитывая большие объемы предстоящих ремонтных работ и реконструкций действующих в России ГАЭС с большим сроком эксплуатации, заявленные в планах развития ОАО «РусГидро», ОАО «ТГК-1», ОАО «Лукойл», существующие планы по развитию малой гидроэнергетики, мы планируем предложить комплексные услуги по участию в этих работах, включая наши возможности по выполнению ремонта строительных конструкций гидротехнических сооружений ГАЭС. Для этого мы располагаем необходимыми строительными мощностями, техникой, квалифицированными инженерно-техническими специалистами (как по строительству сооружений ГАЭС, так и по монтажу, ремонтному обслуживанию гидроагрегатов), имеющими опыт работы с агрегатами всех типов: радиально-осевыми, поворотной-лопастными, обратимыми, единичной мощностью свыше 200 МВт.



ОАО «ГИДРОСТРОЙ»
141342 Московская обл., Сергиево-Посадский район,
пос. Богородское, д. 79 б
Тел./факс (496) 545-4501
E-mail: office@hidrostroy.ru; www.hidrostroy.ru

К ВОПРОСУ ИННОВАЦИОННОСТИ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ОБУСТРОЙСТВЕ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ НА п-ве ЯМАЛ



Попов А. П.,
доктор техн. наук, технический директор
ООО «Старый Дом» (Москва)

Обозначенный Правительством Российской Федерации курс на развитие инновационной экономики нашел свое отражение в стратегических планах крупнейших нефтегазодобывающих компаний. Так, ОАО «Газпром» в принятой летом 2011 г. «Программе инновационного развития ОАО «Газпром» до 2020 года» обозначил технологические приоритеты своего развития. Одним из важнейших, уступающим первое место лишь эффективным технологиям разведки месторождений углеводородного сырья, является приоритет технологий освоения ресурсов в условиях вечной мерзлоты. По оценке экспертов, внедрение таких технологий позволит на 15% снизить капитальные затраты в освоение ресурсов — за счет менее материалоемких строительных решений; на 11% сократить уровень текущих расходов на эксплуатацию инженерных сооружений — за счет повышения их механической безопасности и большей надежности и долговечности, и наконец свести к минимуму техногенное воздействие объектов обустройства на окружающую среду.

Сама суть обозначенного приоритета — взаимодействие оснований и фундаментов инженерных сооружений с многолетнемерзлыми грунтами, подверженными природному и техногенному (эксплуатационному) воздействию, — свидетельствует о том, что реализовать приоритет придется не инженеру-геологу и не инженеру-технологу, а инженеру-геотехнику строительного комплекса.

Поставленные задачи достаточно труднореализуемы в свете наличия фрагментарной, динамично изменяющейся нормативной базы проектирования, отсутствия целенаправленного развития практической «строительной науки», преимущественного заимствования западных строительных материалов, строительных технологий и строительных механизмов, да и всего прочего, что сумели «сотворить» с капитальным строительством за текущее двадцатилетие современные «всезнающие менеджеры».

Тем не менее, «несмотря на предпринятое лечение, больной все еще жив» — я имею в виду инженерный корпус проектных институтов. А ведь именно проектные организации должны в настоящее время стать ключевым звеном, превращающим инновационные идеи в инновационный товарный продукт.

Специфика проектного производства в нефтегазовой сфере — в амбивалентности инновационной деятельности, заключающейся в соедине-



Рис. 1. Инновации на стадии «Проект». «Умная, надежная и безаварийная скважина», не требующая обслуживания и ремонта

нии необходимости поиска новых решений, оптимальных для конкретных условий строительства, с жесткой регламентацией процесса государственными техническими нормативами, ведомственными инструкциями, законодательными нормами, Гражданским и Градостроительным кодексами РФ, Положением о проведении государственной экспертизы и т. д.

Это означает, что уровень инновационности будущих объектов определяется заказчиком, исходя из объема инвестируемых в объект средств и предпочитаемой номенклатуры оборудования, а возможности для выработки инновационных предложений проектировщикам открываются на пути оптимизации, в процессе поиска наиболее адекватных технических решений, способных обеспечить эффективность работы объектов в конкретных ситуациях строительства. Причем эти возможности существуют на всех этапах проектной деятельности — «Прединвестиционной стадии» (ПС), стадиях «Проект» (П) и «Рабочая документация» (РД).

На прединвестиционной стадии проектировщик может предложить решения, которые продемонстрируют заказчику более эффективные пути реализации первоначального замысла. Основная целевая функция деятельности проектной организации на этом этапе — определение экономической эффективности инвестирования, поиск стратегических решений, позволяющих обеспечить рентабельность будущего производства.

Так, к примеру, при подготовке обоснования инвестиций проекта «Система магистрального транспорта газа Бованенково — Ухта» специалистами отраслевых проектных организаций (ОАО «ЮжНИИГипрогаз» и ОАО «ВНИПИГаздобыча») были проведены оптимизационные исследования, направленные не только на выбор рациональной схемы транспорта газа потребителям, но и на поиск оптимальных соотношений между рабочим давлением и геометрическими параметрами трубопровода при плановой производительности. На основе

полученных результатов была предложена технология транспорта газа, максимально использующая преимущества высокого давления, одно из которых — снижение стоимости вывода ямального газа в ЕСГ. Была доказана эффективность перехода на новую технологию и выявлены условия, при которых этот переход возможен. Проектировщики отказались от традиционной схемы из шести ниток с давлением 7,5 МПа, предложив увеличить давление до 11,8 МПа. В результате перехода на более прочные марки российской стали при строительстве газопровода удалось существенно снизить металлоемкость проекта, более чем на четверть сократить расчетные затраты на капитальное строительство и снизить стоимость транспортного тарифа на природный газ. Ориентация на отечественных разработчиков и изготовителей технологического оборудования свела к минимуму зависимость от зарубежных фирм в части не только производства, но и поставок и сервисного обслуживания оборудования.

Широкие возможности для разработки инновационных решений открываются перед специалистами на стадии «Проект». Однако появление инноваций этого уровня можно назвать результатом совместной работы всех участников процесса создания нового объекта — инвестора, заказчика, строителей, разработчиков, производителей и поставщиков оборудования и т. д. Проектировщик учитывает в разрабатываемой документации их требования и возможности, предлагая оптимальные пути реализации новых идей.

Например, при обустройстве промыслов на Ямале инвестором была поставлена задача сократить затраты на внутрипромысловые проезды. Решение о строительстве дорог было заменено решением о внедрении устьевой прискважинной автоматики и телемеханики, обеспечивающей дистанционное управление оборудованием.

Инновационный вклад проектировщиков в решение проблемы сокращения затрат заключался в разработке схемы

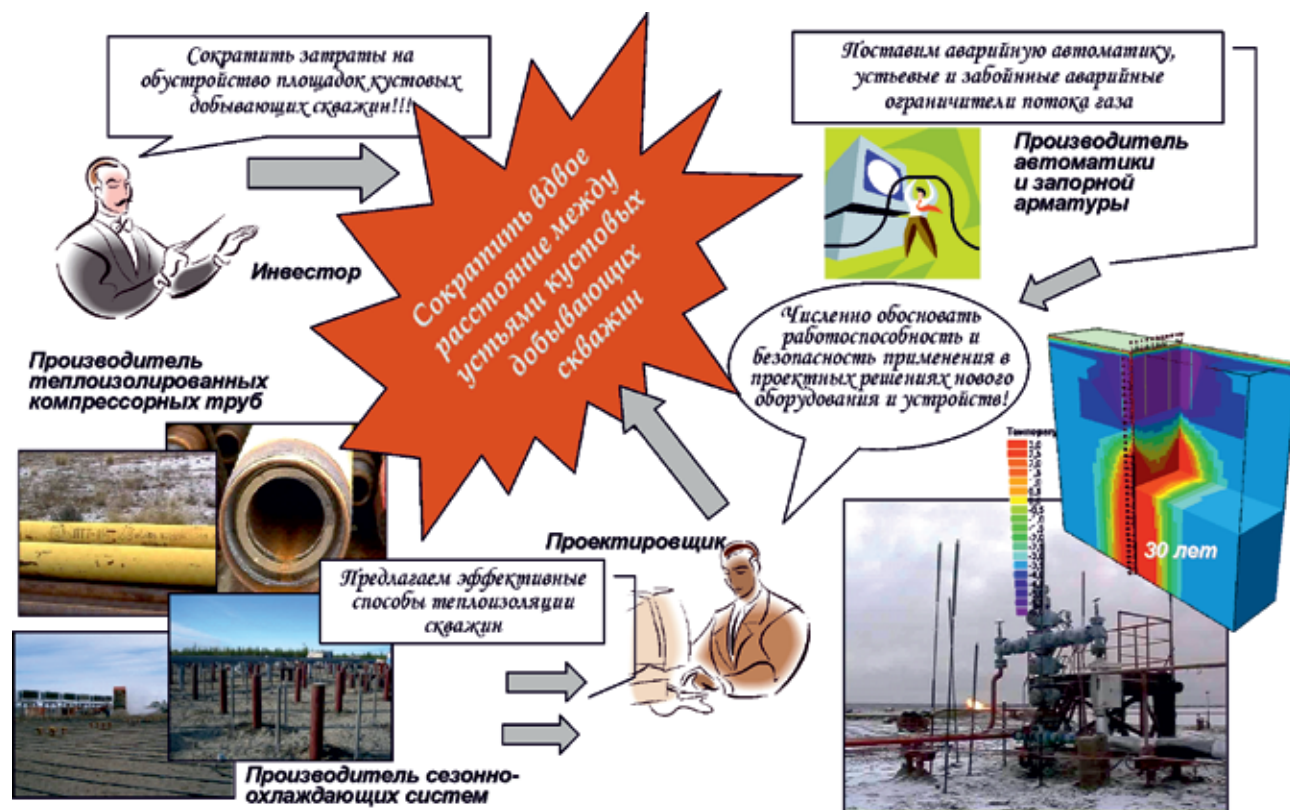


Рис. 2. Инновации на стадии «Проект». Сокращение расстояний между кустовыми скважинами в условиях высокольдистой ММП

расстановки автоматического оборудования и его монтажа, в предложении рациональной методики его использования, обслуживания и ремонта.

Более того, специалистам удалось найти решение, позволившее минимально сократить расстояния между устьями добывающих скважин, тем самым существенно снизив финансовые затраты на реализацию проекта за счет сокращения издержек на подготовку кондиционного строительного материала для грунтовой отсыпки площадок кустовых скважин в условиях значительного паводкового подтопления.

При сближении устьев скважин увеличивалась вероятность образования в приустевой зоне термокарстовой тепловой «воронки», создающей угрозу механической устойчивости сооружений. Проектировщиком, в результате вычислительного эксперимента, заключающегося в варианном моделировании трехмерного температурного поля многолетнемерзлых грунтов, вмещающих устья кустовых добывающих скважин, было предложено использовать вертикальные сезонно-охлаждающие парожидкостные приустьевые системы. Численное обоснование такого комплексного решения с помощью математического моделирования процесса теплообмена между кустовыми скважинами, сезонными термостабилизаторами, многолетнемерзлыми грунтами и окружающей средой в эксплуатационный период позволило сократить площадь кустовой площадки в два раза, что привело к уменьшению затрат на строительство и сокращению сроков ввода объектов в эксплуатацию.

Необходимо отметить, что инновационные разработки предпроектной стадии и стадии «Проект» носят стратегический характер, и положительный эффект от проектных решений проявляется в основном не на строительной, а на эксплуатационной стадии реализации. Инновационные разработки этого уровня способны обеспечить получение макси-

мального эффекта от эксплуатации объектов при оптимальных затратах на их строительство.

Так, именно на этих этапах принималось решение о выборе способа прокладки магистрального газопровода на Ямале. Оптимальным был признан подземный способ прокладки с отрицательной технологической температурой транспорта и заглублением верхней образующей трубопровода под сезонно-деятельный слой, позволивший свести к минимуму воздействие на сооружение опасных криогенных процессов.

Однако если участки ММП сливающегося типа не вызвали проблем, то поймы рек, подрусловые талики потребовали более пристального внимания. Кроме того, меридиональное расположение трассы свидетельствует о том, что будут «пройжены» и участки с «заглубленной кровлей ММП», и островная ММП, и ММП редкоостровного типа. Таким образом, «отрицательная температура транспорта» не является панацеей для всей системы. Для «ликвидации» этого противоречия были широко использованы мероприятия по теплоизоляции (кольцевая, полускорлупой, плитами в траншее) и термостабилизации грунтов сезонно-охлаждающими устройствами. Следствием отсутствия пространственной симметрии температурного воздействия трубопровода на ММП при численном обосновании теплоизоляционных и термостабилизационных решений стало применение проектировщиком инновационной технологии 2D и 3D моделирования техногенного температурного взаимодействия элементов газотранспортной геотехнической системы с многолетнемерзлыми породами.

Анализ результатов моделирования свидетельствует о том, что транспортировка холодного газа обеспечивает устойчивость трубопровода и сохранность прочностных и деформационных свойств грунтов, в результате не нарушается естественное мерзлое состояние грунтов (экологическая без-

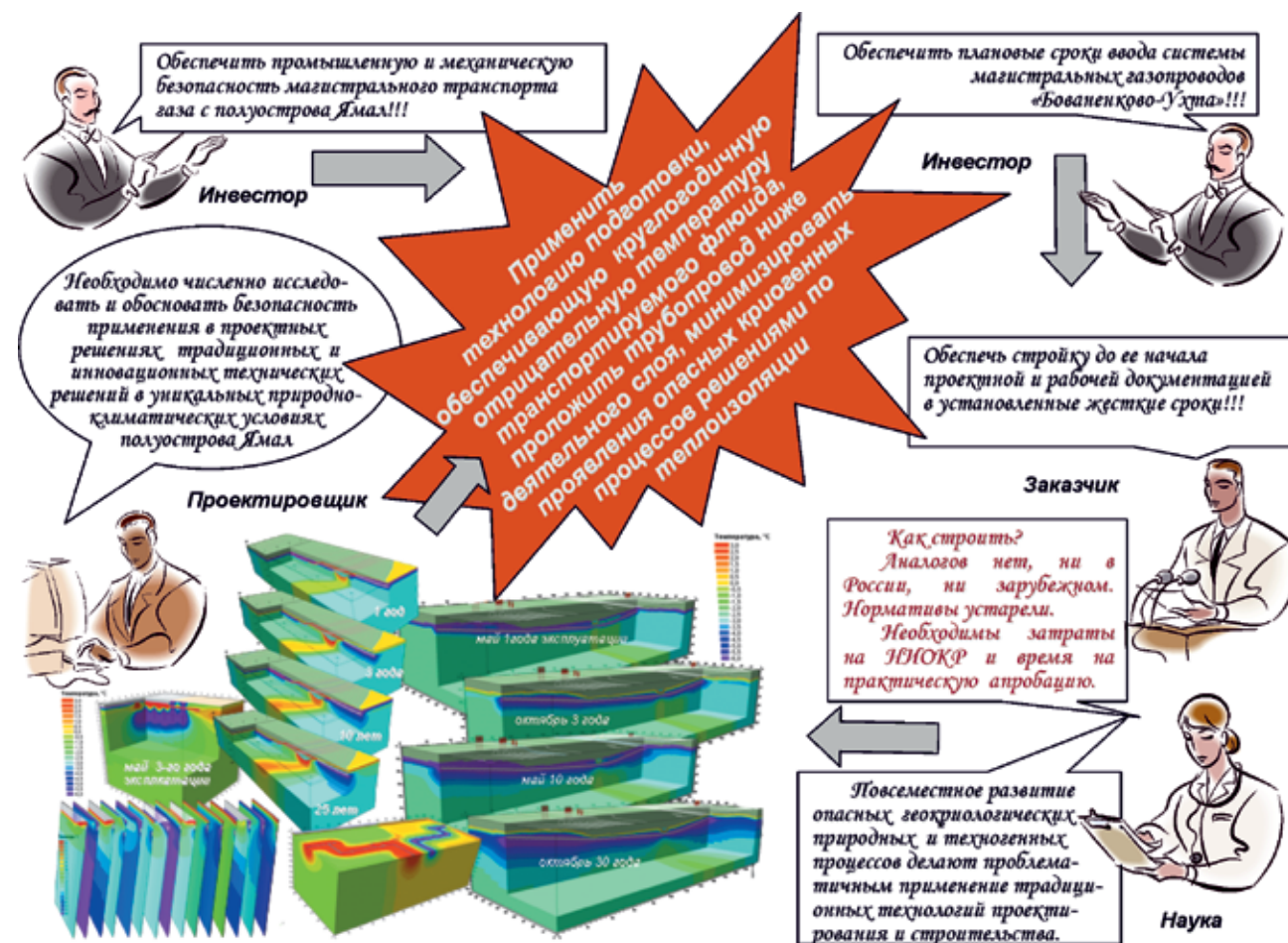


Рис. 3. Инновации на стадии «Проект». Криогеотехнологическое моделирование температурного поля грунтов оснований сооружений

опасность) и повышается механическая безопасность газотранспортной системы.

Однако наибольшие возможности для «продуцирования» инновационных решений появляются у проектировщика на стадии «Рабочая документация», включающей разработку конкретных «рекомендаций» и обоснований по строительству и эксплуатации будущего объекта. Решения этого уровня позволяют снизить материалоемкость строительных и технологических решений, трудоемкость и стоимость строительства, сократить его продолжительность за счет высокой технологичности конструктивных решений зданий и сооружений, использования прогрессивных материалов, укрупненных монтажных блоков, конструкций заводской готовности, передовых методов организации строительства, обеспечить высокий уровень архитектурных и градостроительных решений, улучшить условия труда и быта производственного персонала с учетом последних достижений промышленной эстетики.

Инновации стадии «Рабочая документация» классифицируются по двум критериям:

- Инновации **технического характера** заключаются в разработке комплекса мероприятий, позволяющих обеспечить строительство зданий и сооружений, соответствующих требованиям механической прочности и обеспечивающих сокращение сроков строительства и снижение инвестиционных затрат.
- Инновации **в технологии проектирования** включают в себя мероприятия организационного уровня, повышающие качество проектирования и уровень эксплуатационной надежности проектируемых объектов.

Целый ряд инновационных решений был предложен саратовскими специалистами при разработке проектов «Обустройства сеноман-аптских залежей Бованенковского месторождения» и «Система магистрального транспорта Бованенково — Ухта». Авторский опыт работы в строительной отрасли на Крайнем Севере свидетельствует о том, что инновации стадии «РД» тоже достаточно весомы, а их количество позволяет утверждать, что в сумме они дают эффект, сравнимый с предпроектными и проектными инновациями.

К инновациям технического характера, предложенным генпроектировщиком, можно отнести решения по основаниям и фундаментам сооружений ГП-2 Бованенковского НГКМ.

В связи с короткими плановыми сроками строительства, сезонностью доставки грузов и производства строительномонтажных работ проектировщики численно обосновали возможность обеспечения необходимого твердомерзлого состояния грунта за один зимний сезон в период сооружения насыпи с одновременным погружением свай фундамента и вертикальных отдельно-стоящих трубчатых естественн-действующих охлаждающих системам, размещенных по сетке в пределах пятна застройки внутри проветриваемого подполья. Решение может быть использовано на всех месторождениях ямальской группы.

Инновацией является и разработка типового решения по фундаментам, применение которого не зависит от «района строительства», «грунтовых условий» и «типа многолетнемерзлых пород». В результате выполненного проектировщиком вариантного «численного эксперимента», моделирующего динамику техногенного температурного поля в грунтах

всех типов, выделенных при изысканиях девяти компрессорных станций и девяти промбаз вдоль трассы газопровода Бованенково — Ухта, было доказано, что за один зимний сезон возможно создание в грунтах оснований площадок строительства от Бованенково до Воркуты твердомерзлого основания мощностью, равной глубине погружения сезонно-охлаждающих устройств. При этом были просчитаны не одно принципиальное решение, а серия, позволяющая проектировать и строить здания на проветриваемом подполье, и здания (сооружения) с полами по грунту (емкостной парк, компрессорные агрегаты, перекачивающие насосные агрегаты) и эстакады надземных коммуникаций, и агрегаты воздушного охлаждения газа, — иными словами, вся нефтегазовая номенклатура инженерных сооружений и объектов обустройства.

Удельная стоимость такого решения составляет от 3 до 15 тыс. руб. на кв. м пятна застройки, при этом решение сохраняет свою эффективность даже при реализации катастрофического сценария глобального потепления климата. На объектах трассы от Воркуты до Ухты (вне территории распространения многолетнемерзлых пород) аналогичное решение возможно лишь в случае передачи нагрузок на фундамент после второго зимнего сезона строительства.

Инновационным стало решение о переходе от традиционных свайных фундаментов из металлических труб к столбчатым фундаментам малого заложения, представляющим собой металлическую трубчатую сваю «с анкерной пяткой». Комбинация такого решения с решением по сезонной термостабилизации позволяет получить экономию по металлоемкости и по срокам выполнения СМР.

При проектировании надземных систем сбора газа специалисты предложили инновационный способ расчетной оценки несущей способности винтовых свай и их устойчивости к силам морозного пучения. Реализация такого расчета позволила, сократив затраты на стадию опытно-промышленных работ, обоснованно применить винтовые сваи в особо сложных грунтовых условиях Бованенковского НГКМ. Реализованное решение позволяет снизить общие финансовые затраты в 2,22 раза и повысить производительность работ до 4 раз.

Для компрессорных станций использован модульный принцип формирования оборудования и систем, что позволило сократить площадь застройки и металлоемкость обвязки, значительно сэкономив капитальные затраты на строительство и повысив механическую безопасность зданий и сооружений посредством устранения участков техногенного снегонакопления, приводящих к образованию радиационных таликов в грунтах, вмещающих пространственную трубопроводную обвязку КС.

При проектировании фундаментов для газоперекачивающих агрегатов в условиях криолитозоны в качестве инновации проектировщики предложили использовать пространственный ростверк на свайном фундаменте, что сокращает продолжительность строительно-монтажных работ, исключает «мокрые процессы» и уменьшает затраты на термостабилизацию грунтов.

Для компенсации механических деформаций трубопроводов, возникающих в точках смены способа прокладки, было предложено решение, «защищающее» трубопровод от потери устойчивости формы в месте его выхода из-под земли посредством «организации» пространственного грунтового термостабилизационного компенсатора механических деформаций. Комбинация такого инновационного решения с уже ставшим традиционным для «ВНИПИгаздобыча» Z-образным компенсатором в точке смены способа прокладки обеспечивают повышение общего уровня механической надежности системы за счет «регулируемого заземления»

и повышение «устойчивости формы» благодаря возможности использования «деформации кручения».

Ранее было отмечено, что для повышения обоснованности принятия технических решений инженеры ОАО «ВНИПИгаздобыча» внедряли в повседневную практику проектирования инновационную технологию «вычислительного эксперимента» при создании 2D и 3D моделей нестационарного техногенного температурного взаимодействия газотранспортной системы с криолитозоной. Наличие таких моделей для основных сооружений добывающего и транспортного комплекса и обеспечение сбора и анализа соответствующей геотехнической информации позволили реализовать в отрасли (ОАО «Газпром») выполнение требований ФЗ-384 «Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений» (июль 2010) за несколько лет до его (федерального закона) введения (СТО Газпром 2-3.1-071-2006 и СТО Газпром 2-3.1-075-2006). Мало того, созданные в процессе проектирования модели позволяют не только прогнозировать возможный «отказ геотехнической компоненты природно-технической системы», но и обоснованно просчитать последствия превентивных мероприятий по «ликвидации негативных тенденций развития опасного криогенного процесса». Это тоже можно назвать одним из инновационных подходов, используемых в технологии проектирования.

Итак, обзор инновационных технических и операционных решений, внедренных головным проектным институтом газовой отрасли в разрабатываемые проекты и процесс проектной деятельности, показывает, что инновационное развитие проектной организации направлено на совершенствование процессов проектного производства и поиск оптимальных вариантов реализации поставленных заказчиком задач.

Необходимо подчеркнуть, что предложенные инновационные решения разрабатывались под задачи конкретных проектов, а собственно «инновационная деятельность самого проектировщика» не являлась приоритетной задачей. Такой подход значительно ограничивает генерирование инноваций в процессе производства, формирует эпизодический характер инновационной деятельности проектировщика, что, в свою очередь, приводит к отсутствию долгосрочных связей между субъектами инновационной деятельности, невозможности апробировать некоторые серьезные решения и, как следствие, к отказу от их внедрения.

Изменить положение дел можно, только коренным образом модернизировав указанную систему, определив основную роль проектной организации в данном процессе как центра, обеспечивающего внедрение заранее подготовляемых и апробированных инновационных решений. При этом необходимо создание банка данных указанных решений, подготовленных к использованию при проектировании (подкрепленных техническими условиями, нормами и разработанными методами по их реализации). Следовательно, закономерными в данном случае становятся вопросы разработки единого классификатора инноваций и соответствующего набора унифицированных показателей относительной оценки инновационных решений, что сделает возможным их сравнение и объективный отбор к применению.

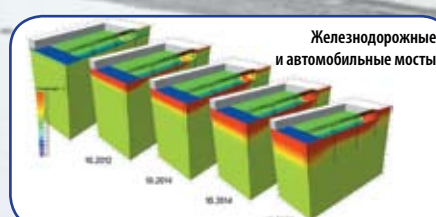
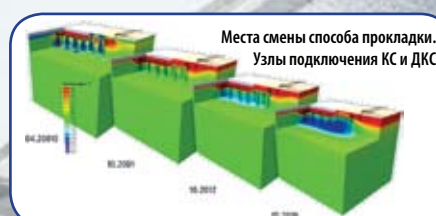
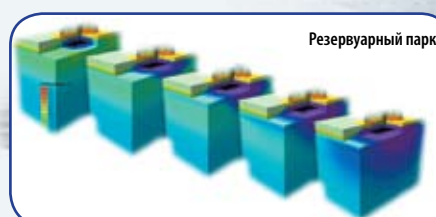
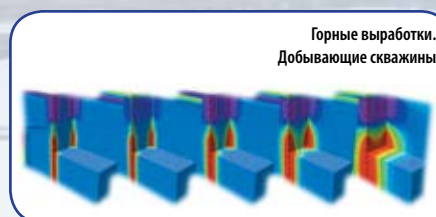
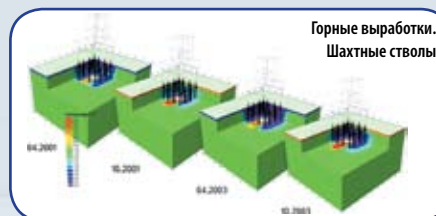
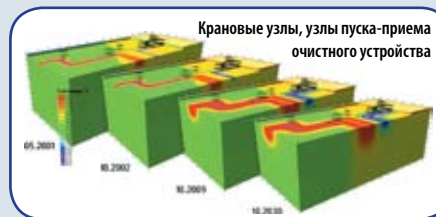
Таким образом, оптимальным механизмом реализации инноваций при проектировании крупных системообразующих объектов является их включение в проект на самых ранних стадиях. Деятельность проектных институтов в современных условиях должна быть ориентирована на поиск и реализацию инноваций в проектах как единственном механизме продвижения научных разработок в производство. При этом развитие инновационной деятельности в проектных организациях требует механизмов, обеспечивающих ее постоянство и соответствие корпоративным нормативным документам.



ООО «СТАРЫЙ ДОМ»

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА В КРИОЛИТОЗОНЕ

РАСЧЕТНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И СРЕДСТВА ВИЗУАЛИЗАЦИИ 3D МОДЕЛЕЙ ТЕПЛООВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ «МЕРЗЛЫЕ ГРУНТЫ — ИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ — АТМОСФЕРА»



Одно из ведущих направлений деятельности компании «Старый Дом» — разработка и внедрение технологии рационального использования криогенных ресурсов территории в аномально сложных инженерно-геокриологических условиях строительства на полуострове Ямал для обеспечения механической безопасности и снижения риска техногенных катастроф при соблюдении плановых сроков обустройства:

- Разработаем и согласуем Специальные Технические Условия для проектирования нулевых циклов в криолитозоне.
- Квалифицированно выполним разработку проектной и рабочей документации по разделам ПСД «Основания и фундаменты», «Термостабилизация грунтов» и «Геотехнический мониторинг» с учетом ФЗ-386 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и актуализированных редакций СНиП в форме Сводов Правил (СП 25.13330.2012, СП 22.13330.2011).
- Предложим сертифицированные для применения при проектировании программно-аппаратные средства численного геокриологического прогноза температурного поля многолетнемерзлых грунтов (1D и 2D модели для изыскательских подразделений, 2D и 3D для проектировщиков).
- Передадим инновационные технологии управления механической безопасностью инженерных сооружений в криолитозоне с использованием криогенного ресурса, методологию криогеотехнологического прогнозирования, методики проектирования, рациональные шаблоны, типовые решения и know how; обучим персонал, окажем помощь в формировании квалифицированных проектных групп.
- Окажем консалтинговые услуги по направлению «Практическая геотехника в криолитозоне» (от задания на инженерно-геологические изыскания до работ по геотехническому мониторингу в процессе эксплуатации сооружений).

Программный комплекс TermoStab 67-87, разработанный компанией «Старый Дом», позволяет рассчитать динамику температурного поля грунтов в процессе строительства и эксплуатации инженерного сооружения. В составе коллективной работы программный продукт удостоен серебряной медали X московского Салона инноваций.

117628 Москва, а/я 55, ООО «Старый Дом»
Офис: 144000, г. Электросталь, ул. Красная, 30 Б, оф. 509
Тел./факс 8 (495) 526-30-36
Тел. 8 (496) 574-43-11, (967) 275-69-31
E-mail: info@ouoldhome.ru
http://www.ouoldhome.ru



СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОБУСТРОЙСТВА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ п-ова ЯМАЛ

Осокин А. Б.,
канд. геол.-мин. наук,
зам. директора ИТЦ ООО «Газпром добыча Надым»

Галактионов Э. Ю.,
нач. службы геотехнического мониторинга
ИТЦ ООО «Газпром добыча Надым»

Интенсивное освоение месторождений углеводородов, начавшееся в северных регионах Западной Сибири в 1970-х гг., привело к необходимости строительства крупных промышленных комплексов на территории с исключительно сложными инженерно-геологическими условиями, характеризующимися распространением многолетнемерзлых дисперсных грунтов, часто имеющих значительную льдистость и засоленность.

В начале 1970-х гг., когда начиналось обустройство месторождения Медвежье в Надым-Пуровском междуречье, а впоследствии — Уренгойского и Ямбургского месторождений, расположенных в зоне прерывистого и сплошного распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ), проектные институты не располагали опытом проектирования оснований и фундаментов в условиях региона. Недостаточно была проработана нормативная база проектирования оснований и фундаментов на многолетнемерзлых грунтах. При проектировании не использовались методики прогноза изменения геокриологических условий территории при промышленной застройке. Строительные организации не располагали арсеналом современной мощной буровой техники и опытом строительства. Не было достаточного опыта применения и промышленного производства охлаждающих устройств, других средств тепловой мелиорации грунтов.

Основным техническим решением по строительству фундаментов было использование металлических труб в качестве свай с погружением их в талые и многолетнемерзлые грунты опускным, буроопускным и буроазбуривным способами. Для сохранения многолетнемерзлого состояния грунтов оснований и обеспечения их проектного теплового режима использовалось, по сути, единственное решение — вентилируемые подполья в основаниях зданий. На участках застройки вне контуров зданий, в пределах которых располагались отдельно стоящие сооружения, оборудование, эстакады технологических трубопроводов и т. п., тепловой режим ММГ проектами был продекларирован, однако не обеспечен специальными техническими средствами. Не выполнялся прогноз изменений мерзлотно-геологических условий, обусловленных прямым и опосредованным тепловым воздействием зданий и сооружений, изменением условий снегонакопления, состава, влажности грунтов сезонно-талого (сезонно-мерзлого) слоя и его мощности.

Смолов Г. К.,
канд. техн. наук,
директор ИТЦ ООО «Газпром добыча Надым»

Попов А. П.,
доктор техн. наук,
технический директор ООО «Старый Дом» (Москва)

Указанные выше недостатки проектирования привели к тому, что после определенного периода эксплуатации мерзлотно-геологические условия площадок расположения газопромысловых объектов претерпевали существенные изменения. На многих участках многолетнемерзлые грунты, являющиеся основаниями зданий и сооружений, деградировали: из твердомерзлого состояния перешли в пластичномерзлое, либо оттаяли, что привело к частичной либо полной потере их несущей способности. Непроектные изменения мерзлотно-геологических условий грунтов оснований объектов газопромыслового комплекса привели к развитию массовых отказов фундаментов, которые стали испытывать разнонаправленные деформации. В свою очередь, широкомасштабное развитие деформаций фундаментов неоднократно приводило к возникновению аварий и инцидентов на производственных объектах: прорывам трубопроводов, отказам оборудования, возникновению недопустимого состояния несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений [7].

Общество «Газпром добыча Надым», являющееся дочерней компанией ОАО «Газпром», первым из подразделений холдинга столкнулось со сложностями строительства и эксплуатации газопромысловых объектов на севере Западной Сибири при освоении месторождения Медвежье. Именно поэтому в Обществе, начиная с середины 1980-х гг. прошлого столетия, начаты системные исследования динамики геокриологических условий площадок расположения промышленных объектов, изучение направленности и интенсивности деформаций оснований и фундаментов, разработка стабилизационных мероприятий. Комплекс перечисленных работ впоследствии стал основой технологии геотехнического мониторинга, для реализации которой в составе газодобывающего предприятия создано специализированное подразделение. Выполненное в результате проведения многолетних геотехнических исследований обобщение опыта строительства и эксплуатации оснований и фундаментов зданий и сооружений, как положительного, так и отрицательного, позволило впоследствии принимать обоснованные проектные решения при строительстве в условиях криолитозоны.

Ситуация со строительством оснований и фундаментов в условиях распространения ММГ в ОАО «Газпром» в целом и в ООО «Газпром добыча Надым» в частности коренным образом изменилась в течение последних 10–15 лет. Это обуслов-



Рис. 1. Термостабилизаторы с гравитационным типом циркуляции хладагента, примененные для обеспечения твердомерзлого грунтов основания производственного здания

лено развитием новых строительных технологий, развитием нормативной базы проектирования, появлением ряда новых конструкторских разработок, к которым следует отнести:

- ♦ Начало массового промышленного выпуска и использования высокоэффективной строительной теплообменной техники, позволяющей управлять тепловым режимом ММГ — парожидкостных установок различных типоразмеров и конфигурации.
- ♦ Появление новых теплоизоляционных материалов, удовлетворяющих требованиям как по своим теплотехническим характеристикам, так и по прочностным и противопожарным свойствам.
- ♦ Появление и широкое внедрение специализированных программных продуктов, позволяющих осуществлять нестационарное теплотехническое моделирование процессов теплообмена в грунтовых массивах с учетом наличия источников тепла и холода.
- ♦ Разработку и внедрение технологии геотехнического мониторинга инженерных объектов в криолитозоне.
- ♦ Появление у строительных организаций мощной буровой техники.
- ♦ Разработку и внедрение комплекса нормативных документов различного уровня, повышающих статус геотехники и определяющих обязательность геотехнических исследований, их состав и объемы на различных жизненных стадиях инженерных объектов.

В рамках предпроектной проработки решений по обустройству Бованенковского месторождения на полуострове Ямал ОАО «Газпром» с привлечением ряда научно-исследовательских и проектных организаций выполнило ряд научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок, направленных на обеспечение надежности оснований и фундаментов инженерных объектов в криолитозоне. Разработаны стандарты Общества на проектирование оснований, фундаментов и инженерной защиты территории в криолитозоне, на применение систем термостабилизации, на проектирование крепи добывающих скважин в условиях распространения многолетнемерзлых пород. Разработаны «Методические рекомендации по определению прочностных и деформационных характеристик грунтов полуострова Ямал». Выполнен долгосрочный (на период до 2050 г.) прогноз динамики климатических и мерзлотных условий территории севера Западной Сибири.



Рис. 2. Горизонтальная естественнодействующая трубчатая система тепловой стабилизации грунтов ГЕТ СТС в основании строящегося производственного здания

Таким образом, к моменту начала обустройства месторождений полуострова Ямал (в первую очередь — Бованенковского и Харасавэйского) ОАО «Газпром» и его дочерняя компания ООО «Газпром добыча Надым», осуществляющая функции заказчика-застройщика, достаточно хорошо подготовлены к надежному строительству инженерных объектов в условиях криолитозоны.

Как уже упомянуто выше, для обоснования резерва надежности оснований и фундаментов при проектировании новых объектов обустройства в условиях криолитозоны на севере Западной Сибири в рамках научно-технического обоснования проекта обустройства Бованенковского месторождения на п-ове Ямал ОАО «Газпром» выполнена научно-исследовательская работа «Анализ динамики климатических и геокриологических условий Надым-Пур-Тазовского и Ямальского регионов и прогноз их изменения до 2050 года». Исследования осуществлялись Институтом геоэкологии РАН с привлечением специалистов кафедры геокриологии МГУ им. М. В. Ломоносова. Результаты работ, равно как и другие многочисленные исследования ученых [3, 4], свидетельствуют о многолетнем тренде повышения среднегодовых температур воздуха и ММГ в исследуемом регионе. О повышении среднегодовых температур воздуха и ММГ на севере Западной Сибири свидетельствуют и собственные исследования геотехников ООО «Газпром добыча Надым».

В 2003–2009 гг. выполнен большой объем инженерно-геологических изысканий под обустройство новых месторождений и реконструкцию существующих объектов на п-ове Ямал и на севере Надым-Пур-Тазовского региона. Сравнение полученных данных о фоновых значениях среднегодовых температур многолетнемерзлых грунтов со значениями, типичными для этих территорий в 1970-х гг., свидетельствует о том, что в пределах северной части месторождения Медвежье (север Надым-Пур-Тазовского региона) среднеинтегральные значения температур ММГ повысились на 1,5–2,5 °С, на п-ове Ямал (территория Бованенковского и Харасавэйского месторождений) повышение составляет от 2,0 °С в долинах крупных рек до 4,0 °С в пределах водораздельных пространств. Такие изменения теплового режима многолетнемерзлых грунтов очень существенны с точки зрения обеспечения устойчивости оснований и фундаментов промышленных объектов.

С учетом результатов выполненных исследований динамики климатических условий и теплового режима ММГ, прогнозные расчеты эксплуатационной надежности мерзлых грунтов оснований выполняются с соответствующими поправками. В надежность оснований и фундаментов закладывается адекватный резерв с учетом прогнозируемого потепления. Так, для Бованенковского месторождения при проектировании обустройства принято среднее фоновое прогнозируемое повышение среднегодовой температуры ММГ территории на $1,0^{\circ}$ на проектный период эксплуатации объектов.

При выборе площадок строительства в южных областях региона, характеризующихся прерывистым распространением ММГ, с учетом прогнозируемой общей деградации мерзлоты в период существования проектируемых объектов, предпочтение отдается участкам распространения талых грунтов, для чего выполняется геоэкологическое картирование территории. Хотя при необходимости современная строительная криотехника позволяет поддерживать необходимый тепловой режим мерзлых грунтов и в условиях потепления климата [5].

Основой надежности оснований и фундаментов в условиях распространения льдистых дисперсных многолетнемерзлых грунтов является обеспечение проектного теплового режима грунтов оснований. Типовым подходом в данной области при проектировании оснований и фундаментов газопромысловых сооружений является выполнение долгосрочного комплексного геоэкологического (геотехнического) прогноза, в том числе с использованием нестационарных численных методов, реализованных в специализированных программных продуктах. На основе прогнозных расчетов осуществляются оптимизация термостабилизационных решений, расчеты несущей способности фундаментов, а также определение критериев допустимого изменения теплового режима грунтов оснований в процессе строительства и эксплуатации.

Для обеспечения проектного теплового режима ММГ в основаниях зданий и сооружений, помимо хорошо зарекомендовавших себя вентилируемых подполий, используются парожидкостные охлаждающие установки различной конфигурации. В настоящее время в строительной практике используются главным образом охлаждающие установки, действие которых основывается на использовании гравитационного типа циркуляции хладагента. Однако известные и установки с капиллярным типом циркуляции хладагента, передающего атмосферный холод в грунт в зимнее время. Для осуществления процесса охлаждения грунтового массива нет необходимости в использовании искусственных источников энергии.

К отрицательным моментам использования такой охлаждающей техники следует отнести сезонность ее работы. Парожидкостные охлаждающие системы осуществляют теплоперенос лишь в зимние месяцы, при низких температурах атмосферного воздуха. Однако комбинирование такой техники с теплоизоляционными экранами позволяет сформировать и поддерживать в грунтах оснований зданий и сооружений устойчивые отрицательные температуры в диапазоне, обеспечивающем несущую способность мерзлых грунтов.

В настоящее время российской промышленностью освоены выпуск достаточно широкого спектра охлаждающих устройств. У проектировщика есть возможность применения как отдельных трубчатых охлаждающих элементов (рис. 1), с установкой их в грунты вертикально, либо наклонно, так и сложнопостроенных разветвленных охлаждающих трубчатых систем с укрупненными блоками теплообменников, которые в свою очередь могут быть удалены от пожаро- и взрывоопасного производственного объекта на расчетное

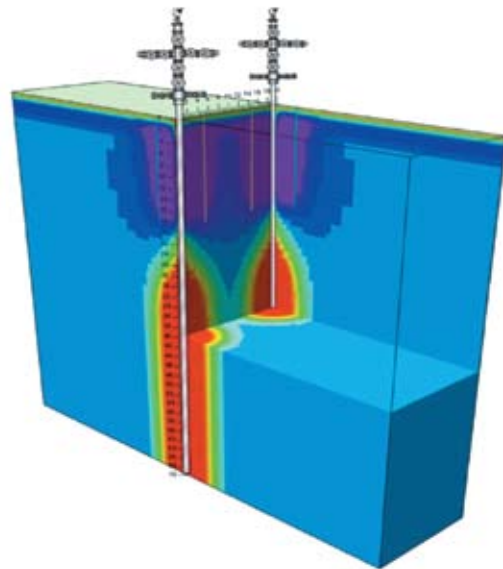


Рис. 3. Результаты теплотехнического прогноза теплового взаимодействия добывающей скважины, оборудованной теплоизолированными лифтовыми трубами и системой ВЕТ СТС в приустьевой зоне, с вмещающими многолетнемерзлыми грунтами

безопасное расстояние. Такие охлаждающие система с гравитационным типом циркуляции хладагента получили название горизонтальных и комбинированных горизонтально-вертикальных естественнодействующих трубчатых систем тепловой стабилизации грунтов ГЕТ СТС и ВЕТ СТС (рис. 2). С учетом возможности разгерметизации грунтового испарителя ГЕТ СТС и ВЕТ СТС, выполненного в виде единой системы, и связанной с этим потери их работоспособности в основании укладываются два контура охлаждающих трубопроводов — основной и резервный.

Отдельные охлаждающие элементы и их системы монтируются в грунтовых основаниях тепловыделяющих зданий и сооружений, на участках сгущения эстакад технологических трубопроводов и других участках застройки, где прогнозируется повышенное снегонакопление, ведущее к деградации ММГ. Охлаждающие устройства чаще всего используются в комбинации с теплоизоляционными экранами.

Проектными и научно-производственными подразделениями ОАО «Газпром» разработаны и внедряются комплексные системы термостабилизации мерзлых грунтов оснований приустьевых зон добывающих скважин с использованием парожидкостных охлаждающих установок и теплоизолированных насосно-компрессорных труб (рис. 3). В настоящее время система термостабилизации приустьевой зоны добывающих скважин, состоящая из теплоизолированных насосно-компрессорных труб и парожидкостной охлаждающей установки, принята в качестве типового решения при проектировании кустовых площадок добывающих скважин на Бованенковском месторождении (рис. 4).

Активное применение сезонно-охлаждающих парожидкостных систем началось на рубеже XXI в., но началось крайне осторожно. Первоначально проектные организации относились к решениям по термостабилизации многолетнемерзлых грунтов по принципу «хуже не будет», рассчитывая фундаменты, основываясь на данных о естественных температурах грунтов. Меры по термостабилизации использовались «в запас надежности». Стали появляться проектные решения, когда фундаменты рассчитывались одним проектировщиком, а мероприятия по термостабилизации



Рис. 4. Полуостров Ямал. Бованенковское месторождение. Строительство охлаждающей сезонно-действующей системы ВЕТ СТС в приустьевой зоне добывающей скважины

грунтов — другим. Картина начала меняться постепенно, когда заказчик при приемке проектной продукции стал настаивать на предоставлении результатов численного моделирования теплового режима мерзлых грунтов оснований инженерных объектов в процессе эксплуатации. По мере накопления опыта использования сезонно-охлаждающих систем стало понятно, что потенциал этих мероприятий гораздо больше, чем считалось первоначально. Проектные организации стали предлагать решения по управлению тепловым режимом многолетнемерзлых грунтов оснований, добываясь формирования массива грунтов с нужными механическими характеристиками в предпостроечный период, или в период строительства «нулевого цикла». Появилась возможность существенно сократить глубины заложения свайных фундаментов, перехода на опоры неглубокого залегания фундамента.

