



# ГИДРО- ТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Ежемесячный  
научно-технический журнал

УЧРЕДИТЕЛИ:

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РФ,

ОАО «РУСГИДРО»,

АССОЦИАЦИЯ «КОРПОРАЦИЯ ЕЭЭК»,

ЗАО НТФ «ЭНЕРГОПРОГРЕСС»,

НП «НТС ЕЭС»

Основан в 1930 г.

№ 10

октябрь

2010

## Содержание

Лапин Г. Г. Журналу “Гидротехническое строительство” – 80 лет . . . . .	2	Поздравление М. Ф. Красильникову. . . . .	35
<b>75-летие ОАО “Трест Гидромонтаж”</b>		<b>Строительство и эксплуатация</b>	
Бусыгин А. В. Открытому акционерному обществу “Трест Гидромонтаж” — 75 лет . . . . .	4	Василевский А. Г., Дерюгин Г. К., Тихонова Т. С. Опыт эксплуатации механического оборудования водосбросных сооружений гидроузлов . . . . .	36
Бусыгин А. В. Главная наша сила — это люди	5	Каякин В. В., Пигалёв А. С., Насиров М. Ж. Система предупреждения обрушения скального массива на бетонную плотину Токтогульской ГЭС . . . . .	43
Дмитриев В. А. Специальное проектное и конструкторско-технологическое бюро “Ленгидросталь” (1934 – 2010 гг.) . . . . .	11	Корпачев В. П., Губин И. В., Андрияс А. А. Оценка запасов плавающей древесной массы на акватории водохранилища Саяно-Шушенской ГЭС . . . . .	50
Тюхаев О. К. Напорные водоводы Загорской ГАЭС-2. . . . .	16	<b>Российские энергетики</b>	
Тузман А. М. Проектирование стальных напорных трубопроводов в СПКТБ “Запорожгидросталь” . . . . .	21	Г. К. Суханов (к 100-летию со дня рождения) . . . . .	53
Куценко А. Ф. Особенности замены ремонтных ворот нижней головы Каховского шлюза. . . . .	25	С. С. Агалаков (к 100-летию со дня рождения) . . . . .	54
Гаража П. Г. Гидропривод для маневрирования аварийно-ремонтным затвором водоприемника ГЭС Эль Кахон в Мексике . . . . .	27	<b>Дискуссии</b>	
Дунаев В. С. Интеграция Систем менеджмента в ОАО “Трест Гидромонтаж”. . . . .	29	Судаков В. Б. О долговечности и технологичности ступенчатых водосбросов . . . . .	55

# Журналу “Гидротехническое строительство” — 80 лет



Дорогие читатели, уважаемые коллеги!

В октябре 2010 г. журнал “Гидротехническое строительство” отмечает 80-летний юбилей. С этой знаменательной датой я поздравляю читателей, авторов статей, руководителей организаций, оказывающих неоценимую помощь и поддержку журналу, редакционную коллегию и редакцию, внештатных рецензентов – всех, кому журнал известен и дорог.

Появление журнала “Гидротехническое строительство” тесно связано с историей индустриализации нашей страны, с реализацией грандиозного плана комплексного развития народного хозяйства на базе электрификации – плана ГОЭЛРО. Как известно, планом ГОЭЛРО намечалось широкое освоение водных ресурсов страны – Волги, Днепра, рек севера европейской части страны, Закавказья, Средней Азии. Предстояло не только глубокое изучение водных ресурсов страны, но и широкий обмен первым опытом их освоения. В этих условиях возникла необходимость создания всесоюзного журнала “Гидротехническое строительство”, первый номер которого вышел в октябре 1930 г. как печатный орган Всесоюзного треста по гидротехническим сооружениям “Гидротехстрой”. Перед редакцией журнала была поставлена задача объединения творческих усилий ученых, изыскателей, проектировщиков, строителей для широкого обмена опытом, обсуждения инженерной общественностью актуальных проблем гидростроительства.