Таким образом, в последние годы при строительстве газопромысловых объектов на мерзлых грунтах произошел качественный скачок. Осуществлен переход от адаптации оснований и фундаментов к мерзлотным условиям территории к управлению мерзлотными условиями территории застройки и отдельно взятых объектов на основе геоэкологического прогноза, а также использования современных технических средств управления тепловым режимом многолетнемерзлых грунтов.

В последнее время на Ямале широкое распространение получил способ возведения зданий и сооружений на ММГ с полами по грунту [1]. В основании объекта при этом укладывается горизонтальная или слабонаклонная естественнодействующая трубчатая система тепловой стабилизации грунтов и слой теплоизоляции, которые и обеспечивают сохранение проектного теплового состояния ММГ в течение всего срока эксплуатации (рис. 3, 4). Подобное техническое решение позволяет значительно сократить количество свай, которое бы понадобилось при строительстве зданий и сооружений с вентилируемым подпольем в основании. Металлоемкость фундамента сокращается на величину до 50%, стоимость — до 35%. Значительно сокращаются сроки строительства объектов.

На Ямале, где широкое распространение имеют засоленные многолетнемерзлые грунты, их несущая способность по боковой поверхности существенно ниже, чем для незасоленных грунтов. С глубиной величина засоленности, как правило, растет, так что увеличение глубины заложения свай не



Рис. 5. Сваи с анкерной пяткой. Применены при строительстве основных производственных корпусов УКПГ-2 Бованенковского месторождения

приводит к адекватному увеличению их несущей способности. В этих условиях начало широкое промышленное использование нашли фундаменты из металлоконструкций с развитой горизонтальной поверхностью.

Одним из вариантов технического решения явилось использование свай с уширенной анкерной пяткой. Впервые такое решение применено ОАО «Фундаментпроект» на холодном складе химпродукции базы заказчика пос. Харасавэй. Далее испытанное техническое решение было успешно использовано ОАО «ВНИПИГаздобыча» при проектировании основных производственных цехов пусковой установки комплексной подготовки газа (УКПГ) Бованенковского месторождения (рис. 5). Применены сваи с анкерной пяткой диаметром 400–500 мм. Несущая способность свай в 4 раза выше, чем у традиционных свай из металлических труб с острым наконечником.

Современная мощная буровая техника, имеющаяся на вооружении у строительных организаций, позволяет бурить лидерные скважины для строительства фундаментов диаметром 1 м и более. Это позволяет строить сваи с горизонтальной опорной поверхностью площадью до 1 м^2 с глубиной заложения 3,5–5,0 м, что в данных грунтовых условиях является эквивалентом свай с глубиной заложения 10–12 м.

Вторым техническим решением свай с развитой горизонтальной поверхностью является использование винтовых анкерных свай (рис. 6). Их применение также позволяет сократить глубину заложения фундаментов, повысить скорость и технологичность строительства, т. к. из процесса погружения винтовых свай практически исключены «мокрые» процессы, и он включает только три технологических операции: бурение лидерной скважины, завинчивание свай и заполнение ее песчано-цементной смесью. В 2009–2010 гг. специалистами ОАО «ВНИПИГаздобыча» разработаны способы расчета, выполнено экспериментальное проектирование (отсутствуют нормативные документы, регламентирующие расчет несущей способности винтовой сваи) и строительство нескольких участков трубопроводов-шлейфов от кустовых скважин до УКПГ-2. Проведены полевые испытания значительного количества свай вдавливающей и выдергивающей нагрузкой. Результаты показали достаточно высокую степень сходимости расчетных и практических величин. Получен закономерный экономический результат — снижение стоимости работ в 2,22 раза, повышение производительности по затратам труда строительных рабочих в 4,74 раза, по затратам труда машинистов спецтехники — в 3,96 раза. Объекты на-



Рис. 6. Винтовые сваи, использованные для строительства газопроводов газосборной сети на Бованенковском месторождении

ходятся под инструментальным контролем, осуществляемым геотехниками ООО «Газпром добыча Надым».

Использование фундаментов с относительно небольшой глубиной заложения повышает требования к обеспечению проектного теплового режима многолетнемерзлых грунтов в интервале их заложения. Поэтому, как правило, использование перечисленных выше типов свай осуществляется в комплексе с мероприятиями по термостабилизации грунтов оснований и требует осуществления особого контроля за динамикой мерзлотных условий.

Тепловой режим многолетнемерзлых грунтов оснований, являющийся основой устойчивости зданий и сооружений в криолитозоне, требует постоянного контроля в течение всего жизненного цикла объектов, начиная с момента проектирования. Равно как требует постоянного контроля и пространственное положение несущих конструкций, технологические трубопроводы, устойчивость оборудования, с учетом того, что большинство сооружений газовой промышленности являются опасными производственными объектами. Требования осуществлять данный контроль содержатся в ряде нормативно-методических документов, упомянутых выше. Многолетняя работа в Обществе «Газпром добыча Надым» по реализации данных требований привела к разработке технологии комплексного геотехнического мониторинга газопромысловых объектов в криолитозоне, которую следует рассматривать как самостоятельную строительную технологию, обеспечивающую соблюдение одного из аспектов промышленной безопасности, отвечающую особо сложным условиям строительства и требованиям законодательства Российской Федерации [2, 6, 7].

Под геотехническим мониторингом специалисты «Газпром добыча Надым» понимают комплекс работ, включающий:

1. Постоянный инструментальный контроль динамики геокриологических условий в основаниях инженерных объектов и пространственного положения несущих конструкций, оборудования и трубопроводов и их соответствия проектным условиям.

2. Комплексный геотехнический прогноз динамики геокриологических условий и устойчивости оснований и фундаментов, в том числе с использованием нестационарных численных методов теплотехнического и термомеханического моделирования.

3. Контроль напряженно-деформированного состояния конструкций зданий, сооружений, оборудования и трубопро-

водов с использованием инструментальных и расчетных методов.

4. Разработку и реализацию мероприятий по предотвращению развития недопустимых деформаций зданий и сооружений, стабилизации оснований и фундаментов.

Таким образом, в ОАО «Газпром» к настоящему времени сформирован комплексный подход к вопросам строительства и обеспечения долговременной надежности инженерных объектов в криолитозоне, основой которого являются:

- ♦ Разработка и внедрение современной нормативно-методической базы проектирования, строительства и эксплуатации объектов в условиях криолитозоны.
- ♦ Комплексный геокриологический и геотехнический прогноз территории освоения, площадок строительства и отдельных зданий и сооружений.
- ♦ Управление тепловым режимом многолетнемерзлых грунтов оснований сооружений с использованием современных технических средств.
- ♦ Использование современных технологий строительства оснований и фундаментов на многолетнемерзлых грунтах.
- ♦ Осуществление геотехнического мониторинга инженерных объектов газопромыслового комплекса на всех стадиях их жизненного цикла.

Описанный подход принят ведущими проектными институтами, осуществляющими проектирование новых объектов ОАО «Газпром» и реконструкцию существующих промыслов в криолитозоне, внедряется газодобывающими и газотранспортными дочерними компаниями холдинга на различных стадиях жизненного цикла существующих объектов. Развитие геотехнического направления в «Газпроме», осуществляющем ширококомасштабное строительство в криолитозоне, дало новый импульс развитию геотехники в Российской Федерации.

Литература

1. Долгих Г. М., Окунев С. Н., Осокин А. Б. и др. Современная технология строительства оснований и фундаментов на многолетнемерзлых породах с применением парожидкостных охлаждающих установок // Третья конференция геокриологов России, к 250-летию МГУ им. М. В. Ломоносова: материалы, том. 4. М.: Изд-во МГУ, 2005.
2. Осокин А. Б., Попов А. П., Галактионов Э. Ю. и др. Геотехнический мониторинг — основа обеспечения надежности инженерных сооружений // Газовая промышленность. 2002. № 6. С. 45–47.
3. Павлов А. В., Ананьева Г. В. Современные изменения климата и криолитозоны в нефтегазоносных районах севера России // Криосфера Земли. 2005. Т. IX. № 1. С. 89–95.
4. Перлыштейн Г. З., Павлов А. В., Буйских А. А. Изменения криолитозоны в условиях современного потепления климата // Геоэкология (инженерная геология, гидрогеология, геокриология). 2006. № 4. С. 305–312.
5. Попов А. П., Милованов В. И., Жмулин В. В. и др. Перспективы использования криогенного ресурса для строительства крупных центров добычи и систем транспорта газа в циркумполярных областях в случае подтверждения гипотезы о глобальном потеплении климата // Инженерные изыскания. 2009. № 10. С. 18–37.
6. Постановление правительства Российской Федерации № 87 от 16.02.2008 г. «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию». <http://consultant.ru/cons/cgi/online.cgi>.
7. Ремизов В. В., Кононов В. И., Березняков А. И. и др. Надым-газпром: геотехмониторинг в криолитозоне. М.: ИРЦ Газпром, 2001. 148 с.
8. Трофимов В. Т. Закономерности пространственной изменчивости инженерно-геологических условий Западно-сибирской плиты. М.: Изд-во МГУ, 1977. 272 с.

ЕВРАЗ: шпунтовые сваи для северных регионов

- ЕВРАЗ - компания мирового уровня в области производства стали и угледобычи, лидер на рынке строительного и транспортного проката России и СНГ;
- Крупнейший производитель шпунтовых свай в РФ;
- Один из ключевых поставщиков шпунта на рынок СНГ (Азербайджан, Казахстан, Беларусь, Туркменистан);
- Линейка сортамента представлена более 20 наименованиями;
- Шпунтовые сваи группы производятся из 9 марок высококачественной стали, природно-легированной ванадием;
- Все сваи оснащены замками типа LARSEN и совместимы между собой.

В 2011 году на Нижнетагильском металлургическом комбинате, входящем в состав ЕВРАЗа, был освоен прокат шпунтовых свай «Ларсен 5-УМ» из стали С345.

Шпунтовые сваи, выполненные из стали данной марки, с успехом можно использовать в северных регионах страны (при расчетной температуре ниже минус 40°C), где невозможно применение шпунтовых свай из углеродистой стали.

Одним из таких регионов является полуостров Ямал, где газовиками и нефтяниками ведется обустройство газовых и нефтяных месторождений, в том числе причальных сооружений для приема грузов.

Кроме этого, шпунтовые сваи из низколегированной стали можно применять и в других климатических условиях (и агрессивных средах), т.к. их несущая способность приблизительно в 1,4 раза выше, чем в шпунтовых сваях из углеродистой стали.

На сегодняшний день уже поставлено на стройки более двух тысяч тонн шпунтовых свай из стали С345, в том числе на объекты Санкт-Петербурга (Пироговская набережная) и Казахстана (посёлок Баутино).

По желанию заказчика шпунтовые сваи могут быть выполнены из низколегированной стали с добавкой меди, что позволяет увеличить коррозионную стойкость сооружений, а также уменьшить слой антикоррозионного покрытия или даже отказаться от него. При этом необходимо учитывать, что все окрасочные антикоррозионные покрытия функционируют ограниченный период времени (обычно – 5÷8 лет, максимально – 12÷15 лет) при том, что нормативный срок службы гидротехнических сооружений III и IV класса ответственности (большинство причалов и берегоукреплений) составляет не менее 50 лет.

Более подробную информацию можно получить, обратившись в Департамент коммерческих продаж ООО «ТК «ЕвразХолдинг».



Казахстан, поселок Баутино, строительство завода буровых растворов

Россия, Москва, Беловожская ул., д. 4.
Тел.: +7(495) 795-37-93
olga.shatova@evraz.com
Ольга Шатова

ЕВРАЗ

ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА «МУЛЬТИ-ГЕТ ТСГ ПРОТВИНО»



Штефанова О. Ю.,
заместитель генерального директора по научной работе ООО «Ньюфрост»

Современное состояние вопроса

Заказчики и проектировщики, решая проблему обеспечения механической безопасности зданий и сооружений, возводимых на многолетнемерзлых грунтах, сталкиваются с определенными трудностями.

Во-первых, в связи с новыми требованиями к экспертизе проекта (согласно ФЗ № 384 от 30.12.2009 г. «Технический регламент „О безопасности зданий и сооружений“») возникла необходимость доработки некоторых его разделов. Одним из обязательных условий утверждения проекта стало наличие численного обоснования температурного режима многолетнемерзлых грунтов в процессе строительства и эксплуатации объекта. Другая сложность заключается в невозможности применения систем термостабилизации грунтов, предложенных на рынке, в рамках конкретного проекта в силу различных объективных причин.

На сегодняшний день при строительстве в условиях вечной мерзлоты существуют два способа укрепления фундаментов зданий и сооружений с полами непосредственно по грунту (без проветриваемого подполья). Первый способ основан на применении двухконтурной системы термостабилизации грунтов (производства ООО НПО «Фундаментстрой-аркос»), требующей заправки, опрессовки, герметичной сварки стыков, монтажа конденсаторных блоков непосредственно на объекте [1]. Второй способ связан с использованием инновационной мультиконтурной системы «Мульти-ГЕТ ТСГ Протвино», изготавливаемой ООО «Ньюфрост» в наукограде Протвино Московской области [2].

Предпосылками создания инновационной системы явились многочисленные просьбы заказчиков о поставке системы полной заводской готовности, обладающей повышенной надежностью и безопасностью. В результате применения комплексного подхода к решению данной задачи в 2011 г. ООО «Ньюфрост» совместно с ООО «Старый дом» (технический директор доктор техн. наук А. П. Попов) была разработана проектная документация и изготовлены системы «Мульти-ГЕТ ТСГ Протвино».

Конструкция системы «Мульти-ГЕТ ТСГ Протвино»

«Мульти-ГЕТ ТСГ Протвино» представляет собой горизонтальную естественнодействующую трубчатую систему термостабилизации грунта, состоящую из отдельных конденсаторных мультиблоков, соединенных в опорную конструкцию (рис. 1).

«Удлинение» отдельных слабонаклонных термостабилизаторов, заполненных фреоновым хладагентом, осуществляется с помощью тепловых труб, с использованием

специальных узлов стыка. Для механического крепления конденсаторных блоков (вертикальных элементов) применяются верхняя и нижняя крепежные эстакады (рис. 2).

При разработке инновационной системы ООО «Ньюфрост» и ООО «Старый дом» удалось максимально учесть пожелания заказчиков. В итоге полученная конструкция обладает рядом неоспоримых преимуществ:

- мультиконтурность системы (используются десятки контуров) позволяет повысить устойчивость системы к вероятным отказам ее элементов;
- применяется безопасный хладагент (хладон R-22);
- элементы конструкции выполнены из нержавеющей стали 12Х18Н10Т, что позволяет отказаться от малоэффективных и дорогостоящих мероприятий по коррозионной защите в сложных климатических условиях;

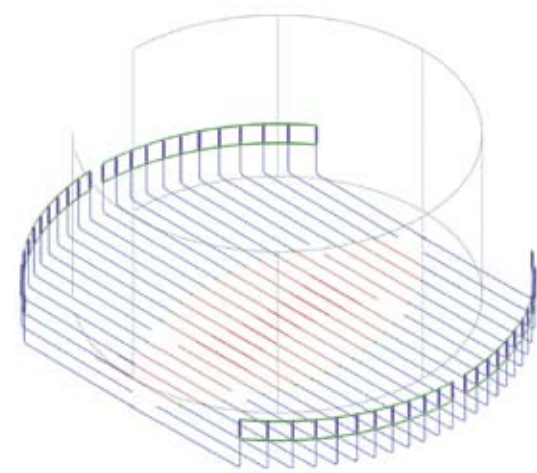


Рис. 1. Система «Мульти-ГЕТ ТСГ Протвино»



Рис. 2. Монтажное положение сборки системы



Рис. 3. Резервуарный парк ГУП ЧАО «Чукотснаб»

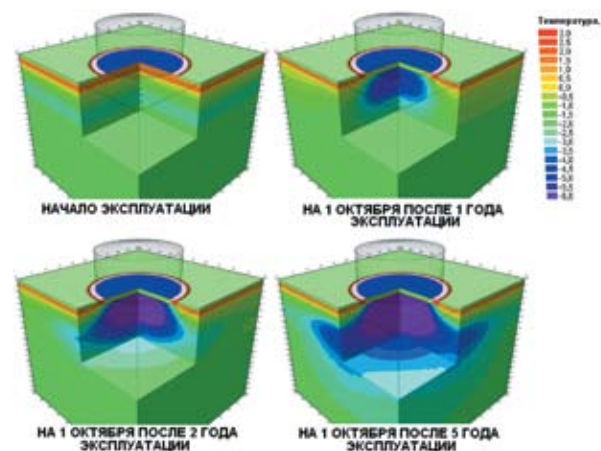


Рис. 4. Расчетное температурное поле грунтов в основании фундамента резервуаров при использовании «Мульти-ГЕТ ТСГ Протвино»

- проектом предусматривается постоянный геотехнический мониторинг для подтверждения работоспособности узлов и агрегатов системы;
- максимальный габарит комплектующих не превышает 12 м, что соответствует общепринятым стандартам транспортировки грузов.

Выполнение 3D теплотехнического обоснования проектных решений позволяет получить достоверный прогноз теплового режима грунтов основания. Использование элементов конструкции 100%-й заводской готовности и применение продуманной технологии монтажа на объекте, не требующей участия высококвалифицированных специалистов, приводят к значительной экономии средств заказчика, затрачиваемых на систему термостабилизации грунтов.

Необходимость применения системы

К разработке системы «Мульти-ГЕТ ТСГ Протвино» подтолкнуло обращение к ООО «Ньюфрост» руководителя департамента ПИР ЗАО «НПО „КИТ“» В. А. Комарова. ЗАО «НПО „КИТ“» (г. Москва) столкнулось с серьезной проблемой при реконструкции резервуарного парка ГУП ЧАО «Чукотснаб» (рис. 3). Строительно-монтажная организация, указанная в проекте, отказалась от выполнения работ, сославшись на удаленность и ограниченную транспортную доступность объекта (г. Певек).

В качестве альтернативы применению традиционных ГЕТ-систем ООО «Ньюфрост» совместно с ООО «Старый дом» предложило использовать инновационные мультиконтурные системы. При проектировании (ООО «Старый дом») было рассчитано температурное поле грунтов в основании фундаментов четырех резервуаров РВС-5000 с устройством теплоизоляционного экрана из пеноплекса мощностью 250 мм при использовании систем «Мульти-ГЕТ ТСГ Протвино» (рис. 4).

ООО «Ньюфрост» изготовило и поставило на объект четыре мультиконтурные системы (рис. 5), а также направило спе-



Рис. 5. Отгрузка систем «Мульти-ГЕТ ТСГ Протвино»



Рис. 6. Выполнение шеф-монтажа на объекте (г. Певек, ЧАО)

циалистов для выполнения шеф-монтажных работ (рис. 6). В итоге применение мультиконтурных систем привело к значительной экономии средств заказчика и времени монтажа.

В настоящее время ООО «Старый Дом» выполняет проектные работы по термостабилизации грунтов новых объектов с использованием систем «Мульти-ГЕТ ТСГ Протвино». Кроме того, изучается возможность применения данных систем при строительстве новых портовых и причальных сооружений в условиях криолитозоны в комплексе с традиционными методами.

Литература

1. Долгих Г. М., Окунев С. Н., Стоянов С. А., Залесский К. В. Опыт проектирования, монтажа и эксплуатации систем температурной стабилизации грунтов оснований «ГЕТ» объектов Ванкорского месторождения // Материалы 4-й конф. геокриологов России. МГУ им. М. В. Ломоносова, 7–9 июня 2011 г. М.: Университетская книга, 2011. Т. 3. С. 273–279.

2. Попов А. П., Самсонова В. В. Инновационные аспекты использования естественных криогенных ресурсов для обеспечения механической безопасности зданий и сооружений в криолитозоне // Геотехника. 2011. № 14. С. 5–21.



Тел. (916) 226-91-19
Факс (4967) 74-87-06
E-mail: newfrost@bk.ru
www.newfrost.ru
www.ouroldhome.ru

СИСТЕМА ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ ПУТЕВОГО КОМПЛЕКСА НОВОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ ОБСКАЯ — БОВАНЕНКОВО

Герасимов В. А.,
генеральный директор ООО «Инжиниринговый центр Ямал»

Тараканов А. С.,
канд. техн. наук, доцент, зам. гл. инженера по изысканиям
ООО «Инжиниринговый центр Ямал»

Неоспоримо, что в чрезвычайно сложных ландшафтно-экологических и инженерно-геологических условиях полуострова Ямал, где строительство и эксплуатация сооружений сопровождаются постоянной угрозой активизации опасных геокриогенных процессов, проблемы обеспечения промышленной безопасности являются крайне актуальными.

Поэтому в процессе проектирования и строительства путевого комплекса новой железнодорожной линии Обская — Бованенково была создана система комплексного контроля, прогнозирования и управления состоянием системы «сооружение — природная среда» с целью обеспечения ее работоспособности и безопасности на всех этапах жизненного цикла — система геотехнического мониторинга (ГТМ).

Основные объекты геотехнического мониторинга новой железнодорожной линии Обская — Бованенково на данном этапе приведены на рис. 1.

Известно, что надежность технических систем в криолитозоне (прочность, устойчивость, пространственная неизменность конструкций в процессе строительства и эксплуатации) определяется преимущественно прочностью и устойчивостью грунтов оснований. Механические и деформационные характеристики грунтов оснований существенно зависят от температуры и влажности последних. Поэтому сложившееся на сегодняшний день понимание процесса геотехнического мониторинга включает, как правило, изучение системы «фундаменты — грунты основания». При этом основное внимание обращено на анализ процессов, протекающих в грунтах.

Однако такой подход не дает возможности оценивать состояние сооружения в целом, т. е. не полностью решает вопрос промышленной безопасности. Особо актуально это в тех ситуациях, когда сооружения испытывают не только статические, но и значительные динамические нагрузки. В этом случае появляются дополнительные факторы, приводящие к деформациям сооружений. Это в том числе относится и к объектам железнодорожного строительства.

Инжиниринговый центр «Ямал» разработал и внедрил систему геотехнического мониторинга, основанную на комплексном подходе к решению задачи (рис. 2).

Она состоит из:

- системы контроля стабильности опорной геодезической сети, ее основой являются глубинные реперы, на которых выполняются высокоточные определения плановых координат с использованием геодезической

Суворов С. Г.,
канд. техн. наук, доцент, гл. специалист по геотехническому мониторингу ООО «Инжиниринговый центр Ямал»
(Санкт-Петербург)

спутниковой аппаратуры, высот — электронными цифровыми нивелирами;

- системы контроля состояния температур грунтов основания, основой которой являются термометрические наблюдательные скважины, расположенные на объектах, и геофизические методы исследований с использованием георадаров для слежения за состоянием вечномерзлых грунтов (ВМГ);
- системы контроля геометрических параметров, в основе которых деформационные и нивелирные марки, расположенные на объектах, чьи координаты и высоты определяют с использованием роботизированных электронных тахеометров и цифровых электронных нивелиров, на основе которых создаются каркасные модели объектов, а также наземное лазерное подвижное и неподвижное сканирование, на основании которых строятся пространственные модели объектов;
- системы контроля состояния природной среды, основу которой составляют материалы воздушного лазерного сканирования и аэрофотосъемки, а также материалов инструментальных тахеометрической и гидрологической съемок, на основании которых строится объединенная пространственная модель местности;
- системы контроля физических параметров: в основе — частотно-резонансный метод определения физического состояния несущих конструкций под воздействием динамических нагрузок;
- системы производственно-экологического контроля: биологические, санитарно-эпидемиологические, орнитологические, зоологические и другие исследования, по итогам которых составляют карты техногенных модификаций природных комплексов.

В ходе работы по созданию системы геотехнического мониторинга в «Инжиниринговом центре Ямал» внедрены современные технологии и приборы, отработаны новые формы и виды представления геопропространственной информации.

Как уже сказано выше, особенностью внедренной системы ГТМ является выполнение, наряду с традиционными работами по контролю стабильности состояния системы «фундаменты — грунты основания», тщательного контроля геометрических и физических параметров объектов.

При этом основой контроля геометрических параметров служат **пространственные модели** (рис. 3, б), которые создаются по материалам наземного, подвижного



Рис. 1. Основные объекты геотехнического мониторинга:

а) мостовые переходы; б) водопропускные трубы; в) земляное полотно; г) верхнее строение пути (ВСП)

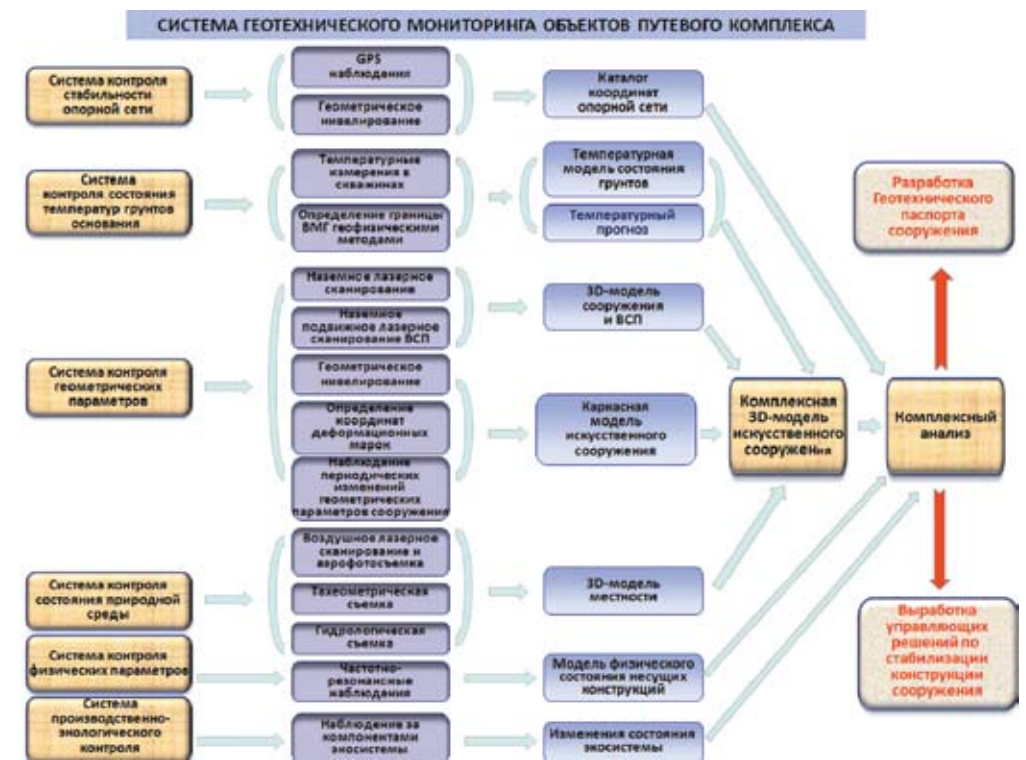


Рис. 2. Система геотехнического мониторинга

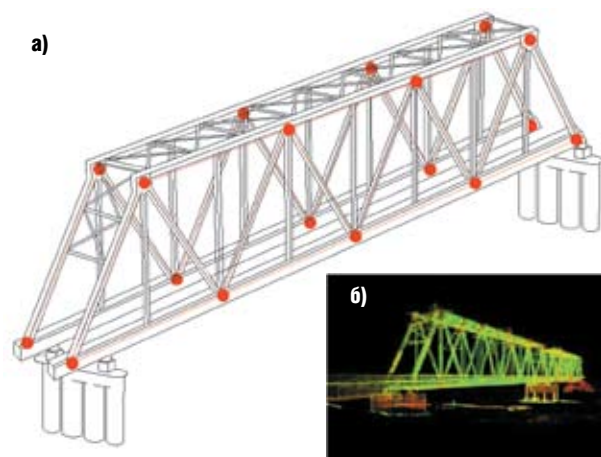


Рис. 3. Пространственная и каркасная модели мостового перехода

а) каркасная модель; б) пространственная модель

и воздушного лазерного сканирования, и **каркасные модели** (рис. 3, а) — как инструмент текущего контроля геометрических параметров конструкций, созданных с использованием роботизированных электронных тахеометров с функцией автоматического слежения, и цифровых высокоточных электронных нивелиров.

Применение лазерного сканирования возможно в двух вариантах — стационарном и мобильном. Стационарный вариант предназначен для съемки любых наземных объектов. Достоинством лазерного сканирования является то, что благодаря избыточным измерениям повышается точность построения пространственной модели объекта, имеется возможность выполнять обмеры сооружений в разных недоступных плоскостях и разрезах. Мобильный вариант предполагает совмещение подвижного лазерного сканирования со съемкой железнодорожного полотна, или воздушного лазерного сканирования с тахеометрической съемкой объектов путевого комплекса.

Контроль геометрических параметров верхнего строения пути с созданием пространственной модели в пределах основной площадки земляного полотна выполнялся с использованием разработанного ООО «Инжиниринговый центр Ямал» совместно с Сибирским государственным университетом путей сообщений подвижного автоматизированного программно-аппаратного комплекса «Сканпуть» (рис. 4).

В настоящее время каркасные модели созданы на 33 мостовых переходах, включая уникальный переход через р. Юрибей длиной около 4 км. Узлы каркасных моделей закреплялись закладными деталями на пролетных строениях и опорах. На закладные детали устанавливались специальные деформационные марки. Всего было установлено более 1700 закладных деталей под деформационные марки.

В ходе геотехнического мониторинга отработана новая методика построения свободной векторной сети с применением самонаводящихся интеллектуальных станций, позволяющая минимизировать влияние на результаты измерений личных ошибок наблюдателя, центрирования и неустойчивости грунта, обусловленных присутствием наблюдателя, а также ошибок, вызванных метеорологическими условиями (порывы ветра, солнечный свет и т. п.). Это позволило достичь точности определения пространственных координат деформационных марок после обработки полевых не более 3 мм.



Рис. 4. Подвижный программно-аппаратный комплекс «Сканпуть»

Новым в процессе геотехнического мониторинга является и контроль физического состояния пролетных строений частотно-резонансным методом.

Он позволяет оперативно выявлять наличие или подтверждать отсутствие дефектов металлоконструкций и соединений.

В связи с необходимостью накопления, систематизации, хранения и анализа больших объемов информации ежегодного геотехнического мониторинга компанией было принято решение о создании геоинформационной системы (ГИС), позволяющей решать следующие задачи:

- ♦ накопление, обработка и хранение геопрограммной информации об объектах путевого комплекса на основе системы управления базами данных;
- ♦ обеспечение доступа к базе геопрограммных данных об объектах путевого комплекса с рабочих мест пользователей системы;
- ♦ обеспечение рабочих мест пользователей необходимым функционалом для анализа и обработки геопрограммной информации об объектах путевого комплекса, а также формирования отчетных материалов, в зависимости от уровня доступа.

В настоящее время данная работа переходит в режим тестирования.

При разработке ГИС особое внимание уделено созданию форм представления данных геотехнического мониторинга объектов путевого комплекса в виде наглядных схем и сигнализаторов состояния по принципу трехцветных светофоров. Такие формы позволяют более наглядно показывать текущее состояние объектов, а также выявить тенденцию изменения их эксплуатационных параметров в границах предельно допустимых значений.

ГИС позволит повысить оперативность доступа специалистов эксплуатирующих организаций к информации геотехнического мониторинга, необходимой для принятия управленческих решений.

Разработанная в «Инжиниринговом центре Ямал» система геотехнического мониторинга позволяет повысить безопасность объектов путевого комплекса новой железнодорожной линии Обская — Бованенково от проявления опасных процессов техногенного характера в криолитозоне, а также дать необходимый инструмент для эксплуатирующих организаций с целью выработки и принятия своевременных обоснованных управляющих решений.

ЗАЩИТА МОРСКИХ СООРУЖЕНИЙ В АРКТИКЕ

Заключение эксперта

Выбор систем защиты от коррозии ГТС, эксплуатирующихся в условиях Крайнего Севера, ставит перед проектировщиком задачу по поиску покрытия, стойкого к интенсивным ледовым нагрузкам: истиранию и ударам. Более 30 лет назад при создании атомных ледоколов разработка таких покрытий велась многими лакокрасочными фирмами. Проводились масштабные лабораторные и эксплуатационные испытания новых материалов. Наивысшую стойкость по результатам испытаний показало эпоксидное покрытие на основе материала Intershield 163 Inerta 160.

Анализ результатов многолетней эксплуатации покрытия ледового пояса атомных ледоколов позволил рекомендовать это покрытие для защиты лицевой поверхности металлоконструкций ГТС порта по перегрузке сжиженного газа, проектируемого в рамках проекта Ямал-СПГ в районе п. Сабетта.

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

Эксплуатация морских сооружений, таких как нефтегазодобывающие платформы и причалы, нефтеналивные эстакады и т. п., в условиях Арктики требует особого подхода к защите от экстремальных условий, среди которых:

- ♦ крайне низкие температуры, ниже -50°C ;
- ♦ сильнейшее абразивное воздействие;
- ♦ обледенение;
- ♦ коррозия от морской воды.

Традиционные антикоррозионные системы, включая стандартные чистые эпоксидные покрытия, не способны противостоять этим воздействиям.

Поэтому, получив запрос на разработку систем анкоррозионных покрытий для причальных сооружений, находя-

щихся как над, так и под водой и расположенных на полуострове Ямал, компания «Защитные покрытия Интернэшл СНГ» безо всякого сомнения определилась с выбором — это Intershield 163 Inerta 160.

Покрытие, специально разработанное для защиты силового пояса судов ледокольного класса, обладает высокой прочностью, что позволяет ему долгое время сохранять исходную шероховатость (рис. 1) и противостоять ударным нагрузкам.

Стойкость к истиранию, помимо сохранения исходной толщины системы, что также сохраняет антикоррозионные свойства покрытия, создает еще один замечательный эффект — низкий коэффициент трения, в данном случае ко льду (рис. 2).

Низкий коэффициент трения обеспечивает слабое обледенение, в то время как все конструкции, находящиеся над и под водой и защищенные обычными ЛКМ, покрываются слоем льда, поверхности с покрытием Intershield 163 Inerta 160 остаются свободными от толстого льда.

Результаты лабораторных исследований полностью подтверждены в условиях реальной эксплуатации в течение более чем 35 лет в северных морях на морских сооружениях и судах. В общей сложности этим покрытием защищено более 1200 объектов, из которых около 140 судов с буровыми установками. Более того, большинство строящихся или ремонтируемых судов ледового класса в настоящее время окрашиваются Intershield 163 Inerta 160.

Intershield 163 Inerta 160 — это стойкость к низким температурам Арктики, защита от:

- ♦ коррозии от морской воды в условиях погружения;
- ♦ экстремального абразивного износа;
- ♦ обледенения.

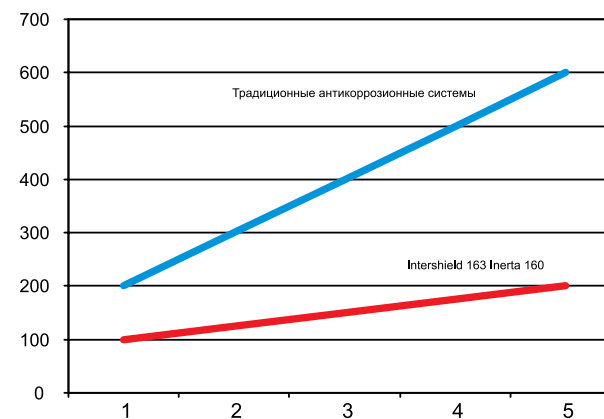


Рис. 2

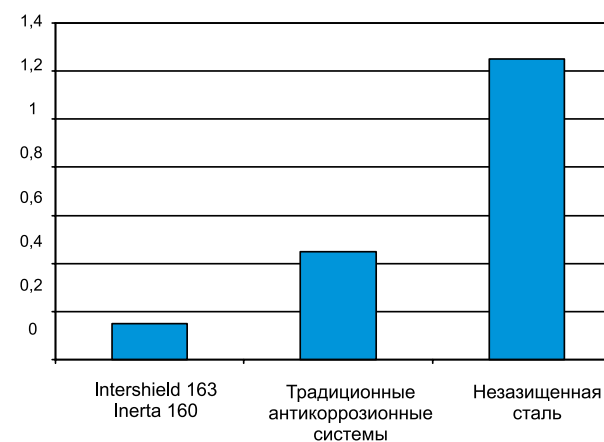


Рис. 2

International

International Protective Coatings

125445 г. Москва, ул. Смольная, 24Д

Тел.: +7 (495) 960-2932, 960-2890

Факс +7 (495) 960-2971

Филиал в г. Владивостоке

690068 г. Владивосток, ул. Кирова, 23, оф. 302

Тел.: +7 (423) 234-8082, 234-6909

Факс +7 423 234 6791

E-mail: International-PC-Moscow@akzonobel.com

www.akzonobel.com/ru, www.International-PC.com

ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ НА ПОЛУОСТРОВЕ ЯМАЛ



Леванов Н. И.,
ген. директор ЗАО «Уренгойгидромеханизация»,
заслуженный строитель РФ

Одной из прорывных инновационных технологий для обустройства и хозяйственного освоения арктической зоны является гидромеханизация, которая в 1989–2011 гг. сыграла заметную роль в разведке, обустройстве и освоении нефтяных и газовых месторождений на севере Западной Сибири, включая полуостров Ямал. При освоении таких крупных газовых месторождений в ЯНАО, как Ямбургское, Заполярное, Бованенковское, способом гидромеханизации было добыто и уложено в инженерную подготовку территорий, в дорожные насыпи и в штабели более 100 млн м³ дренирующего грунта. На территории ЯНАО ЗАО «Уренгойгидромеханизация» принимало участие в обустройстве Ноябрьской и Губкинской групп нефтяных месторождений, в инженерной подготовке территорий городов и поселков Губкинский, Тарко-Сале, Тазовский, Уренгой, Коротчаево, Салехард, а также производственных комплексов газовых месторождений Надым-Пур-Тазовского региона, в строительстве железной дороги Сургут — Уренгой.

На полуострове Ямал при обустройстве Бованенковского ГКМ и строительстве объектов транспортной инфраструктуры за период с 2006 по 2011 гг. компанией намыто более 30 млн м³ песка. В 2012 г. на Бованенковском и Южно-Тамбейском месторождениях, обустройстве поселка Се-Яха на Ямале успешно работают более 30 земснарядов ЗАО «Гидромеханизация».

Необходимость и перспективы применения технологии гидромеханизации в криолитозоне обусловлены физико-географическими особенностями территорий нового освоения в арктической природно-климатической зоне. Здесь покровные отложения представлены в основном мерзлыми, льдонасыщенными, мелкими пылеватыми песками и супесями, реже — суглинками. Такие грунты без их предварительной гидротермической мелиорации не пригодны для возведения насыпей или инженерной подготовки территорий под застройку. Наличие большого количества частиц глины и пыли является причиной тиксотропного разжижения при вибродинамической нагрузке, пучения при сезонном промерзании, неравномерных просадок при оттаивании. Их разработка возможна с применением неэкологичной буровзрывной технологии или методом послойной срезки оттаивающего летом грунта на больших площадях. Земляное полотно, отсыпанное из мерзлого грунта, подвер-

жено деформациям, неравномерным осадкам покрытий, вынуждающим периодически осуществлять подсыпки и перекладку плит.

В отличие от «сухоройных» технологий земляных работ, гидромеханизация является малооперационной, комплексно механизированной и экологически более щадящей технологией, поскольку ориентирована на добычу дренирующего грунта из подрусловых и подозерных таликов. Намывные насыпи не подвержены пучению и практически безосадочны, т. к. при гидравлической укладке грунта в штабели, в насыпи или при намыве территорий пылеватые и глинистые фракции отмываются. При использовании гидроциклонов и промежуточных отстойников по схемам с обратным водоснабжением можно обеспечивать проектные физико-механические характеристики обогащенного грунта. Природа Ямала особенно уязвима, и здесь трудно переоценить экологические преимущества гидромеханизации. Под карьеры используются мелкие, полностью промерзающие озера, не имеющие рыбохозяйственного значения. Разработка грунта ведется в естественных границах озера, что не нарушает природный ландшафт. Площадь землепользования на порядок меньше, чем при сухом способе.



Обследование бывших карьеров гидромеханизации выявило еще одно существенное достоинство этой технологии. В отработанных карьерах вследствие углубления до 10–15 м и усиления водообменных процессов повышается среднегодовая температура воды, увеличивается насыщение воды кислородом (БПК), прекращаются заморные явления. Через 2–3 года начинается естественное зарыбление водоемов, но главное — создается источник пресной воды, пригодной для круглогодичного питьевого водоснабжения. При организации водозабора потребуются контроль и регулирование баланса поступления пресных поверхностных и засоленных грунтовых вод. Таким образом, гидромеханизация должна рассматриваться не только как способ добычи кондиционного дренирующего грунта, но и как технология комплексной гидротермической мелиорации водоемов, имеющей перспективы применения при решении проблем рационального использования водных ресурсов в криолитозоне.

Климатические и инженерно-геологические особенности полуострова Ямал потребовали от специалистов-гидромеханизаторов поиска и реализации ряда оригинальных организационных и технологических решений. Летний сезон на Ямале длится 3 месяца. Поэтому малейшая ошибка в подготовке производства, приводящая к простоям или неэффективной работе земснаряда, существенно отражается на общей эффективности. Многолетний опыт показал, что материалы изысканий карьеров, выполненные проектными институтами, как правило, недостаточны. Поэтому ЗАО «Уренгойгидромеханизация» на стадии разработки рабочей документации и при разработке проектов производства работ самостоятельно выполняет необходимые и достаточные проектно-изыскательские работы. Для более эффективного использования запасов талого грунта в ходе работ выполняется дополнительно к традиционным инженерно-геологическим изысканиям оперативное уточнение границ таликов в забое земснаряда. В массиве намывного грунта,

если грунт не вывезен, наблюдается повышение верхнего уровня мерзлоты на 0,3–0,5 м в год.

Сложная транспортная схема в зимний период подразумевает максимальное использование навигации для доставки грузов к следующему сезону. Между тем у заказчиков, как правило, нет обоснованных намерений на год вперед, и подрядчику приходится идти на риск, доставляя оборудование на основе собственной оценки ситуации.

В решении научно-технических проблем вместе с ЗАО «Уренгойгидромеханизация» участвуют ученые НИИ транспортного строительства (ЦНИИС). Мониторинг влияния гидромеханизации на водные объекты по заданию ЗАО УГМ выполняет ФГУП «Госрыбцентр». Рекультивация нарушенных земель после вывоза грунта из штабелей проводится с использованием рекомендаций ГНУ СибНИИ кормов Россельхозакадемии.




На предприятии используются землесосные снаряды отечественного производства, выпускаемые Цимлянским судомеханическим заводом. ЗАО «Уренгойгидромеханизация» сертифицировано на соответствие международным стандартам управления качеством и экологией. Предприятие укомплектовано квалифицированными кадрами, около трети состава молодежь до 35 лет, которую привлекает насыщенность производства современной техникой, интересная технология, а также социальные гарантии, предоставляемые предприятием.

ЗАО «Уренгойгидромеханизация»
629320 Россия, Тюменская область, ЯНАО,
г. Новый Уренгой, ул. Октябрьская, д. 22, а/я 1
Тел.: (3494) 975-216, 975-217
E-mail: info@ugmzao.ru



Петрослав Гидросервис



Комплексные гидрографические, геодезические и картографические работы в целях обеспечения безопасности общего мореплавания.

Производство официальных гидрографических данных для корректуры морских и речных навигационных карт, руководств и пособий для плавания.

Проектирование портовых акваторий, СНО, условий безопасности плавания. Навигационное сопровождение.

Гидрографическое обследование и освидетельствование акваторий, гидротехнических сооружений.

Гидрографическое сопровождение дноуглубительных и морских строительных работ. Подводное освидетельствование трубопроводов и их трасс.

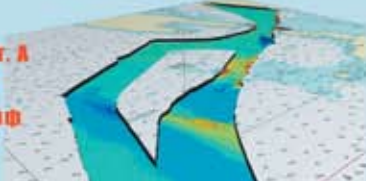
Комплексные инженерные изыскания.

Морские геофизические работы в объеме инженерно-геологических изысканий и поиска взрывоопасных предметов:

- Сонарная съёмка высокого разрешения
- Акустическое профилирование
- Магнитная съёмка

Специальные гидрографические и геофизические работы: анализ параметров ледовой экзарации, уровенные наблюдения и расчёты, поиск объектов и др.

Санкт-Петербург, пр. Стачек д. 170 пом. 4-Н, лит. А
Тел/факс +7 (812) 7576221, +7 (812) 7537743
e-mail: mail@hydrograph.ru сайт: гидрограф.рф



IAGI
International
Association of
Geosynthetic
Installers

IGS
International
Geosynthetic
Society

гидрокор
ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ И ГЕОСИНТЕТИКИ

www.gidrokor.ru

Учитывая, что более 2/3 территории России расположены в зоне вечной мерзлоты, наиболее востребованными являются прогрессивные технологии.

ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ОБЕСПЕЧИВАЮТ:

- ♦ **эффективную защиту конструкций и сооружений от вод природного и техногенного характера;**
- ♦ **надежную изоляцию источников загрязнения окружающей среды.**

Ачинский глиноземный комбинат,
Красноярский край: устройство противо-
фильтрационных экранов четырех карт
шламонакопителя общей площадью
1 400 000 м², 2000–2003 гг.



Карьер добычи алмазов «Мир»,
сухая консервация карьера: устройство
гидроизоляции 31 500 м². Геомембрана
SOLMAX 880 2,0 мм LDPE, бентонитовые
маты LINTOBENT 102, нетканый геотекстиль
450 г/м². Якутия. АК «Алроса», 2003 г.



Красноярский завод цветных металлов,
реконструкция кекохранилища:
устройство противофильтрационных
экранов: 1999 г. — 10 000 м², 2001 г. —
21 000 м². Геомембрана SOLMAX 440
HDPE 1,0 мм — ПЕРВАЯ ПОСТАВКА
продукции «Solmax International Inc.»
(Канада) на территорию РФ.



Золото-серебряный рудник «Лунное»:
устройство противофильтрационного
экрана понура и диафрагмы грунтовой
дамбы хвостохранилища — 44 630 м².
Магаданская обл., 2001–2002 гг.



**Золоторудные месторождения «Пионер»
и «Албыня»:** устройство противофильтрацион-
ных экранов хвостохранилищ и водохранилищ
общ. площадью 1,5 млн м².
Амурская обл., 2011–2012 гг.

**ООО «Строительная Компания «Гидрокор»
для России и СНГ — из Санкт-Петербурга**
Тел. (812) 313-7431, факс (812) 313-6981
E-mail: post@gidrokor.ru



**Применение передовых
технологических
решений позволило
ООО «СК «Гидрокор»
успешно реализовать
ряд проектов, в том числе
в суровых климатических
и геологических условиях:**

- ♦ **Нефтедобывающая установка:**
устройство противофильтрационного
экрана прудов-накопителей сточных
вод 1850 м² — геомембрана
HDPE 2,0 мм текстурированная.
PETROFAC International Ltd. (ОАЭ),
Ненецкий АО, 2002 г.
- ♦ **Самотлорское месторождение
ОАО «ТНК-Нижневартовск»:**
устройство противофильтрационного
экрана хранилища нефтешламов —
3000 м². ХМАО, Тюменская обл.,
2003 г.
- ♦ **Разработка технологического
регламента на сооружение хранилища
нефти в условиях вечной мерзлоты.**
АК «Алроса», 2006 г.
- ♦ **Западно-Салымское месторождение:**
устройство гидроизоляции основания
каре и двух резервуаров пункта сбора
нефти — 3000 м², г. Тюмень, 2006 г.
- ♦ **Золото-серебряный рудник:**
устройство противофильтрационного
экрана верхового откоса и понура
грунтовой дамбы хвостохранилища —
94 000 м². Магаданская обл.,
пос. Омсукчан, 2007 г.
- ♦ **Золото-серебряное месторождение:**
устройство противофильтрационного
экрана рудного штабеля участка
кучного выщелачивания,
70 000 м². Магаданская обл.,
пос. Биркачан, 2009 г.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПОГЛОЩАЮЩЕГО ГОРИЗОНТА ДЛЯ ЗАКАЧКИ СТОЧНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ ЯМАЛА (НА ПРИМЕРЕ БОВАНЕНКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)

ЛАБОРАТОРИЯ ГИДРОГЕОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ ВОДНОЙ СРЕДЫ
ООО «ТЮМЕННИИГИПРОГАЗ»

Цацульников В. Т.,
канд. геол.-мин. наук, заведующий лабораторией
ООО «ТюменНИИгипрогаз»

Фефелов А. С.,
зав. сектором гидрогеол. исследований
и проектирования подземного захоронения сточных вод
ООО «ТюменНИИгипрогаз»

Южаков А. А.,
канд. географ. наук, зав. сектором исследования водных
ресурсов и водоснабжения

Кравцов Ю. В.,
канд. геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник
ООО «ТюменНИИгипрогаз»

Бабаев Р. А.,
младший научный сотрудник ООО «ТюменНИИгипрогаз»

Садова Ю. А.,
младший научный сотрудник ООО «ТюменНИИгипрогаз»

Важнейшим условием работы предприятий газовой промышленности является соблюдение экологической безопасности. В этой связи одним из необходимых требований выдвигается обезвреживание сточных вод. Подземному захоронению наиболее целесообразно подвергать не поддающиеся очистке попутные пластовые воды и значительную часть производственных стоков. Поэтому если имеется возможность закачки хозяйственно-бытовых, ливневых и производственных стоков в пласты-приемники в область депрессионной воронки в водонапорной системе разрабатываемого месторождения, то данному методу должно быть отдано предпочтение перед сбросом стоков на рельеф или в поверхностные водоёмы.

Сброс сточных вод в поглощающий горизонт позволяет практически полностью исключить загрязнение стоками пресных подземных и поверхностных вод. В этом случае закачка сточных вод не окажет отрицательного влияния на окружающую среду. Масштабы же загрязнения закачиваемыми стоками подземных вод этого горизонта, по сравнению с площадью его развития, чрезвычайно малы. Как показывают расчеты, этот способ удаления сточных вод на газовых месторождениях севера Тюменской области наиболее приемлем и с технико-экономической точки зрения.

Для подземного захоронения сточных вод необходимы благоприятные гидрогеологические условия, характеризующиеся прежде всего наличием в геологическом разрезе проницаемых водонасыщенных толщ, которые можно использовать в качестве поглощающих горизонтов. В соответствии с требованиями СТО РД ГАЗПРОМ 39-1.13-087-2003 [1], СТО ГАЗПРОМ 2-1.19-049-2006 [2], к поглощающим горизонтам предъявляются определенные требования, согласно которым на большей части газonosных районов Западной Сибири в качестве поглощающего следует рассматривать сеноманский горизонт, отождествляемый с одноименной региональной водоносной толщей.

На Бованенковском месторождении в качестве поглощающего также следует рассматривать сеноманский горизонт верхнеальб-сеноманского водоносного комплекса (рис. 1).

Сеноманский поглощающий горизонт сложен в основном песчано-алевритовыми разностями пород, в составе которых преобладают коллекторы I–III классов (по классификации А. А. Ханина). Перекрывающие их преимущественно глинистые толщи относятся к достаточно надежным флюидоупорам I–III классов. О высоких изолирующих свойствах турон-палеогеновой и альбской глинистых толщ свидетель-

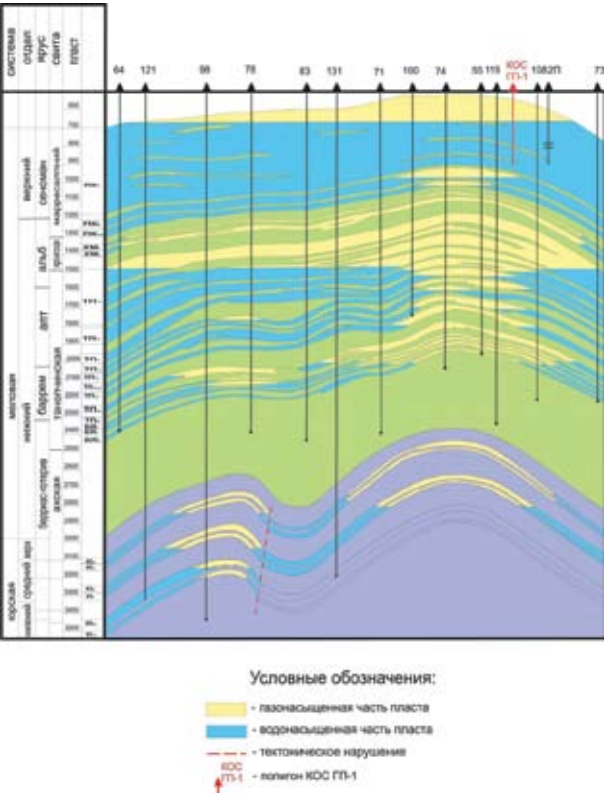


Рис. 1. Продольный геологический разрез Бованенковского НГКМ

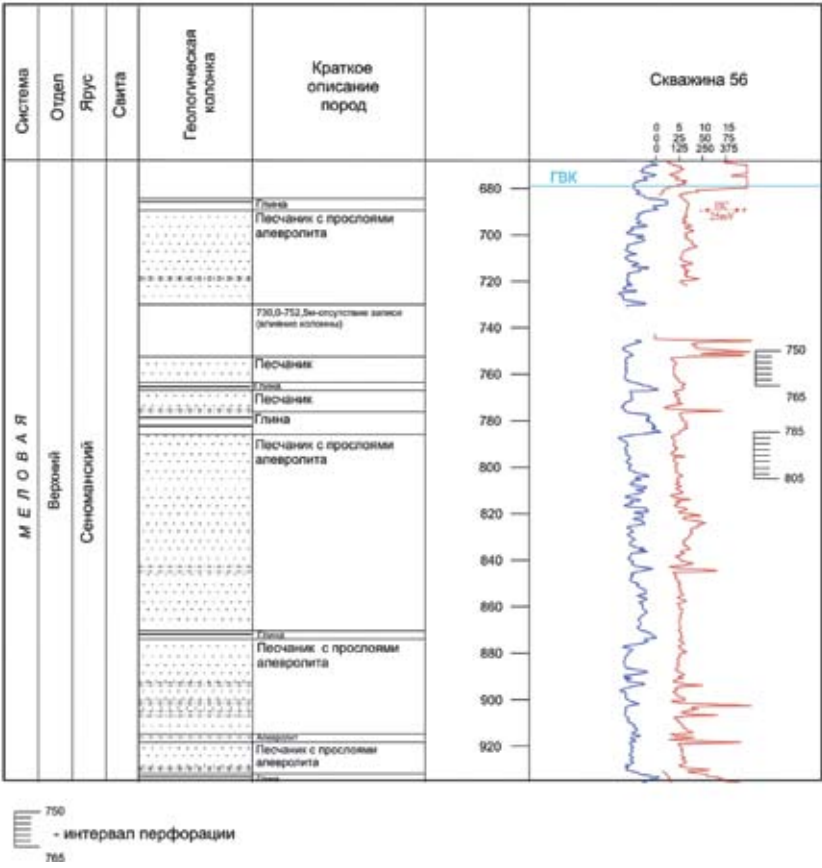


Рис. 2. Литолого-стратиграфический разрез по разведочной скважине № 56 в интервале сеноманских отложений Бованенковского НГКМ

ствует, в частности, тот факт, что они контролируют многочисленные газовые залежи. В северных газonosных районах палеоген-четвертичные отложения находятся в мерзлом состоянии, благодаря которому не только глинистые, но и песчаные породы являются водоупорными. Наличие мощной (220–300 м) многолетней мерзлоты дополнительно повышает надежность локализации захороняемых сточных вод в ловушке сеноманской залежи.

В районе Бованенковского месторождения сеноманский водоносный горизонт представляет собой многопластовую напорную водоносную систему и является безграничным в плане и изолированным от зоны пресных вод. Отложения горизонта характеризуются преобладанием в разрезе песчаных и алевритовых разностей по отношению к плотной части разреза, представленной в основном глинами. Глинистые разности характеризуются преимущественно линзовидным залеганием, и вся система является гидродинамически взаимосвязанной (рис. 2).

Сеноманский поглощающий горизонт на Бованенковском месторождении содержит высокоминерализованную воду, не пригодную ни для хозяйственно-питьевого водоснабжения, ни в лечебных и промышленных целях, ни для тепло- и энергоснабжения и не планируемую для использования в обозримом будущем. Закачка стоков будет осуществляться под газо-водяной контакт разрабатываемой залежи, где пластовая вода предельно насыщена растворенным газом.

Водовмещающие породы сеноманского поглощающего горизонта обладают высокими фильтрационными и емкостными параметрами, имеют большую толщину и площадь распространения, что обуславливает хорошую приемистость скважин и возможность надежного захоронения проектного

количества сточных вод (см. табл.). Следовательно, сеноманский горизонт обеспечит поглощение планируемых объемов сточных вод, а пластовое давление при этом не только не повысится, но будет снижаться.

Добыча газа сопровождается снижением пластового давления в недрах, т. е. нарушением природного гидродинамического равновесия. Оно происходит не только в газовой залежи, но и за ее пределами, распространяясь в глубину и по площади в связанных с залежью пластах водонапорной системы. Поэтому частичная компенсация снижения пластового давления в водонапорных системах газовых месторождений за счет закачки стоков является мероприятием, направленным на восстановление нарушенного разработкой природного равновесия. Использование зоны депрессионной воронки в водонапорной системе газового месторождения для захоронения стоков позволяет закачивать значительные объемы стоков, не опасаясь роста пластового давления. Одновременно решаются две природоохранные задачи: обезвреживание стоков и частичное восполнение снижающегося пластового давления.

Поглощающие сеноманские горизонты хорошо изучены в гидрогеологическом отношении в результате поисково-разведочных работ на нефть и газ и разработки сеноманских газовых залежей. На Уренгойском, Вынгапуровском, Ямбургском, Заполярном и других месторождениях накоплен многолетний опыт промышленной закачки промстоков в альб-сеноманский горизонт и проведены исследования их совместимости с подземными водами.

По мере отбора газа из залежи газо-водяной контакт перемещается вверх. Коллекторы при этом заполняются поднимающейся вслед за газом водой, но не полностью, т. к. часть газа остается (остаточный газ). В эту газо-водонасыщенную часть

Таблица. Параметры водоносной части сеноманской газовой залежи Бованенковского месторождения

Параметры	Среднее значение	Диапазон изменения параметра	
		минимальное значение	максимальное значение
Мощность горизонта, м	480	460	500
Открытая пористость, %	30	25	42
Проницаемость, мкм ²	0,900	0,300	0,969
Водопроводимость, м ² /сут	70	70	70
Газонасыщенность пластовых вод, см ³ /дм ³	1960	1000	2680
Начальное давление на ГВК (сеноман), МПа	6,8	6,8	6,8
Температура, °С	20	17	40
Вязкость пластовых вод, МПа · с	0,93	0,96	0,64
Общая минерализация пластовых вод, г/дм ³	8	5	21
Плотность пластовых вод, г/см ³	1,004	1,000	1,014

разреза будут со временем подниматься и захороняемые сточные воды. Пока газ будет находиться в недрах, сточные воды всегда будут располагаться ниже газовой залежи. Только после полной ее выработки (истощения) стоки могут занять ее место. В конечном итоге промстоки окажутся в ловушке, некогда заполненной сеноманской газовой залежью. Здесь промстоки будут надежно запечатаны и изолированы от земной поверхности подобно тому, как все это время от нее была изолирована газовая залежь. Объем сточных вод, которые будут закачаны за все время эксплуатации месторождения, несопоставимо мал по сравнению с объемом освобождающегося от газа порового пространства, заполняющегося пластовой водой.

Большие перспективы приема сточных вод сеноманским поглощающим горизонтом обусловлены еще и тем, что в результате отбора газа из сеноманской залежи в водонапорном бассейне происходит снижение пластового давления. В связи с этим закачка сточных вод в данный горизонт является дополнительным положительным природоохранным фактором, поскольку служит частичной компенсацией природного гидродинамического равновесия, нарушенного отбором газа из месторождения.

Что касается глубины залегания, то сеноманский поглощающий горизонт и в этом отношении является наиболее подходящим. Нижележащие водоносные горизонты верхнеготерив-сеноманского и триасово-юрского комплексов отличаются большими глубинами залегания, более низкими коллекторскими свойствами, литологически более изменчивыми по площади. Поэтому их использование в ка-

честве поглощающих горизонтов будет отличаться худшими технико-экономическими показателями.

Следует отметить, что выходы сеноманских отложений на поверхность расположены на расстояниях, превышающих сотни километров, т. е. несравнимо больше расчетной зоны распространения сточных вод на конец эксплуатации месторождения.

Таким образом, можно сделать вывод, что гидрогеологические условия Бованенковского месторождения благоприятны для подземного захоронения больших объемов промстоков, а наиболее подходящим для этой цели является сеноманский поглощающий горизонт.

Литература

1. СТО РД ГАЗПРОМ 39-1.13-087-2003. Методические рекомендации по обоснованию выбора поглощающих горизонтов и проектированию закачки сточных вод на объектах ОАО «Газпром» в Западной Сибири. М., 2003. 88 стр.

2. СТО ГАЗПРОМ 2-1.19-049-2006. Подготовка сточных вод к закачке в поглощающий горизонт и экологический мониторинг при подземном захоронении сточных вод на нефтегазовых месторождениях ОАО «Газпром» севера Западной Сибири. М., 2006. 54 стр.

625019, Тюмень, ул. Воровского, 2
e-mail: gidrogeo@tngg.info
Тел. (3452) 273-927, 286-009, 286-668

ОАО «ТюменНИИгипрогаз» находится в центре решения экологических проблем Западно-Сибирского региона, имеющего очень сложные природно-климатические и мерзлотно-геологические условия освоения газовых месторождений.

Основная цель научных исследований лаборатории гидрогеологии и экологии водной среды – решение экологических проблем водной среды на нефтегазовых месторождениях севера Западной Сибири и обеспечение устойчивого водоснабжения объектов ОАО «Газпром».

Основные направления деятельности лаборатории:

- гидрогеоэкологическое обоснование подземного захоронения сточных вод на нефтегазовых месторождениях Западной Сибири;
- оценка эксплуатационных запасов подземных вод и оптимизация эксплуатации водозаборов в сложных мерзлотно-гидрогеологических условиях;
- экологическое обоснование проектов разработки, опытно-промышленной эксплуатации и инвестицион-

ных проектов нефтегазоконденсатных месторождений;

- региональная оценка ресурсов подземных и поверхностных вод и их эколого-геохимического состояния;
- экологический мониторинг природных вод на территории нефтегазоконденсатных месторождений Западной Сибири;
- мониторинг водноэрозионных процессов на участках переходов трубопроводов через реки;
- геоэкологическое картирование территорий нефтегазоконденсатных месторождений в зоне распространения многолетнемерзлых пород с использованием ГИС-технологий;
- обоснование систем водоснабжения из малых водотоков в зоне распространения многолетнемерзлых пород;
- составление электронных карт и баз данных компонентов природной среды;
- разработка проектов на строительство артезианских скважин.

САМАЯ СЕВЕРНАЯ СПУТНИКОВАЯ ПОСТОЯННО
ДЕЙСТВУЮЩАЯ РЕФЕРЕНЦНАЯ СТАНЦИЯ ГНСС.
ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА



Евстафьев О. В.,
директор направления «Спутниковые системы
позиционирования», ООО «Фирма «Г.Ф.К.»

Маркшейдерская служба ОАО «Ямал СПГ», занимающегося разработкой Южнеферео-Тамбейского газового месторождения, осуществляет геодезический контроль за строительством объектов и сооружений, выполняет съемку карьеров, разбивку профилей и нивелирование. С целью усовершенствования плано-высотного обоснования на объектах Южно-Тамбейского газоконденсатного месторождения (ЮТГКМ), а также в связи с ростом объемов маркшейдерских работ, выполняемых с помощью спутниковых геодезических приемников, появилась необходимость в создании постоянно действующей спутниковой референцной станции на территории месторождения. Проект по созданию спутниковой референцной станции реализован совместно с ООО «Фирма «Г.Ф.К.» и ООО «Инжиниринговый центр ФК».

В рамках проекта осуществлены мероприятия по рекогносцировке на объекте, подготовке технического проекта, поставке оборудования, монтажным и пуско-наладочным работам, геодезической привязке спутниковой референцной станции и созданию технического отчета. Проект был реализован в срок с июня по октябрь 2011 г. Было принято решение установить базовую станцию в поселке Сабетта, где находится офис и маркшейдерская служба компании «Ямал СПГ».

В результате реализации проекта создана микроинфраструктура, обеспечивающая эффективное применение спутниковых навигационно-геодезических технологий на большей части территории ЮТГКМ. Постоянно действующая спутниковая референцная станция расположена в поселке Сабетта Ямальского района Ямало-Ненецкого автономного округа на берегу Карского моря на широте примерно 71°14' С. Это самая северная постоянно действующая спутниковая референцная станция в России.

Референцная станция включает 120-канальный ГНСС приемник Leica GR10, работающий по сигналам спутниковых навигационных систем GPS и ГЛОНАСС, цифровой радиопередатчик Javad HPT435 с выходной мощностью до 35 Вт и спутниковую антенну Leica AT504 GG типа Choke Ring. Спутниковая антенна установлена на специально возведенном пилоне, который заглублен в землю на 7 м для обеспечения стабильности в периоды промерзания и оттаивания грунтов и имеет высоту над землей 3,5 м. Управление станцией осуществляется по локальной компьютерной сети.

Станция ведет непрерывную запись спутниковых данных ГНСС в формате RINEX и обеспечивает постоянное поле спутниковых дифференциальных поправок в формате RTCM для точного позиционирования в радиусе не менее 25 км. Маркшейдерская служба компании «Ямал СПГ» была оснащена самым современным спутниковым средством измерений для выполнения геодезических и маркшейдерских работ на более высоком и качественном уровне. Это даст возможность получения пространственных координат объектов и выноса в натуру возводимых сооружений на территории ЮТГКМ с высокой точностью в любое время суток и при любых погодных условиях, сокращая затраты и время, упрощая процесс полевых измерений, что особенно важно в суровых условиях Заполярья. В перспективе для передачи данных постоянно действующей станции планируется использование связи стандарта GSM, чтобы предоставить возможность работы на территории ЮТГКМ всем субподрядным организациям, использующим спутниковую и навигационную геодезическую аппаратуру.

Есть возможность обеспечить сервис DGPS для точной навигации танкеров и ледоколов в районе близлежащего морского порта. Данные станции могут служить для автоматизированного мониторинга состояния возводимых конструкций и сооружений, деформаций трубопроводов и емкостей для хранения газа на территории месторождения.



ООО «Фирма «Г.Ф.К.»

111524 Москва, ул. Перовская, д. 1
Тел./факс: (495) 232-6068, 672-6666
E-mail: info-gfk@leica-gfk.ru
www.gfk-leica.ru

ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА: ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЖИЗНИ ПЕРВОПРОХОДЦЕВ ЯМАЛА В УСЛОВИЯХ ОТСУТСТВИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ



Бакшеев С. В.,
ведущий специалист
департамента инжиниринга
и инвестиций ОАО «НОВАТЭК»
(Москва)



Тыртышный Н. Н.,
генеральный директор
ОАО «РЦПКБ «Стапель»
(Ростов-на-Дону)

Ямал... Что это? Полуостров на севере Западной Сибири, омываемый Карским морем (в том числе его Байдарацкой и Обской губой). Да, в географическом понимании это так. Но с точки зрения нас, строителей, — это тундра, расположенная в суровом арктическом климате со средней температурой в январе -27°C , толщиной снежного покрова в среднем 50 см, сильной заболоченностью, повсеместным распространением многолетней мерзлоты, отсутствием лесной растительности и т. д. И в этих условиях нужно не только суметь качественно и в срок выполнить все необходимые строительно-монтажные работы, но еще и как-то отдохнуть между трудовыми вахтами. Компания ОАО «НОВАТЭК», как и другие организации, выходящие на обустройство того или иного месторождения в таких отдаленных малоосвоенных регионах, сталкиваются с одной и той же проблемой: полным отсутствием инфраструктуры.

Обычная или, назовем ее, классическая схема пионерного выхода выглядит так: на необорудованный берег Обской губы п-ва Ямал с барж-площадок выгружается первая партия строителей со всем необходимым: техникой, вагончиками, дизельными электростанциями, запасом ГСМ, станцией подготовки воды, модульной столовой, запасом продуктов и пр. В кратчайшие сроки возводятся временные сооружения, в которых первые год-два живут сотрудники подрядных организаций, а также специалисты заказчика

(комплектация, технический надзор, геодезисты и т. д.). Понятно, что условия жизни оставляют желать лучшего. Впоследствии возводится капитальное строение в виде вахтового жилого комплекса, а временное сносится. Капитальные вложения заказчика на временные строения весьма внушительные — это используемые материалы, транспортные расходы, стоимость монтажных работ, демонтаж, вывоз строительных отходов с п-ва Ямал для дальнейшего захоронения с учетом повышенных требований по экологии и природопользованию данного региона, рекультивация земли на месте демонтированных сооружений.

Но при обустройстве месторождений можно обойтись и без строительства временных бараков. В советское время при геологоразведке был такой опыт. Людей размещали в так называемых плавказармах финской постройки. Они и сейчас используются некоторыми фирмами для обустройства месторождений с искусственных островов, тем самым исключаются затраты по сооружению дополнительной площади острова. Таких судов в эксплуатации сегодня осталось немного, в перестроечное время их все в основном переоборудовали в отели, рестораны, казино. К тому же эти суда уже не отвечают современным нормам размещения персонала и пассажиров. В связи с этим компанией «НОВАТЭК» принято решение о проектировании и строительстве собственных плавобщежитий для пионер-



ного выхода на месторождения полуострова Ямал и Гыданского полуострова. Такое судно должно обеспечивать качественные условия жизни, отвечать всем современным нормам по размещению персонала. Более того, оно может использоваться неоднократно (на различных месторождениях), тем самым существенно снижая капиталовложения компании.

После долгих консультаций по подбору проектант такого судна компания «НОВАТЭК» остановила свой выбор на ОАО «РЦПКБ „Стапель“» из г. Ростова-на-Дону как на наиболее динамично развивающейся команде, включающей в себя как специалистов гидротехников, так и судопроектировщиков (что встречается крайне редко в рамках одной компании) с опытом проектирования судов более 60 лет.

Перед проектантами была поставлена достаточно сложная задача — спроектировать полностью автономное плавучее общежитие для комфортного проживания, питания, обслуживания и отдыха порядка 330 человек, при условии его круглогодичной эксплуатации в районах с крайне тяжелыми погодными условиями, причем 9 месяцев в году судно долж-

но эксплуатироваться вмерзшим в лед. При этом работоспособность судна должна сохраняться в течение не менее 30 суток при отсутствии подачи энергоресурсов и питания. Для расширения эксплуатационных возможностей плавобщежития проектом должна была быть предусмотрена эксплуата-



ция судна как в регионах, имеющих развитую инфраструктуру (наличие электроэнергии, питьевой воды, канализации, свалок), так и в местах, где инфраструктура полностью отсутствует. Во втором случае судовыми средствами осуществляются энергоснабжение судна, приготовление воды питьевого качества из забортной (которая подается на судно через рыбозащитное устройство), полная переработка отходов от эксплуатации судна и жизнедеятельности экипажа и пассажиров.

Сегодня с уверенностью можно сказать, что совместными усилиями сотрудников ОАО «НОВАТЭК» и ОАО «РЦПКБ „Стапель“» поставленная задача выполнена, и в ближайшее время при пионерных выходах на объекты ОАО «НОВАТЭК» рабочие и служащие компании и подрядчиков с первого дня работы будут проживать в комфортных условиях.

ОАО «НОВАТЭК», являясь социально ориентированной компанией, заботящейся как о своем персонале, так и о защите окружающей среды, поставило перед проектантом требования, существенно превышающие установленные действующим законодательством, как по вопросам пожарной и экологической безопасности, так и по вопросам комфортности проживания и соблюдения санитарно-эпидемиологических правил и норм. Так, к примеру, проектом предусмотрено наличие кают больших размеров, оборудованных индивидуальными санблоками; а также сауны; тренажерного зала; комнат отдыха; игровой комнаты. В каждой каюте предусмотрено наличие спутникового телевидения, телефона, холодильника, доступа в Интернет через точки доступа wi-fi. Наличие медперсонала и санитарно-медицинских

помещений позволит оперативно заботиться о здоровье находящихся на борту.

Для приема пищи, приготавливаемой на собственном камбузе, предусмотрено наличие столовой. Кроме судовой прачечной, в наличии полностью оборудованная прачечная самообслуживания для проживающих. Разработан целый комплекс технических мероприятий, обеспечивающих необходимые санитарно-гигиенические условия труда и проживания экипажа и пассажиров (защита от неблагоприятных факторов: загазованность, запыленность, низкая влажность воздуха, распространение шума и вибрации от технологического оборудования при учете вмораживания судна в лед, недостаточность УФ излучения в условиях Крайнего Севера и т. д.).

С целью повышения энергоэффективности при эксплуатации судна проектом проработан вопрос утилизации для судовых нужд тепла от системы охлаждения ДГ и работы инсинератора.

Размеры судна выбраны таким образом, что позволяют без ограничений осуществлять его перегон по Единой глубоководной системе России, а класс позволяет эксплуатацию в речных и морских прибрежных районах.

После ввода судна в эксплуатацию жизнь сотрудников в условиях Крайнего Севера станет наиболее комфортной. Учитывая, что в данном регионе у ОАО «НОВАТЭК» впереди еще много перспективных лицензионных участков, мы планируем продолжать использовать мировой опыт в области освоения газовых месторождений, прибегать к новым нестандартным решениям, тем самым быть на пике передовых технологий.

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАБОТ НА ЯМАЛЕ



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

Развитие северных территорий России в большинстве случаев не происходило без участия водного транспорта. В бассейне Нижней Оби грузовые перевозки, как для обеспечения потребности немногочисленного населения поселков, так и для перспективного завоза строительных грузов и оборудования, осуществлялись и осуществляются водным транспортом.

Потребность в строительстве новых причальных сооружений обычно возникает при освоении и опытной эксплуатации месторождений Западно-Сибирского нефтегазового комплекса. Наиболее традиционной для широт Нижней Оби является задача завоза ГСМ, строительных грузов, трубной продукции и оборудования для обустройства. Таким образом, потребность приема расчетного грузооборота планируется обычно на 5–6 лет, затем грузооборот падает. Указанная задача решается, как правило, строительством двух отдельно стоящих причалов: сухогрузов и нефтегрузов. На причале нефтегрузов возможен прием ГСМ, а также налив в речные суда сырой нефти. Как пример, можно привести комплексный причал в поселке Новый порт («Надымгазпром»), грузовые причалы на р. Малый Таз (ОАО НГК «Ямалнефтегаздобыча»).

В связи с относительно непродолжительным сроком строительства и эксплуатации сооружений важным является выбор конструктивного решения причалов, оптимально сочетающего высокую скорость его возведения и относительно недорогую стоимость.

Из опыта проектирования, наиболее рациональной является конструкция в виде одноанкерного больверка с лицевым элементом из стального шпунта типа ПШС (г. Курган) или ШТС (г. Сургут) с железобетонной или металлической анкерной плитой. Учитывая распространение в регионе многолетнемерзлых грунтов, важно правильное определение положения линии кордона причала. Обычно выбирается второй принцип использования вечномерзлого основания, при этом выполнение свайных работ по талику будет значительно дешевле и быстрее. Анкерное устройство, в зависимости от состояния мерзлого массива в тылу территории, может выполняться как в виде свай, так и в виде плиты. В связи с указанными обстоятельствами не вызывает сомнения важность тщательного изучения геологии площадки на стадии выбора и изысканий под проектирование.

Конечно, важное значение при выборе конструкции имеют пожелания заказчика, а также выбор потенциального подрядчика.

Следует остановиться еще на одной особенности водных путей региона. В бассейне Нижней Оби существенно отличается гидрологическая характеристика различных площадок. Так, например, в Обской губе есть участки с продолжительной отмелью воль береговой линии. На этих участках может возникать

проблема выбора оптимального положения причала. Выбор осуществляется исходя из критериев минимизации земляных работ. При выдвижении причала в акваторию увеличивается объем подсыпки (образования территории и соединительной дамбы), но при этом уменьшается объем ежегодного землечерпания в акватории и на водных подходах. Следует отметить, что с учетом ветро-волнового режима в губе судоходная прорезь к причалу может быть нестабильной. Также при решении указанной задачи следует учитывать положение кровли вечномерзлых пород под линией забивки свайного ряда.

Хочется отметить тот факт, что полвека освоения нефтегазоносных запасов Ямала прошли не зря для населения этого региона — оно значительно выросло и требует постоянного улучшения социального климата, повышения эстетики мест проживания.

Так, за последние 5–7 лет «Сибречпроект» отмечает увеличение потребности в строительстве гидротехнических объектов гражданского назначения. Институтом запроектированы набережные рек Шайтанки и Полуя в г. Салехарде. В настоящее время близко к завершению строительство набережных левого и правого берега р. Шайтанки с повышенными требованиями к отделке сооружения. Так, рассматривается вопрос применение гранитной отделки, что будет носить новаторский характер для таких объектов на широте полярного круга. По совместному проекту института и компании «Ямата» в настоящее время строится комплекс пассажирского вокзала в Салехарде. Комплекс включает в себя четыре причала, в том числе причал для судна на воздушной подушке, благоустройство территории с комплексом инженерных сетей, а также здание речного вокзала.

Стоит отметить, что экономика Ямала развивается, также развиваются и требуют улучшения внешнего облика населенные пункты региона, речные фасады поселков и городов. Не снижается необходимость в строительстве причальных сооружений для нефтегазового и строительного комплексов. Требуют модернизации и обновления причалы, обслуживающие пассажирские линии.



ЗАО «СИБРЕЧПРОЕКТ»
630007, г. Новосибирск, ул. Сибревкома, 2
(Красный проспект, 14)
Тел.: (383) 223-6937, 223-6395, ф. (383) 223-4386
E-mail: srp@online.nsk.su; www.sibrechproekt.ru

Ростовское ЦПКБ

СТАПЕЛЬ

60 лет на службе судоходства!

ВЫПОЛНЯЕМ:

- проекты новых судов;
- проекты реконструкции и модернизации судов;
- проекты гидротехнических сооружений;
- проекты углубления водных путей;
- проекты навигационного обеспечения судоходства;
- торсиографирование судовых силовых установок.

ПРОИЗВОДИМ:

- буи и вехи морские, речные и озерные;
- бакены, рейдовые и швартовные бочки;
- береговые навигационные знаки;
- грунтоуборочные эжекторы ЭУ-100, ЭУ-150, ЭУ-300.

ул. 2-я Володарского, 76/23а, г. Ростов-на-Дону, Россия, 344116,
тел.: +7 863 244-93-51, факс: +7 863 244-43-80, e-mail: info@stapel.ru
<http://www.stapel.ru>

ПРИЧАЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА р. СЕ-ЯХА
ДЛЯ ОБУСТРОЙСТВА БОВАНЕНКОВСКОГО
И ХАРАСАВЭЙСКОГО ГКМ НА п-ове ЯМАЛ



Письменский В. В.,
главный инженер проектов ОАО «Гипроречтранс»

Полуостров Ямал является приоритетным направлением развития газодобывающей промышленности РФ. На Ямале открыто 11 газовых и 15 нефтегазоконденсатных месторождений. Разведанные и предварительно оцененные запасы газа на полуострове составляют порядка 16 трлн м³, перспективные и прогнозные ресурсы газа — около 22 трлн м³. Первоочередным объектом освоения на Ямале являются сеноман-аптские залежи Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения, одного из самых крупных на Ямале. Учитывая слабую развитость дорожных сетей, представленных в основном зимниками, встал вопрос о доставке строительных материалов и технологического оборудования на объекты обустройства месторождения водным транспортом. Решение было найдено в строительстве причалов различного

назначения на р. Се-Яха, расположенных в Ямальском районе Ямало-Ненецкого автономного округа в 30 км от устья. Обеспечение доставки водным транспортом по р. Се-Яха от Карского моря вглубь территории полуострова является оптимальным вариантом, учитывая значительные объемы грузов, необходимых для освоения нефтегазоконденсатного месторождения. Проектирование причальных сооружений осуществлялось проектно-изыскательским институтом ОАО «Гипроречтранс», результатом работы которого стал проект для строительства причалов общей длиной по фронту около 260,0 м. По своему классу причалы относятся к временным зданиям и сооружениям, и период их эксплуатации ограничен обустройством месторождений — около восьми лет. Расчетный (средний) и максимально расчетный грузооборот причалов по номенклатуре грузов, определенный при расчетной длительности навигационного периода — 72 дня, составил:

Род груза	Направление грузопотока	Объем перегрузки, тыс. т	
		расчетный	макс.
Генеральные грузы			
Железобетонные изделия	Прибытие	41,90	54,50
Металлоконструкции		4,80	6,30
Трубы		21,80	28,30
Контейнеры грузоподъемностью до 10 т		16,20	21,00
Блоки и модули массой до 120 т		20,0	30,0
Прочие грузы		30,30	35,40
Итого генгрузов		135,00	175,50
Навалочные грузы			
Камень	Прибытие	1,90	2,50
ПГС		0,40	0,50
Щебень		14,80	19,25
Гравий		14,80	19,25
Итого		31,90	41,50
Всего		166,90	217,00

Для возможности выполнения перегрузочных работ в рамках порученного ОАО «Гипроречтранс» проекта были запроектированы следующие причальные сооружения в зависимости от номенклатуры доставляемых грузов.



Доставка строительных материалов водным транспортом

Причалы генеральных грузов, предназначенные для выгрузки сборного железобетона, металлоконструкций, труб, контейнеров г/п до 10 т, блоков и модулей массой до 120 т. Причалы имеют общую длину по фронту около 127,0 м и свободную высоту причальной стенки 6,3 м. Сооружения запроектированы в виде одноанкерного больверка из стальных шпунтовых панелей ПШС 60-5680 длиной 18,0 м на линии кордона и длиной 14,0 м на хвостовой части открылков. Для возможности перегрузки тяжеловесных грузов на причале предусмотрена специальная площадка с габаритами 70,0 × 15,0 м для установки автокранов повышенной грузоподъемности, выполненная в виде свайной эстакады из металлических труб диаметром 530 мм, длиной 10,0 м и дополнительно усиленная разгрузочной конструкцией из тавровых балок.

Причалы оборудованы современным мобильным подъемно-транспортным оборудованием марки Liebherr. Для оперативного хранения генеральных грузов, выгружаемых из судов речного транспорта, проектом предусмотрены открытые грузовые площадки. В силу ограниченной тыловой территории причала потребные оперативные площадки определены, исходя из условий максимального суточного грузооборота, заданных типов судов, условий складирования, средней нагрузки на 1 м² площади складов и коэффициентов использования основной площади открытых складов. Расчетный срок хранения грузов на оперативных площадках составляет не более 1 суток. Выгрузка из судов блоков и модулей массой до 120 т производится по прямому варианту судно — автотранспорт (тягач с прицепом).

Причал навалочных грузов, предназначенный для выгрузки щебня, гравия, песчано-гравийной смеси (ПГС) и камня. Причал имеет общую длину по фронту 86,7 м и свободную высоту набережной 6,3 м. Причал запроектирован в виде одноанкерного больверка из стальных шпунтовых панелей ПШС 50-4035 длиной 16,0 м на линии кордона и длиной 10,0 м на хвостовой части открылков.

Перегрузочные работы на причале выполняются при помощи плавучих кранов, установленных у причала. Для обслуживания приписного флота предусмотрены затон для зимнего отстоя флота и причал служебных судов.

Причал служебных судов выполнен в виде основного сооружения длиной по фронту 15,9 м, свободной высотой причальной набережной 5,8 м и двух причальных пал. Общая длина причала по фронту с учетом пал составляет 42,7 м.

Конструктивно причал представляет собой одноанкерный шпунтовый ряд, который выполнен из шпунтовых панелей ПШС 50-4035 длиной 11,0 м на линии кордона и длиной 9,0 м на хвостовой части открылков. Палы также запроектированы из шпунтовых панелей ПШС 50-4035.



Подготовка свайного поля под монтаж разгрузочной площадки из тавровых балок

Для защиты причальных сооружений от ледохода проектом предусмотрена ледозащитная и ограждающая дамба, которая запроектирована в виде насыпи трапециевидальной формы из песчаного грунта с креплением откосов каменной наброской со стороны реки. Ширина дамбы по верху — 5,0 м, заложение откосов — 1:3.

На береговой территории причалов предусмотрены все необходимые здания и сооружения, предназначенные для использования производственным персоналом в период эксплуатации причальных сооружений, автодороги и съезды к акватории.

Сложность и специфическая особенность проектирования объекта была обусловлена особыми природно-климатическими условиями, характеризующимися избыточно-влажным климатом, с холодным летом, умеренно суровой малоснежной зимой и с амплитудой колебаний температуры воздуха в диапазоне до 80 градусов (от –50 до +30 °С), а также распространением вечномерзлых грунтов на участке их сопряжения с тальми грунтами пойменной части долины реки.

Незначительная продолжительность навигации является еще одним фактором, существенно усложнившим выбор проектных решений, а в дальнейшем и эксплуатацию построенных объектов. Кроме того, недостаточность необходимых глубин на участке рек Се-Яха и Мордыяха от устья до проектируемых причалов и запрет на производство дноуглубительных работ природоохранных органов способствовали использованию барж с недогрузом в процессе доставки материалов.

На сегодняшний день объекты построены и успешно эксплуатируются, что является очередным вкладом проектно-изыскательского института ОАО «Гипроречтранс» в обустройство газоконденсатных месторождений Западной Сибири.



Окончание строительства



ПОРТ САБЕТТА

Первый в арктическом регионе терминал отгрузки природного газа предполагается создать в районе п. Сабетта на основе ресурсной базы Южно-Тамбейского месторождения. Проект предусматривает ежегодное производство и морскую транспортировку около 16 млн т сжиженного природного газа (СПГ) и до 1,35 млн т газового конденсата (ГК) в год (выход на проектную мощность — 2018 г.) с возможностью расширения производства и перевалки в перспективе до 25 млн т СПГ, 2,2 млн т ГК и 3,5 млн т нефти в год.

Инвестиционная стоимость проекта составляет 850 млрд руб., основная часть этой суммы пойдет на строительство завода СПГ, другая составляющая — на строительство морской инфраструктуры, которое выделено в отдельную часть проекта, включая создание подходного канала в Обской губе.

В окрестностях Сабетты, по сути, будет построено поочередно два порта: первый — с пятью причалами для завоза стройматериалов и конструкций завода СПГ, второй — с двумя причалами для отгрузки СПГ и ГК на суда-газовозы. Таким образом, на Ямале, в условиях вечной мерзлоты, сурового климата и отсутствия транспортной инфраструктуры впервые будет реализован проект по строительству специализированного морского порта с рекордным для России грузооборотом СПГ.

Морской порт Сабетта будет состоять из основных и вспомогательных объектов. Основные предназначаются для выполнения организационных и технологических мероприятий по обеспечению отгрузки на морские транспортные суда СПГ и ГК. Вспомогательные будут использоваться в ходе этапа подготовки к строительству, а также позволят разместить обслуживающий флот (буксиры, ледоколы, специальные суда и др.) и обеспечат прием с морских и речных судов грузов различного назначения для строительства и эксплуатации объектов обустройства Южно-Тамбейского газоконденсатного месторождения, в том числе завода СПГ.

Заказчиком по проектированию и строительству выступает дочерняя компания «НОВАТЭКа» — ОАО «Ямал СПГ». Проекти-



рование общепортовой инфраструктуры и выполнение инженерных изысканий по договору с «Ямал СПГ» поручено проектной организации ОАО «ЛЕНМОРНИИПРОЕКТ», имеющей соответствующий опыт в проектировании подобных объектов на территории РФ. В соответствии с условиями договора проектирование разделено на два основных этапа:

1. Строительство объектов подготовительного периода.
2. Строительство основных объектов морского порта.

В состав объектов подготовительного периода входят: акватория, подходный канал, средства навигационного оборудования, объекты системы управления движением судов (СУДС); база портофлота и ЛРН, грузовые причалы для приема строительных грузов; причал перегрузки накатных грузов и крупногабаритных модулей (го-го), а также объекты подсобно-производственного и складского назначения.

Объекты подготовительного этапа подразумевают только обеспечение приема грузов, доставляемых морским транспортом, в процессе строительства морского порта и завода по производству СПГ, а также грузов материально-технического снабжения в ходе дальнейшей эксплуатации объектов на территории порта (при проектировании основной части порта многие объекты поменяют назначение).

В составе основных объектов морского порта предусматривается строительство ледозащитных сооружений и отгрузочного терминала СПГ и ГК с перспективой удвоения его мощности (годового грузооборота).

На сегодняшний день выполнены комплексные инженерные изыскания для разработки проектной документации на строительство объектов подготовительного периода морского порта и выполняется разработка проектной документации. Завершение разработки проектной составляющей по объектам первого этапа планируется весной 2012 г., а проектирование основных объектов морского порта — весной 2013 г.

Редакция благодарит специалистов ОАО «ЛЕНМОРНИИПРОЕКТ» за предоставленную информацию.