Журнал быстро завоевал авторитет среди специалистов, занимающихся гидротехническими, водохозяйственными и воднотранспортными проблемами и стал объединенным печатным органом Гидроэлектропроекта, Средволгостроя, сектора водных ресурсов Госплана СССР, Всесоюзного гидроНТО, Научно-исследовательского института гидроэнергетики в Ленинграде, Науч-

но-исследовательского гидроэнергетического института в Москве, а позднее – Главгидроэнергостроя и Гидроэнергопроекта. Если первые номера в 1930 г. печатались тиражом 800 экземпляров, то уже в следующем году тираж вырос до 3 тыс., а затем до 7 тыс. экземпляров, о чем сегодня приходится только мечтать. Издание журнала не прекращалось даже в труднейшие для страны годы Великой Отечественной войны.

В период бурного развития гидротехнического строительства, сооружения крупных гидроузлов на Волге и Днепре, освоения сибирских рек Ангары и Енисея, рек Средней Азии и Кавказа от журнала потребовалось дальнейшее повышение эффективности освещения и обсуждения возникающих вопросов. В этот период был значительно расширен состав редколлегии, в нее были привлечены крупные специалисты-гидротехники: на строящихся объектах гидроэнергетики были созданы корреспондентские посты, которые регулярно освещали ход строительства, опыт работы и достижения коллективов.

В 1980 г. Указом Президиума Верховного Совета СССР за заслуги в развитии гидротехнического строительства и гидроэнергетики, пропаганде научно-технических достижений, передового производственного опыта журнал “Гидротехническое строительство” был награжден орденом “Знак Почета”.

Являясь научно-техническим изданием, журнал много внимания уделял и уделяет теоретическим разработкам в области гидравлики, гидротехники и гидроэнергетики. В нем рассматриваются вопросы безопасности гидротехнических сооружений, экологии, повышения сейсмостойкости энергообъектов, вопросы технического перевооружения и реконструкции гидроузлов. В журнале регулярно освещаются решения всероссийских совещаний по гидроэнергетике, публикуются статьи, касающиеся развития гидроэнергетики и состояния эксплуатации ГЭС в странах СНГ и за рубежом, освещается работа международных организаций и российских представителей в Международной комиссии по большим плотинам (ICOLD) и Международной ассоциации по гидравлическим исследованиям (МАГИ). Наиболее интересные и актуальные статьи журнала совместно со статьями журнала “Электрические станции” переводятся на английский язык в США в журнале “Power Technology and Engineering”.

За годы издания журнал публиковал статьи практически по всем гидроузлам и крупным гидротехническим сооружениям бывшего СССР, многим вопросам гидравлики, гидротехники и гидроэнергетики, поэтому по праву может считаться “большой энциклопедией гидротехнического строительства России и стран СНГ”.

Безусловно, успехи журнала были бы невозможны без большой повседневной работы редакции, редколлегии, рецензентов, авторов и, разумеется, огромного числа читателей и подписчиков. В журнале активное участие принимали крупнейшие гидротехники и гидроэнергетики страны: академики Г. М. Кржижановский, Г. О. Графтио, А. В. Винтер, Б. Е. Веденеев; члены-корреспонденты АН СССР Б. К. Александров, Н. Н. Ковалев, П. С. Непорожний, Н. В. Разин, Н. А. Малышев, ог-

ромное число докторов и кандидатов наук, видных инженеров-гидротехников.

Журналом руководили крупные специалисты-гидротехники страны. С 1937 по 1960 г. главным редактором журнала был директор института “Гидроэнергопроект”, доктор технических наук, профессор А. Н. Вознесенский, затем его сменил доктор технических наук, профессор В. С. Эрстов. С 1963 по 1970 г. журнал возглавлял начальник Главтехстройпроекта А. А. Боровой. С 1971 по 1980 г. главным редактором был заместитель министра энергетики и электрификации СССР, дважды Герой Социалистического Труда А. П. Александров. Долгие годы, с 1981 по 2003 г., журнал возглавлял бывший заместитель министра энергетики и электрификации СССР Н. А. Лопатин.