ЛИНЕЙКА АНТИКОРРОЗИОННЫХ ХИМСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ В АРКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ



На тему использования для окраски при отрицательных температурах и повышенной влажности эпоксидных лакокрасочных материалов написано немало публикаций как российскими, так и западными химиками-исследователями. У химиков не было единого понимания в этом вопросе, исследователи обозначали ограничение по температуре при нанесении эпоксидных лакокрасочных материалов в +4 °С, когда процесс отверждения покрытия полностью останавливался. Актуальность вопроса о продлении периода окрасочных работ для российских и европейских нефтегазовых проектов оставалась и остается очень высокой, особенно если принять во внимание, что окрасочный сезон в северных широтах может составлять всего два-три месяца.

С развитием технологий производства лакокрасочных материалов и научных успехов в области органического синтеза удалось найти эффективное решение данного вопроса. С точки зрения химизма процесса, возможность протекания химической реакции сшивки (отверждения) при отрицательных температурах и повышенной влажности связана с внедрением оснований Манниха в состав отвердителей и разработкой уникальной композиции эпоксидных смол, что позволило снизить температуру отверждения вплоть до -18 °С при соблюдении технологии нанесения и рекомендаций производителя. Это оказалось достаточным, чтобы продлить окрасочный сезон на один-два месяца без потери качества. Поскольку время во многих проектах является бесценным фактором, экономический эффект только от применения эпоксидных материалов исчисляется миллионами рублей.

Чтобы понять, как удалось решить этот вопрос благодаря основаниям Манниха, рассмотрим типовой процесс сшивки эпоксидных покрытий с использованием аминных отвердителей.

Процесс отверждения можно разбить на четыре стадии (рис. 1).

Стадия А. На начальной стадии происходит смешивание эпоксидной смолы и отвердителя до гомогенного состояния, при котором сшивка еще не началась. Молекулы полимерной смолы имеют высокую подвижность, вязкость смеси низкая.

Стадия Б. На этой стадии протекают реакции между аминными группами $-NH_2$ молекул отвердителя и эпоксигруппами полимерной смолы с образованием последовательно линейной и разветвленной структур.

Образование линейной полимерной структуры происходит в результате реакций первичных аминов $-NH_2$ с эпоксидными группами полимеров с образованием вторичных аминных аддуктов $-NCH_2CH(OH)-$. По мере накопления этих аминных аддуктов в системе происходит дальнейшее их взаимодействие с еще одной эпоксидной группой полимеров с образованием третичных аминов $-N(CH_2CH(OH))_2-$, имеющих уже разветвленную структуру. Третичные амины выступают в качестве катализатора реакций сшивки, поэтому наличие их в системе значительно ускоряет процесс. Вязкость системы постепенно увеличивается, молекулярная подвижность снижается за счет роста полимерной структуры и испарения растворителей.

Гидроксильные группы, которые образуются в течение всего процесса отверждения, частично взаимодействуют с полярными активными центрами поверхности металла, образуя химические связи и определяя степень адгезии покрытия к поверхности.

Стадия В. Стадия гелеобразования. На этой стадии, протекающей сравнительно медленно, полимерные структуры, расположенные близко друг к другу, сшиваются за счет сегментарной (частичной) подвижности, и образуется практически сформированный разветвленный полимер.

Стадия Г. Постотверждение. На этой стадии сформирована неподвижная трехмерная структура.

При наглядной простоте протекания процесса отверждения нужно упомянуть об одном «подводном камне» — реакции вторичных аминов крайне чувствительны к темпе-

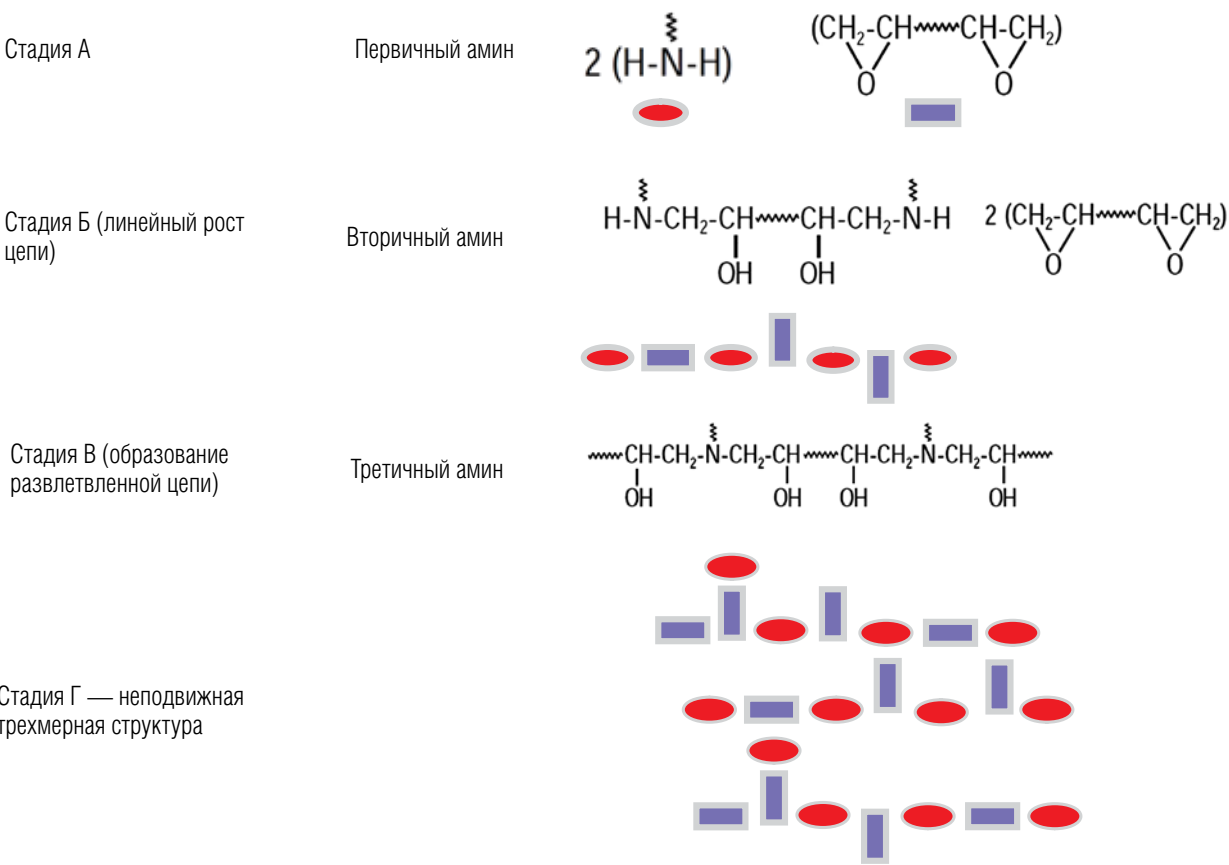


Рис. 1. Схема процесса отверждения эпоксидных покрытий с использованием типовых аминных отвердителей

ратуре. Если температура понижается до +4 °С, вязкость значительно увеличивается и реакции отверждения полностью останавливаются. Если вдобавок к понижению температуры повышается влажность воздуха, то это повышает риски «выпотевания» первичного амина, который остается непрореагировавшим.

Таким образом, типовой процесс отверждения эпоксидных покрытий включает в себя постепенный переход первичного амина во вторичный и третичный с образованием трехмерной сшитой эпоксидной смолой структуры. При этом третичные амины являются катализатором процесса, а реакции вторичных аминов крайне чувствительны к температуре. Образование в ходе процесса гидроксильных групп приводит к образованию адгезионных связей с поверхностью металла.

При проведении окрасочных работ при отрицательных температурах и повышенной влажности крайне важным является нахождение оптимальных решений следующих моментов:

1. Эпоксидный лакокрасочный материал должен хорошо смачивать поверхность, обеспечивая при этом высокую адгезию к поверхности металла.
2. Материал должен иметь достаточную скорость отверждения (сшивки) полимерной смолы с отвердителем и вязкость.
3. Отвердитель не должен выпотевать при повышенной влажности.

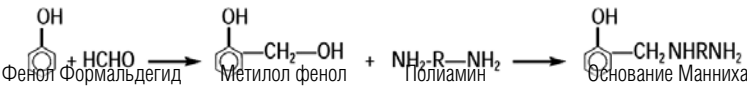


Рис. 2. Реакция образования оснований Манниха

Применение оснований Манниха в составе отвердителей позволило принципиально ответить на поставленные вопросы. Основания Манниха — это продукты, получаемые в результате взаимодействия с активным водородом органических соединений с формальдегидом и аминами. Открыты К. Маннихом в 1917 г. (рис. 2).

Применительно к лакокрасочной промышленности в 1979 г. была разработана композиция оснований Манниха, полученная при реакциях аминов, формальдегида и фенола и модифицированная алифатическим амином. Эта композиция вошла в состав отвердителя.

В результате полученный отвердитель значительно отличался по свойствам от типовых аминных отвердителей.

Во-первых, молекулярная структура является плоской (за счет фенольной группы). Это значительно снижает энергетический барьер протекания реакций сшивки вторичных аминов с эпоксидными смолами на всем протяжении процесса с образованием третичных аминных аддуктов. В итоге увеличивается скорость и степень сшивки полимера в широком интервале температур, включая отрицательные температуры. Более того, максимально удобное расположение активных водородов и повышенное их число также привело к существенному увеличению скорости сшивки на всем протяжении процесса (этому также способствует наличие фенольных –ОН групп).

Таблица. Сравнение лакокрасочных покрытий низкотемпературного отверждения разных поставщиков, доступных на российском рынке

Производитель	1	2	3	4	5
Минимальная температура нанесения и полимеризации	–18 °С	от +10 °С (лет. отв.) от –5 °С (зим. отв.)			–10 °С
Межслойная сушка при +10 °С	8 ч	1 сутки (лет. отв.)	32 ч (лет. отв.)	21 ч	4 ч
Межслойная сушка при 0 °С	14 ч	1 сутки	56 ч	63 ч	1 сутки
Межслойная сушка при –5 °С	1 сутки	2 суток	3 суток	5 суток	1,5 суток
Межслойная сушка при –15 °С	2,5 суток	–	–	–	–
Явление выпотевания аминов на поверхности покрытия при низких температурах и высокой влажности	Не происходит	Образование пленки аминных продуктов при низких температурах и высокой влажности происходит, особенно при использовании зимнего отвердителя			
Летний отвердитель	Смесь модифицированных алифатическим амином оснований Манниха-	2-метил-1,5-пентадиамин 3-аминометил-3,5,5-триметилциклогексилламин	Тетраэтиленпентамин (ТЕРА)	Триэтилентетрамин (ТЕТА)	Метаксилендиамин (МХДА) Полиоксипропилен триамин (Jeffamine T-403)
Зимний отвердитель		Триэтилентетрамин (ТЕТА)	Диэтилен триамин (ДЕТА) 2,4,6-три(диметиламинометил)-фенол-ускоритель (DMP30)	Триэтилентетрамин (ТЕТА) 2,4,6-три(диметиламинометил)-фенол-ускоритель (DMP30)	Полиаминный аддукт ТДС-диамин 2,4,6-три(диметиламинометил)-фенол-ускоритель (DMP30)

Во-вторых, длинные гидрокарбонные цепочки, входящие в состав отвердителя, придают гибкость получаемым полимерам, которые вместе с повышенной концентрацией гидроксильных групп –ОН обеспечивают достаточно высокую адгезию к сухой и влажной поверхностям. Это делает покрытие более толерантным к влажности поверхности, чем обычное эпоксидное покрытие.

В-третьих, образующаяся гидрофобная структура полиамин в бензольном кольце обладает более высокой водостойкостью и плотностью связей.

Наконец, в-четвертых, покрытия, полученные с применением отвердителя Манниха, практически не подвержены аминным «выпотеваниям».

Химическая природа отвердителя также влияет и на свойства нанесения. В типичной двухслойной системе минимальный интервал перекрытия самим с собой составляет 2–3 часа при +27 °С или сутки при –7 °С.

Наряду с достоинствами отвердителей Манниха, существуют, однако, и два недостатка:

1. Желтеющий отвердитель (ограниченное количество цветов).
2. Трудности при нанесении кистью и валиком из-за быстрого отверждения.

На российском рынке представлены несколько покрытий от импортных производителей, отверждаемых при отрицательных температурах (см. таблицу).

Отвердители производителей №2, 3, 4, 5 состоят из алифатических (ДЕТА, ТЕТА и т. п.) и/или полиамидных агентов. В состав «зимних отвердителей» добавляется акселератор — третичный амин 2,4,6-три(диметиламинометил)-фенол (DMP30). Это позволяет получить покрытие со средней химстойкостью и с температурой отверждения до –5 °С. Ниже –5 °С отверждение получить невозможно, т. к. существует ограничение по максимальному количеству третичного амина: чем его больше, тем меньше водостойкость и химстойкость покрытия. Производителю № 5 удалось подобрать сочетание полиаминного аддукта (основания Манниха) с ТЕТА и DMP30, что позволило достичь температуры отверждения –10 °С. Производитель № 1 использует отвердители Манниха в рецептуре, что позволяет достичь описанных выше результатов.

Подводя итог вышесказанному, подчеркнем, что лакокрасочные материалы, отверждаемые при отрицательных тем-

пературах и повышенной влажности, применяются по всему миру. В России данные лакокрасочные материалы поставляются уже в течение 7 лет для различных секторов промышленности — нефтегазовой, инфраструктурной, судостроительной, гидростроительной и др.

За это время накоплен успешный российский опыт работы с этими материалами в условиях как отрицательных температур, так и повышенной влажности, что позволило с уверенностью продлить период окрасочных работ для различных проектов на один-два месяца с минимальными рисками для качества покрытий.

Всю информацию о полном спектре продуктов можно получить у представительства PPG Industries.

Офис в С.Петербурге:
195112 Санкт Петербург,
пл. Карла Фаберже, 8, оф. 328
Тел. +7 (812) 318 5354
Факс. +7 (812) 318 5355
E-mail: pcrussia@ppg.com

Представитель PPG PMC
Вашенко Александр
Моб. +7 (911) 994-8425
E-mail: vashchenko@ppg.com



PPG Protective & Marine Coatings



A PPG Brand



A PPG Brand

МОРСКИЕ ГТС. ПОРТОВАЯ ИНФРАСТРУКТУРА



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

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

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

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ



Петров В. А.,
канд. техн. наук, генеральный директор ООО «ТВЭЛЛ»

Энергоэффективность и энергосбережение сегодня стали очень модными словами, однако большей частью они сводятся к экономии энергопотребления любыми путями. И здесь мы видим очень опасную тенденцию: цели развития ставятся в зависимость от недостатка инструментов, а энергодефицит объявляется не злом, с которым надо бороться, а данностью, которая является условием решения задачи. Приводит это к тому, что при разработке и реализации различных инфраструктурных проектов принимаются не те технологии, которые **должны** быть, а те, которые **могут** быть реализованы на основе имеющихся ресурсов.

Рассмотрим эту ситуацию на примере портов. Качество решения проблемы освоения прибрежных территорий напрямую зависит от энергообеспеченности проекта. При этом вопросы безопасности энергетики особенно важны при осуществлении проектов в стратегически важных регионах, поскольку системная авария на энергетических объектах может вывести эти регионы из хозяйственного оборота на десятки лет. Мы полагаем, что подземные атомные теплоэлектростанции (ПАТЭС), разработанные специалистами судостроительной отрасли, наиболее адекватны поставленной задаче. Идея таких станций — в размещении атомных энергетических модулей, собранных под ключ на судостроительном заводе, в предварительно разработанных штольнях. По-видимому, на сегодня это единственная береговая энерготехнология, которая может применяться в любом цунами- и сейсмоопасном районе.

Концепция ПАТЭС вобрала в себя все преимущества атомной энергетики — независимость от атмосферного кислорода, минимальные выбросы в атмосферу, минимальная промплощадка. Предельная безопасность обеспечена корабельными технологиями и дополнительным фортификационным барьером — укрытием в подземных помещениях на глубине 50 м. Фактически разработана технология, вообще исключающая возможность загрязнения дневной поверхности, в том числе при любых авариях на реакторах. Модульность ПАТЭС позволяет наращивать мощность от 70 до 300 МВт при удельной стоимости капиталовложений 2000 €/кВт.

Наличие такого энергоисточника позволяет перейти от принципов «энергосбережения» к идеологии «энергодостаточности» и строить концепцию порта, применяя энергоемкие технологии и одновременно предлагая немислимые ранее экологические стандарты. Рассмотрим некоторые из них.

Устройства типа пневматического волнолома и распределенная водо-воздушная завеса позволяют эффективно разрушать короткие и средние волны, что намного эффективнее капитальных сооружений. Таким образом, можно обезопасить причалы и терминалы, а также различные портовые операции (бункеровка, дреджинг, швартовка, судоподъем и т. п.) от аномальных штормов. Сдерживает распространение этой технологии только энергетика.

Эти же устройства, утилизируя вырабатываемое станцией низкопотенциальное тепло, позволяют продлевать навигацию. Незамерзающие подходы к причалам и терминалам в разы сэкономят время швартовых и терминальных операций, сократят работу портофлота — буксиров и ледоколов.

Значительное загрязнение акватории и атмосферы происходит при интенсивном использовании портофлота, оснащенного мощными дизелями. Наличие достаточной береговой энергетики позволяет эффективно перевести этот флот на электродвижение. В том числе такое решение задачи радикально сократит «северный завоз».

Наконец, наличие достаточной энергетики позволяет создать в порту универсальное предприятие по обращению с отходами, их утилизации и рециклингу. Нынешняя процедура «перевалки» портовых отходов и их последующая отправка на полигоны не решает задачу, поскольку лишь загрязняет территорию страны, требуя создания все новых полигонов.

Таким образом, порт становится «технологическим хабом», где сконцентрированы чистые и адекватные задачам энергоемкие технологии. Мы считаем, что именно эти технологии смогут обеспечить безопасность, экологичность и конкурентоспособность портов.



ООО «ТВЭЛЛ»
196006 Санкт-Петербург, а/я 70
Тел./факс (812) 326-9441
www.twellgroup.ru

ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ШЕЛЬФА



Мельников А. Ю.,
директор ООО «Фертоинг»



Курилец С. С.,
начальник отдела
подводно-технических работ
ООО «Фертоинг»

«Вот в чем идея: в том, чтобы все эти люди, которые открывают рестораны, заводят страничку на Facebook и думают, что они и есть «колумбы Вселенной» сегодня,— почувствовали разряд тока, запрокинули голову наверх и прочли составленную из звезд надпись: „Из ресторанов в космос не летают“, — так сформулировал однажды с гениальным простодушием Ю. А. Гагарин».

Л. А. Данилкин. «Юрий Гагарин»

Освоение пространств и ресурсов Мирового океана — одно из главных направлений развития мировой цивилизации в третьем тысячелетии. Сущность национальной политики ведущих морских держав и большинства государств мирового сообщества в обозримом будущем составят самостоятельная деятельность и сотрудничество в освоении Мирового океана, а также неизбежное соперничество на этом пути.

Россия обладает существенным ресурсным потенциалом углеводородного сырья. Несмотря на то, что большая часть разведанных запасов сосредоточена на суше — в Западной и Восточной Сибири, а также в европейской части страны, более 75% месторождений нефти и газа на суше уже вовлечены в освоение. При этом их средняя выработанность приближается к 50%. Средние запасы одного открываемого на суше месторождения по сравнению с 1975 г. снизились в 5 раз. Наиболее перспективным направлением для восполнения запасов углеводородов, безусловно, является освоение шельфа Российской Федерации, где сосредоточены значительные ресурсы нефти и газа. Освоение месторождений углеводородного сырья на континентальном шельфе России — стратегическая задача, особенно в свете уменьшающихся темпов освоения месторождений в традиционных регионах Сибири и Дальнего Востока.

Для выполнения поставленных целей необходимо создание благоприятных условий для развития инновационной деятельности, направленной на коренное обновление отечественной производственно-технологической базы для освоения нефтегазового потенциала континентального шельфа.

В настоящее время с каждым годом нарастает интенсивность работ на объектах морского и трубопроводного транспорта, повышается их инженерная сложность. Активно осваиваются морские месторождения Сахалина, Дальнего Востока, Баренцева и Карского морей, ведется развитие проектов «Северного» и «Южного потока», активизируется деятельность в районах Байдацакой, Обской и Тазовской губ, побережья полуострова Ямал. Анализируя ход строительства

основных объектов морского и трубопроводного транспорта за последнее десятилетие, можно сделать прискорбный вывод: уже сейчас сложилась ситуация, что практически все более или менее технически сложные работы, связанные с морским строительством в России, выполняются иностранными подрядчиками.

Современное состояние существующей инфраструктуры в области инженерного обеспечения выполнения подводно-технических работ на континентальном шельфе и внутренних водных путях РФ свидетельствует о значительном отставании нашей страны от ведущих мировых держав и, более того, ее деградации по отношению к достигнутым уровням конца 80-х гг. XX в. . .

В начале марта 2012 г. инженерная группа из десяти специалистов ООО «Фертоинг» вернулась в Россию после полуторамесячного обучения и выполнения заводских приемосдаточных испытаний (FAT) двух комплексов телеуправляемых подводных аппаратов рабочего класса (РТПА) TRITON XLX. РТПА TRITON XLX изготовлен английской компанией Perry Slingsby Systems Ltd., расположенной в г. Киркбимурсайде (Англия). По завершению заводских испытаний оба комплекса РТПА TRITON XLX с присвоенными заводскими номерами № 68 и № 69 мобилизуются в Республику Сингапур для проведения комплексных морских испытаний (SAT) и установки на судно-носитель «Кендрик» (порт приписки Санкт-Петербург).

РТПА «Тритон» представляет собой современное, мощное, универсальное и технически сложное оборудование, позволяющее выполнять подводно-технические операции на глубинах до 3000 м с применением гидравлических манипуляторов и широкого ассортимента дополнительного навесного оборудования.

На сегодняшний момент РТПА TRITON XLX является наиболее распространенным многофункциональным и превосходно зарекомендовавшим себя оборудованием, предназначенным для выполнения различных подводных операций во всем мире. К основным видам таких операций, выполняемых данным комплексом, относятся:



- ♦ монтаж и демонтаж подводных конструкций различного назначения, в том числе подводных нефтегазодобычных комплексов (далее ПДК);
- ♦ работа с клапанами и заглушками специализированного подводного оборудования ПДК;
- ♦ обслуживание подводного оборудования ПДК, опор буровых установок;
- ♦ инспекционные работы, в том числе неразрушающий контроль элементов подводных конструкций, к примеру, измерение катодного потенциала и остаточной толщины материалов;
- ♦ аварийно-спасательные операции, в том числе разрезание стальных тросов диаметром до 100 мм, остропка и расстропка подводных объектов;
- ♦ полуавтоматическая остропка и подъем тросов и кабелей до 100 мм;
- ♦ разработка и перемещение грунта;
- ♦ навигационно-гидрографическое обеспечение подводных операций, в том числе подводное позиционирование объектов, гидрографическая съемка рельефа дна многолучевыми эхолотами;
- ♦ обследовательские работы, в том числе масштабная видеосъемка, гидроакустическая съемка объектов мониторинга с применением профилимера, 3D сонара;
- ♦ комплексные обследования уложенных трубопроводов с применением выносных камер, установленных на гидравлических консолях;
- ♦ работы по поиску и координированию подводных трубопроводов и кабелей, находящихся под слоем грунта, с применением трубокабелепоискового комплекса;
- ♦ обеспечение работ водолазов-глубоководников;
- ♦ исследовательские работы, в том числе сбор гидрологических данных;
- ♦ другие.

Каждый комплекс РТПА TRITON XLX состоит из следующих основных элементов:

- ♦ подводный аппарат с двумя гидравлическими манипуляторами и силовой установкой в 150 л. с.;
- ♦ доковая станция аппарата с кабелем длиной 600 м;
- ♦ спускоподъемное устройство с гидравлической лебедкой и П-образной рамой;
- ♦ гидравлическая станция спускоподъемного устройства;
- ♦ тестовая гидравлическая установка;
- ♦ контейнер управления комплексом;
- ♦ контейнер-мастерская с комплектом ЗИП;
- ♦ широкий ассортимент дополнительного навесного инструмента и оборудования.



В целях непрерывного повышения профессиональных навыков пилотов в контейнере управления РТПА TRITON XLX № 68 установлен симулятор. С помощью данного программного обеспечения можно создавать различные сценарии всевозможных подводных операций с целью управления комплексом в самых разнообразных условиях без фактических спусков аппарата в воду.

В результате проведенного обучения, каждый из специалистов ООО «Фертоинг» получил сертификат, подтверждающий знания и навыки в следующих областях:

- ♦ общий курс по обслуживанию аппаратов TRITON XLX №№ 68, 69 совместно с доковыми станциями типа 5A (ROV 68, 69 plus Type 5A TMS Basic Training);
- ♦ высоковольтное оборудование комплексов ТПА (High Voltage);
- ♦ оптоволоконные линии связи комплексов ТПА (Fiber Optic);
- ♦ акустическое оборудование комплексов ТПА (Tritech equipment);
- ♦ настройка, обслуживание и ремонт видеокамер комплексов ТПА (Kongsberg Cameras).

После завершения испытаний в морских условиях совместно с судовым оборудованием комплексы РТПА будут направлены в район выполнения работ по подводно-техническому обеспечению строительства подводного добычного комплекса в рамках освоения Кириновского газоконденсатного месторождения (ГКМ), Сахалин-III, где ООО «Фертоинг» выполняет работы с начала 2011 г.

...Масштабные задачи, стоящие как перед государством, так и перед отдельной компанией, можно решать по-разному, но главное на пути решения данной задачи — это суметь, не размениваясь на мелочи, пронести четкое и осмысленное желание ее выполнить, двигаясь вперед, не пасуя перед трудностями и не веря скептикам.



ООО «ФЕРТОИНГ»

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

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ СУДОХОДНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ



Пупышев Н. Н.,
нач. отд. гидравлических исследований сооружений
и натурных наблюдений центра гидравлических
исследований ОАО «НИИЭС»

15 апреля 2011 г. введены в действие «Методические рекомендации по контролю технического состояния и оценке безопасности судоходных гидротехнических сооружений» (далее по тексту — «Методические рекомендации»), которые рекомендованы для применения при разработке деклараций безопасности судоходных гидротехнических сооружений (далее — СГТС).

В 2011 г. для гидротехнических сооружений ФГУП «Канал имени Москвы» в соответствии с «Методическими рекомендациями» были рассчитана безопасность 21 гидротехнического сооружения. Расчеты были выполнены по 44 сценариям аварий. Практика применения «Методических рекомендаций» показала, что в большинстве рассчитываемых сценариев аварий уровень безопасности не зависит от технического состояния гидросооружения, и проведение ремонтных работ никак не скажется на уровне безопасности гидросооружения. Так, на оценку безопасности сооружения оценка технического состояния оказывала влияние только в 8 случаях из 44. По сути дела, рушится та идеология, которая использовалась в последние 10 лет, — о том, что путем проведения ремонтных мероприятий будет повышена безопасность гидросооружений. Для того чтобы разобраться, почему получаются такие результаты, следует рассмотреть саму методику.

Прежде всего следует остановиться на базовых элементах декларирования безопасности. В соответствии со ст. 10 федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений», декларация безопасности гидротехнического сооружения является основным документом, который содержит сведения о соответствии гидротехнического сооружения критериям безопасности. Положение о декларировании безопасности гидротехнических сооружений, утвержденное постановлением Правительства Российской Федерации от 6.11.1998 № 1303, определяет, что декларация безопасности является основным документом, обосновывающим безопасность гидротехнических сооружений, их соответствие критериям безопасности, проекту, действующим техническим нормам и правилам, а также определяющим характер и масштаб возможных аварийных ситуаций и меры по обеспечению безопасной эксплуатации. Согласно этим нормативным документам, одним из основных элементов декларирования безопасности гидротехнических сооружений являются критерии

безопасности, с которыми сопоставляется фактическое состояние гидросооружения.

Согласно ст. 3 федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений», критерии безопасности гидротехнического сооружения — предельные значения количественных и качественных показателей состояния гидротехнического сооружения и условий его эксплуатации, соответствующие допустимому уровню риска аварии гидротехнического сооружения и утвержденные в установленном порядке федеральными органами исполнительной власти, осуществляющими государственный надзор за безопасностью гидротехнических сооружений. Критерии безопасности связаны с величиной допустимого риска аварии. Понятие «риск» крайне многозначное, и при его использовании требуется конкретизация, о каком виде риска идет речь. Так, в РД 03-418-01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов» определено, что риск аварии — мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии на опасном производственном объекте и тяжесть ее последствий, а основными количественными показателями риска аварии являются:

- технический риск — вероятность отказа технических устройств с последствиями определенного уровня (класса) за определенный период функционирования опасного производственного объекта;
- индивидуальный риск — частота поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых факторов опасности аварий;
- потенциальный территориальный риск (или потенциальный риск) — частота реализации поражающих факторов аварии в рассматриваемой точке территории;
- коллективный риск — ожидаемое количество пораженных в результате возможных аварий за определенное время;
- социальный риск, или F/N -кривая, — зависимость частоты возникновения событий F , в которых пострадало на определенном уровне не менее N человек, от общего числа M человек; характеризует тяжесть последствий (катастрофичность) реализации опасностей;
- ожидаемый ущерб — математическое ожидание величины ущерба от возможной аварии за определенное время.

Имеется несколько видов риска, которые определяются независимо друг от друга и имеют различные размерности. Прежде всего следует разобраться, о каком виде риска идет речь в определении критериев безопасности. В формулировке, приведенной в федеральном законе «О безопасности гидротехнических сооружений», говорится о значении количественных и качественных показателей состояния гидротехнического сооружения, т. е. о технической составляющей риска аварии, которая характеризуется «техническим риском» и выражается вероятностью возникновения аварии. Еще одна составляющая критериев безопасности — условия эксплуатации гидросооружения — также характеризует «технический риск», поскольку уровень эксплуатации гидросооружения непосредственно влияет на вероятность возникновения аварии.

В документах по анализу безопасности также прослеживается подход, что при анализе безопасности гидротехнического сооружения следует рассматривать технический риск аварии гидротехнического сооружения. Так, в методиках, рекомендуемых ТП ВНИИГ 210.02.НТ-04 «Методические указания по проведению анализа риска аварий гидротехнических сооружений», для анализа безопасности гидротехнических сооружений проводится расчет вероятности возникновения аварии на гидротехническом сооружении, т. е. расчет технического риска аварии.

Иные виды риска аварии гидротехнического сооружения также рассматриваются в декларациях безопасности, где приводятся сведения по расчетам волны прорыва, числу погибших и пострадавших от катастрофических затоплений и ожидаемых экономических ущербах, которые характеризуют коллективный риск и экономический риск от аварии на гидротехническом сооружении. Эти данные характеризуют вторую составляющую понятия риска аварии — тяжесть последствий от аварии на гидротехническом сооружении.

Документом, приводящим величины допустимого технического риска аварии гидротехнического сооружения, является СНиП 33-01-2003, в котором даются допускаемые значения вероятностей возникновения аварий на напорных гидротехнических сооружениях I–III классов. В связи с тем, что допускаемые значения вероятностей возникновения аварий в СНиП 33-01-2003 приведены для классов гидротехнических сооружений, то следует остановиться на этом понятии. В СНиП 33-01-2003 определено, что гидротехнические сооружения в зависимости от их высоты и типа грунтов основания, социально-экономической ответственности и последствий возможных гидродинамических аварий подразделяют на классы. При назначении класса гидротехнического сооружения по СНиП 33-01-2003 можно выделить два основных



направления. Первое направление связано с величиной последствий от возможной гидродинамической аварии, а второе направление связано с величиной возможных экономических ущербов от аварии на гидросооружении. В обоих случаях принят принцип: чем серьезнее последствия, тем выше класс гидросооружения. Таким образом, класс гидросооружения характеризует тяжесть последствий от аварии гидротехнического сооружения и обобщенно характеризует коллективный и экономический риски от аварии на гидротехническом сооружении.

Определившись с базовыми понятиями, можно перейти к анализу «Методических рекомендаций». Прежде всего следует отметить, что расчеты оценок технического состояния и уровня безопасности выполняются для сценариев аварий, которые разбиты на три группы. В 1-ю группу отнесены сценарии аварий, приводящие к прорыву напорного фронта, и принцип отнесения сценариев аварий к этой группе вполне понятен. К 2-й группе относят аварии с разрушением конструкций сооружений, в результате которого могут быть человеческие жертвы, и приводящие к невозможности выполнения функций сооружением. К 3-й группе относят аварии с повреждением конструкций сооружений, приводящие к невозможности выполнения функций сооружением, но без человеческих жертв. По сути дела, сценарии аварий, приводящие к невозможности гидросооружением выполнять свои функции, разделены на две группы, исходя из возможности или невозможности человеческих жертв в результате аварии. О том, как определять возможность или невозможность человеческих жертв в результате аварии, «Методические рекомендации» умалчивают. Данное деление носит умозрительный характер и полностью зависит от мнения эксперта, разрабатывающего сценарии аварии для гидросооружения. Так, «Методическими рекомендациями» для насосной станции к 2-й группе отнесен следующий сценарий аварии — разрушение понура водоприемника. Сразу возникают вопросы: как при этом могут быть человеческие жертвы и в чем собственно состоит авария?

Может показаться, что вопрос отнесения сценария аварии к 2-й или 3-й группе не существенен, однако «Методические рекомендации» трактуют данное разделение как тяжесть последствий от аварии, что оказывает непосредственное влияние на результаты расчетов. По «Методическим рекомендациям», итоговая оценка безопасности по сценарию аварии $Б_{сц}$ определяется по формуле:

$$Б_{сц} = 2 + К_{сц} \times (БС - 2), \tag{1}$$



где $K_{сц}$ — коэффициент, учитывающий степень опасности аварий для сооружения и окружающей среды. Для 2-й группы сценариев $K_{сц} = 0,9$, а для 3-й — 0,8.

Если в результате расчетов по методике получена величина $БС = 4,4$, то для 2-й группы сценариев $БС_{сц} = 4,2$ и гидросооружение будет иметь неудовлетворительный уровень безопасности, а для 3-й группы сценариев $БС_{сц} = 3,9$ и гидросооружение будет иметь пониженный уровень безопасности. В результате получается, что простой перенос сценария аварии из одной группы в другую может изменить уровень безопасности гидросооружения.

В «Методических рекомендациях» по величине $БС_{сц}$ определяется расчетная вероятность аварии на гидросооружении, и для приведенного выше примера для гидросооружения II класса для 2-й группы сценариев вероятность аварии составит $8,0 \times 10^{-4}$, а для 3-й группы сценариев вероятность аварии составит $7,3 \times 10^{-4}$. Таким образом, перенос сценария аварии из одной группы в другую меняет вероятность возникновения аварии на гидросооружении, а если вспомнить, что группа аварии характеризует тяжесть последствий от аварии, то, согласно «Методическим рекомендациям», тяжесть возможных последствий от аварии непосредственно влияет на вероятность возникновения аварии, что представляется ошибочным.

Поскольку по величине $БС_{сц}$ определяется расчетная вероятность аварии на гидросооружении, то $БС_{сц}$ характеризует «технический риск», при этом для определения оценки безопасности по сценарию аварии учитываются факторы, связанные с тяжестью последствий от аварии, т. е. параметрами, характеризующими коллективный и экономический риски. Таким образом, в «Методических рекомендациях» при расчетах безопасности гидросооружения производится совмещение факторов, характеризующих разные виды рисков, которые являются независимыми друг от друга. В результате таких расчетов получается величина, характеризующая неизвестный вид риска, однако в дальнейшем этот риск трактуется как технический риск аварии гидросооружения. Такой подход представляется методологически ошибочным.

Такой же подход прослеживается и при использовании других формул, применяемых при расчете безопасности гидросооружений. Так, расчет показателя безопасности сооружения ($БС$) выполняется по формуле:

$$БС = I_{\max} - (I_{\max} - TC\gamma) \times (I_{\max} - K_{y\gamma} \times U\mathcal{E}) \times (I_{\max} - НП), \quad (2)$$

где TC — показатель технического состояния сооружения, уточненный с учетом уровня ответственности сооружения;

$U\mathcal{E}$ — показатель условий эксплуатации, влияющих на безопасность сооружения; $НП$ — показатель соответствия проекта сооружения действующим нормам и правилам проектирования; I_{\max} — верхняя граница расчетного диапазона; $K_{y\gamma}$ — коэффициент значимости показателя условий эксплуатации.

$TC\gamma$ вычисляется по формуле:

$$TC\gamma = 2 + (TC - 2) \times K\gamma, \quad (3)$$

где $K\gamma$ — корректирующий коэффициент, учитывающий уровень ответственности сооружения.

Значения коэффициентов $K_{y\gamma}$ и $K\gamma$ назначаются в зависимости от класса гидросооружения, а класс гидротехнического сооружения обобщенно характеризует коллективный и экономический риски от аварии, в то время как TC , $U\mathcal{E}$ и $НП$ характеризуют технические риски аварии. Таким образом, во всех расчетных формулах, по которым ведется расчет безопасности гидросооружения, происходит совмещение параметров, характеризующих разные виды рисков, которые несовместимы между собой.

Кроме этого, среди параметров, по которым определяются $U\mathcal{E}$ и $НП$, помимо параметров, характеризующих технический риск аварии, присутствуют параметры, характеризующие коллективный и экономический риски от аварии. К примеру, одним из параметров, на основе которых определяются величины $U\mathcal{E}$ и $НП$, является локальная система оповещения, при этом наличие или отсутствие этой системы не влияет на технический риск и, соответственно, на вероятность возникновения аварии, а является параметром, характеризующим социальный риск.

Также следует остановиться на величинах оценок $U\mathcal{E}$ и $НП$. Согласно «Методическим рекомендациям», для параметров, характеризующих эти группы, при частичном несоответствии следует проставлять оценку, равную 4. При этом, согласно «Методическим рекомендациям», частичное несоответствие для условий эксплуатации характеризуется отдельными незначительными отступлениями от требований проекта и нормативных требований, которые могут быть устранены силами эксплуатирующей организации. При определении оценки технического состояния незначительные отступления от проектных требований означают наличие на гидросооружении незначительных дефектов, и оценка технического состояния будет около 3. Соответственно, к $U\mathcal{E}$ и $НП$ предъявляются более строгие требования, чем к техническому состоянию гидросооружения, и именно эти параметры становятся определяющими при оценке безопасности сооружения, а техническое состояние в большинстве случаев перестает оказывать влияние на безопасность гидросооружения. Подобный перекоз в значимости оценок в пользу показателя условий эксплуатации ($U\mathcal{E}$) и показателя соответствия проекта сооружения действующим нормам и правилам проектирования ($НП$) по отношению к показателю технического состояния (TC) представляется ошибочным.

Также следует остановиться на вопросе назначения критериев безопасности и оценки по этим критериям технического состояния гидросооружения. Согласно «Методическим рекомендациям», для определения показателя технического состояния сооружения ($ТС$) предварительно выполняется оценка важности (значимости) критериев по степени их влияния на изменение технического состояния и безопасности СГТС. Результаты оценки фактического значения критериев безопасности ($\phi_{\phi i}$) уточняются с учетом коэффициента важности (значимости) критерия безопасности ($K_{\phi i}$) по формуле:

$$\phi_i = 2 + (\phi_{\phi i} - 2) \times K_{\phi i}. \quad (4)$$

При этом в «Методических рекомендациях» под фактическим значением критерия безопасности ($\phi_{\phi i}$) понимается численная оценка диагностируемого (контролируемого) параметра, определенная по критериям безопасности, а под уточненным значением критерия безопасности ($\phi_{\phi i}$) понимается уточненная численная оценка диагностируемого (контролируемого) параметра.

Использование этой формулы для расчетов технического состояния лучше всего рассмотреть на примере. Пусть $\phi_{\phi i} = 4,4$, а $K_{\phi i} = 0,75$, тогда:

$$\phi_i = 2 + (4,4 - 2) \times 0,75 = 3,8.$$

Возникает ситуация когда диагностируемый параметр превзошел значение $K2$, и, соответственно, гидросооружение, согласно большинству документов по безопасности гидросооружений [1, 7, 8], не соответствует требованиям безопасности, однако уточненное значение параметра не переводит гидросооружение в предаварийное состояние. В результате на гидросооружении имеются диагностируемые параметры, превысившие значение $K2$, соответствующее допустимому риску аварии, а само гидросооружение находится в ограниченно-работоспособном состоянии и соответствует требованиям безопасности. Подобное возможно лишь в том случае, если критерии безопасности не отвечают определению, данному в ФЗ-117 «О безопасности гидротехнических сооружений».

К существенным недостаткам «Методических рекомендаций» также следует отнести положение о том, что рассчитываются только по одному сценарию из группы, который выбирается по наихудшим оценкам диагностируемых параметров. Учитывая, что в дальнейшем эти значения корректируются путем их умножения на коэффициент значимости, то таким образом для расчетов выбирается не обязательно наихудший сценарий аварии.

Литература

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений».
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 6.11.1998 № 1303 «Об утверждении Положения о декларировании безопасности гидротехнических сооружений».
3. РД 03-418-01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов». Утверждены постановлением Госгортехнадзора РФ от 10 июля 2001 г. № 30.
4. СТП ВНИИГ 210.02.НТ-04 «Методические указания по проведению анализа риска аварий гидротехнических сооружений».
5. СНиП 33-01-2003 «Гидротехнические сооружения. Основные положения».
6. Методические рекомендации по контролю технического состояния и оценке безопасности судоходных гидротехнических сооружений. Утверждены Росморречфлотом и согласованы Ространснадзором 15 апреля 2011 г.
7. РД 03-443-02 «Инструкция о порядке определения критериев безопасности и оценки состояния гидротехнических сооружений накопителей жидких промышленных отходов на поднадзорных Госгортехнадзору России производствах, объектах и в организациях». Утверждена постановлением Госгортехнадзора от 04.02.2002 № 10.
8. РД 153-34.2-21.342-00 Пособие к «Методике определения критериев безопасности гидротехнических сооружений». РАО «ЕЭС России».

ИНФОРМАЦИОННОЕ СООБЩЕНИЕ О СЕМИНАРЕ НА ТЕМУ:

«ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТА ЭКРАНИРОВАННЫХ БОЛЬВЕРКОВ»

22 марта 2012 г. в Центре технологии судостроения и судоремонта (ОАО «ЦТСС») состоялся семинар на тему «Проблемы расчета экранированных больверков». Семинар был организован проектной фирмой «Союзпроектверфь» ОАО ЦТСС. В семинаре приняли участие ведущие специалисты Санкт-Петербурга в области проектирования морских и речных причальных сооружений, которые представляли следующие организации:

- ПФ «Союзпроектверфь»;
- ОАО «Ленморниипроект»;
- ООО «Балтморпроект»;
- проектный институт ЗАО «ГТ Морстрой»;
- ООО «НПФ "ГТ Инспект"»;
- ООО «Морское строительство и технологии»;
- ОАО «23 ГМПИ»;
- ЗАО «Ленгипроречтранс»;
- ООО «Ленгипроречтранс»;
- ОАО «26 ЦНИИ»;
- Санкт-Петербургский государственный политехнический университет;
- ОАО «Уником».

Вниманию участников семинара был представлен доклад главного специалиста ПФ «Союзпроектверфь», канд. техн. наук Гуткина Ю. М. о несовершенстве некоторых основных положений расчета причальных сооружений типа экранированный больверк, регламентируемого действующими «Указаниями по проектированию больверков с учетом перемещений и деформаций элементов» — РТМ 31.3016-78.

По мнению докладчика, эти несовершенства могут вести к преувеличению несущей способности экранированных больверков.

В докладе была представлена также альтернативная расчетная схема экранированных больверков, позволяющая учитывать совместную работу всех элементов конструкции.

Докладчик ответил на многочисленные вопросы. Состоялось обсуждение представленных материалов.

Участники семинара приняли к сведению вынесенные на обсуждение основные положения доклада и согласились с необходимостью совершенствования методов расчета причальных сооружений типа экранированных больверков.

В ближайшем номере журнала планируется публикация статьи Ю. М. Гуткина по основным проблемам расчета экранированных больверков, представленным на семинаре.

О РАСЧЕТАХ ШПУНТОВЫХ ОГРАЖДЕНИЙ НА ДЕЙСТВИЕ СИЛ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ ГРУНТА



Гуткин Ю. М.

Гуткин Юрий Михайлович — главный специалист проектной фирмы «Союзпроектверф» ОАО «Центр технологии судостроения и судоремонта» (ЦТСС), канд. техн. наук, заслуженный строитель РФ, лауреат премии Совета Министров СССР. Основное направление производственной деятельности — проектирование гидротехнических сооружений верфей и портовых комплексов. Автор более 30 опубликованных работ, в том числе двухтомника «Проекты и верфи» (2007 и 2009 гг., Санкт-Петербург, в соавторстве).

Проблему оценки воздействия сил морозного пучения на шпунтовые ограждения в настоящее время можно считать в лучшем случае известной, но не более. Какие-либо конкретные рекомендации на эту тему в отечественной нормативной литературе отсутствуют. В таких основательных документах, как [1] и [2], наличествуют лишь указания на то, что при расчете подпорных стен и ограждений котлованов следует учитывать воздействие морозного пучения. Вопрос о том, каким образом этот учет выполнить, остается за скобками. В основополагающем федеральном нормативном документе [3], регламентирующем вопросы проектирования оснований зданий и сооружений, отсутствуют даже эти скромные указания. Объяснить такое положение можно, по-видимому, только одним — недостаточной изученностью и научной проработкой упомянутой проблемы.

Рекомендации некоторых специалистов об использовании известных решений в отношении нормальных сил морозного пучения, действующих на подошвы мелкозаложенных фундаментов зданий и сооружений, применительно к задаче расчета шпунтовых ограждений, взаимодействующих с промерзающими пучинистыми грунтами, представляются неприемлемыми по ряду причин.

Обозначим некоторые из них.

Во-первых, различен сам характер взаимодействия конструкции и пучинистого грунта. Обычные фундаменты контактируют с бесконечным по простираю слою промерзшего грунтового массива. Имеет место пространственная задача, где неограниченная в плане пучинистая среда воздействует на элементы конечных размеров. При этом степень этого воздействия существенно зависит от плановых размеров объектов воздействия [4]. На шпунтовые ограждения ограниченных в плане размеров действует ограниченная же по размерам (длине и высоте) пучинистая среда промерзающего грунтового массива. Для линейных шпунтовых ограждений значительной протяженности (подпорные стены, стены сухих доков) ограничение пучинистой среды касается только высоты, т. е. имеет место плоская задача.

Представляется вполне вероятным, что отмеченные особенности условий работы шпунтовых ограждений могут при-

вести к определенным щадящим последствиям силового морозного воздействия на них по сравнению с таковыми для обычных фундаментов.

Во-вторых, для обычных фундаментов уровень грунтовых вод расположен ниже глубины промерзания (во всяком случае, в существующих нормативных документах иные ситуации не рассматриваются). Промерзаемый пучинистый грунт, прилегающий к шпунтовым стенам, на значительной части своей высоты обводнен. Уже это дает основание для предположения о возможности существенной разницы в физических процессах, происходящих в промерзающих грунтах в обоих случаях.

И в-третьих, не следует забывать о том, что шпунтовые ограждения относятся к разряду гибких конструкций, деформации которых существенно сказываются на их напряженном состоянии, и нет никаких оснований исключать возможность влияния этого фактора на характер воздействия сил морозного пучения на эти конструкции.

Таким образом, следует признать необходимой разработку специальных методов определения сил морозного пучения на шпунтовые стенки как специфический вид сооружений, подобному воздействию подверженный. Можно выделить два основных аспекта исследований.

Первый, и наиболее фундаментальный, касается изучения физики явления и определения таких основополагающих параметров пучинистых грунтов в отношении ограждающих подпорных стен, как предельная горизонтальная деформация пучения свободной вертикальной поверхности промерзающего грунтового массива, максимальное горизонтальное давление морозного пучения на несмещаемое и недеформируемое подпорное сооружение, а также связь между горизонтальным давлением морозного пучения грунта и деформациями вертикальной поверхности массива этого грунта.

Второй аспект носит прикладной характер и связан с разработкой способов определения сил морозного пучения на деформируемые шпунтовые ограждения и учета такого воздействия при оценке их напряженного состояния.

В настоящей работе, касающейся только второго аспекта рассматриваемой проблемы, предлагается метод статиче-

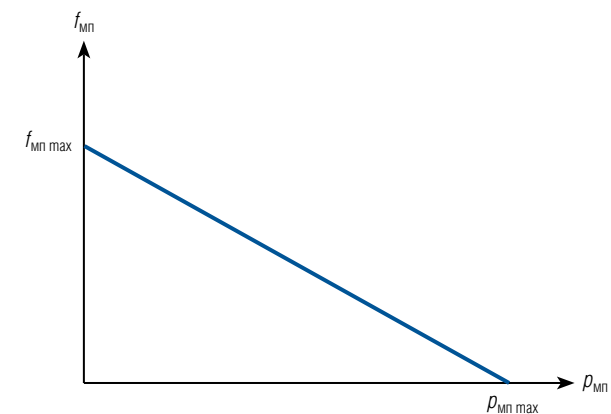


Рис. 1. График связи между деформацией поверхности промерзаемого пучинистого грунта и давлением морозного пучения на конструкции, препятствующие свободной деформации морозного пучения

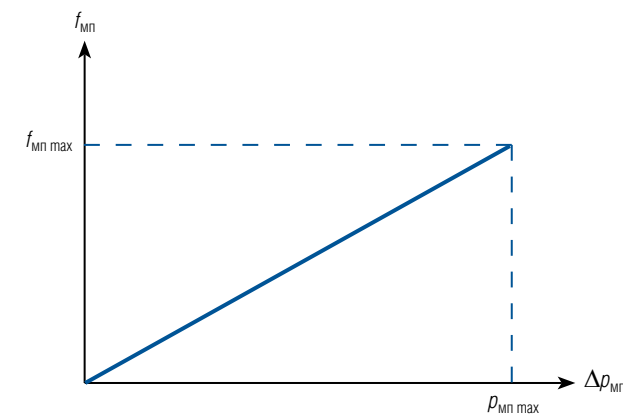


Рис. 2. График связи между деформацией поверхности промерзаемого пучинистого грунта и уменьшением давления морозного пучения относительно такового на несмещаемую поверхность грунта

ского расчета шпунтовых стен на действие сил морозного пучения. Исходным в предлагаемых построениях является предположение о наличии линейной связи между горизонтальными деформациями наружной вертикальной поверхности промерзаемого массива пучинистого грунта, поддерживаемого шпунтовым ограждением, и величинами нормальных сил морозного пучения, которые на эти ограждения действуют.

Подобная связь установлена для горизонтальных поверхностей пучинистых грунтов [5], [6], и можно предположить ее наличие и для рассматриваемого случая.

В графическом виде такая связь представлена на рис. 1.

В соответствии с этим графиком при несмещаемой поверхности пучинистого грунта ($f_{мп} = 0$) возникают предельно возможные для определенного вида грунта давления сил морозного пучения $p_{мп} = p_{мп \max}$. При свободно деформируемой поверхности пучинистого грунта ($f_{мп} = f_{мп \max}$) силы морозного пучения не возникают вовсе ($p_{мп} = 0$). Все промежуточные значения $f_{мп}$ и $p_{мп}$ связаны между собой линейной зависимостью.

С использованием такой линейной зависимости возможны два способа статического расчета шпунтовых стен, описание которых приводится здесь применительно к их использованию в качестве стен сухих доков. В этих случаях сопряжение стен с железобетонной плитой дока можно рассматривать как жесткую заделку (при соответствующем конструктивном оформлении этого сопряжения), а упрощенная* расчетная схема конструкции будет представлена однопролетной балкой с одним шарнирно-опертым концом и защемленным — другим.

По первому способу задача решается итерационным методом. Первый шаг итерации предполагает расчет конструкции на равномерно-распределенную нагрузку, равную максимально возможной интенсивности сил морозного пу-

чения $p_{мп \max}$, соответствующую рассматриваемым грунтовым условиям. На каждом последующем шаге интенсивность давления морозного пучения $p_{мп}$ по длине балки корректируется по величинам прогибов (деформаций) поверхности промораживаемого грунтового массива ($f_{мп}$), полученных на предшествующем шаге. Корректировка эта осуществляется по графику связи $f_{мп} = F(p_{мп})$, принятому для расчета. Итерации повторяются до сходимости процесса, т. е. до получения устойчивых результатов расчета — усилий в расчетной балке и ее прогибов.

В принципе этот способ расчета может использоваться при любой (а не только линейной) функциональной зависимости между деформациями боковой поверхности пучинящегося грунтового массива и давлением морозного пучения на ограждающую конструкцию.

Решение задачи по второму способу позволяет обойтись без итераций и получить результат более простым путем. Суть этого способа заключается в следующем.

Изобразим график связи между $f_{мп}$ и $p_{мп}$, представленный на рис. 1, в несколько ином виде, а именно как график связи между $f_{мп}$ и $\Delta p_{мп}$, где как $\Delta p_{мп}$ обозначим уменьшение давления морозного пучения по мере увеличения деформирования поверхности пучинящегося грунта (рис. 2).

Анализ этого графика показывает возможность интерпретации статической работы шпунтовой конструкции на действие сил морозного пучения как однопролетной балки, поддерживаемой в пролетной части (в пределах зоны контакта с пучинистым грунтом) условным упругим винклеровским основанием. Реакцией этого упругого основания при нагружении конструкции исходным максимальным давлением морозного пучения будет как раз уменьшение этого давления в результате деформирования шпунта.

Коэффициент постели условного упругого основания определится как отношение максимально возможного для рассматриваемого вида грунта горизонтального давления морозного пучения и предельных горизонтальных деформаций вертикальной плоскости промораживаемого грунтового массива (1).

$$c = \frac{p_{мп \max}}{f_{мп \max}} \quad (1)$$

* «Упрощенной» предлагаемая расчетная схема является потому, что в ней не учитывается взаимодействие верхней консольной части шпунтовой стенки с примыкающим грунтовым массивом при деформации пролетной части конструкции под действием сил морозного пучения грунта. Указанное взаимодействие без труда может быть учтено введением в расчетную схему участка упругого основания в пределах верхней консоли. Подобное уточнение расчетной схемы не меняет принципиально суть предлагаемых решений.

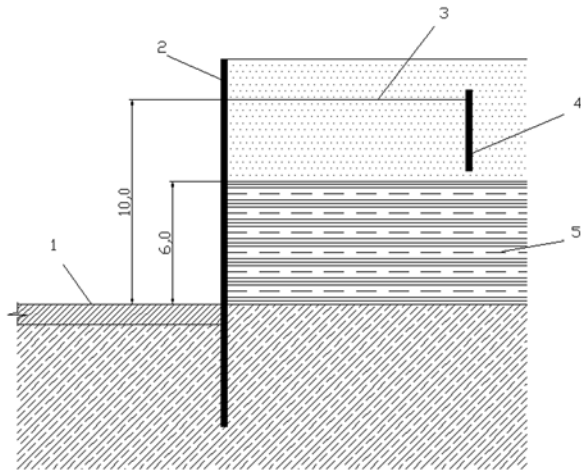


Рис. 3. Конструктивная схема сооружения:
1 — железобетонное днище сухого дока; 2 — шпунтовая стена сухого дока;
3 — анкерные тяги; 4 — анкерная конструкция; 5 — пучинистый грунт

Так же, как и при первом способе (на первом шаге итерации), рассчитываемая конструкция загружается равномерно-распределенной нагрузкой $p_{мп\max}$. Результатом статического расчета являются усилия в элементах конструкции и реакция условного упругого основания $\Delta p_{мп}$. Алгебраическая сумма исходной нагрузки и реакции упругого основания определяет характер распределения и величины давления морозного пучения на конструкцию $p_{мп}$ (2).

$$p_{мп} = p_{мп\max} - \Delta p_{мп} \tag{2}$$

Проиллюстрируем оба предложенных способа на примере расчета.

Рассчитывается шпунтовая стена сухого дока, жестко связанная с железобетонным днищем сооружения, заанкерованная в верхней части и контактирующая на части высоты с пучинистым грунтом (рис. 3). Длина расчетного участка стенки — 1 м. Для расчета принят шпунтовый профиль AZ 50 с моментом инерции одного метра стенки 121 060 см⁴.

В качестве расчетных принимаются следующие параметры, характеризующие пучинистые свойства грунта, $f_{мп\max} = 84$ мм и $p_{мп\max} = 120$ кН/м².

При расчете по первому способу (см. расчетную схему на рис. 4, а) интенсивность нагрузки на балку для каждого сечения, расстояния между которыми принималось равными 0,5 м, на каждом последующем шаге итерации определялась по формуле (3), вытекающей из графика на рис. 1.

$$p_{i+1} = p_{мп\max} - f_i \frac{p_{мп\max}}{f_{мп\max}} = 120 - 1,43f_i \tag{3}$$

Здесь f_i — прогиб балки в мм в соответствующем сечении от нагрузки предыдущего шага итерации.

Пошаговые результаты расчета приведены в табл. 1. Для обеспечения приемлемой компактности таблицы параметры расчета в ней приводятся для сечений балки, отстоящих друг от друга на расстоянии 1 м.

Как видно из таблицы, практически полная сходимость результатов расчета достигнута уже после 4-го шага итерационного процесса. Отчетливо прослеживается некоторое уменьшение давления морозного пучения в пролетной части

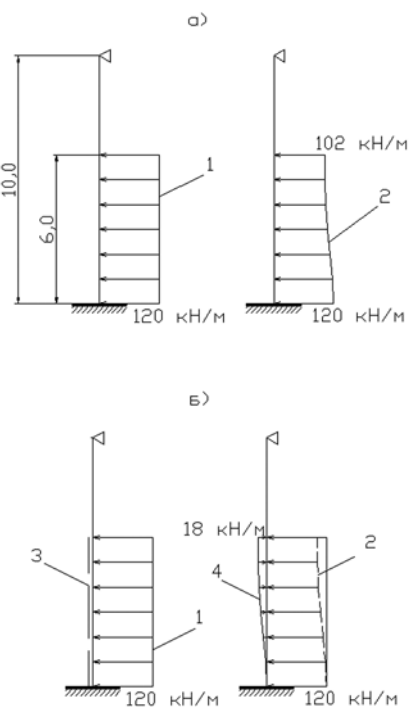


Рис. 4. Результаты определения давления морозного пучения грунта на шпунтовую стенку по первому (а) и второму (б) способам:

1 — исходная (максимально возможная) нагрузка от морозного пучения; 2 — нагрузка от давления морозного пучения с учетом деформации конструкции; 3 — условное упругое основание; 4 — реакция условного упругого основания

конструкции за счет ее деформации. Максимальный изгибающий момент (в заделке) составил 945 кНм.

Расчетная схема по второму способу расчета (рис. 4, б) отличается от предыдущей наличием упругого основания, с которым контактирует конструкция в пределах зоны взаимодействия с пучинистым грунтом, т. е. в пределах действия внешней нагрузки, равной 120 кН/м². Коэффициент постели упругого основания принимался равным в соответствии с (1) $c = 120 / 0,083 = 1430$ кН/м³ (143 т/м³). Статический расчет системы выполнен с использованием программного комплекса SCAD Office. Результаты представлены в табл. 2.

Результаты расчета вторым способом абсолютно идентичны результатам способа первого, который в настоящей работе приведен исключительно в методических целях — в качестве дополнительного аргумента в отношении корректности второго способа, который, по мнению автора, является наиболее удобным для практического использования. Следует отметить, что в качестве результатов статического расчета системы на упругом основании, выполняющегося с использованием комплекса SCAD, выводятся величины реакции жестких опор, усилий в элементах системы и их прогибов (деформаций). Реакция упругого основания при необходимости может быть определена расчетчиком дополнительно через деформации и упругие характеристики основания, что и выполнено в строке 3 табл. 2 для последующего выхода на величины давления морозного пучения.

Табл. 1. Ход итераций по первому способу расчета

Параметры расчета	Шаг итераций <i>i</i>	Номера сечений, начиная от защемленного конца балки						
		1	3	5	7	9	11	13
$p_{мп}$, кН/м ²	1	120,0						
	2	120,0	117,6	112,2	106,4	101,8	99,5	99,9
	3		117,9	113,2	108,2	104,3	102,4	102,7
	4		117,8	113,1	108,0	103,9	102,0	102,3
f , мм	1	0	1,70	5,45	9,54	12,76	14,37	14,08
	2		1,49	4,73	8,24	10,99	12,33	12,07
	3		1,52	4,83	8,42	11,23	12,62	12,35
	4		1,51	4,82	8,40	11,20	12,58	12,30
$M_{изг}$, кНм	4	−945	−445	87	302	411	428	418

Табл. 2. Результаты расчета по второму способу

№	Параметры расчета	Номера сечений, начиная с защемленного конца балки						
		1	3	5	7	9	11	13
1	$M_{изг}$, кНм	−945	−445	87	302	411	428	418
2	f , мм	0	1,51	4,82	8,40	11,20	12,58	12,31
3	$\Delta p_{мп} = cf \cdot 10^{-3}$, кН/м ²	0	2,2	6,9	12,0	16,0	18,0	17,6
4	$p_{мп}$, кН/м ² — по (2)	120,0	117,8	113,1	108,0	104,0	102,0	102,4

Выводы

- 1. Существующие отечественные нормативные документы не регламентируют методы оценки силового воздействия пучинистых грунтов при их промораживании на поддерживающие их ограждающие (в том числе, шпунтовые) конструкции.
- 2. Методы определения сил морозного пучения на фундаменты зданий и сооружений не представляются пригодными для использования напрямую при работе со шпунтовыми (и иными подпорными) ограждениями, контактирующими с пучинистыми грунтами.
- 3. Необходима серьезная исследовательская работа по изучению физических параметров, характеризующих механизм взаимодействия промораживаемых пучинистых грунтов с ограждающими их конструкциями.
- 4. При установлении (подтверждении) наличия линейной (или близкой к ней) связи между горизонтальным давлением морозного пучения на ограждающие конструкции и деформациями наружной вертикальной плоскости промораживаемого грунтового массива статический расчет ограждений на это давление может выполняться с использованием предло-

женной в настоящей работе модели условного упругого основания в пределах зоны контакта конструкции и пучинистого грунта.

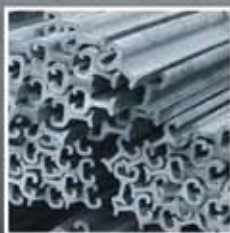
Литература.

- 1. ТСН 50-304-2000. Основания, фундаменты и подземные сооружения (МГСН 2.07-97). Москва.
- 2. ТСН 50-302-2004. Проектирование фундаментов зданий и сооружений в Санкт-Петербурге.
- 3. СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений.
- 4. Руководство по проектированию оснований и фундаментов на пучинистых грунтах. НИИОСП им. Н. М. Гесеванова. Москва: Стройиздат, 1979
- 5. ТМД 50-601-2004. Методика оценки характеристик морозоопасных свойств грунтов в строительстве в Санкт-Петербурге.
- 6. Карлов В. Д. Основания и фундаменты на сезонно-промерзающих пучинистых грунтах. Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. Санкт-Петербург, 2007.

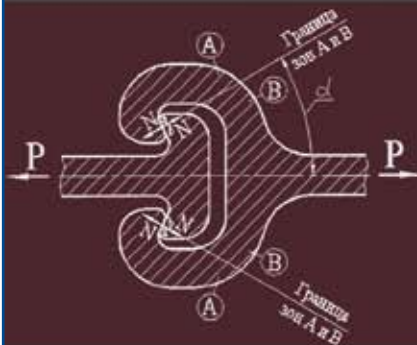


УНИКАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПРОФИЛЕЙ * ДЛЯ СОЗДАНИЯ ШПУНТОВОГО ЗАМКА

* Защищена патентом



- * В 2-4 раза прочнее стандартных шпунтовых замков
- * Успешно применена при строительстве олимпийского объекта в Сочи
- * Значительно дешевле импортных аналогов



Система профилей применяется в качестве замка в сварных, трубчатых и других шпунтовых панелях при возведении гидротехнических, транспортных и промышленно-гражданских объектов. По результатам испытаний, проведенных в аттестованном испытательном центре ОАО «Северсталь-метиз» и в НИЦ «Мосты» (г.Москва), система профилей имеет прочность на разрыв, в 2-4 раза превышающую прочность шпунтовых замков, применяемых сегодня в отечественном строительстве. Система профилей для создания замкового соединения на сегодняшний день защищена патентом на полезную модель. Указанные профили применены в строительстве грузового района порта Сочи в устье реки Мзымта.

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

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

170 ЛЕТ СБОРНИКУ «ЗАПИСКИ ПО ГИДРОГРАФИИ»

23 февраля 2012 г. главному печатному органу Управления навигации и океанографии Минобороны России — сборнику «Записки по гидрографии» — исполнилось 170 лет. «Записки» имеют глубокие исторические корни, тогда в стране был создан единый централизованный и самостоятельный орган управления военноморскими силами — Министерство морских сил (1802), и на его основе был сформирован Комитет образования флота.

Интенсивное мореплавание и исследовательская деятельность флота, многочисленные экспедиции, выполненные русскими моряками, нуждались в обобщении и в освещении на страницах печати. В 1805 г. была организована Главная морская библиотека (ныне Центральная военно-морская библиотека). С 1807 г. начали издаваться «Записки Государственного Адмиралтейского департамента», одной из основных задач которых было «распространение морских наук и усовершенствование технической части морского искусства». 11 (23) февраля 1842 г. начальник Главного морского штаба адмирал А. С. Меншиков утвердил представление директора Гидрографического департамента А. Г. Вилламова об издании особых записок под названием «Записки Гидрографического департамента Морского министерства», в которых, кроме отчетов о гидрографических работах, разрешено было помещать статьи морских офицеров по вопросам гидрографии и мореплавания. Эта дата и является датой учреждения современного сборника «Записки по гидрографии».

«Записки по гидрографии» — журнал уникальный во многих отношениях. Он является одним из старейших не только флотских, но и в целом научных изданий. Например, он старше «Морского сборника», издающегося с 1848 г., и журнала «Известия Русского географического общества», первый номер которого вышел в 1865 г.

Всего за время издания вышло 437 номеров сборника, на страницах «Записок...» было опубликовано более 6000 статей, в написании которых приняло участие 4742 автора. На протяжении XVIII–XIX вв. свои мысли на страницах «Записок...» опубликовали всемирно известные моряки-ученые: В. В. Ахматов, А. П. Белобров, И. Д. Жонголович, В. В. Каврайский, А. Н. Крылов, С. О. Макаров, Г. С. Максимов, Н. Н. Матусевич, П. В. Мессер, В. А. Снежинский, Ю. М. Шокальский, В. С. Шулейкин, Н. П. Владимирский, Ф. Ф. Врангель, Н. Н. Зубов, А. И. Рассохо, А. И. Сорокин, А. А. Комарицын.

Не прекращалось издание «Записок по гидрографии» и в годы Великой Отечественной войны. С их помощью обобщался и распространялся опыт ведения боевых действий на море, и, главным образом, опыт деятельности штурманов и гидрографов при обеспечении десантных операций, ледоводных переправ, минных и противоминных операций, проводки кораблей и конвоев в опасных для плавания районах.

В послевоенное время с «Записками...» тесно сотрудничали опытные штурманы — участники ВОВ, адмиралы Ю. А. Пантелеев, Л. А. Владимирский, А. Н. Мотрохов, В. Ф. Ярославич, Б. В. Румянцев, ученые-навигаторы А. Н. Мотрохов, А. П. Михайловский, М. И. Скубко, Н. М. Груздев, В. С. Макода, А. В. Лаврентьев, С. П. Алексеев и др. Активное участие в работе над «Записками...» принимали флагманские штурманы

и главные штурманы ВМФ, сотрудники НИИ ВМФ: А. И. Сорокин, А. Н. Яковлев, В. И. Пересыпкин, Б. А. Вульфвич, Д. Э. Эрдман, Л. И. Митин, В. А. Монтели, В. П. Заколяжный, В. И. Алексин, Н. И. Шаповалов и др.

Разнообразие и актуальность навигационно-гидрографической тематики, высокая квалификация авторов и редакторов, современный полиграфический уровень издания обусловили научный авторитет и популярность «Записок по гидрографии» не только среди штурманов и гидрографов ВМФ, но и в широких кругах специалистов гражданских ведомств России.

22 февраля 2012 г. в 280 ЦКП ВМФ, где располагается редакция сборника, состоялось торжественное собрание в ознаменование 170-летнего юбилея «Записок...», куда были приглашены представители различных государственных мореведческих организаций,

научно-исследовательских институтов, высших морских учебных заведений и коммерческих компаний, деятельность которых неразрывно связана с гидрографией и навигацией и которые всегда были активными создателями и почитателями авторитетнейшего и старейшего издания.

И все бы хорошо, за исключением одной «мелочи» — вот уже год как «Записки...» не издаются из-за отсутствия государственного финансирования на печать тиража, в итоге не могут увидеть свет полностью подготовленные к печати в течение 2011 г. и в начале 2012 г. четыре выпуска сборника. Большой ложки дегтя и придумать трудно. Естественно, что вопрос сохранения «Записок...» стал основным для обсуждения на данном мероприятии. Предлагались различные варианты: взбудоражить общественность, обратиться в инстанции, вплоть до самого прозаичного — пустить шапку по кругу, но сборник выпустить во что бы то ни стало. Только вот незадача — журнал имеет статус государственного, и, даже собрав деньги, передать их на благо дело издателю официальным путем практически не представляется возможным, не нарушив финансовую дисциплину. Были и противоположные мнения: правильно ли это стратегически? Не обидеть бы кого, если так суетиться. Ведь в руководстве ВМФ и Минобороны России не меньше нашего понимают значимость «Записок...» и при первой возможности исправят ситуацию. Поэтому, мол, надо ждать лучших времен.

Тут не на шутку призадумался, за 170 лет какие только тяжелые события не переживала наша страна, но сборник всегда издавался, тем самым служа развитию гидрографического и штурманского дела и символизируя незыблемость и стойкость ВМФ нашей Родины — великой морской Державы. Ожидание равносильно закрытию «Записок по гидрографии»; мы надеемся, что эту статью прочтут заинтересованные и ответственные за решение проблемы люди, которые смогут сделать все от них зависящее для принятия единственно правильного решения — сборнику «Записки по гидрографии» быть!

Материал подготовлен ведущим научным сотрудником
ООО «Фертинг», капитаном 1 ранга запаса Тарасенко П. Ф.

НАМЫВНЫЕ ТЕРРИТОРИИ: ПРОЕКТЫ И ТЕХНОЛОГИИ КОМПАНИИ «ВАН ООРД»



Бос Анко,
руководитель
филиала «Ван Оорд»



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

Проекты по созданию искусственных островов имеют давнюю историю. Известно, что небольшие искусственные острова создавались уже в средние века в Японии на озерах и в море, специально для строительства на них замков, надежно защищенных водным пространством от нападения неприятеля. Также в Японии в XVII в. для развития торговли с Европой в бухте Нагасаки был специально построен небольшой остров Дежима, где размещалась голландская торговая миссия.

С тех пор технология создания искусственных территорий, дноуглубительное оборудование и флот, используемые для их строительства, непрерывно совершенствовались. Сегодня для возведения рукотворных островов используется самая современная техника — самоотвозные трюмные землесосы. На этих судах установлены компьютеризированные навигационные системы и системы высокоточного позиционирования, которые вместе с высокопроизводительными грунтозаборными насосами и активными грунтозаборниками обеспечивают высокие параметры дноуглубления.

Больших успехов в данной отрасли гидротехнического строительства добились голландские специалисты. На созданных ими искусственных территориях размещаются как объекты инфраструктуры, так и жилые здания, транспортные объекты, рекреационные комплексы.

Для намыва территорий, устойчивых к действию разрушающих факторов, голландская компания «Ван Оорд» использует природный песок, добываемый из морских месторождений. Материал доставляется на место намыва с помощью самоотвозных трюмных землесосов (СТЗ) или барж для перевозки песка.

Применению морского песка в данном случае способствуют следующие факторы:

- более конкурентоспособная стоимость морского песка по сравнению с песком из береговых карьеров;
- относительно высокая производительность работ при намыве территорий из морского песка — от 100 000 м³/неделю и выше;
- лучшее качество морского песка, частицы которого не были подвержены эрозии и имеют остроугольную форму;
- снижение нагрузки на береговую транспортную инфраструктуру.

Искусственные территории в Персидском заливе. В начале текущего столетия широкомасштабное строительство искусственных намывных территорий производилось в акватории Персидского залива — в Объединенных Арабских

Эмиратах, в Дубае. По непосредственному указанию кронпринца Дубая шейха Мохаммеда бин Рашида аль Мактума было начато строительство архипелага Пальмовые Острова (Palm Islands). Эти искусственные острова предназначены для возведения на них объектов жилой и коммерческой недвижимости. За счет строительства данного архипелага город Дубай получает дополнительные 520 км пляжей.

Для строительства входящих в архипелаг островов Palm Jumeirah и Palm Deira генеральный подрядчик — фирма Nakheel Properties, выступающая таковым от лица кронпринца, — пригласила известного во всем мире подрядчика по созданию искусственных территорий — голландскую компанию «Ван Оорд».

Строительство острова Palm Jumeirah, имеющего форму пальмы, началось в августе 2001 г. и было завершено в октябре 2003 г. Проект находился в стадии планирования в течение двух лет, прежде чем компания «Ван Оорд» приступила к его строительству. Этот первый крупномасштабный проект компании «Ван Оорд» в Дубае был провозглашен чудом морского строительства и инженерно-технического замысла. Являясь одним из немногих творений, созданных человеком на Земле, видимых из открытого космоса, он был назван «Восьмым чудом света». Масштаб, концепция и дизайн «Палм Джумейра» были намного более амбициозны, чем что-либо ранее созданное где-нибудь на земном шаре.

Остров Palm Jumeirah состоит из «ствола пальмы» длиной 2 км и шириной 450 м с проложенной по нему



Рис. 1. Самоотвозные трюмные землесосы компании «Ван Оорд»



Рис. 2. Искусственный остров Palm Jumeirah

автодорогой и надземной линией метрополитена, кроны «пальмы» с семнадцатью «ветвями»-полуостровами и окружающего «пальму» серповидного острова, который формирует волнолом длиной 11 км. Волнолом обеспечивает защиту намытых песчаных островных сооружений от сильных размывающих течений и ветров «шамал» с Персидского залива. Поперечное сечение волнолома спроектировано таким образом по длине и ширине с усилением волнолома с внешней стороны скальной породой, чтобы обеспечить его устойчивость и минимизировать перелив волн через волнолом. Для строительства волнолома потребовалось более 7 млн т скальной породы. В серповидных сегментах замкнутого кругового волнолома шириной 200 м были прорыты два 100-метровых канала с целью обеспечения естественного водообмена во внутренней акватории острова Palm Jumeirah и прохода морских судов.

Непосредственно остров Palm Jumeirah имеет размеры 5 × 5 км. Площадь поверхности острова составляет 700 га. На строительство острова потребовалось 110 млн м³ песка. На «ветвях пальмы» расположены виллы (1000 зданий), каждая из которых имеет свой участок пляжа, бассейны и причалы для катеров и яхт.

При строительстве островов использовалась технология «радужной» выгрузки песка из трюмов крупных землесосов, когда выпускаемая из носового сопла под углом вверх струя пульпы образует форму арки.

Для обеспечения возможности использования этой технологии «Ван Оорд» применил самые современные технологии промера глубин и позиционирования судов на объекте. Благодаря точному позиционированию самоотвозные трюмные землесосы «Ван Оорда», смогли подходить вплотную к береговой линии уже намытой территории и выгружать морской песок в намеченное место.

Все материалы для строительства Пальмовых Островов добывались в ОАЭ — морской песок добывался со дна Персидского залива, а горная масса — из шестнадцати береговых карьеров.

Каждый скальный блок укладывался на предназначенное место в «теле» волнолома с помощью крана. При этом оператор крана определял место укладки по трехмерной модели создаваемого сооружения, показываемой на дисплее компьютера. Положение крана по отношению к строящемуся объекту определялось с помощью системы GPS-RTK, что обеспечивало точную укладку скальных блоков. Данная информация о положении крана одновременно записывалась в память компьютера для дальнейшей обработки.



Рис. 3. «Радужная» выгрузка песка при намыве территории в Персидском заливе в Дубае

Точность исполнения, требуемая для обеспечения целостности очертаний намываемой проектной территории множеством округлых линий, требовала также, чтобы с помощью точных замеров, осуществляемых посредством глобальной системы позиционирования (GPS-RTK), проводился особо тщательный ежедневный мониторинг строительных операций по намыву. Несмотря на сложность поставленных задач, компания «Ван Оорд» закончила свою работу в октябре 2003 г., примерно на 4 месяца раньше срока.

На сегодня на построенный искусственный остров Palm Jumeirah проведены коммуникации (электричество, пресная вода), там установлены системы очистки сточных вод и канализации, и построенные здания представляют собой комфортное жилье.

Еще до окончания строительства острова Palm Jumeirah компания «Ван Оорд» получила заказ на проектирование и строительство в акватории проекта двух частных островов меньшего размера — так называемых «островов Logo». Эти острова нужно было разместить зеркально по обе стороны «ствола пальмы» Palm Jumeirah. Форма этих островов, напоминающая пальмовый лист, повторяет логотип генерального подрядчика — компании Nakheel.

Строительство островов Logo (так называли эти два острова) началось в июне 2003 г. и было завершено в феврале 2005 г. Работы по намыву проводились одновременно с продолжавшимися работами по намыву основного острова Palm Jumeirah, что требовало решения определенных логистических задач. Всего для сооружения этих двух островов потребовалось 4,4 млн м³ песка и 1,0 млн т скальной породы. В объеме выполненных работ вошли берегозащитные сооружения,



Рис. 4. Строительство зданий на острове Palm Jumeirah



Рис. 5. Один из островов Logo в Дубае



Рис. 7. Строительство островов архипелага «Мир»

строительство подводного рифа, причальной стенки длиной 270 м, а также создание пляжей. Позднее были построены подходные каналы для прохода к островам крупных яхт.

Еще один грандиозный проект по созданию искусственных островов в Персидском заливе, осуществленный компанией «Ван Оорд», — это архипелаг «Мир». Подготовку к его строительству компания «Ван Оорд» начала в августе 2003 г. и завершила создание архипелага в феврале 2008 г. Этот островной архипелаг из более чем 300 островов спроектирован в форме эллипса размером 7×9 км и располагается на глубинах 15–20 м. Острова сгруппированы таким образом, что каждая группа островов представляет собой визуальную интерпретацию формы одного из шести континентов земного шара. Для строительства «Мира» компании «Ван Оорд» потребовалось разработать очень четкую логику проекта и мобилизовать широкое разнообразие специализированных судов своего дноуглубительного флота.

Площадь поверхности «Мира» насчитывает около 8,5 га. Для строительства архипелага «Мир» потребовалось добыть из Персидского залива и берегового карьера в Рас-эль-Хайме на севере Дубая, перевезти и уложить 320 млн м³ песка и 34 млн т скального грунта. Таким образом, на строительство островов «Мира» потребовалось в три раза больше песка, чем для острова Palm Jumeirah.

В качестве волнозащитного сооружения для островов «Мира» построен внешний «рифовый» волнолом длиной 27 км — самый длинный из существующих волноломов.

Намыв «Мира» производился в пять этапов. На первом этапе строительства островов песок был уложен на глубине 10 м, с помощью чего на морском дне было подготовлено основание для намыва «континентов». Затем с помощью среднетоннажных трюмных землесосов уровень подводного основания

островов был поднят до глубины 7 м, а малотоннажные землесосы довели этот уровень до глубины 5 м. После этого с помощью «радужной» выгрузки укладываемого песка из крупнотоннажных самоотвозных трюмных землесосов начался этап вывода «тела» островов на надводный уровень. На последнем этапе стационарные фрезерные землесосы произвели формирование контуров отдельных островов и довели их окончательную проектную высоту до 3 м над уровнем моря.

Благодаря успешно выполненной работе «Ван Оорда» по строительству архипелага, заказчик проекта — компания Nakheel планирует продолжить удачное сотрудничество с «Ван Оордом» и пригласить компанию для выполнения последующих работ на архипелаге «Мир» — по уплотнению островного основания, возможному изменению контуров островов согласно пожеланиям девелоперов, строительству причальных стенок.

Расширение территории порта Роттердам. В настоящее время компания «Ван Оорд» в составе консорциума подрядчиков RUMA (Проектная организация по расширению порта Маасфлакте) работает на масштабном проекте по расширению территории порта Роттердам под названием Maasvlakte 2. Запуску проекта предшествовали 15 лет планирования, совещаний и прохождения разрешительных процедур. Перед началом непосредственно строительства консорциум RUMA более двух лет разрабатывал проектную документацию и применил в проекте различные новаторские конструкторские решения для обеспечения надежной берегозащиты создаваемой искусственной территории от разрушающего воздействия штормов Северного моря.

Для создания территории используется как 200 млн м³ морского песка, добываемого из месторождений в Северном море, так и те 40 млн м³ песка, который добывается в результате дноуглубительных работ в акватории нового порта. Для



Рис. 6. Художественное изображение островного архипелага «Мир»



Рис. 8. Жилая застройка пилотного острова архипелага «Мир»



Рис. 9. Строительство искусственной территории «Морского фасада»



создания берегозащитных сооружений используется 20 тыс. бетонных блоков весом по 40 т каждый, 2 млн т карьерного камня, взятого из прежнего волнолома, и еще 12 млн т скальной породы, доставляемой из Норвегии.

После окончания строительства на новой территории порта Роттердам Maasvlakte 2, создаваемой в прибрежных водах Северного моря на глубинах до 20 м, позволяющих проход крупнотоннажных судов, появится промышленный комплекс, который займет 1000 га искусственных земель.

Создание намывной территории проекта «Морской фасад» в Санкт-Петербурге, Россия. В период 2005–2009 гг. компания «Ван Оорд» участвовала в проекте по созданию намывной территории «Морской фасад» в Санкт-Петербурге, Россия. На данном проекте компанией «Ван Оорд» было про-

изведено дноуглубление акватории и намыто 120 га искусственных земель.

На сегодняшний день на 30 гектарах созданной территории уже построен и эксплуатируется морской пассажирский терминал, имеющий семь причалов для круизных судов и рассчитанный на пассажиропоток 12000 чел./сутки. В ближайшее время планируется строительство на новых землях большого жилого массива.

Успешно завершив свой первый в России большой проект по созданию искусственной территории в акватории Финского залива, компания «Ван Оорд» готова использовать свой богатый опыт и производственный потенциал и на следующих проектах по строительству искусственных территорий для заказчиков из России.



Van Oord
Marine ingenuity

Морская инфраструктура будущего

Компания «Ван Оорд» - это подрядная организация по дноуглубительным 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

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 | Т +31 10 4478444 | E info@vanoord.com
Van Oord Offshore bv | PO Box 458 | 4200 AL Gorinchem | The Netherlands | Т +31 183 642200 | E area.off@vanoord.com | I www.vanoord.com

ИСКУССТВЕННЫЕ ОСТРОВА

77

ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО, ТЕХНОЛОГИИ, ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ, ИННОВАЦИИ, ВЕДУЩИЕ СПЕЦИАЛИСТЫ

ГИДРОТЕХНИКА 2 (27) / 2012

СТРОИТЕЛЬСТВО ИСКУССТВЕННОГО ОСТРОВА В АКВАТОРИИ КАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Старцев Ю. Г.
генеральный директор ОАО «Нью Граунд»

Пономарев А. А.
руководитель представительства ОАО «Нью Граунд»
в Тюменской области

Зуев С. С.
ведущий специалист ОАО «Нью Граунд», член РОМГТиФ

Маковецкий О. А.
канд. техн. наук, член РОМГТиФ, доцент кафедры
строительного производства и геотехники ПНИПУ,
ОАО «Нью Граунд»

Новым перспективным направлением продвижения разведки нефтяных месторождений является северная часть Пермского края, район Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей. Но ее проведение связано с достаточно серьезными трудностями, поскольку приемлемые площадки находятся в пойменной части реки Камы и освоение их является весьма сложной инженерной задачей. В этой статье описан опыт инженерной подготовки одной из таких площадок.

В административном отношении площадка расположена в Пермском крае на землях г. Березники в 5 км от южной границы г. Березники, поверхность участка ровная, абсолютные отметки поверхности изменяются в пределах от 106,69 до 107,94 м.

Для ее обустройства было необходимо построить искусственный остров из намывного песка с размерами в плане 250 × 220 м с абсолютной отметкой поверхности 110,3 м; переходную дамбу длиной 727 м и шириной 15,0 м и проложить около 5 км технологической дороги. Общая площадь технологической площадки составляет 54430 м². Выполнены земляные сооружения (насыпи из песка) общим объемом 504 000 т.

Инженерно-геологические условия площадки: в геоморфологическом отношении участок приурочен к затопляемой левобережной террасе р. Камы и расположен в акватории Камского водохранилища.

Подземные воды на период изысканий (февраль-март 2011 г.) вскрыты на глубине от 0,50 до 1,00 м (абсолютные отметки от 106,38 до 106,67 м). В периоды наивысших уров-

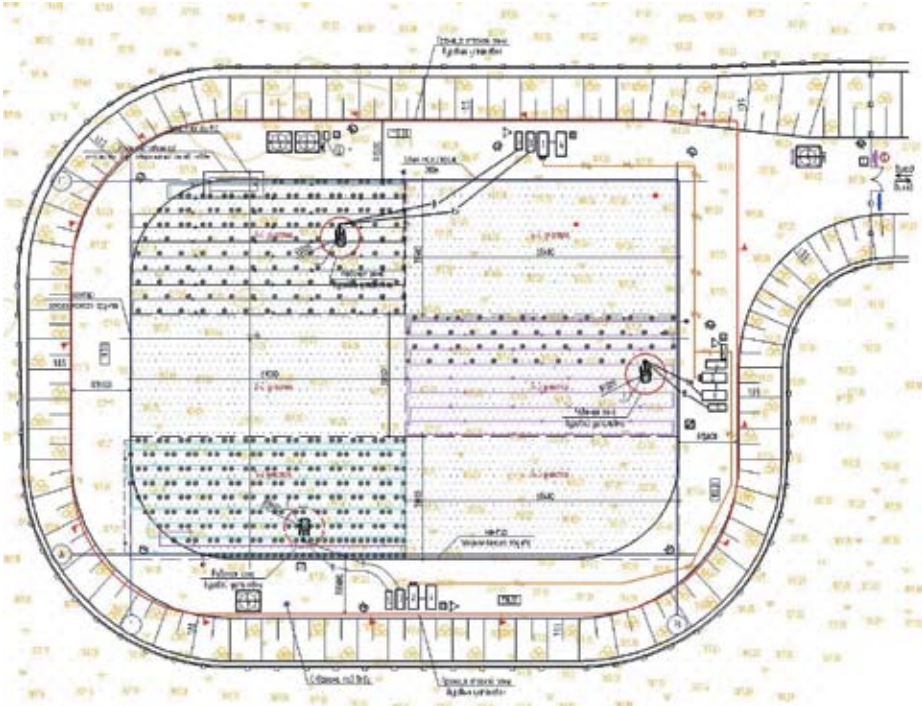


Рис. 1. Схема строительства острова

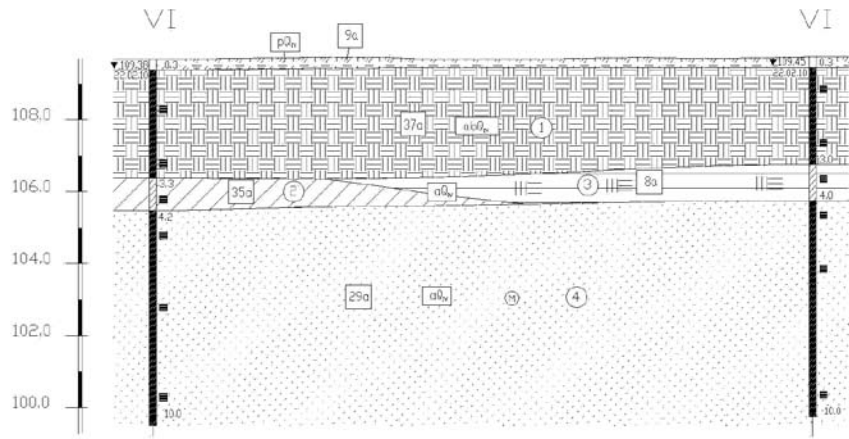


Рис. 2. Инженерно-геологический разрез площадки (сверху вниз):

ИГЭ 1в — ил супесчаный. Мощность от 0,50 до 0,70 м. ИГЭ 1 — торф сильноразложившийся, насыщенный водой. Мощность от 0,5 до 4,5 м. Модуль общих деформаций $E = 0,15$ МПа. ИГЭ 3 — глина мягкопластичная с примесью органических веществ. Мощность от 0 до 2,0 м. Модуль общих деформаций $E = 10,0$ МПа. ИГЭ 5 — песок средней крупности. Вскрытая мощность от 7,0 до 9,3 м. В пределах площадки (в интервале отметок от 107,42 до 106,06 м) развиты специфические слабые грунты (торфы и илы) суммарной мощностью от 0,70 до 7,0 м.



Рис. 3



Рис. 4

ней Камского водохранилища участок затопляется водами водохранилища (рис. 3). Обеспечение технологических требований по размещению бурового оборудования на площадке с такими геологическими характеристиками без выполнения мероприятий по искусственному уплотнению грунтов практически невозможно. Осадка слоя органо-минерального грунта в естественных условиях под слоем песчаной насыпи по расчету протекала бы в течение 35–45 лет и составила бы величину 120–150 см.

Для обеспечения приемлемых величин и сроков уплотнения торфов, залегающих в основании искусственного острова, исходя из опыта работы с подобным типом грунтов (Москва [1]; Санкт-Петербург [2]), была предложена методика закрепления грунтов основания по технологии струйной цементации грунтов Jet grouting по двухкомпонентной схеме — Jet-2. Технология основана на использовании энергии высоконапорной струи цементного раствора для перемешивания природного грунта с частичным его замещением цементным раствором (рис. 4, 5). Подача струи цементного раствора осуществляется одновременно с подачей струи сжатого воздуха, что позволяет увеличить радиус воздействия разрушающей струи.

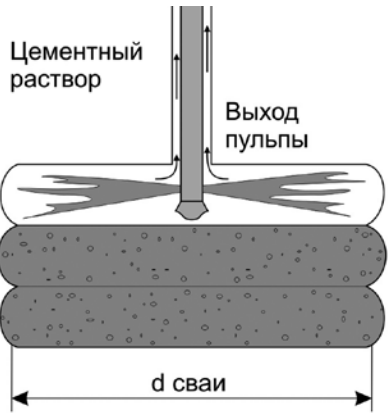


Рис. 5

В связи с тем, что торфы имеют кислую среду, для качественного закрепления грунта предусмотрен предварительный вымыв (размыв) грунта.

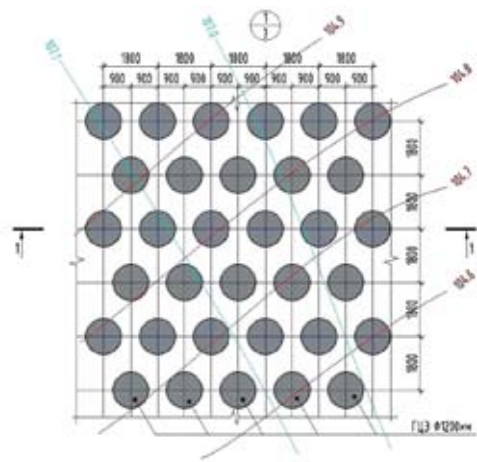


Рис. 6

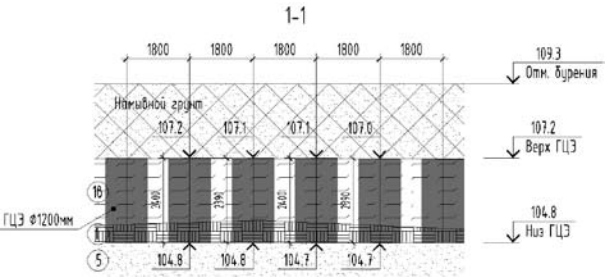


Рис. 7

Производство работ по закреплению грунтов включает следующие операции: бурение технологических скважин до нижней отметки закрепления с размывом грунта (при этом контролируется реальная мощность торфа) и подъем бурового инструмента с закреплением грунта в проектном интервале. Расход цемента в случае работы с торфами составляет 700 кг/м^3 закрепленного грунта. При этом в грунте формируется колонна диаметром 1100–1200 мм, что подтверждается экспериментами на опытных участках. Характеристики закрепленного торфа: прочность на одноосное сжатие $R_{сж} = 0,7 \text{ МПа}$, модуль деформации $E = 70,0 \text{ МПа}$ (рис. 6, 7).

Конструктивно закрепление выполняется в виде устройства геомассива, состоящего из грунта естественного сложения и армирующих элементов, расположенных по сетке шагом $1,8 \times 1,8 \text{ м}$. В этом случае геомассив рассматривается как композитный конструкционный материал с приведенными деформационными характеристиками — модуль общих деформаций $E = 24,0 \text{ МПа}$. Прогнозируемая осадка основания в данном случае составляет 1,0–3,0 см.

Преимуществом предлагаемого метода является достаточная оперативность его реализации, поскольку основным потребным строительным материалом является только цемент, правда, в значительных количествах — до 20 000 т, при этом пиковая поставка в сутки составляла до 300 т. Общий объем закрепленного грунта (болота I и II типов) составил $109\,700 \text{ м}^3$. Работы на площадке начались в феврале 2011 г., одновременно на площадке работало от трех до шести комплексов струйной цементации грунта, включающих буровую машину (TWS 1400 RAPTOR — рис. 8) и агрегаты подготовки (миксер TWM 20 и высокого давления TW 400/S). Обеспечение электроэнергией агрегатов осуществлялось от автоном-



Рис. 8. Буровая машина TWS 1400 RAPTOR



Рис. 9

Схема отборов кернов при контрольном бурении скважин

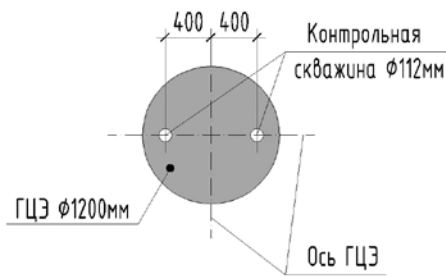


Рис. 10

ного дизель-генератора. Работы велись непрерывно в три смены и были закончены в ноябре 2011 г.

В период производства работ велся постоянный контроль качества закрепления грунтов. Сплошность массива контролировалась контрольным бурением с отбором кернов (рис. 9, 10). Образцы закрепленного грунта испытывались независимой лабораторией Горного института Уральского отделения РАН по стандартной методике определения предела прочности и модуля деформации материала. По результатам испытаний, прочность на сжатие образцов составляет $R_{сж} = 0,8\text{--}5,0 \text{ МПа}$, модуль общих деформаций $E = 100\text{--}170 \text{ МПа}$, что подтверждает проектные данные.



Рис. 11. До начала работ



Рис. 12. Результат работ



Рис. 13. Подъездная дорога до начала работ



Рис. 14. Построенная дорога



Рис. 15



Рис. 16

Параллельно с закреплением слабых грунтов велись работы по подготовке поверхности песчаной насыпи искусственного острова и автомобильной дороги (рис. 11, 12).

В сентябре 2011 г. началось разведочное бурение, и в декабре получены первые данные о запасах месторождения (рис. 15, 16).

Опыт проведенных работ на объекте показывает, что применение струйной технологии закрепления слабых грунтов (торфов) позволяет успешно осваивать даже самые сложные площадки и может быть применен для дальнейшего внедрения при разведке и обустройстве нефтяных месторождений.

Литература

1. Маковецкий О. А., Зуев С. С. Опыт армирования слабых грунтов в основании фундаментных плит с применением струйной геотехнологии // Международная конференция по геотехнике. Москва, 7–10 июня 2010 г.
2. Богов С. Г., Зуев С. С. Опыт применения струйной технологии для закрепления слабых грунтов при реконструкции здания по ул. Почтамтская в г. Санкт-Петербурге // Конференция, посвященная 100-летию со дня рождения Долматова Б. И. Санкт-Петербург, 2010 г.

С нами строить легко!

- Полный цикл проектирования и строительства подземных сооружений (автостоянки, транспортные развязки, гидротехнические сооружения) и надземных сооружений (жилые, промышленные объекты)
- Ограждение котлованов
- Закрепление грунтов
- Усиление фундаментов
- Выполнение работ на памятниках истории и архитектуры



г. Пермь. ул. Кронштадтская, 35
тел./факс (3422) 244-72-22
тел. в Ижевске (3412) 56-62-11
тел. в Краснодаре (861) 240-90-82
тел. в Казани (843) 296-66-61
тел. в Москве (495) 643-78-54

тел. в Самаре (846) 922-56-36
тел. в Санкт-Петербурге (812) 923-48-15
тел. в Тюмени (3452) 74-49-75
тел. в Уфе (917) 378-07-48
тел. в Челябинске (351) 235-97-98

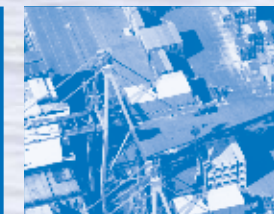
www.new-ground.ru, office@new-ground.ru

InterPORT

МЕЖДУНАРОДНАЯ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ
ВЫСТАВКА

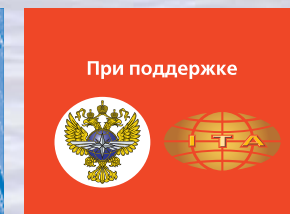


СТРОИТЕЛЬСТВО и
ЭКСПЛУАТАЦИЯ



7→9 ноября
2012

МОСКВА
ЦВК
«Экспоцентр»



При поддержке

РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ:

СТРОИТЕЛЬСТВО И ИНФРАСТРУКТУРА

- Морские и речные порты: проектирование, строительство, ремонт, реконструкция и обустройство
- Гидросооружения
- Машины и оборудование, технологии и материалы для строительства, ремонта и реконструкции гидросооружений
- Береговая инфраструктура морских и речных паромных комплексов
- Порттовый сервис: снабжение и ремонт, сурвейеры, бункеровщики, стивидоры, портовые агенты

ЛОГИСТИКА

- Транспортная логистика
- Транспортно-экспедиторские услуги
- Интермодальные и мультимодальные перевозки
- Управление цепями поставок
- Технологии и оборудование для транспортировки, хранения и обработки грузов
- Системы безопасности транспортировки и хранения грузов

В РАМКАХ ВЫСТАВКИ СОСТОИТСЯ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

→ www.restec.ru/interport



Тел: (812) 320-80-94,
E-mail: port@restec.ru

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ГАЛЕЧНЫХ ПЛЯЖЕЙ ИСКУССТВЕННЫХ ОСТРОВНЫХ КОМПЛЕКСОВ



Макаров Н. К., аспирант Сочинского государственного университета

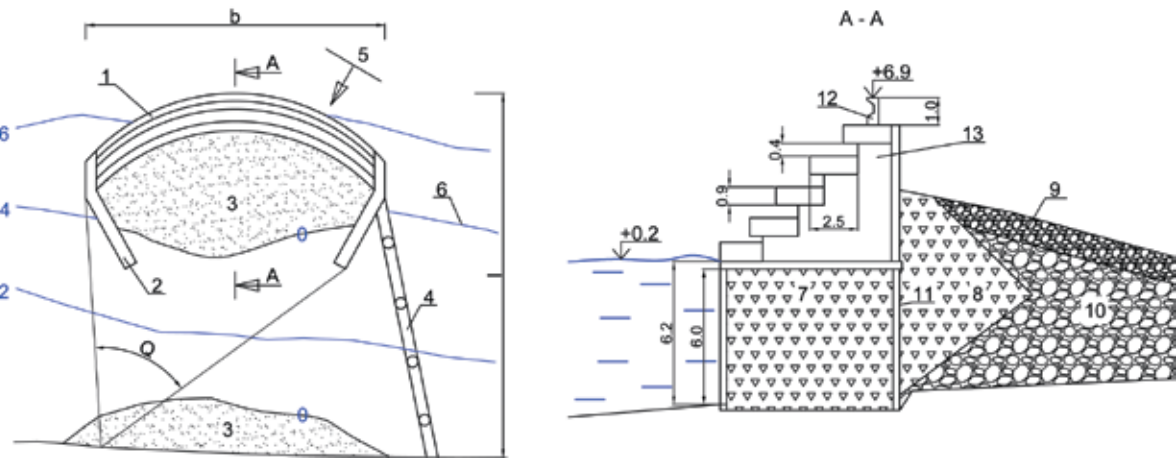


Рис. 1. Схема островного пляжного комплекса:

1 — верхнее сквозное откосно-ступенчатое строение; 2 — шпоры; 3 — островной и береговой пляжи; 4 — свайный мост; 5 — фронт волны; 6 — изобаты; 7 — каменная засыпка; 8 — обратный фильтр; 9 — галька; 10 — горная масса; 11 — ж/б оболочка; 12 — волноотбойный козырек; 13 — волновая камера

В настоящее время в России зарождается новое перспективное направление освоения рекреационных ресурсов прибрежных зон (Черноморского побережья Кавказа, Калининградского побережья Балтики и др.) — создание искусственных территорий непосредственно в море на определенном удалении от берега в виде искусственных островных комплексов (ИОК).

Искусственные островные комплексы в море являются сложными и исключительно капиталоемкими объектами, поэтому задача правильного учета всех природных и антропогенных факторов при их проектировании является перво-степенной. Такие острова могут быть как пляжными комплексами с созданием на них всей пляжной инфраструктуры, так и служить основанием для строительства гостиниц, коттеджей, пансионатов, водноспортивных комплексов, в том числе яхтных гаваней (марин). Могут быть ИОК технологического или транспортного назначения — например, островные порты.

При определенных условиях острова могут способствовать образованию дополнительных территорий на берегу за счет создания зоны волновой тени и аккумуляции наносов в этой зоне. С другой стороны, прерывание вдольберегового потока наносов искусственными островами может приводить к негативным последствиям в виде низовых размывов берега и пляжа на смежных участках берегов. Кроме того, неизбежно образование застойных зон между островом и берегом, что негативно скажется на рекреационной привлекательности береговых пляжей, расположенных в волновой тени ИОК.

В общем случае искусственный островной комплекс состоит из объектов основной инженерной инфраструктуры (пляжей, зданий, гаваней и т. п.), размещаемых на создаваемой искусственной территории, составляющей основу острова, оградительных сооружений, защищающих искусственную территорию от волнового воздействия и транспортных сооружений (мост, тоннель, канатная дорога и т. п.) для связи острова с берегом. На рис. 1 представлена схема островного пляжного комплекса, запроектированного специалистами института «Ленморниипроект» и Черноморского отделения морских берегозащитных сооружений ВНИИ транспортного строительства (ЧО ЦНИИС) для участка берега в районе мыса Фиолент на Южном берегу Крыма [1].

Как видно из рис. 1, ИОК был запроектирован с оградительным сооружением из оболочек диаметром 10,8 м со сквозным откосно-ступенчатым волногасителем. С берегом остров связан свайным мостом. На акватории острова отсыпается искусственный галечный пляж.

Для оценки устойчивости галечного пляжа ИОК и водообмена его акватории с морем были выполнены специальные исследования в волновом бассейне ЧО ЦНИИС в масштабе 1:25 [1]. В результате этих исследований были определены оптимальные размеры шпор, обеспечивающих устойчивость галечного островного пляжа. При этом в цитируемой работе [1] было отмечено, что в настоящее время еще не разработаны математические модели и программы для ЭВМ, позволяющие выполнять математическое моделирование трансформации, рефракции и дифракции волн под влиянием сооружений ИОК, динамики пляжей на них, а также интенсивности водообмена акватории ИОК с открытым морем. Вопросы водообмена акватории ИОК с морем рассмотрены в работе [2].

В данной работе представлена разработанная автором комплексная математическая модель для расчета параметров волн на акватории ИОК и динамики островного галечного пляжа.

Оградительные сооружения ИОК (включая шпоры) должны обеспечивать требуемый волновой режим на его акватории при расчетном штормовом волнении в открытом море, а также устойчивость искусственного пляжа. При этом элементы волн, проникающих в акваторию острова из открытого моря, испытывают явления дифракции на оградительных сооружениях, а также рефракции и трансформации на внутренней акватории.

Для расчета генерации волн ветром на глубокой воде, их трансформации и рефракции в зоне изменяющихся глубин имеется нормативная методика [3, 4]. Там же регламентируется методика расчета дифракции волн за одиночным молом, сходящимися молами и одиночным волноломом.

Однако оградительные сооружения островных комплексов обычно представляют собой сложные сочетания волноломов различной длины и конфигурации (рис. 1), к которым не может быть непосредственно применена нормативная методика расчета дифракции волн.

Поэтому авторами работ [5, 6] была предложена методика расчета дифракции волн на оградительных сооружениях сложной конфигурации.

При этом если сооружение состоит из волноломов, не сходящихся внутрь акватории острова (рис. 2), то расчет ведется как для обычного волнолома, но с учетом отражения волн от границ акватории. Тогда коэффициент дифракции $k_{dif,i}$ и высота дифрагированных волн $h_{dif,i}$ в i расчетной точке акватории острова определяются по формулам:

k_{dif,i} = \sqrt{k_{dif,l}^2 + k_{dif,n}^2}, (1)

h_{dif,i} = k_{dif,i} h_{ис}, (2)

где $h_{ис}$ — высота исходной волны, идущей со стороны моря, $k_{dif,l(n)}$ — полные (с учетом отражения) коэффициенты дифракции волн, идущих от головных частей левого и правого волноломов (волноломы 2 и 3 на рис. 2).

Полные коэффициенты дифракции волн определяются по формуле:

k_{dif,l(n)} = (k_{dif,пр,l(n)} + k_{ref,от,l(n)}), (3)

где $k_{dif,пр,l(n)}$ — коэффициент дифракции прямой волны, $k_{ref,от,l(n)}$ — коэффициент отражения от границы акватории. При этом точкой отражения называется точка волнолома, из которой лучи отраженных волн приходят в расчетную точку.

Коэффициенты дифракции прямой волны определяются по формуле [3, 4]:

k_{dif,пр,l(n)} = \frac{1}{1 + a_{л(n)}}, (4)

a_{л(n)} = 0,5 \times \text{th} \frac{0,7 r_{л(n)}}{\lambda} \times \left(\text{th} \varphi_{л(n)} \frac{\varphi_{л(n)}}{\lambda} \times \left(1 + 0,9 \beta_{л(n)} \times \left(\frac{r_{л(n)} \text{cth} \varphi_{л(n)}}{\lambda} \right)^{0,33} \right)^{0,5} \right)^{0,5}, (5)

где λ — длина исходной волны, $\varphi_{л(n)}$ — углы между осью волнолома (левого или правого) и направлением исходного волнения; $\beta_{л(n)}$ — углы между направлением исходной волны и направлением на расчетную точку акватории от головы

левого или правого волноломов в радианах; $r_{л(n)}$ — расстояния от расчетной точки до головы левого или правого волноломов. При $a_{л(n)} \leq 0$, $k_{dif,пр,l(n)} = 1$.

Коэффициент отражения $k_{ref,от,l(n)}$ определяется по формуле:

k_{ref,от,l(n)} = k_{dif,s,l(n)} k_p k_{ref,l(n)} \times \exp \frac{-0,08 r_{л(n)}}{\lambda} \cos^{0,5}(\theta_{л(n)}), (6)

где $k_{dif,s,l(n)}$ — коэффициент дифракции набегающей волны в точках отражения $L_{отр}$ и $P_{отр}$ (рис. 2), рассчитываемый по формулам (4), (5), k_p, k_{ref} — коэффициенты шероховатости и проницаемости отражающей поверхности, определяемые по табл. 6 из [3], $k_{ref,l(n)}$ — коэффициент отражения, принимаемый по табл. 7 из [3], при угле наклона отражающей поверхности к горизонту более 45° следует принимать коэффициент отражения $k_{ref,l(n)} = 1,0$, $r_{л(n)}$ — расстояния от точек отражения до расчетной точки акватории, $\theta_{л(n)}$ — угол между фронтом волны и отражающей поверхностью.

Если волноломы острова сходятся внутрь его акватории (рис. 3), то расчет дифрагированных волн выполняется в три этапа:

1. Рассчитываются коэффициенты дифракции в головах третьего и четвертого волноломов $k_{dif,13}$, $k_{dif,14}$ (рис. 3) по формулам (4), (5). При этом дифрагированная волна предполагается идущей вдоль соответствующего волнолома.

2. Рассчитываются вторичные коэффициенты дифракции от голов третьего и четвертого волноломов (рис. 3) до расчетной точки с учетом отражения $k_{dif,23}$, $k_{dif,24}$.

3. Рассчитываются полный коэффициент дифракции волн в расчетной точке:

k_{dif,полн} = ((k_{dif,13} \times k_{dif,23})^2 + (k_{dif,14} \times k_{dif,24})^2)^{0,5} (7)

и высота дифрагированной волны в этой точке:

h_{dif,i} = k_{dif,полн} h_{ис}. (8)

За исходные направления волнения для каждой точки акватории острова принимаются лучи, идущие из голов оградительных молов в расчетную точку. Далее выполняется расчет трансформации и рефракции волн на акватории острова по нормативной методике [3, 4].

СОСТОЯНИЕ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРАКТОВ ГТС

Васильченко К. И.,
главный специалист отдела ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева»

Пономарев Я. Н.,
инженер I категории ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева»

Шевченко Ю. В.,
инженер II категории ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева»

Вопрос обеспечения долговечности сталежелезобетонных конструкций гидротехнических сооружений не теряет свою актуальность с начала XX в. — с тех пор, как началось широкое строительство подобных сооружений.

В соответствии с требованиями СНиП 33-01-2003, основные металлоконструкции (МК) водопропускных трактов ГТС (турбинные напорные водоводы, затворы, водосбросы и т. д.) относятся к сооружениям I и II классов и должны иметь назначенный срок службы не менее 100 лет, в течение которых должна быть обеспечена их работоспособность. При проектировании ГТС должны быть заложены такие конструкторские и технологические решения, а строительство МК должно осуществляться таким образом, чтобы всегда выполнялось условие недопущения наступления предельных состояний в течение жизненного цикла, в том числе и в конце назначенного срока их службы. Иными словами, проектировать и строить ГТС нужно очень тщательно и на века.

Одним из наиболее существенных факторов, ограничивающих жизненный цикл МК ГТС, является электрохимическая коррозия, вызываемая воздействием влаги и атмосферы на поверхностный слой металла. Коррозия с разной скоростью, но неуклонно приводит к уменьшению поперечных сечений и несущей способности элементов МК. Поэтому необходимо особое внимание уделять их защите от коррозии. Для снижения воздействия коррозионного разрушения широко применяются антикоррозионные лакокрасочные покрытия, изолирующие металл от агрессивной среды, что позволяет исключить или существенно уменьшить ее воздействие на МК. В настоящее время разработаны и производятся множество типов



Рис. 1. Коррозия напорного трубопровода Баксанской ГЭС:

а) значительные коррозионные повреждения буksы компенсатора; б) язвенная коррозия оболочки трубопровода



Рис. 2. Иллюстрация плохой совместимости ЛКМ, использованных для коррозионной защиты трубопроводов Баксанской ГЭС:

нижний темный слой — кузбасслак, верхний светлый слой — серебрянка

лакокрасочных материалов (ЛМК) и схем защитных покрытий, удовлетворяющих самым разнообразным и жестким техническим требованиям потребителей.

Эффективность применения ЛМК для защиты от коррозии зависит не только от свойств применяемых ЛМК, но и от точности соблюдения технологических требований при подготовке поверхности МК и нанесения покрытий. К сожалению, последние требования в условиях строительства ГТС часто выполняются не на должном уровне и не в полной мере, что снижает качество работ по окраске и ведет к образованию дефектов и повреждений защитных покрытий, что в конечном итоге сказывается на длительности жизненного цикла МК.

Дефекты и повреждения защитных покрытий строительного периода имеют весьма разнообразную природу. Часть этих дефектов обусловлена субъективными причинами — квалификацией рабочих, выполняющих отдельные технологические операции сборочно-сварочных работ, подготовки МК к окраске и самой окраски; неспособностью административно-управленческого аппарата строительства организовать действенный и постоянный контроль качества на всех этапах строительства. В ряде случаев недооценка и некачественное выполнение мероприятий по защите МК от коррозии, а зачастую попросту отказ от применения защитных покрытий требуемого качества вызваны соображениями экономического характера, желанием снизить стоимость и сократить сроки строительства.

Скорость язвенной коррозии отдельных участков в местах дефектов и повреждений защитных покрытий существенно выше средних показателей, и в силу своей широкой вариативности не может быть спрогнозирована достаточно точно. Выполнение ремонтных работ по восстановлению защитных покрытий основных МК в период эксплуатации ГТС является технически весьма трудной и дорогой задачей, требующей длительной остановки гидроагрегатов и осушки ремонтных зон. По этим причинам очень важно обеспечить изначально, в период строительства, максимальное качество защитных покрытий, допустимое по экономическим соображениям и достижимое по техническим и технологическим возможностям.

В качестве иллюстрации вышеизложенного далее приводится краткий обзор по результатам обследования МК нескольких объектов ГТС, выполненных специалистами ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева в течение 2010–2011 гг.



Рис. 3. Коррозионные поражения внутренней поверхности трубопровода Баксанской ГЭС.

Оболочка S = 12 мм

1. Баксанская ГЭС.

В результате террористического акта в июле 2010 г. Баксанская ГЭС была выведена из строя. В последующий восстановительно-ремонтный период в 2011 г. было выполнено техническое освидетельствование трех напорных стальных трубопроводов диаметром 1,8 м и длиной 190 м каждый, обеспечивающих при работе ГЭС подачу воды от безнапорной деривации и бассейна суточного регулирования к гидроагрегатам. По способу прокладки на местности трубопроводы относятся к открытому типу. Трубопроводы выполнены из листовой стали толщиной от 10 до 20 мм и по конструкции делятся на участки двух типов: сварные в верхней части и клепаные — в нижней. Антикоррозионные мероприятия на внутренней поверхности напорных трубопроводов не проводились. Снаружи имеется защитное лакокрасочное покрытие. Трубопроводы были построены в 1930-х гг. Первый гидроагрегат ГЭС (станционный № 3) был пущен в сентябре 1936 г.

По результатам визуального и инструментального обследования технического состояния напорных трубопроводов было выявлено, что характер коррозионного разрушения металлических оболочек трубопроводов в зависимости от условий коррозии был весьма разным. По всей длине трубопроводов присутствовала общая (сплошная) коррозия глубиной

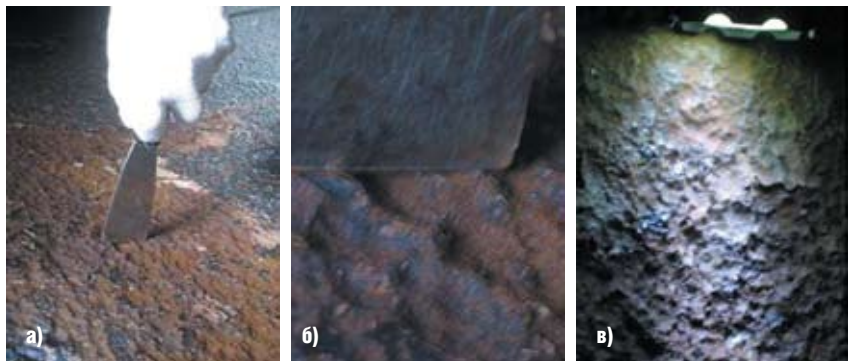


Рис. 4. Язвенные коррозионные поражения внутренней поверхности трубопровода Баксанской ГЭС.
Оболочка $S = 12$ мм. Глубина каверн до 5–7 мм

90

до 2 мм, соизмеримая по своей интенсивности для различных участков поверхности, контактирующей с коррозионной средой. Наряду с этим присутствовали отдельные в большей или меньшей степени локализованные участки поверхности трубопроводов (около 20% поверхности, в основном верхней половины трубопроводов), подвергнувшиеся гораздо более глубокой язвенной коррозии глубиной до 5–7 мм.

Наружная поверхность трубопроводов имеет меньший коррозионный износ, локализованный в основном в зонах температурных компенсаторов и опор, т. е. в местах протечек сальниковых уплотнений и скопления влаги, грязи. Верхний слой двухслойного защитного покрытия находится в очень плохом состоянии, имеются многочисленные разрывы покрытия, вспучивания, большая часть покрытия просто утеря-



Рис. 5. Верхний горизонтальный участок напорного трубопровода Баксанской ГЭС. Глубокая коррозия экспериментальной металлической перемычки, частично разрушенной водным потоком



Рис. 6. Вид среза клепаного соединения по кольцу оболочки $S_{ном} = 18$ мм. Нижняя часть трубопровода Баксанской ГЭС. Утонение листа оболочки до $S = 15,5$ мм (–14%)

на. Все это свидетельствует о плохой совместимости использованных ЛКМ.

Анализ результатов обследования показал, что запас толщины оболочки трубопровода с учетом величин язвенной (до 5–7 мм) и сплошной (в среднем 2 мм) коррозии не удовлетворяет условиям прочности оболочки при гидравлическом нагружении трубопроводов на значительной части по длине трубопроводов. Особую опасность для дальнейшей их эксплуатации представляет тот факт, что максимальное абсолютное двустороннее коррозионное утонение стенок на 5–7 мм выявлено в верхней части трубопроводов, выполненных из стальных листов толщиной 10–14 мм. Утонение оболочек трубопроводов составило до 50% от проектной толщины стенки. Это значительно больше нормативного 10% максимально допустимого утонения стенок трубопроводов (РД 153-34.0-20.340-98).

Справедливости ради следует отметить, что прочностные характеристики низкоуглеродистой стали, полученные по результатам разрушающих испытаний образцов, изготовленных из листовой оболочки $S = 18$ мм нижней части трубопроводов, подтвердили хорошее состояние стали и не давали оснований для признания трубопроводов опасными для дальнейшей эксплуатации. Не дали таких оснований и испытания образцов клепаных соединений, хорошее состояние которых удивило испытателей.

Вывод: за 75 лет эксплуатации трубопроводы пришли в аварийно-опасное состояние по причине глубокой язвенной коррозии примерно 20% внутренней поверхности оболочки трубопроводов. Своевременно выполненная антикоррозионная защита вполне могла бы продлить жизненный цикл трубопроводов на многие годы.

2. Саяно-Шушенская ГЭС

Произошедшая в августе 2009 г. на СШГЭС катастрофа и последующие события послужили основанием для выполнения в 2010–2011 гг. работ по обследованию конструкций турбинных водоводов ГА №№ 1, 3, 7 и оценке фактического технического состояния их элементов после длительного периода непроектной эксплуатации, в том числе зимой 2009–2010 гг., когда водоводы находились в опорожненном состоянии, без протока воды и без встречного пропуск теплового воздуха со стороны машинного зала ГЭС.

При обследовании водоводов была выполнена оценка степени коррозионного износа оболочки водоводов, изготовленных из стальных листов толщиной от 16 до 40 мм. Среднее утонение облицовки водоводов относительно номинальных значений, предусмотренных КД, из-за коррозионного износа за 30-летний период эксплуатации составило величину



Рис. 7. Типичные коррозионные поражения оболочки водоводов СШГЭС:
а) язвенная коррозия в зоне срезанной монтажной детали; б) коррозия в зоне сварных швов; в, г) пластовая коррозия облицовки входной части водоводов

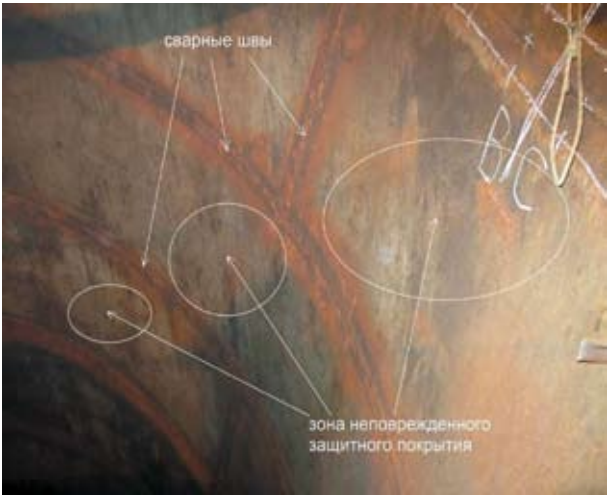


Рис. 8. Сравнительное состояние поверхности оболочки водоводов СШГЭС в зонах сварных швов с нарушенным защитным покрытием и в зонах сохранившегося защитного покрытия

91



Рис. 9. Образование зон коррозии в зонах сварных швов оболочки водовода СШГЭС:

1) поперечный сварной шов, выполненный автоматической сваркой в заводских условиях; 2) радиальный монтажный сварной шов, выполненный ручной дуговой сваркой на месте монтажа; 3) зона механической зачистки защитного покрытия для выполнения сварочных работ; 4) зона термического влияния сварки и повреждения защитного покрытия; 5) зона неповрежденного защитного покрытия с практически полным отсутствием коррозии; 6) хорошо сохранившаяся маркировка сборочных единиц; 7) зона неповрежденного защитного покрытия с начальными проявлениями коррозии; 8) очаг язвенной и слоистой коррозии в зоне среза монтажной детали и поврежденного защитного покрытия

не более 0,6 мм в зонах с отсутствием язвенной коррозии металла. Средняя скорость двухстороннего коррозионного износа составила величину не более 0,02 мм/год.

Было выявлено, что защитное покрытие листового проката, неплохо сохранившееся в первоначальном виде при изготовлении обечаек, монтаже водовода и его дальнейшей эксплуатации, хорошо выполняло функцию защиты от коррозии при существующих условиях эксплуатации (низкая и стабильная температура воды, отсутствие в ней абразивных частиц, химическая чистота и скорость течения воды в водоводе не выше 8,8 м/с). В местах неповрежденного защитного покрытия коррозия металла была минимальна либо отсутствовала вообще. В отдельных местах хорошо сохранилась даже маркировка листов и сборочных единиц. В то же время повсеместно по длине водоводов имеются участки язвенной и слоистой коррозии глубиной до 0,5–1,5 мм, при этом основные корродированные поверхности сконцентрированы в зонах термического влияния сварных швов, а также в зонах приварки различных монтажных деталей при отсутствующем, удаленном или нарушенном защитном покрытии.

Вывод: коррозионные повреждения оболочек, выявленные за 30 лет эксплуатации, не влияют на работоспособное состояние водоводов. Однако существует большое число мелких очагов язвенной коррозии, которые в обозримом будущем могут стать проблемными местами, где возможны ослабление прочности сварных соединений, потеря герметичности оболочек и перетоки воды из внутреннего объема водоводов в заоблицовочное пространство. Эти будущие проблемы могли быть разрешены еще на этапе строительства водоводов при условии выполнения требований НТД и применения при строительстве водоводов технологии работ, обеспечивающей восстановление защитного покрытия после сварки, газорезки и т. п.

3. Богучанская ГЭС

В 2011 г. выполнялись работы по обследованию закладных МК водопропускных трактов гидроагрегатов и водосбросов. Необходимость комплексного обследования технического состояния МК была обусловлена длительным перерывом в строительстве Богучанской ГЭС. Строительство ГЭС было фактически заморожено с 1994 по гг. в связи с недостатком

средств для полноценного его финансирования. По этой причине часть МК, смонтированных ранее, длительное время находилась в недостроенном состоянии без консервации.

При обследовании МК были выявлены многочисленные дефекты и повреждения защитных покрытий МК, прошедших все стадии строительства, вплоть до покраски.

Внутренняя поверхность оболочек водоводов гидроагрегатов специально не окрашивалась, что противоречит техническим требованиям проектной документации и НТД [2–4]. Покраске подлежали только зоны сварных швов и мест приварки монтажных деталей, при этом систематичность и качество нанесения такого защитного покрытия не обеспечивают хорошей защиты металла (см. рис. 13). По всей вероятности, выбор такой усеченной схемы окраски был принят с согласия представительства проектной организации. Формально строительство водоводов на момент написания статьи еще не завершено, и закончить его, организовав работы по нанесению полноценного защитного покрытия, еще возможно. Однако у авторов статьи возникают сомнения в том, что это произойдет до завершения строительства, т. к. непременно встанут пресловутые вопросы времени и денег, увязанные с соблюдением директивных сроков пуска гидроагрегатов в эксплуатацию.

Повсеместно встречаются однотипные дефекты защитного покрытия МК водопропускных трактов, вызванные низким качеством и несоблюдением технологии окрасочных работ.

Отдельно следует сказать о пазовых конструкциях затворов водопропускных трактов. Закладные МК пазов в ряде случаев были выполнены с серьезными отклонениями геометрических размеров от требований НТД [3] и проектных, в результате чего при перемещениях затворов происходят механические повреждения защитного покрытия облицовки пазов (см. рис. 13). Часть таких конструкций нижнего бьефа уже затоплена. Выявленная проблема является постоянной причиной повреждений защитного покрытия пазовых конструкций при эксплуатации ГЭС и имеет немного вариантов решения. По нашему мнению, в оставшийся период строительства возможно доработать затворы, адаптивно уменьшив габаритные размеры по толщине скользящих деталей затворов. В противном случае проблема «уйдет под воду», и ее решение достанется следующим поколениям гидроэнергетиков.



Рис. 10. Вид защитного покрытия оболочек турбинных водоводов Богучанской ГЭС. Видны участки покрытия разного цвета, выполненные в разное время. Через защитное покрытие повсеместно проступает коррозия



Рис. 11. Дефекты защитного покрытия спиральных камер гидроагрегатов Богучанской ГЭС

Вывод: выявлены многочисленные дефекты защитного покрытия, вызванные наличием загрязнений на поверхности окрашенных деталей, недостаточной адгезией покрытия к металлу, рыхлостью и пористостью покрытия, непрокрашенной отдельных фрагментов металлоконструкций, нару-

шением целостности покрытия после покраски при срезке отдельных монтажных деталей от металлоконструкций, нарушении целостности покрытия при перемещениях затворов из-за трения деталей затворов (элементов скольжения и колес) по поверхности облицовки пазов, нарушением це-

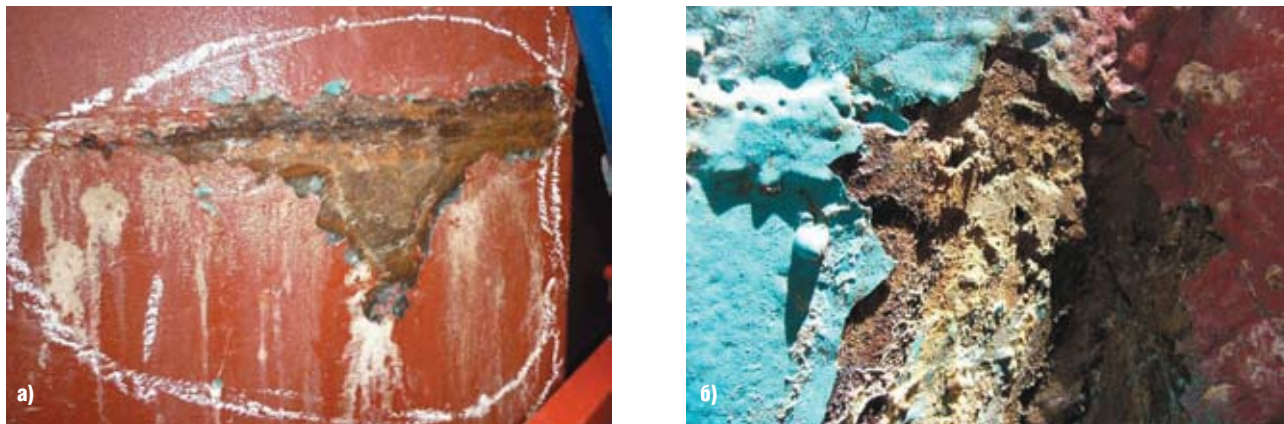


Рис. 12. Дефекты защитного покрытия МК облицовки входной части глубинного водосброса № 1 Богучанской ГЭС

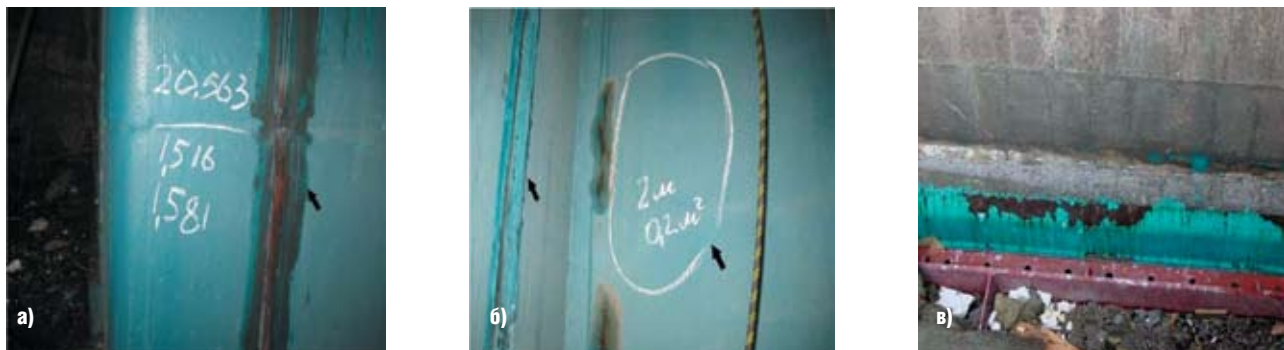


Рис. 13. Отдельные дефекты защитного покрытия пазовых конструкций Богучанской ГЭС:

а, б — повреждения покрытия скользящими частями затворов; в — дефект покрытия забальной балки затвора нижнего бьефа

лостности покрытия при выполнении последующих строительных работ, неисполнением схем окраски, предусмотренных проектом.

Перечисленные дефекты не вызваны объективными причинами. Современные технологии и материалы позволяют эффективно и качественно защитить МК ГТС. Проблемы, как водится, имеют субъективные корни — невысокая квалификация производственного персонала, слабое технологическое сопровождение работ, не менее слабый контроль качества работ.

В заключение по результатам краткого обзора состояния защитных покрытий МК водопропускных трактов трех объектов ГТС следует подытожить:

- Отсутствие защитного покрытия в турбинных водоводах Баксанской ГЭС за 75 лет эксплуатации привело к коррозионным поражениям внутренних поверхностей оболочек, представляющим опасность при дальнейшей эксплуатации водоводов. При этом техническое состояние отдельных компонентов — анкерных и промежуточных опор, компенсаторов, механических характеристик металла — позволяло ограничиться проведением ремонтных работ и продлением срока эксплуатации ГТС.
- Заложенные проектные решения и их реализация в период строительства позволили за 30 лет эксплуатации СШГЭС ограничить коррозионный износ оболочек турбинных водоводов гидроагрегатов до такой степени, что этот износ не влияет на их работоспособное состояние. Однако существует большое число мелких очагов язвенной коррозии, которые в обозримом будущем мо-

гут стать проблемными местами, где возможны ослабление МК и снижение их надежности.

- Защитное покрытие целого ряда МК Богучанской ГЭС имеет дефекты и повреждения, требующие обязательного выполнения ремонтных работ по его восстановлению еще в строительный период. Основные причины появления дефектов и повреждений обусловлены причинами субъективного и организационного характера.
- Будущая долговечность, надежность и безопасность ГТС в большой степени закладывается в строительный период. Безусловное выполнение всех требований проекта и НТД, технологий в условиях больших строек — дело нелегкое, кропотливое. Это относится и к работам по нанесению защитных покрытий. Однако только в случае безусловного и качественного их выполнения можно быть уверенными в том, что потомки-гидроэнергетики будут поминать нынешних гидростроителей добрым словом и с благодарностью.

Литература

- СНиП 33-01-2003 «Гидротехнические сооружения. Основные положения».
- СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии».
- СНиП III-B.5-62*, часть III, раздел В, глава 5 «Металлические конструкции. Правила изготовления, монтажа и приемки».
- Руководящий документ по защите от коррозии механического оборудования и специальных стальных конструкций гидротехнических сооружений. РД ГМ-01-02, Москва, 2002.

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».



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.



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



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.



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.



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.



Made in Switzerland

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

MC-FLEX PLUS— АЛЬТЕРНАТИВНАЯ СИСТЕМА РЕМОНТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СООРУЖЕНИЙ



Шибает С. Ю.,
технический директор направления
«Ремонт и защита бетона»
компании MC-Bauchemie

В наше время железобетон является одним из основных конструкционных материалов, применяемых в строительстве. Подвергаясь различным климатическим и эксплуатационным воздействиям, бетон со временем разрушается. Поэтому железобетонные конструкции нуждаются в своевременной защите от внешних разрушающих воздействий. Если это не сделать своевременно, то рано или поздно приходит время для проведения ремонтных работ. Если и этот момент по тем или иным причинам был пропущен, то в перспективе наступает ситуация, когда проведение ремонтных работ становится чрезвычайно затратным, а в некоторых случаях просто невозможным. Встает вопрос о сносе сооружения и строительстве нового. Кроме больших финансовых затрат на строительство нового сооружения и утилизацию строительного мусора, в этом случае перед владельцем сооружения возникает проблема нарушения технологических процессов за счет вывода из эксплуатации реконструируемых сооружений на продолжительный срок. Иногда такая ситуация становится неразрешимой.

Компания MC-Bauchemie, занимающаяся строительной химией для производства, ремонта и защиты железобетона, предлагает для таких случаев в качестве альтернативного решения систему MC-Flex plus. Основная особенность этой системы заключается в создании на существующей поверхности конструкции нового основания без больших затрат

по подготовке бетона. Новое искусственное основание представляет собой геокомпозитный материал MC-Flex Base, состоящий из полимерной сетки и нетканой подложки. Это искусственное основание крепится к бетону с помощью дюбелей со специальными широкими дис-



Рис. 1. Компоненты системы MC-Flex plus



Рис. 2. Ванна осаждения с загрязненным нефтепродуктами основанием



Рис. 3. Искусственное основание ванны

ками MC-Flex Disc (рис. 1). Для проклейки стыков отдельных полос геокомпозита используются нетканые флизелиновые полосы MC-Flex Fleece. В качестве финишного покрытия при-



Рис. 4. Готовое покрытие



Рис. 5. Резервуар нейтрализации стоков тепловых электростанций



Рис. 6. Ремонт гравитационной плотины из бетонных блоков

меняется эластичное полиуретановое покрытие продуктовой линейки MC-Flex. В зависимости от требуемых свойств и метода нанесения выбирается конкретный продукт. Материалы линейки MC-Flex можно также использовать самостоятельно в качестве защитного покрытия для бетонных оснований и металлических поверхностей. В таблице приведены некоторые параметры материалов этой серии.

В качестве примера применения системы MC-Flex plus можно привести ремонт ванны осаждения сталепрокатного завода, бетонные конструкции которого после 35 лет эксплуатации были повреждены и загрязнены нефтепродуктами. На такую поверхность нанести ремонтные и защитные составы не представлялось возможным. Исходное состояние ванны показано на рис. 2. После очистки основания внутри ванны было устроено искусственное основание (рис. 3). Диски дюбелей были предварительно зашпаклеваны вручную, а затем на вертикальные и горизонтальные поверхности на-

несено покрытие MC-Flex 2097 в два слоя методом распыления (рис. 4, а и б). Через 48 часов после нанесения покрытие было готово к восприятию эксплуатационных нагрузок. Применение в данном случае системы MC-Flex plus позволило значительно продлить срок службы сооружения, а заказчику эффективно распорядиться выделенными средствами.

При сложных случаях ремонта железобетонных сооружений в различных отраслях промышленности есть ситуации, когда система MC-Flex plus является экономичной альтернативой для поддержания работоспособности конструкций. На рис. 5, а и б показан еще один пример ремонта резервуара для нейтрализации стоков тепловых электростанций, а на рис. 6 применение системы для защиты тела плотины из бетонных блоков. Специалисты компании MC-Bauchemie в каждом случае помогут подобрать оптимальное техническое решение с применением современных технологий ремонта и защиты бетона, включая устранение скрытых дефектов в конструкции и нарушения гидроизоляции конструкции. Обучение применения и работы с материалами на объекте.



ООО «Эм-Си Баухеми»
Тел.: 8-800-555-0605, (812) 327-4445
Факс (812) 331-9397
info@mc-bauchemie.ru, www.mc-bauchemie.ru

МАНТА RAY®



Грунтовые анкерные системы

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 традиционно применяемыми видами анкеров

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:

Самоходные 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



О НАУЧНОМ ПОДХОДЕ К РАСЧЕТАМ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ ГРУНТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

ЧАСТЬ 2. О КРИТЕРИИ ПОДОБИЯ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ МЕТОДОВ. ВЕЛИЧИНА НОРМАЛЬНЫХ СИЛ НА ПОВЕРХНОСТИ СКОЛЬЖЕНИЯ. ОСНОВНОЕ УРАВНЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО МЕТОДА



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

Введение

Публикацией, представленной в журнале «Гидротехника», № 1, 2012 г. [1], доказаны возможные отклонения расчетных коэффициентов устойчивости от точных значений на сотни процентов даже у ведущих методов. Было бы полбеды в этих погрешностях, если знать, когда они могут проявиться, но беда в том, что этого наверняка не знает никто.

Нередко складывается ситуация, когда инженер имеет программу расчета устойчивости, содержащую несколько методов. Выполняется расчет, в итоге перед ним оказывается таблица с коэффициентами устойчивости, полученными по различным методам. Данные разнятся, возникает вопрос, что выбрать из списка, как поступить в этом случае. Обратиться к рекомендациям, которые имеются в соответствующих справочниках, и по их советам принять решение, или выбрать наиболее низкие коэффициенты устойчивости и спать спокойно, а предприятие пускай несет экономические потери?

Предположим, что под рукой у инженера справочник [2], открытый, к примеру, на странице 226–227, где мы читаем:

- метод Терцаги — «...при расчетах пологих откосов более 1:2,5 может приводить к значительной ошибке в сторону преуменьшения коэффициента устойчивости...»;
- метод Чугаева (весового давления) — «следует указать, что применение этого способа при условии, когда в основании на значительную глубину залегают грунты, обладающие более низкими прочностными свойствами, чем материал откоса, приводит к занижению коэффициента запаса устойчивости».

Предостережем инженера от поспешного выбора, т. к. очевидно, что точность метода не зависит от крутизны откоса, а как она зависит от вида грунтов основания — на этот вопрос сегодня нет точного ответа.

По методу Терцаги мы можем абсолютно точно рассчитать коэффициент устойчивости кирпича на наклонной плоскости при любом ее наклоне, а метод Чугаева не занижает коэффициент устойчивости в случае слабого основания, а завышает его, что будет показано далее.

Предположим, обозначенные рекомендации инженеру не помогли, и он обратился к другим источникам. Возникает вопрос, какие рекомендации считать «правильными», а какие «неправильными», по каким основаниям их отличить друг от друга? Это возможно только при наличии соответствующей научной теории, которая на сегодняшний день отсутствует, в связи с чем практику сделать выбор весьма затруднительно.

Для исправления данной ситуации попробуем подвести научный фундамент под методики анализа точности методов расчета устойчивости откосов и под методики применимости этих методов для различных расчетных схем. Помечтаем: неплохо бы для каждого используемого на практике метода расчета устойчивости иметь «Паспорт метода», в котором приведены данные об условиях его применения и точности расчетов для этих условий.

Что для этого необходимо сделать в первую очередь? По мнению автора данной статьи, для этого необходимо:

- Ввести понятие «**нормативная точность расчета**».

Под «нормативной точностью расчета» имеются в виду два числа, принятые в официальном порядке, устанавливающие верхнюю и нижнюю границы допустимых отклонений в расчете от фактического значения, например:

- 10% на занижение;
- 5% на завышение.

- Выявить в расчетных схемах нечто наиболее существенное, что позволило бы сгруппировать эти схемы и увязать их с методами расчета, иначе говоря — **найти критерий подобия** для расчетных схем.

3. Разработать **методику анализа точности** каждого претендующего на использование метода расчета, которая позволила бы установить границы его применения.

А теперь попробуем реализовать мечту на практике.

1. О критерии подобия

Для того чтобы определить четкие границы применимости любого метода расчета коэффициента устойчивости и однозначно спрогнозировать поведение этого метода на бесконечном множестве расчетных схем, необходимы:

- Эталоны** — точные значения коэффициента устойчивости оползневых тел, полученные в лабораторных условиях для различных схем нагрузок.
- Критерий подобия**, который определяет соответствие эталона используемой расчетной схеме (соответствует ли эта схема эталонным условиям).

В идеале критерий подобия должен сводиться к одному параметру.

Таким критерием подобия может стать угол между равнодействующими сдвигающих и удерживающих сил, действующих на поверхности скольжения для отсека, находящегося в предельном состоянии (рис. 1.1).

Рассматривая расчетные и экспериментальные значения относительно этого угла, мы увидим, как выявляются все недостатки допущений, вносимых авторами методов при их разработке.

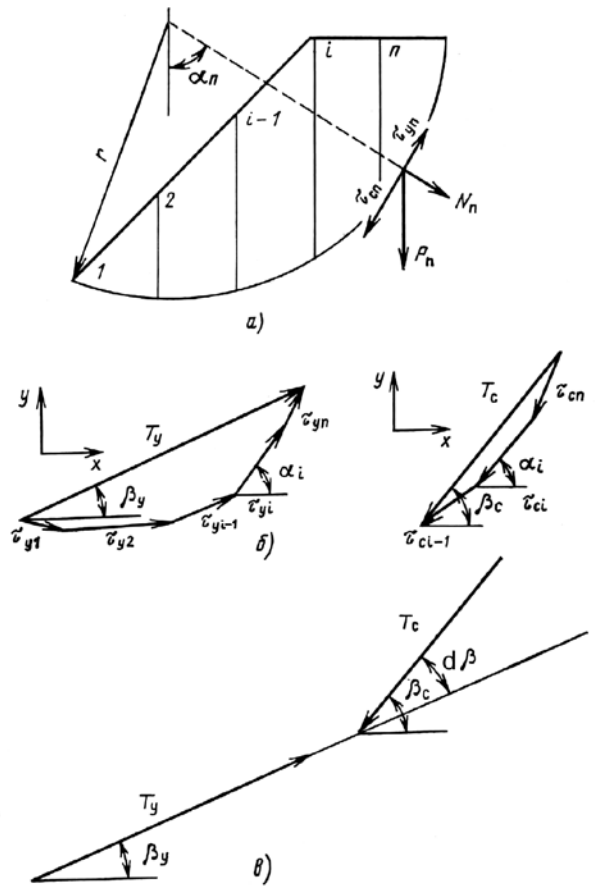


Рис. 1.1. Иллюстрация к демонстрации понятия угла $d\beta$ между равнодействующими сдвигающих и удерживающих сил, действующих на поверхности скольжения для отсека, находящегося в предельном состоянии:

P_n — вес n -го столбика; N_n , τ_{cn} , τ_{yn} — нормальная сдвигающая и удерживающая составляющие для n -го столбика, полученные при разложении P_n на подошве этого столбика; T_y , T_c — равнодействующие удерживающих и сдвигающих сил; β_y , β_c — углы между удерживающей, сдвигающей равнодействующими и горизонталью

При использовании угла $d\beta$ в качестве критерия подобия можно сформулировать следующие гипотезы подобия отсеков скольжения:

- Два отсека скольжения подобны, если равны их $d\beta$.
- Для подобных отсеков скольжения расчетный метод дает одинаковые отклонения от фактического значения.

Принятие этих гипотез позволяет абстрагировать множество признаков расчетной схемы: вес, размер, геометрия, форма и пр. — до одного параметра $d\beta$. В этом случае результаты, полученные на экспериментальных установках, где используется только силовая схема, без привлечения грунтов, что существенно упрощает все, можно распространить и на реальные откосы. Исследуя в лабораторных условиях ограниченное количество сдвигов (получая эталоны на различные схемы), мы в состоянии перенести эти результаты на бесконечное количество расчетных схем.

Безусловно, параметр $d\beta$ решает основную задачу по переводу расчетов устойчивости из искусства в науку, но, к сожалению, он не идеален, т. к. в идеале этот параметр должен быть функцией $K_{отс} = f(d\beta, \phi)$, где $K_{отс}$ — универсальный критерий подобия для отсека скольжения; ϕ — угол внутреннего трения материала на площадке скольжения. Вывод идеального параметра возможен, как предстает автору, в течение недели или месяца, но, т. к. он (опять же, по мнению автора) на данный момент не в состоянии изменить суть предложений, то пока оставлен в покое.

2. Об условиях применения методов расчета устойчивости

В помощь к дальнейшим рассуждениям нам потребуется схема откоса (рис. 2.1) и табл. 2.1, 2.2, 2.3, некоторые из них заимствованы для иллюстраций из [1], остальные приводят-ся впервые.

2.1. Силовая схема Терцаги и условия ее применения

Силовая схема Терцаги:

$$K_T = \frac{\sum_i^n (P_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \phi_i)}{\sum_i^n (P_i \cdot \sin \alpha_i)}, \tag{2.1}$$

где: P_i — вес столбика в отсеке обрушения; α_i — угол наклона подошвы столбика к горизонту; ϕ_i — угол внутреннего трения; пожалуй, самая популярная в России. На ее базе появилось множество различных модификаций метода расчета коэффициента устойчивости: Терцаги, Ничипоровича, алгебраического суммирования и пр.

Табл. 2.1. Расчетные коэффициенты устойчивости по Терцаги, Чугаеву, Истомину при экспериментальном коэффициенте устойчивости = 1

№ опыта	$d\beta$, град	Терцаги	Чугаев	Истомин
1	106	0,36	1,03	0,91
2	79	0,46	0,99	0,89
3	80	0,52	1,06	0,97
4	82	0,51	1,05	0,95
5	83	0,51	1,07	0,96
6	51	0,67	1,048	0,98
7	38	0,74	1,05	1,00
8	25	0,83	1,08	1,03
9	16	0,89	1,05	1,04

Обозначения к таблице: значения в столбиках Терцаги, Чугаев, Истомин — расчетные коэффициенты устойчивости (во всех случаях правильное значение = 1); $d\beta$, град — угол между равнодействующими удерживающих и сдвигающих сил в отсеке скольжения.

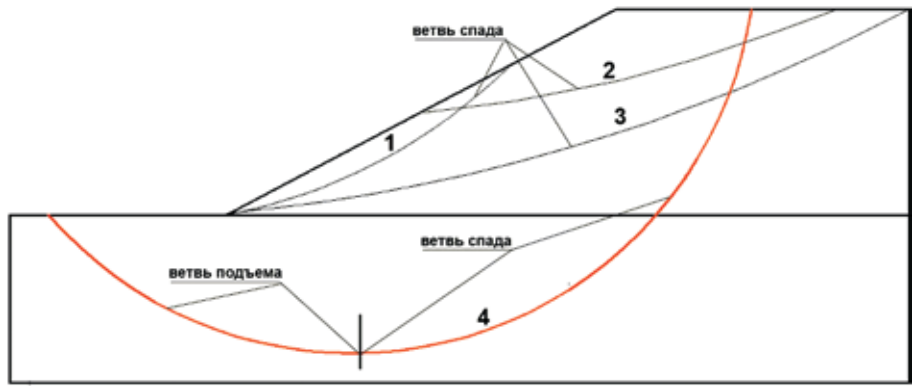


Рис. 2.1. Типы поверхностей скольжения:

1, 2, 3 — поверхности скольжения типа А (не имеющие ветвей подъема); 4 — поверхность скольжения типа Б (имеющая ветвь подъема); ветвь подъема — участок поверхности скольжения с отрицательными углами касательных к этой поверхности; ветвь спада — участок поверхности скольжения с положительными углами касательных к этой поверхности

Табл. 2.2. Характеристики расчетной схемы на момент сдвига при экспериментальном коэффициенте устойчивости = 1

№ ст	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
φ, град				33	33	33	33	33	33	33
α, град				0	15	28	40	56	72	83
№ опыта	Веса столбиков в граммах, обеспечивающие коэффициент устойчивости в опыте = 1									
10				203	66	78	74	83	82	343
11				503	66	78	74	83	82	883
12				707	66	78	74	83	82	1257
13					707	78	74	83	82	561
14					878	78	74	83	82	695
15					1003	78	74	83	969	
16					1378	78	74	83	1324	
φ, град	12	10,3	11	13	10,3	9	12	12	35	35
17	79	74	79	1717	66	78	74	83	82	689

Обозначения к таблице: № ст — номер столбика в эксперименте, см. рис. 4 из [1]; 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. 2.3. Расчетные коэффициенты устойчивости при экспериментальном коэффициенте устойчивости = 1

№ опыта	dβ, град	Терцаги	Чугаев	Крей	Истомин
14	45	0,56	1,02	1,21	1,02
15	57	0,50	1,02	1,38	1,02
16	60	0,49	1,02	1,43	1,02
17	39	0,63	1,06	1,22	1,02
21	73	0,68	1,27	2,00	0,99

Обозначения к таблице: значения в столбиках Терцаги, Чугаев, Крей, Истомин — расчетные коэффициенты устойчивости (во всех случая правильное значение = 1); dβ, град — угол между равнодействующими удерживающих и сдвигающих сил в отсеке скольжения.

Исследованиями силовой схемы Терцаги занимались очень уважаемые специалисты на протяжении многих лет. В свое время Роман Романович Чугаев выполнил математический анализ силовых схем нескольких методов, в том чис-

ле Терцаги, и пришел к выводу, что эта силовая схема может занижать расчетный коэффициент устойчивости на 20%. В то время этого было достаточно, чтобы он, очень влиятельный специалист, ограничил ее применение в сфере гидротехнического строительства.

В настоящее время точнось расчетов до 20% никого не удивит и не расстроит, чаще всего не поймут, о чем речь, поэтому к исследованию точности силовой схемы Терцаги необходимо вернуться, чтобы окончательно определить границы и условия ее применимости.

На рис. 2.2 представлен график $K_T = f(d\beta)$, построенный по экспериментальным данным (табл. 2.1), где K_T — расчетный коэффициент устойчивости по Терцаги; $d\beta$ — угол между равнодействующими удерживающих и сдвигающих сил в отсеке скольжения. Этот график можно использовать и в качестве эталона для силовой схемы Терцаги. Если при определении коэффициента устойчивости мы попутно определим и $d\beta$ для анализируемой поверхности, то, нанося это значение на график рис. 2.2, мы определим точность расчета.

Просматривается линейная зависимость точности расчета от $d\beta$, чем меньше значение $d\beta$, тем ближе значение рас-

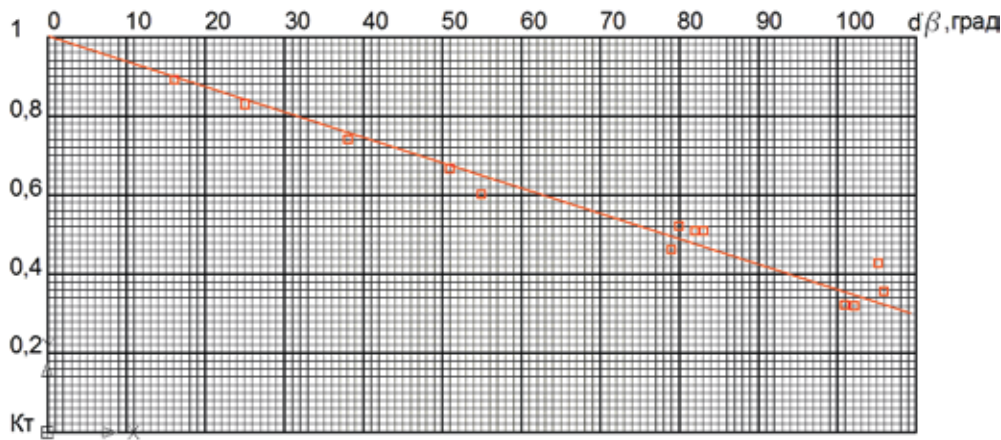


Рис. 2.2. Зависимость расчетного коэффициента устойчивости, определенного по Терцаги, от угла между равнодействующими удерживающих и сдвигающих сил. ВНИМАНИЕ! На графике группы данных, это не повтор эксперимента, а результаты независимых экспериментов с совершенно другими силовыми составляющими, но, тем не менее, если в экспериментах мы достигаем одинаковых $d\beta$, то отклонения по точности также получаются одинаковые.

четного коэффициента устойчивости к правильному результату (напомню, во всех случаях расчета правильный результат $K_T = 1$). Из этого графика видно, к каким погрешностям и когда приводит силовая схема Терцаги из-за неучета разложения сдвигающих сил по поверхности скольжения в пользу нормальной составляющей.

Глядя на график на рис. 2.2, мы можем легко сформулировать требования по применению этой схемы, исходя из понятия «нормативная точность расчета» (см. выше по тексту).

Для силовой схемы Терцаги нормативная точность расчета обеспечивается при $d\beta \leq 17\%$, а такое значение $d\beta$ обеспечивается формой поверхности скольжения без так называемой ветви подъема, рис. 2.1.

Поверхности скольжения типа А (поверхности 1, 2, 3) обеспечивают нормативную точность расчета для метода Терцаги, в независимости от заложения откоса, а поверхность типа Б (поверхность 4) — нет. Для поверхностей типа А угол $d\beta$ не превышает 17° , для поверхностей типа Б угол $d\beta$ может быть больше 17° .

Информация к паспорту для силовой схемы Терцаги

1. Силовая схема Терцаги всегда занижает расчетный коэффициент устойчивости против фактического (за исключением поверхностей скольжения с радиусом, стремящимся к бесконечности). Фактический коэффициент устойчивости или равен расчетному, по Терцаги, или больше него.

2. Для силовой схемы Терцаги можно подобрать такую расчетную схему, где отклонение расчетного значения коэффициента устойчивости от фактического составит несколько сотен процентов в сторону его занижения. Это возможно только для поверхностей скольжения типа Б.

3. Нормативная точность расчета для силовой схемы Терцаги обеспечивается, если расчетная поверхность скольжения не имеет ветви подъема, т. е. только для поверхностей скольжения типа А, в независимости от заложения откоса.

4. При правильном использовании силовой схемы Терцаги (п. 3 данных выводов) коэффициент Y_c для СНиП 2.06.05-84* (формула (8) [3]) должен назначаться 1 или 1,05, а не 0,95, как в настоящее время.

2.2. Метод Чугаева и условия его применения

Здесь анализируется следующая силовая схема метода Чугаева:

$$K_T = \frac{\sum_i^n (P_i \cdot \operatorname{tg} \phi_i)}{\sum_i^n (P_i \cdot \sin \alpha_i)}. \quad (2.2)$$

Обозначения см. ур. (2.1).

Мне кажется, что все попытки проанализировать метод Чугаева окончились провалом. Силовая схема Чугаева ставила исследователей в тупик, например, цитата из справочника «Гидротехнические сооружения» [2, с. 226]: «Подход, принятый для обоснования этого способа, не позволяет оценить его достоверность при различных сочетаниях нагрузок, а также при неоднородном сложении откоса и его основания...»

Эта оценка представляется очень мягкой. Силовая схема Чугаева отличается нелогичностью. Для того чтобы представить ее работу, мы должны сжать планету Земля до размеров точки и поместить ее в центр вращения исследуемой поверхности скольжения, затем сменить полярность гравитации этой точки, заменив гравитацию на антигравитацию, затем должны сжать исследуемый отсек скольжения до поверхности скольжения. Причем если наш любимый кирпич прислонить к вертикальной стене, то он будет давить на эту стену силой, равной его весу, — сплошное недоразумение. Но, тем не менее, проверим метод Чугаева не логикой, а экспериментом, результаты которого приведены в табл. 2.1 и на рис. 2.3.

Большинство значений расчетного коэффициента устойчивости легли если не в десятку, то в девятку, т. е. хорошее совпадение с экспериментальными значениями по всему ряду $d\beta$, хотя небольшая ложка дегтя присутствует, метод может завышать коэффициент устойчивости до 8%. Такое завышение в наших экспериментах объясняется неправильным распределением нормальных сил по неоднородной поверхности скольжения. Но даже с таким завышением методы Терцаги, Бишопа, Крея, Можжевитинова со всеми их математическими наслоениями уступают методу Чугаева по точности. Получается, что мы имеем универсальный метод, которым можно заменить все остальные!

Но спешить с таким выводом не будем. Известно: чтобы метод работал нормально, необходимо решить две задачи:

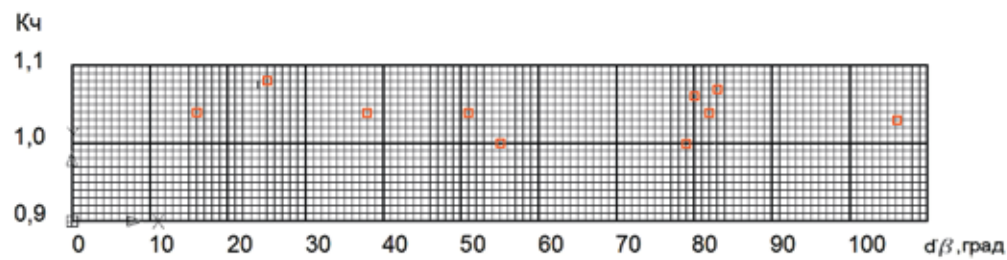


Рис. 2.3. Зависимость расчетного коэффициента устойчивости, определенного по Чугаеву, от угла между равнодействующими удерживающих и сдвигающих сил

1. Найти сумму нормальных сил по поверхности скольжения, находящегося в предельном состоянии.

2. Определить закон распределения этих сил на этой поверхности.

Для начала попробуем понять, почему в наших опытах метод Чугаева дает прекрасные результаты, несмотря на нелогичную силовую схему, о чем было сказано выше.

Если метод в эксперименте показывает точное значение, значит, в главном он прав. А если он прав в эксперименте, то уже по-настоящему прав. Поэтому, как ни рассуждай, метод отразил один из природных законов, который для нашего случая может быть сформулирован, по крайней мере, в первом приближении:

Первое приближение Закона о сумме нормальных сил на поверхности скольжения отсека, находящегося в предельном состоянии: «**сумма нормальных сил на поверхности скольжения отсека, находящегося в предельном состоянии, равна весу этого отсека**».

Этот закон и является сущностью метода Чугаева, который проявился в представленной серии опытов. Но для каких схем он действует? Мы твердо знаем, что для поверхностей скольжения типа «плоскость», в зависимости от ее наклона, метод может давать отклонения вплоть до бесконечности.

Ответ кроется в следующем: в представленной серии экспериментов поверхность скольжения имела ветвь подъема, чего не бывает у плоскости. Если мы смоделируем сдвиг на поверхностях без ветвей подъема, т. е. на поверхностях типа А, то получим разочаровывающие результаты. Применение метода Чугаева нецелесообразно на поверхностях типа А — по причине существенного завышения им расчетного коэффициента устойчивости.

У этого метода есть еще одно слабое место, связанное с распределением нормальных сил по поверхности скольжения. Когда поверхность скольжения проходит в грунтах с приблизительно одинаковыми углами внутреннего трения, то все равно, куда прикладываются нормальные силы, коэффициент устойчивости от этого не изменится, следовательно, нам нет дела до правильного распределения нормальных сил по поверхности скольжения. А если грунты имеют различные характеристики?

Представьте, откос находится на слабом основании. Прочностные свойства грунтов тела откоса существенно выше аналогичных свойств грунтов основания. В соответствии с силовой схемой Чугаева, вес на наиболее крутом участке ветви спада, в полном значении, трансформируется в нормальную силу, которая прижимает этот участок к поверхности скольжения, генерируя при этом максимально возможную силу трения, чего по законам природы быть не может. В результате этого акта реактивные силы становятся больше, чем предусмотрено законами природы, что, естественно, повышает и расчетный коэффициент устойчивости. Это и проявилось в опытах. В этой серии метод Чугаева

зависел расчетный коэффициент устойчивости на 44%, а теоретически такое отклонение можно довести до бесконечности.

Информация к паспорту для метода Чугаева

1. Расчетный коэффициент устойчивости, определенный по методу Чугаева, может иметь следующие отклонения от фактического:

- ♦ **полное совпадение** при следующих одновременно действующих условиях:
 - поверхность скольжения имеет тип Б;
 - углы внутреннего трения грунтов тела откоса и его основания примерно равны;
- ♦ **завышение** более 5% хотя бы при одном из следующих условий:
 - поверхность скольжения имеет тип А;
 - углы внутреннего трения грунтов основания существенно ниже, чем грунтов тела откоса;
- ♦ **занижение** — для поверхности скольжения типа Б, при наличии в основании с углами внутреннего трения грунтов с более высокими, чем грунты тела откоса.

2. Силовая схема метода Чугаева соответствует закону природы в следующей трактовке: «**сумма нормальных сил на поверхности скольжения, имеющей ветвь подъема, для отсека скольжения, находящегося в предельном состоянии, равна весу этого отсека**».

3. Нормативная точность расчета для метода Чугаева обеспечивается при следующих условиях: если расчетная поверхность скольжения имеет ветвь подъема (для поверхностей скольжения типа Б), и при этом углы внутреннего трения грунтов на поверхности скольжения примерно равны, или при этом угол внутреннего трения грунтов основания больше, чем грунтов тела откоса.

4. При правильном использовании метода Чугаева (п. 3 данных выводов) коэффициент Y_c для СНиП 2.06.05-84* (формула (8) [3]) может назначаться 1. А при слабом основании (угол внутреннего трения грунтов основания ниже более чем на 10% угла внутреннего трения грунтов тела насыпи) коэффициент Y_c должен назначаться 0,95.

3. Величина нормальных сил на поверхности скольжения

Из экспериментов по сдвигу следует, что «**сумма нормальных сил на поверхности скольжения, при наличии ветви подъема, для отсека, находящегося в предельном состоянии, равна весу этого отсека**», является частным случаем общего закона, который выражается, по моему мнению, уравнением (3.1).

$$\sum N_i = \sum P_i \cdot \cos \alpha_{\min}, \quad (3.1)$$

где $\sum N_i$ — сумма нормальных сил на произвольной поверхности скольжения для отсека, находящегося в предельном

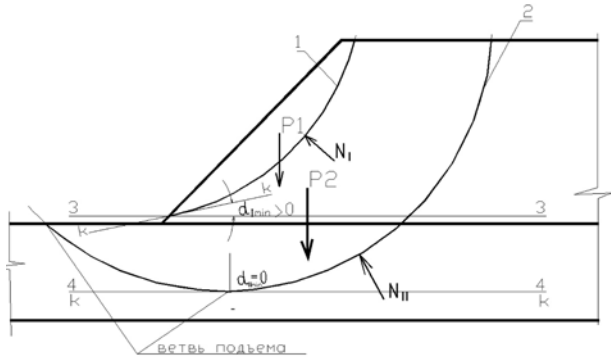


Рис. 3.1. Иллюстрация к понятию α_{\min}

1, 2 — поверхности скольжения, ограничивающие снизу отсеки скольжения 1, 2, соответственно; 3-3 — горизонтальная линия, проведенная от нижней точки отсека скольжения 1; к-к — касательная к поверхности скольжения в точке ее касания горизонтальной линией 3-3; 4-4 — горизонтальная линия, она же касательная для поверхности скольжения 2; $\alpha_{1\min}$, $\alpha_{2\min}$ — углы между горизонтальными и касательными; P_1 , P_2 — веса отсеков скольжения 1, 2; N_I , N_{II} — суммарные нормальные силы, действующие на поверхности скольжения отсеков 1, 2

состоянии; $\sum P_i$ — вес отсека скольжения; $\cos \alpha_{\min}$ — косинус угла между горизонталью и касательной к поверхности скольжения, проведенной из точки касания этой горизонтальной линией поверхности скольжения (рис. 3.1).

4. Основное уравнение универсального метода расчета

Универсальный аналитический метод был разработан автором в 1986 г., ур. (4.1) [4], и на протяжении 25 лет многократно доказал свою состоятельность

$$K_{II} = K_T + И, \quad (4.1)$$

где K_{II} — коэффициент устойчивости по Истомину; K_T — коэффициент устойчивости, определенный по Терцаги; $И = dN \cdot \operatorname{tg} \phi_{\text{см}} / (\sum P_i \cdot \sin \alpha_i)$ — добавление Истомина к методу Терцаги; dN — дополнительная нормальная сила (к вычисляемой по Терцаги); $\phi_{\text{см}}$ — угол внутреннего трения для грунтов, находящихся на поверхности скольжения. Значение угла может вычисляться как средневзвешенное (табл. 2.3), а может — как минимальное (табл. 2.1). Наверное, возможны и другие вариации; P_i — вес столбика i ; $\sin(\alpha_i)$ — синус угла наклона подошвы i -го столбика отсека скольжения к горизонтальной поверхности.

$$K_T = \frac{P_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \phi_i + c_i \cdot l_i}{P_i \cdot \sin \alpha_i}, \quad (4.2)$$

где $\cos(\alpha_i)$ — косинус угла наклона подошвы i -го столбика к горизонтальной поверхности; ϕ_i — угол внутреннего трения для грунтов, находящихся на площадке скольжения для i -го столбика; c_i — удельное сцепление; l_i — длина подошвы столбика.

$$dN = \sum P_i \cdot \cos \alpha_{\min} - \sum (P_i \cdot \cos \alpha_i), \quad (4.3)$$

где $\cos(\alpha_{\min})$ — косинус угла между горизонталью и касательной к поверхности скольжения, проведенной из точки касания этой горизонтальной линией поверхности скольжения (рис. 3.1).

Теперь наша задача проверить формулу (4.1) и алгеброй, и экспериментом.

Начнем с кирпича на плоскости: как он себя поведет, тем более мы знаем точное решение в виде ур. (2.1).

Для произвольной наклонной плоскости следует $dN = 0$, далее $И = 0$, и далее $K_{II} = K_T = \text{ур.}(2.1)$. Полное совпадение.

Проверим как ведет себя формула для однородных по прочностным характеристикам поверхностей скольжения, типа Б (рис. 2.1).

В этом случае $\cos \alpha_{\min} = 1$, а ур. (4.1) после небольших преобразований примет форму $K_{II} = K_c$. Полное совпадение с (2.2).

По этой причине результаты расчетов по ур. (4.1) всегда находятся между Терцаги и Чугаевым, где и располагается, как было показано выше, реальный коэффициент устойчивости.

Теперь проверим формулу (4.1) экспериментом. В табл. 2.1 и 2.3 видим, что эта формула на всех значениях $d\beta$ дает очень приличные результаты. Пояснения по значению угла « $\phi_{\text{см}}$ для формулы Истомина», данные в табл. 2.1, определены из расчетов $\phi_{\text{см}}$ = минимальному значению из углов внутреннего трения на поверхности скольжения, для табл. 2.3 — $\phi_{\text{см}}$ = средневзвешенному значению из этих углов.

Информация к паспорту для метода Истомина

1. Расчетный коэффициент устойчивости, определенный по методу Истомина, может иметь следующие отклонения от фактического:

- ♦ **полное совпадение** при относительно однородных по углу внутреннего трения грунтов поверхности скольжения, в независимости от ее типа (А или Б);
- ♦ **занижение в пределах нормативной точности** — для поверхности скольжения типа Б, при наличии в основании грунтов с углами внутреннего трения более низкими, чем грунты тела откоса.

2. Силовая схема метода Истомина соответствует закону природы в трактовке ур. (3.1)

3. Ограничений на использование метода Истомина нет, метод универсальный. Коэффициент Y_c для СНиП 2.06.05-84* (формула (8) [3]) всегда назначается 1.

Маловероятно, что может быть создан более точный и универсальный аналитический метод расчета коэффициента устойчивости откосов грунтовых массивов, поскольку в основе силовой схемы (4.1) метода Истомина заложен закон природы (3.1).

Это утверждение легко подтвердить или опровергнуть, т. к. каждому заинтересованному специалисту автор готов предоставить безвозмездно две программы «Бобр», где реализованы авторские методики: для расчетов фильтрации (метод конечных элементов, установившаяся и не установившаяся фильтрация — с элементами обучения законам фильтрации и мультипликационным представлением фильтрационного потока) и устойчивости откосов, которые связаны между собой, а также обучить их использованию. Единственное условие автора при передаче программ, обязательное сообщение в редакцию о результатах расчетов.

Литература

1. О научном подходе к расчетам устойчивости грунтовых откосов. Часть 1. О точности методов расчета устойчивости // Гидротехника. 2012. № 1.
2. Гидротехнические сооружения. Справочник проектировщика. М.: Стройиздат, 1983.
3. СНиП 2.06.05-84*. Плотины из грунтовых материалов. Госстрой СССР. М., 1991.
4. Методические рекомендации для расчета коэффициента запаса устойчивости откосов с круглоцилиндрической поверхностью скольжения по программе КЗУ86К. ВИОГЕМ. Белгород, 1987.

СВАИ ИЗ УЛЬТРАКОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА — НОВАЯ ЭРА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Илюхин Д. А.,
исполнительный директор ЗАО «Пултрузионные технологии»

Укрепление берега с помощью шпунтовых свай из композитных материалов на сегодняшний день считается самой перспективной технологией в мире. Первые установки композитных шпунтов были проведены в США более 10 лет назад и за период эксплуатации зарекомендовали себя с наилучшей стороны. Стоимость монтажа и дальнейшего содержания объектов снижается в разы! В то же время на восстановление деревянных и стальных береговых шпунтовых конструкций только в США каждый год тратится более миллиарда долларов. За прошедшие годы в мире были установлены многие тысячи километров композитных шпунтов, и мировой объем их потребления растет из года в год.

До недавнего времени на российском рынке присутствовали только каменные габионы и два вида шпунта — металлический шпунт Ларсена и шпунты из поливинилхлорида (ПВХ). Применение лучших мировых композитных решений сдерживалось высокой стоимостью импортной продукции достойного качества и отставанием отечественных технологий.

Преимущество металлических шпунтовых свай — большая несущая способность и прочность. Однако устройство стенок с помощью металлических шпунтов не приносит должного ожидаемого эффекта по причине подверженности последних коррозии и большого веса конструкций.

Преимущество шпунтовых свай из ПВХ — удешевление работ по доставке и монтажу из-за малого веса. Главным недостатком является небольшая несущая способность.

В начале 2012 г. специалистами российской компании ЗАО «Пултрузионные технологии» на базе последних высокотехнологических разработок мировой композитной промышленности была разработана и запатентована совершенно новая серия шпунтовых свай из ультракомпозитного материала. Данные шпунтовые сваи имеют те же преимущества, что и сваи из ПВХ, но существенно дешевле и в разы прочнее импортных композитных шпунтов на основе полиэфирных и эпоксидных смол, при этом они имеют несущую способность, превосходящую металлические аналоги, выигрывая у последних по цене.

Все это открывает бескрайние перспективы применения данного продукта:

- ♦ **Строительство:** гидроизоляционные стены, шлюзы, молы, доки, плотины, рампы, водоприемные и водотводящие сооружения, причалы и подпорные стены, тоннели, подземные сооружения, коллекторы.
- ♦ **Обустройство:** котлованы, шахтные стволы, дренажные отводы, откосы, опоры мостов, ландшафт, фундаменты зданий и сооружений, свалки, герметичные влагосборники, очистные сооружения.
- ♦ **Укрепление:** основания фундаментов, стены траншей и котлованов, берега рек, каналов, островов, склоны, пльвуны, осыпи, плотины, причальные и доковые сооружения, швартовые палы.

И это далеко не полный перечень сфер применения продукта, особенно в агрессивных средах. Система комплектуется доборными элементами — угловым соединителем и силовыми разгрузочными поясами.

С точки зрения монтажа ультракомпозитные шпунты могут применяться в зернистых грунтах, состоящих главным образом из гравиев, песков, песчанистых илов, а также в связанных, плотных грунтах, состоящих из глины и илов. Погружая данные шпунтовые сваи в грунт, возводят прочное и надежное сооружение — фактурную ультракомпозитную стенку. Такое гидротехническое сооружение надежно укрепляет берега рек и водоемов, защищает от эрозии, оползней и механических воздействий, служит для обеспечения водонепроницаемости береговой линии.

Шпунт, выполненный из ультракомпозитного материала, обладает высокой механической стойкостью к истиранию, растрескиванию, появлению царапин. Он не подвержен коррозии, гниению и воздействию морской воды; не требует технического обслуживания; огнестоек, устойчив к сезонному перепаду температур (несущая способность стенки выдерживает нагрузку от 200 кН/м при температурном режиме от +50 °С до -60 °С без остаточной деформации). Способность ультракомпозитного материала противостоять агрессивной среде значительно выше, чем у стали и бетона. Гарантийный срок службы свай из этого материала не ограничен. Ультракомпозитные шпунтовые сваи объединяют при этом преимущества рационального строительства из сборных элементов с требованием безопасности строительных сооружений и окружающей среды при одновременном учете внешнего вида, отвечающего самым высоким требованиям. Области использования ультракомпозитных шпунтовых свай распространяются на все сферы строительства, начиная от традиционного строительства гидротехнических и подземных сооружений, инженерных сооружений и путей сообщения, заканчивая охраной окружающей среды.

Из данных шпунтовых свай можно успешно выполнить работы любой сложности. Замки изделий обеспечивают высокую герметичность стыка. Они сделаны таким образом, что позволяют изгибать шпунтовую стену вдоль естественной береговой линии, благодаря чему можно сохранить прибрежный ландшафт в первозданном виде.

Шпунтовая свая имеет достаточную глубину погружения в грунт и служит водонепроницаемым барьером между водой и грунтом. Соединения шпунта находятся вдоль боков, т. е. в отдалении от зоны наибольших нагрузок. Ограждение из данных изделий получается надежным, т. к. физико-механические свойства свай достаточно высокие (момент инерции — до 30150 см⁴/м, момент сопротивления — до 4250 см³/м).

Еще одно достоинство технологии состоит в том, что такой вариант укрепления берега удобен и прост в монтаже. Работы по погружению шпунтовых свай выполняются специальным ин-





ВПЕРВЫЕ НА РЫНКЕ Система стеклокомпозитных шпунтовых свай Российского производства

Исключительная прочность и долговечность. Эстетичный внешний вид. Экологическая безопасность. Устойчивость к коррозии, механическим повреждениям, ультрафиолету. Легкость продукции и простота монтажа в разы снижают конечную стоимость конструкции. Низкие цены. Широкая цветовая гамма. Поставка в кратчайшие сроки со склада в Подмоскowie.

ШПУНТОВАЯ СВАЯ		Технические характеристики шпунтовых свай	
	Допустимый момент M _{max} , Кн·м/м	237	
	Момент инерции I _y , см ⁴ /м	17886	
	Момент сопротивления W _x , см ³ /м	210	
	Предел прочности R, МПа	1126	
	Ширина, мм	600	
	Глубина, мм	145	
	Толщина, мм	5	
Вес 1 м ² , кг	16		

комплектующие

Угловой соединитель



Верхний силовой пояс



Разгрузочный пояс





ЗАО «Пултрузионные технологии»
140400 г. Коломна, Озерский проспект, 20

Тел. (496) 610-0660
info@pultrusion.ru, www.pultrusion.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 высококласными 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

**29 мая
2 июня
2012**

Россия
Москва
МВЦ «Крокус Экспо»

13-я Международная специализированная 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

Организатор:

Партнерский статус:

Международный партнер:

При поддержке:

Патронатный информационный спонсор:

Информационный спонсор:

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

10-й ЮБИЛЕЙНЫЙ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВОДНЫЙ ФОРУМ

ЭКВАТЭК

5-8 июня 2012

МВЦ «Крокус Экспо», Москва

Водный форум № 1
в России, СНГ и
в Восточной Европе



ЭКВАТЭК-2012

Золотой спонсор Серебряный спонсор Спонсор регистрации



СТАНДАРТ ЭКОЛОГИЯ
TECHNOLOGY OF CLEANER WATER



Посетите www.ecwatech.ru
для регистрации и актуальной информации



Все для проектирования, строительства
и эксплуатации транспортных объектов!

XIII Международная
специализированная выставка

ДОРОГИ. МОСТЫ. ТОННЕЛИ

19-21 сентября 2012

Санкт-Петербург, Михайловский манеж,
Манежная пл., 2, м. "Гостиный Двор"

ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ:

- Проектирование и строительство дорог, мостов и тоннелей
- Дорожная техника и оборудование
- Оборудование и технологии бестраншейной прокладки коммуникаций
- Материалы и конструкции для строительства и ремонта дорог, мостов, тоннелей
- Системы управления движением, дорожные знаки и разметка
- Системы и технические средства безопасности работ на дорогах
- Программное обеспечение и связь
- Диагностика и контроль качества дорожных работ
- Инвестиции и страхование объектов дорожного строительства, техники, оборудования

При поддержке
Комитета по развитию транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга,
Комитета по дорожному хозяйству Ленинградской области,
Ассоциации "Дормост", Международной академии транспорта

Одновременно с выставками:
"БЛАГОУСТРОЙСТВО ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ"
"ТРАНСПОРТ: ЗАЩИТА И БЕЗОПАСНОСТЬ"
и IX Международным форумом "МИР МОСТОВ"

www.restec.ru/transport

ВЫСТАВОЧНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
РЕСТЭК®

Организатор: Выставочное объединение "РЕСТЭК®"
Тел.: (812) 320-8094 E-mail: transport@restec.ru

ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ. ПОДВОДНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

МАЛЫЕ РЕКИ РОССИИ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ



Шитин С. М.,
канд. техн. наук, руководитель НТЦ
ОАО «Завод гидромеханизации»

Проблемы малых рек

Несмотря на свои размеры, малые реки формируют средние и большие реки, предопределяя их гидрологический, биологический и биохимический режим, выполняя функции регулятора ландшафтов, поддерживая равновесие и перераспределение влаги. Но именно их экологическое состояние, особенно в европейской части страны, в результате резко возросшей антропогенной нагрузки на них оценивается как катастрофическое. В некоторых регионах из-за бесконтрольного забора воды многие малые реки пересыхают, заиливаются. В стране каждый год исчезают сотни, а может, уже и тысячи малых рек — никто этого точно не знает, не считает.

Антропогенное воздействие на малые реки обусловлено хозяйственной деятельностью, которая осуществляется и в пределах водосборных бассейнов, и на самих водотоках. На полностью зарегулированных реках отмечаются заиливание и зарастание русла, потеря гидравлической связи с питающими их грунтовыми водами. Сбрасываемые с мелиоративных систем дренажные воды, в основном неочищенные, вызывают «цветение» малых рек в летний период и ухудшают качество воды. А сбрасываемые в реку неочищенные стоки промышленных предприятий подвергают их сильному загрязнению, вследствие чего рыбные запасы в них значительно уменьшаются, гибнут, а которые остаются — непригодны в пищу. Купаться в черте городов в этих реках нельзя. Из-за загрязнения стоками начинаются различные биогенные мутации, скудеют флора и фауна водоемов. Изменяется и химический состав воды, повышается содержание азота, фосфора и хлорсодержащих веществ.

Все эти поступающие тревожные сигналы говорят том, что необходимо срочное, планомерное улучшение экологической обстановки водоемов и малых рек. Природа перестает справляться с постоянно прогрессирующими загрязнениями, которые в ближайшем будущем могут привести к множественным экологическим катастрофам.



Отсутствие технологических схем и специальной многофункциональной конкурентоспособной дноуглубительной техники

Во многих европейских странах государственные организации, такие как: Liikenne- ja viestintäministeriön в Финляндии, United States Army Corps of Engineers в США и Verkehrsminister Bundesrepublik Deutschland в Германии, — целенаправленно закупают специальные земснаряды для дноуглубления малых рек и водоемов.

Перечисленные организации являются федеральными агентствами, контролирующими процессы выдачи разрешений для проектов, ответственными за большинство дноочистных работ, а также за планирование и проектирование, технико-экономическое обоснование, финансирование и исполнение контрактов. Организации определяют масштабы, форму проведения очистных работ. Агентства контролируют экологические ограничения, процедуры закупок и финансирование. Только в Финляндии для очистки различных небольших водоемов агентствами закупается до 50 земснарядов в год.

В настоящее время в РФ практически отсутствует отечественная специальная дноуглубительная техника, способная комплексно решать вопросы, связанные с дноуглублением и очисткой малых рек и водоемов. Наличие существующей техники не позволяет осуществлять комплексное решение стоящих экологических задач.

Имеющиеся мировые аналоги, не адаптированные к специфическим российским условиям, очень дороги для небольших компаний, занимающих экологическую нишу. Слабое исполнение рабочих органов, сложность приобретения запасных частей, дорогое техническое обслуживание привели к тому, что уже приобретенное некоторыми российскими компаниями оборудование зарубежного производства вместо проведения дноуглубительных работ находится на складах, принося убытки.

Кустарные производители, так называемое гаражное производство, которое имеет место быть на сегодняшний день, изготавливают опасное в эксплуатации, с грубыми нарушениями правил техники безопасности оборудование, у которого отсутствует эффективность выполняемых работ.

Совершенно очевидно, что существует острая необходимость создания отечественного высокотехнологичного оборудования для комплексного выполнения работ, связанных с реабилитацией водоемов, основанной на очистке и углублении их дна. Необходимо оборудование, позволяющее производить дноуглубительные работы без понижения уровня воды или осушения водоема, в местах, труднодоступных для обычной строительной техники, в условиях городской застройки.

Возможности отечественных производителей

Предприятия, имеющие необходимую производственную базу, профессиональную обеспеченность кадрами, в России имеются. Одним из лидеров в этом сегменте является ОАО «Завод гидромеханизации», расположенный в городе Рыбинске и основанный 8 апреля 1950 г.

Завод располагает шестью основными производственными и литейным корпусами, оснащенными токарным, фрезерным, сварочным и другим необходимым для машиностроительного производства оборудованием.

Предприятие имеет свидетельства российского Морского и Речного регистров о признании ОАО «Завод гидромеханизации» судостроительным предприятием с возможностью выполнять разработку технической документации, строительство, модернизацию, переоборудование и ремонт судов, из-

готавливать изделия судового машиностроения, а также производить металлоконструкции для гидросооружений.

На заводе работают высококвалифицированные технические специалисты, которые в течение многих лет проектируют и изготавливают земснаряды для решения практических задач в различных промышленных отраслях.

Изготовление землесосных снарядов осуществляется под контролем РРР и контролем ОТК завода.

Земснаряд нового поколения

Специалистами завода проанализирован международный опыт, учтены достоинства и недостатки передовых разработок в этом направлении, и, как результат, разработан пилотный проект **многофункционального земснаряда «Водяной»**, который не только не уступает, но и по многим параметрам опережает импортные аналоги. «Водяной» — самоходная дизель-гидравлическая многофункциональная гидродобычная установка, предназначенная для выполнения специальных работ в условиях гидроотвалов, золо- и шлакоотвалов, малых рек, заросших водной растительностью водоемов, в мелиорации, ирригации, рыбоводстве. Многофункциональность «Водяного» достигается за счет комбинации землечерпательной машины с обратным ковшом и землесоса, заменяющего функции нескольких машин в одной и выполняющего все виды работ на одном участке.

Достоинства и функциональность

Самоходный универсальный земснаряд **Гидромех UNI «Водяной»** сокращает капитальные затраты на приобретение оборудования, эксплуатационные расходы, расходы на содержание, техническое обслуживание и транспортировку. Имеет высокий коэффициент использования, заменяет несколько монофункциональных машин.

Функциональные преимущества земснаряда заключаются в том, что «Водяной» способен производить дноуглубительные работы с помощью землесоса погружного типа, оснащенного механическим фрезерным рыхлителем, способным рыхлить грунты до IV категории по трудности разработки. Эффективные возможности перемещения и его устойчивость дают возможность наиболее продуктивно проводить землечерпательные работы экскаватором «обратная лопата» на различных участках рек и водоемов.

Оснащается сменным механическим рыхлителем для разработки торфяных и минеральных грунтов, имеющих в своем составе древесные, корневые и травяные включения или укоренившуюся растительность.

С помощью навесного оборудования обратного ковша или граблей возможно удалять плавающую или укоренившуюся растительность, мусор, камни со дна водоема.

По желанию заказчика земснаряд может оснащаться сваебойной установкой для забивки деревянных свай со стороны акватории и плавучим резиноканевым пульпопроводом необходимого расчетного сечения и длины.

Машина передвигается на водоем и обратно своим ходом при помощи стабилизаторов. По воде перемещается с помощью двигательной установки.

Характерные особенности и параметры (см. рис.).

Водоизмещение	до 19 т
Глубина разработки:	
землесосом	до 5 м
экскаватором	до 6 м
Мощность силовой установки	230 л. с.
Производительность по пульпе	до 500 м³/ч
Развиваемый напор	до 40 м. в. с.
Тип землесоса	погружной

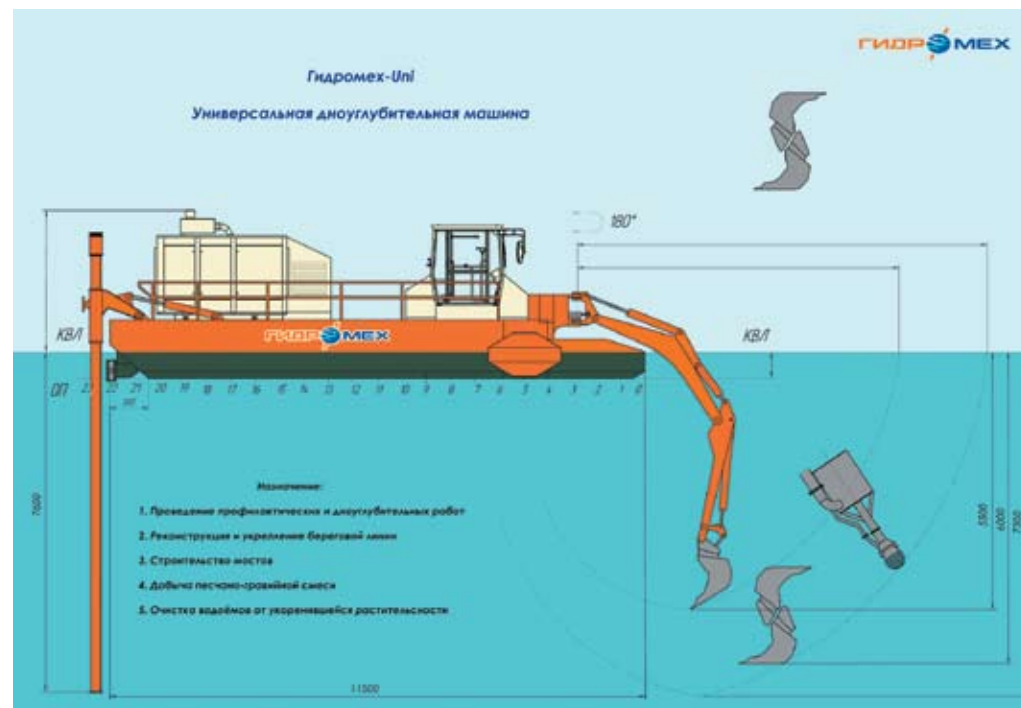


Рис. Общий вид многофункционального земснаряда Гидромех UNI «Водяной»

Землесос — ковш с фрезерно-шнековым рыхлителем для разработки илистых и торфяных грунтов погружного типа и гидроприводом. *Копер* для динамической установки свай с гидравлическими захватами. *Гидравлика*: аксиально-поршневой насос для землесоса и винта; аксиально-поршневой насос для стрелы-экскаватора, прикельных свай, пристежных понтонов. *Двигательный комплекс* на основе навесной рулевой колонки и аксиально-поршневого насоса для землесоса и винта. *Судовые устройства и другие дополнительные принадлежности*: якорно-швартовная лебедка; мачта с сигнальными огнями и сигнальными фарами на освещение кормовой части. Швартовые испытания Гидромех UNI «Водяной» намечены на май 2012 г.

Емкость ковша экскаватора	0,6 м ³
Электросистема	24 В
Скорость перемещения по воде	до 5 узлов
Дальность транспортирования пульпы по горизонтали	до 1500 м

Корпус изготавливается из судовой стали и имеет подзоры в носу и корме; на днище защитные полозья; палуба корпуса и бокового понтона изготавливаются из рифленого железа с противоскользящим антикоррозийным покрытием; устанавливаются перила с левого и правого бортов.

Кабина управления имеет эргономичный дизайн с минимальным уровнем вибрации, низким уровнем шума и обзором 360°; защищена от падающих предметов; имеет достаточно места для оператора; специальный бокс для хранения продуктов; управление осуществляется через **рычаги управления** и высокочувствительный и легко управляемый джойстик, оборудованный двойным выключателем; компьютерная система управления: центральный пульт контроля параметров; тахометр; индикатор температуры двигателя; индикатор давления масла; индикатор зарядки аккумуляторов; индикатор перегрева двигателя; индикатор уровня рабочих жидкостей; счетчик моточасов; эхолот.

Главный двигатель — дизель, 8-цилиндровый, с V-образным расположением цилиндров, ЯМЗ-238-НДЗ мощностью 173(230) кВт (л. с.). Стрела — экскаватор — манипулятор выполняется в виде очень прочной пустотелой сваренной из легированного металлопроката конструкции, состоящей из двух звеньев, соединенных между собой. Головная часть стрелы экскаватора опирается на гидроцилиндры, при помощи которых изменяется угол наклона;

пята стрелы шарнирно закреплена в проушинах поворотной рамы, к которой также присоединены и гидроцилиндры ее подъема.

Прикельные сваи размещаются в корме и имеют возможность изменять угол наклона. В носовой части располагаются передние стабилизаторы.

Землесос погружного типа с фрезерным рыхлителем и гидравлическим приводом. Фрезерный рыхлитель открытого типа.

ЗАВОД ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ

152916 Россия, г. Рыбинск, Ярославская обл.,
ул. Суворова, д. 36
Координаты для GPS-навигатора — 38.846234, 58.045849
Тел. +7 (4855) 20-95-34 — приемная
Факс +7 (4855) 20-96-57
e-mail: info@hydromec.ru

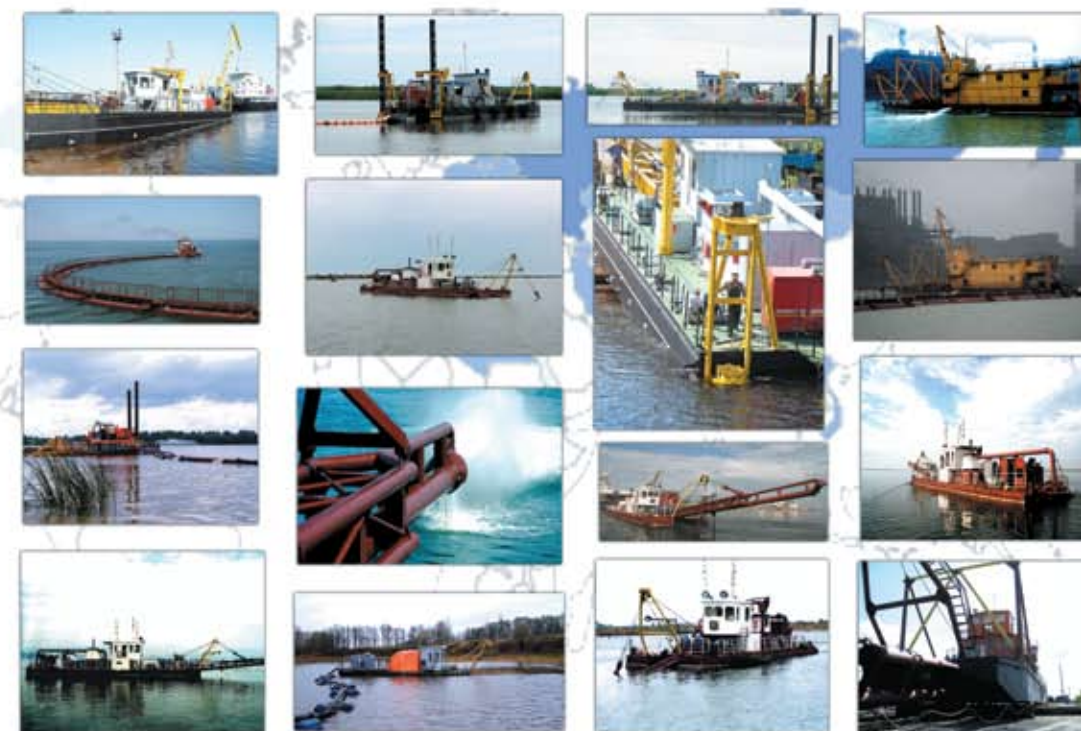
Московский офис:
119071 Россия, г. Москва,
ул. Малая Калужская, д. 15, строение 33
Тел. +7 (495) 780-7178
Факс +7 (495) 780-7159
E-mail: shtin@hydromec.ru

www.hydromec.ru



Производство

- Земснарядов мощностью от 100 до 8000 м³
- Грунтовых и шламовых насосов



ОАО «Завод Гидромеханизации»
Россия, 152916, Ярославская обл.,
г.Рыбинск, ул.Суворова, 36

www.hydromec.ru



РЕШЕНИЕ VI СЪЕЗДА ГИДРОМЕХАНИЗАТОРОВ РОССИИ

(8–10 февраля 2012 г.)

Одним из значительных событий в жизни горной промышленности и гидротехнического строительства, связанных с проблемами гидромеханизации, являются съезды гидромеханизаторов России. Съезды привлекают внимание многих известных российских и зарубежных специалистов, профессорский, аспирантский состав ведущих отраслевых вузов России.

Участниками съезда стали руководители отраслевых предприятий, представители ведущих зарубежных фирм, проектных организаций, заводов-изготовителей российского оборудования, конструкторских бюро, юридических компаний, Госстроя России, надзорных организаций, представители деловых кругов, ученые, аспиранты и студенты.

Основной задачей съездов является объединение усилий ведущих специалистов, деловых кругов, ученых и работников высшей школы, занятых развитием и применением методов, техники и технологии для решения жизненно важных задач в угольной горнорудной промышленности и промышленности строительных горных пород; в восстановлении водных объектов (озер, прудов, малых рек); при обустройстве месторождений нефти и газа; в строительстве железнодорожных и автомобильных дорог; намыве площадей под промышленное и гражданское строительство.

Возросшую масштабность и действенность съездов известных профессионалов — крупнейших ученых и широкую горную общественность обеспечивает оргкомитет, состоящий из представителей ряда ведущих организаций, председателем которого является почетный работник науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор Московского государственного горного университета Иван Михайлович Ялтанец.

На съезде было зарегистрировано 115 делегатов различных предприятий и организаций России и зарубежных государств, заявлены 35 докладов и заслушано 25 докладов и сообщений по направлениям:

- кадры гидромеханизации России;
- проектные решения горных работ и их оценка;
- средства гидромеханизации горных и строительных работ;
- технология горных и строительных работ;
- система гидротранспорта;
- процесс обезвоживания при переработке (обогащении) горной массы;
- охрана окружающей природной среды;
- контрольно-измерительные приборы в гидромеханизации;
- опыт работы предприятий;
- нормативно-правовые документы.

На съезде шестнадцати делегатам была вручена памятная медаль «За заслуги в развитии гидромеханизации в России», которая была учреждена на IV Съезде для награждения работников сферы образования, науки и промышленных предприятий, имеющих отношение к гидромеханизации горных и строительных работ, а также иных лиц, внесших значительный вклад в развитие гидромеханизации.

В результате обмена мнениями и поступивших предложений на VI Съезде гидромеханизаторов России приняты следующие **положения и решения**:

Несмотря на ежегодное сокращение объемов работ по производству земляных работ, оживилась работа по изготовлению и модернизации средств гидромеханизации заводами-изготовителями и производителями:

1.1. Следует отметить успешную работу нового руководства ОАО «Завод гидромеханизации» (г. Рыбинск) по восстановлению мощности завода и выпуску земснарядов большой и средней мощности, применению легированной износостойчивой стали в литье деталей грунтовых насосов, изготовлению новых комплексов приборов для земснарядов. Образован Научно-технический центр в составе завода, привлекаются КБ судостроительных заводов для проектирования новых земснарядов.



1.2. ЗАО «Цимлянский судомеханический завод» (г. Цимлянск) обновил проекты земснарядов, выпустил опытные образцы земснарядов с моноблоками погружных грунтовых насосов и приборным комплексом.

1.3. ООО «Рассвет-К» (г. Курск) продолжает выпускать и обновлять резино-каневую продукцию для земснарядов и горной промышленности, в частности фильтрующие трубы — емкости для складирования пульпы и выделения грунта при очистке городских водоемов; аварийные резонно-каневые заграждения — дамбы высотой до 3 м для МЧС, шланговые задвижки для регулирования расхода земснаряда.

1.4. ОАО «Промгидромеханизация» (г. Москва) продолжает выпуск малых и средних земснарядов с погружным грунтовым насосом. В настоящее время в условиях России простое техническое решение погружения грунтового насоса с помощью серийного надводного электродвигателя и валопровода является единственно возможным надежным и эффективным устройством, позволяющим увеличить глубину разработки грунта земснарядом до 30 м. Многолетняя успешная эксплуатация этих земснарядов позволяет отказываться от изготовления и использования энергоемких эжекторных устройств с КПД 20–25%.

Ввиду высокой оценки стоимости земли в России и чрезвычайно долгой и затратной процедуры отвода земли для ор-

ганизации добычи песка и гравия, используемых в строительстве, необходима обработка запасов недр на полную глубину, нередко до 30 м и более. В России осталось много не закрытых по геологическим запасам карьеров из-за ограниченной возможности глубины разработки с помощью ранее эксплуатируемых земснарядов. Эти запасы необходимо доработать с помощью земснарядов с погружным грунтовым насосом, а вновь открываемые месторождения сразу разрабатывать на полную глубину залегания промышленных запасов.

Необходимо отметить, что ряд производственных организаций небезуспешно проводит опытно-промышленные работы по добыче озерного сапропеля естественной влажности с помощью земснаряда с винтовым насосом. При этом используется как старая чековая технология обезвоживания (ООО «Октябрьский ССРЗ-НН», ООО «Сапропель»), так и новая технология одновременной добычи и расфасовки органической смеси в трубы на латвийском предприятии ENT ENGINEERING. Но успех, безусловно, полезной для сельского хозяйства добычи этого высокоэффективного органического удобрения, повышающего урожайность культур не менее чем на 20%, упирается в ограниченность сбыта. Если ранее совхозы и колхозы на этапе внедрения получали дотацию для стимулирования применения этого удобрения, сегодня таких дотаций нет.

Съезд гидромеханизаторов обращается к Министерству сельского хозяйства России с просьбой поддержать развитие добычи сапропеля в России, пока зарубежные фирмы не успели скупить все озера России с огромными запасами сапропеля. В этом уже прослеживается не только настоящая, но и будущая продовольственная зависимость России от зарубежных фирм.

Следует отметить выполненную рядом работников ООО «Адмир Евразия», НПО «Гольфстрим», МГГУ и других организаций НИР и ОКР по применению технологии Geotube® Dewatering в процессах обезвоживания в добыче и переработке сырья в горной промышленности.

Участники Съезда выражают благодарность представителям зарубежных фирм за интересное сообщение о насосах и арматуре известной в мире корпорации ITT Goulds Pumps.

Рекомендовать ведущим гидромеханизированным предприятиям способствовать учебным заведениям в выпуске высококвалифицированных специалистов в области гидромеханизации, принимать студентов на полноценные производственные практики с предоставлением руководителей от производства, с проживанием и оплатой расходов студентов в период прохождения практики.

Встреча участников VI Съезда прошла в теплой и деловой атмосфере, что является отличительной особенностью как последнего, так и всех пяти предыдущих съездов гидромеханизаторов России.





Технологический лидер

Концепция Watermaster берет начало с середины 1980-х, когда был выпущен первый земснаряд Watermaster Classic и началась новая эра в производстве земснарядов. Земснаряды Watermaster создали совершенно новую категорию землеройной и строительной техники, объединив в себе многофункциональность с инновационными возможностями и мобильностью. Данная концепция систематически развивалась в течение последующих десятилетий с учетом отзывов потребителей и опыта эксплуатации земснарядов Watermaster во многих странах мира. Новые поколения земснарядов Watermaster были выпущены в 1996 г. (Classic II) и в 2003 г. (Classic III), они представляли собой дальнейшее развитие уникальной концепции Watermaster.



Сегодня компания «Аквამек» испытывает гордость, представляя новейшее поколение земснарядов Watermaster — модель Classic IV, которая начала выпускаться с 2011 г. и явилась воплощением знаний и опыта, накопленных за истекшие десятилетия. Classic IV может работать на больших глубинах по сравнению с предыдущей моделью, улучшены силовые показатели экскаваторного механизма, Classic IV имеет обратный ковш большего объема для экскаваторных работ, более мощные стабилизаторы, новую кабину и многие другие улучшения, позволяющие закрепить успех, которым пользуется земснаряд Watermaster у потребителей, сочетая многофункциональность, мобильность, надежность и комфортность. Classic IV способствует дальнейшему усилению прочной позиции земснарядов Watermaster на рынке дноуглубительной техники как технологического лидера в области мобильных земснарядов.

Watermaster Classic IV

Модель Classic IV является новым поколением многофункциональных мобильных земснарядов Watermaster. Classic IV имеет новую улучшенную конструкцию стрелы, которая позволяет производить работы на больших глубинах, при этом устойчивость земснаряда обеспечивается за счет удлиненных и усиленных стабилизаторов. Были также усилены цилиндры в экскаваторном механизме и в стабилизаторах, что привело к усилению рабочих механизмов и повышению эффективности модели Classic IV и еще большей ее мобильности. Это позволило увеличить размеры обратного ковша земснаряда Watermaster — базового приспособления для дноуглубительных работ. Теперь емкость обратного ковша



Сравнение	Classic III	Classic IV	Увеличение
Макс. рабочая глубина (ниже поверхности воды)			
При работе режущим землесосом	5,3 м	6,3 м	+ 1 м
При работе обратным ковшом	4,3 м	5,3 м	+ 1 м
При работе ковшом-грейфером	4,8 м	5,8 м	+ 1 м
Макс. глубина для стабилизаторов			
Передние стабилизаторы со съемными поплавками	3,6 м	5,0 м	+1,4 м
Задние наклоняющиеся стабилизаторы, макс. глубина	4,9 м	6,7 м	+ 1,8 м
Макс. силовые моменты экскаваторного механизма			
Усилие подъема при макс. вылете стрелы	16 кН	22 кН	+ 38%
Усилие копания цилиндра рукояти	40 кН	47 кН	+ 18%
Усилие отрыва цилиндра ковша	77 кН	83 кН	+ 8%
Макс. усилия для стабилизаторов			
Усилие подъема задних стабилизаторов	67 кН	82 кН	+ 27%

составляет 500 л (вместо прежних 400 л), а емкость ковша-грейфера — 600 л (вместо прежних 500 л). Корпус земснаряда Watermaster теперь на 0,5 м длиннее и имеет большее палубное пространство и улучшенные характеристики плавучести. Classic IV предлагает новую улучшенную кабину LX, максимально удобную для оператора, с прекрасным обзором и отвечающую всем требованиям безопасности. Новое сиденье в кабине может поворачиваться для удобного входа и выхода оператора. В кабине LX есть также небольшое сиденье для инструктора или второго оператора. Кабина LX оснащена сертифицированной конструкцией FOPS (конструкция для защиты от падающих предметов), которая представляет собой важнейший фактор безопасности



Aquamec Ltd. P.O. Box 260, FIN-27801 Säkyli, Finland
Tel: +358 10 402 6400, Fax: +385 10 402 6422
E-mail: watermaster@aquamec.fi
WWW.WATERMASTER.FI

Представительство по странам СНГ
125040 Москва, ул. Скаковая, д. 17
Тел. (495) 945-15-51, факс (495) 945-15-45
E-mail: meta@mcn.ru

WWW.AQUAMEC.RU

НОВАЯ СИСТЕМА АКТИВНОГО ОБОГРЕВА ВОДОЛАЗА В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Иголкин В. В.,

ведущий специалист по водолазному снаряжению ОАО «Тетис Про»



Строительство и ремонт гидротехнических сооружений зачастую ведутся в агрессивных средах и при низких температурах. В таких условиях безопасность водолаза, равно как и успешность проводимых им подводно-технических работ, зависят от используемого снаряжения и оборудования. Защитить водолаза от переохлаждения и обеспечить эффективность его труда может снаряжение с активным обогревом — например, с системой электрообогрева. Именно о такой системе, а также о свойствах и преимуществах ее использования, пойдет речь в данной статье.

С момента создания водолазного снаряжения специалистами разных стран предпринимались попытки разработать экипировку с использованием электрообогрева для различных областей деятельности, в том числе и водолазной. В результате на сегодняшний день в мире представлено множество различных вариантов «наземной» спецодежды и утеплителей с опцией электрообогрева. В части подводной деятельности существуют свои разработки, о которых мы расскажем далее.

В начале развития электрообогреваемого снаряжения первые модели, изобретенные для использования водолазами, были чрезвычайно громоздки и весьма небезопасны. В частности, в процессе эксплуатации и при транспортировке теплопроводящие элементы (провода) выходили из строя, аккумуляторы имели недостаточную работоспособность, гидроизоляция аккумуляторов, контактов и нагревательных элементов отсутствовала или была недостаточной при затоплении утеплителя. Кроме того, возникали трудности с конструкцией терморегуляции.

Часто подобные неудобства и неисправности приводили к различного рода авариям и травмам водолазов, таким как электрошок, ожоги, невыполнение



Электрообогреваемый водолазный комбинезон-утеплитель — термозащитная экипировка водолаза, обеспечивающая обогрев с помощью электронагревательных элементов, надеваемая под водолазный гидрокombинезон



декомпрессионных режимов, переохлаждение и пр. К тому же до недавнего времени выбор подобного оборудования был ограничен, и большинство моделей сохраняло достаточно высокую стоимость.

В настоящее время за рубежом наиболее популярными средствами подводной теплозащиты являются такие системы электрообогрева, как: Fa&MI (Италия), Turphoon Ice Breaker (США), Santi (Польша), UTD (США), Golem gear (США) и т. д. В России разработкой современной и безопасной системы электрообогреваемого снаряжения занимаются специалисты компании «Тетис Про», которая имеет 20-летний опыт оснащения специальных служб и ведомств России водолазным снаряжением и оборудованием для проведения подводных работ любой сложности.

В настоящее время разработчики «Тетис Про» заняты вопросом создания многофункциональной системы электрообогрева, способной соответствовать требованиям как подводников-любителей, так и профессионалов, выполняющих подводно-технические, поисково-спасательные и другие виды работ. Многофункциональностью этой системы в первую очередь является эффективное сочетание «активной» и «пассивной» термозащиты водолаза. Говоря иначе, утеплитель (будь то жилет или комбинезон) изготавливается из специального материала, способного непосредственно выполнять функции термозащиты. При таком подходе электрообогрев включается по необходимости, т. е. с интервалами, и батареи, рассчитанной на 45 мин. непрерывной работы, может хватить на 2–3 часа погружений.

Как дополнительные, но важные функции системы электрообогрева разработчики планируют включить регулировку температуры обогрева и постоянную подачу питания (с возможностью отключения) по кабель-шланговой связке (КШС). Последняя функция позволит проводить под водой длительное количество времени без риска переохлаждения водолаза, а дополнительная внешняя аккумуляторная батарея-канистра будет служить своеобразным резервом — на случай выхода из строя основного источника электропитания.

В настоящее время планируется представление двух элементов электрообогрева производства «Тетис Про». Прежде всего это жилет с вариантами питания от внутреннего и внешнего источника. Вторым вариантом теплозащиты является комбинезон-утеплитель с внешним источником питания и источником постоянной подачи питания с поверхности.

Предварительные испытания новых разработок компании были проведены осенью 2011 г. в Строгинской пойме (черта г. Москвы). В процессе испытаний был задействован жилет с внешним источником питания, водолазные спуски проводились при температуре воды +5 °С. По результатам прошедших испытаний было отмечено комфортное состояние водолаза в течение 120-минутного погружения при работе источника на максимальной мощности в течение 50 мин. Следующий этап испытаний новой разработки запланирован на конец марта 2012 г. Водолазные спуски будут проходить с применением электрообогреваемого комбинезона-утеплителя при низкой температуре воды. Это позволит протестировать снаряжение в условиях, аналогичных северным.

Разработчики надеются, что новая система теплозащиты с применением электрообогрева значительно облегчит труд водолазов, работающих при низких температурах длительное время.



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

«ПОКА Я ПОМНЮ, Я ЖИВУ»

К ОТКРЫТИЮ КРОНШТАДТСКОГО МОРСКОГО МУЗЕЯ



4 мая 2012 г. в рамках юбилейного празднования Дня водолаза России в городе Кронштадте, колыбели и кузнице кадров Военно-Морского Флота нашей страны, произойдет достаточно редкое для современной России событие — открытие музея, при этом музея не государственного, а скорее общественного, организованного энтузиастами-единомышленниками. Основная цель создания Кронштадтского морского музея — передача современному молодому поколению интереса к техническому творчеству путем предоставления возможности знакомства с уникальными техническими разработками, технологиями и особенностями исторической и современной техники; возможности наглядно познакомиться с героической историей своей нации, своих предков, знать и гордиться историей своей страны, историей подвигов, свершений и открытий.

Появление такого музея не могло быть случайным. Слово ведомые рукой судьбы, произошли несколько встреч людей, разных по возрасту и профессиональной деятельности, которые предопределили дальнейшую судьбу создания, становления и развития музея. Два жителя Кронштадта, два кадровых военных моряка — военный пенсионер Владимир Николаевич Шатров и руководитель инженерной компании Артём Юрьевич Мельников познакомились в мае 2011 г. на субботнике по уборке Летнего сада (г. Кронштадт). Разные по времени и месту обстоятельства складывались вместе, направляя организаторов в нужном направлении. Не случайным оказалось и место, где был организован музей. Кронштадт — морской форпост Санкт-Петербурга и России, уникальный город, заряженный энергией кругосветных путешествий, географических открытий, великих изобретений.

Музейная экспозиция начала свое существование еще 12 лет назад в фотографиях и письмах — с выставки, посвященной героическим свидетельствам Великой Отечественной войны, истории Кронштадта и его жителей, организованной на собственные средства патриотом нашей Родины, кадровым военным, подводником, хранителем военной истории Владимиром Николаевичем Шатровым. Выставка размещалась в сыром подвальной помещении площадью 23 м², однако уже тогда, благодаря энтузиазму и душевному порыву одного человека, была достаточно известна и популярна в Кронштадте. Однако уникальные экспонаты, собранные на выставке, свидетельствующие о полной трагических событий и великих побед истории города воинской славы, в силу от-



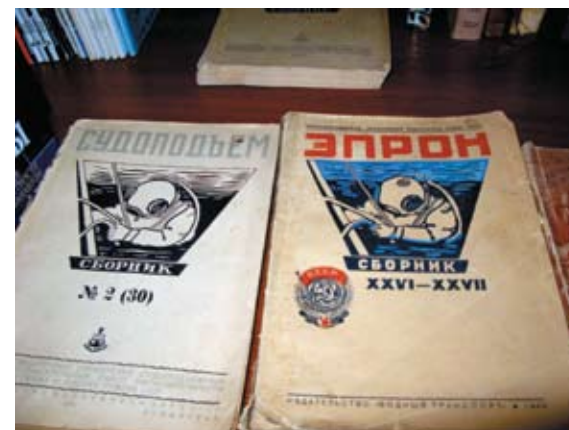
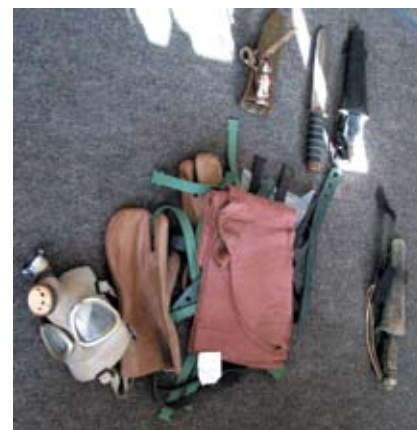
сутствия какой-либо государственной и общественной поддержки постепенно утрачивались, поскольку подвальное помещение постоянно затопливалось. Но, как известно, жизнь все ставит на свои места, определяя истинные ценности, расставляя правильные приоритеты. Случайная, по сути, встреча двух не равнодушных к вопросу сохранения достигнутого нашими предками, дедами и отцами исторического наследия



Дом Бритневых, где сегодня на 2 этаже располагается Кронштадтский морской музей



Основатель музея В. Н. Шатров (слева); А. Ю. Мельников (справа)



людей дала возможность вдохнуть новую жизнь в созданную выставку, вывести ее на совершенно новый уровень, дав возможность стать полноценным музеем — музеем водолазного дела России, военно-морской истории, истории Кронштадта.

За достаточно короткий срок было подобрано новое просторное помещение, полностью соответствующее всем современным требованиям и важности размещаемого в нем музея. И опять-таки не случайно этим помещением стала большая часть второго этажа исторического здания-особняка постройки начала XX в., находящегося в самом центре Кронштадта, до революции принадлежавшего семье Михаила Осиповича Бритнева. Будучи выходцем из купеческой семьи, проживавшей в Кронштадте с 1736 г., Бритнев был судовладельцем, судостроителем, создателем первого в мире ледокольного судна «Пайлот» (1864), построенного им по собственным чертежам. Он первым в России начал использование плавучих кранов и водоотливных пароходов, стоял у истоков создания отечественной аварийно-спасательной службы и, что особенно примечательно, был основателем первой в России частной водолазной школы (1869).

Так создалась полноценная выставочная площадка, где усилиями патриотов и энтузиастов своего дела начали формироваться фонды и экспозиции музея. Сейчас уже сложно представить, как бы развивался музей, если бы не деятельное участие в его становлении таких людей, как: историк водолазного дела, писатель, акванавт Павел Андреевич Боровиков; генеральный директор ООО «Шельф» Василий Васильевич Величко; президент НП «Ассоциация водолазов» Александр Викторович Демидов; генеральный директор ЗАО «Океанос» Владислав Юрьевич Занин; президент группы компаний «Шельф» Владимир Алексеевич Летучий; командир 328 ЭАСО ВМФ, капитан II ранга Андрей Викторович Новожилов; капитан II ранга в отставке Александр Афанасьевич Новоселов;



генеральный директор ООО «Спрут» Константин Алексеевич Пцарев; главный водолазный специалист ЗАО «Подводрестрой-И» Равиль Рашитович Салихов; капитан II ранга в отставке Владимир Валентинович Соколов и многие, многие другие.

В дополнение к большому количеству раритетных экспонатов музей оснащен по последнему слову техники: во всех залах и библиотеке установлены современные широкоформатные демонстрационные системы, смонтированы комплексы wi-fi, оборудован лекционный зал, формируется единый банк электронных данных — фотографий, видеоматериалов, профильной литературы. Специальное помещение отведено под библиотеку, которая уже сейчас хранит профессиональные издания, художественные альбомы, исторические книги разных времен по морской и военной тематике. Некоторые из представленных здесь изданий, профессиональных журналов 20–40-х гг. прошлого века, безвозвратно утеряны, и найти их трудно даже в национальных библиотеках.

Видя, что уже сделано в музее, чувствуя настрой организаторов, их душевный порыв, можно с уверенностью сказать, что новый музей достигнет поставленной перед ним задачи — сохранения морских традиций, богатой культуры и многовековой героической истории создания и развития отечественного Военно-Морского и Морского Флота, сохранения преемственности поколений, достойного воспитания молодежи. И многие из тех мальчишек и девочек, кто уже приходит в пока не заверченный музей, обязательно вырастут подводниками, капитанами кораблей, инженерами морской техники и просто людьми, понимающими, что такое Родина, знающими и умеющими ценить ее историю и традиции, настоящими людьми, живущими по принципу, который очень коротко и емко сформулировал Роберт Рождественский: «Пока я помню, я живу».



ВОДОЛАЗНОМУ ДЕЛУ РОССИИ — 130 ЛЕТ

Поздравляем всех водолазов, специалистов по подводно-техническим работам с профессиональным праздником — Днем водолаза России! Ваш труд, который по силам лишь людям, обладающим мужеством, стойкостью, волей и высочайшим профессиональным уровнем, заслуживает самого высокого уважения. Вы решали наисложнейшие задачи, нередко связанные с риском для жизни, на великих стройках страны, на важнейших стратегических объектах, спасали человеческие жизни, предотвращали катастрофы — беззаветно служили и продолжаете служить Родине. Отдавая дань традициям и при этом следуя времени и техническому прогрессу, вы сохраняете профессию, которая будет востребована всегда, какие бы совершенные машины ни приходили на смену человеку. С праздником, дорогие профессионалы, настоящие мужчины и патриоты своей страны!

Почему именно 5 мая 1882 г. выбрано как день профессионального праздника — День водолаза России? Ведь первое индивидуальное водолазное снаряжение России — снаряжение Гаузена — было принято на снабжение в Военно-Морском флоте в 1829 г. — более чем на полвека ранее? А в водолазных колоколах российские моряки ходили под воду уже при Петре I, а это еще почти на сто лет раньше?

Однако мы особо выделяем создание Кронштадтской водолазной школы из общего ряда событий, складывающихся в историю водолазного дела России. С созданием Школы начала формироваться отечественная **инфраструктура** водолазного дела, объединяющая в себе выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, экспериментальное и серийное производство водолазной техники, подготовку специалистов и разработку специализированной нормативно-руководящей документации — всего того, что превратило водолазное дело России из полукустарного занятия одиночек в передовую не только в России, но и на мировом уровне отрасль производственной деятельности человека. Именно поэтому день создания Кронштадтской водолазной школы стал Днем водолаза России.

Обо всем этом подробнее наш журнал расскажет в следующих номерах, открывая специальный раздел, посвященный нелегкой, временами противоречивой, но славной истории отечественного водолазного дела.



1925 г. Обследование дна при строительстве моста через р. Енисей



1925 г. Восстановление моста через р. Амур

Некоммерческое партнерство «АССОЦИАЦИЯ ВОДОЛАЗОВ»

приглашает на праздничные мероприятия
в Санкт-Петербурге, посвященные 130-летию
Кронштадтской школы водолазов

ПЛАН МЕРОПРИЯТИЙ:

4 мая

Петропавловская крепость

11:30–12:00. Сбор членов Межведомственной комиссии по водолазному делу, ветеранов Великой Отечественной войны, Героев Советского Союза и России, почетных гостей, представителей администрации Санкт-Петербурга, представителей СМИ.

11:30–12:00. Интервью представителям СМИ председателя МКВД, представителей министерств и ведомств, ветеранов, Героев Советского Союза и России.

12:00. Выстрел из сигнального орудия Петропавловской крепости, произведенный ветеранами Великой Отечественной войны, водолазными специалистами, капитаном I ранга Ф. Е. Заболотным и капитаном I ранга И. Г. Доботой.

12:20–13:20. Переезд на автобусах в г. Кронштадт.

Кронштадт

13:30–13:50. Открытие мемориальной доски на здании, в котором находилась Кронштадтская водолазная школа.

14:00–14:30. Открытие Морского водолазного музея г. Кронштадта. Осмотр экспозиций.

15:30–18:00. Заседание Межведомственной комиссии по водолазному делу.

18:30–20:00. Экскурсия по историческим местам г. Кронштадта.

5 мая

Санкт-Петербург

11:00–15:00. Праздничные мероприятия для гостей и жителей Санкт-Петербурга на набережной лейтенанта Шмидта: поздравления руководителей Санкт-Петербурга, Ленинградской области, Северо-Западного федерального округа, Межведомственной комиссии по водолазному делу, членов МКВД. Праздничный концерт, показательные водолазные спуски, водолазная спортивная эстафета, выставка водолазного снаряжения и оборудования и другие мероприятия.

15:30–17:30. Торжественное собрание и концерт.

18:00–21:00. Праздничный ужин.

В честь 130-летия Кронштадтской школы водолазов будет выпущена юбилейная медаль.

Телефон для связи: +7 921 903-0310,
Демидов Александр Викторович,
президент НП «Ассоциация водолазов»

Редакция благодарит за предоставленные материалы П. А. Боровикова, А. В. Демидова. Фотографии предоставлены музеем Красноярской железной дороги.

КОМПЛЕКСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЧЁРНЫМ
СОРТОВЫМ И ФАСОННЫМ МЕТАЛЛОПРОКАТОМ

МЕТАЛЛОПРОКАТ, ШПУНТ **Ы**



ПРОФИЛЬ
ГРУППА ФИРМ

ЛУЧШИХ ШПУНТОВ
И НЕ БЫЛО
И НЕТ!

ДАЕШЬ
ШПУНТЫ



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

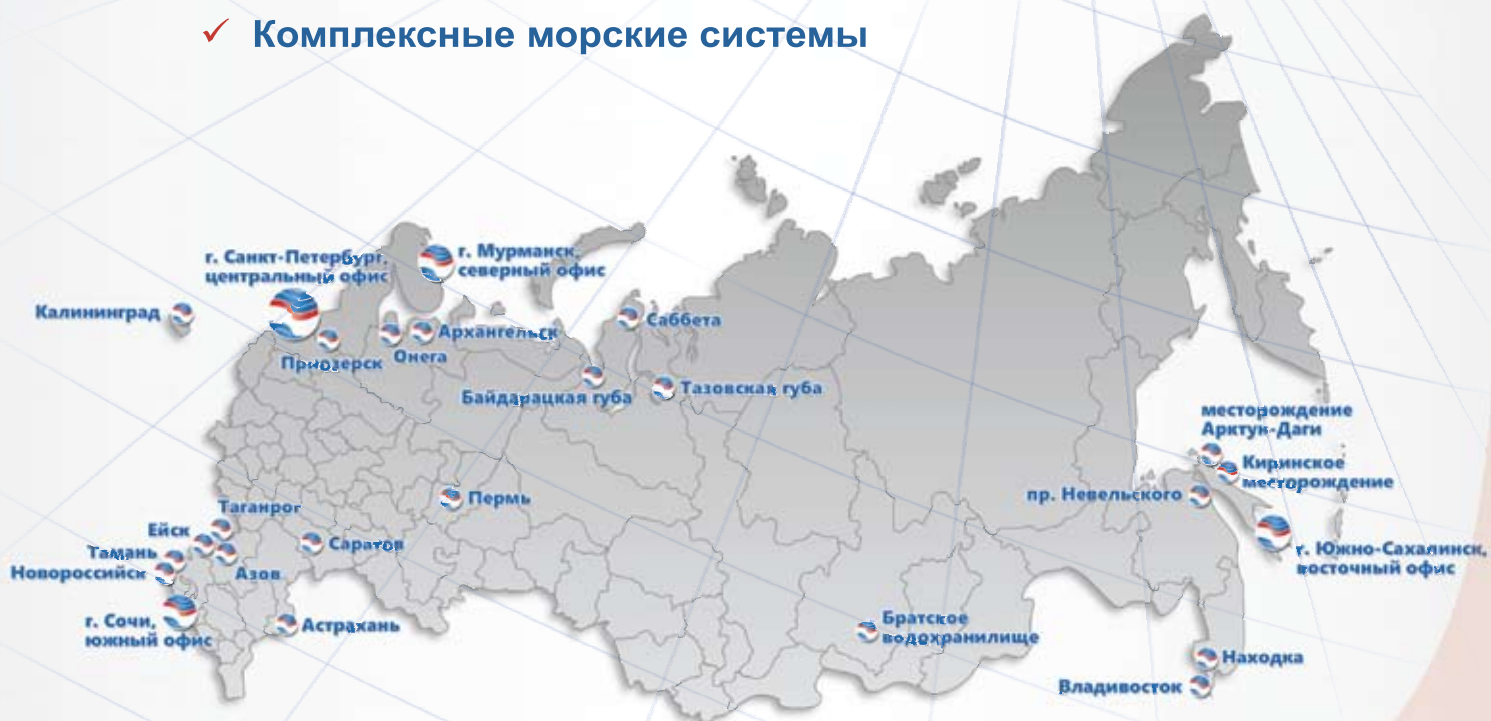
**ИНЖЕНЕРНОЕ
ИСКУССТВО**



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