Большой вклад в развитие журнала внесли ранее работавшие в редколлегии ученые и инженеры: М. Ф. Складнев, Д. С. Щавелев, В. Х. Гольцман, Н. В. Дмитриев, А. П. Долматов, Ю. Н. Дьячков, Б. Г. Картелев, Л. А. Молоков, А. Г. Осколков, Г. В. Симмаков, С. С. Обрезков, В. С. Алтунин, А. А. Бесчинский, А. А. Беляков, Т. П. Доценко, В. Л. Куперман, И. С. Моисеев, Г. М. Ломизе, Г. О. Левит, В. Я. Мартенсон, Н. С. Розанов, А. Г. Лыкошин, В. М. Мостков и многие другие.

Много времени, сил и знаний отдают журналу нынешние члены редколлегии: Ш. И. Абубакиров, А. Е. Александров, А. И. Альхименко, Э. С. Аргал, А. Е. Баранов, В. В. Беликов, Е. Н. Беллендир, В. И. Бронштейн, С. М. Воскресенский, Л. А. Золотов, Г. М. Каганов, В. М. Кириллов, М. Ф. Красильников, И. В. Липский, В. Ю. Ляпин, А. Н. Марчук, Л. Ф. Машина, В. Д. Новоженин, А. Д. Осипов, И. А. Парабучев, В. Г. Радченко, В. М. Семенов, И. В. Семенов, В. С. Серков, В. А. Стафиевский, Р. М. Хазиахметов, В. Я. Шайтанов, В. С. Шангин, Б. Н. Юркевич.

Поздравляю с юбилеем и благодарю за отличную организационную и редакторскую работу небольшой трудолюбивый коллектив, обеспечивающий своевременный ежемесячный выпуск и высокое качество журнала, – заместителя главного редактора Л. Ф. Машину и редакторов Л. В. Бобкову и Н. С. Просветову.

Коллектив редакции выражает особую благодарность нашим учредителям: Минэнерго РФ, ОАО “Рус-Гидро”, Электроэнергетической ассоциации “Корпорация ЕЭЭК”, НП “НТС ЕЭС”, ЗАО НТФ “Энергопрогресс” – издателю журнала – и его генеральному директору Мамоновой Т. М. за оказываемую помощь и поддержку журнала.

Мы выражаем признательность работникам издательства “Фолиум” (генеральный директор О. П. Бурмистрова), за высокий профессионализм и творческое отношение к совместной деятельности по развитию журнала.

Редакционная коллегия и редакция журнала стараются хранить традиции, заложенные основателями журнала и нашими предшественниками. Проблемы, стоящие перед гидротехникой и гидроэнергетикой России, в настоящее время не менее сложны и многогранны чем ранее. Вот лишь некоторые из них.

Закон “О техническом регулировании” кардинально изменил структуру нормативно-технической документа-

ции (НТД) в России. Согласно этому закону в 2010 г. должны были закончиться разработка и утверждение НТД всех уровней: технических регламентов, национальных стандартов и стандартов организаций (СТО). Этого не произошло. Необходимо продолжить их разработку и внедрение в практику. К сожалению, проявляется незнание специалистами проектно-исследовательских и научно-исследовательских институтов гидротехнической специализации уже действующих СТО ОАО “Рус-Гидро” в области гидроэнергетического проектирования и строительства. Мы предлагаем шире использовать возможности журнала для публикаций, в том числе дискуссий, по вопросам разработки и качества НТД в области гидроэнергетики.

Катастрофическая авария на Саяно-Шушенской ГЭС 17 августа 2009 г. заставила переосмыслить и по новому взглянуть на проблемы безопасности не только гидротехнических сооружений, оборудования ГЭС, но и персонала, “живучести” станций. Мы намерены и далее представлять страницы журнала для публикаций по этим вопросам.

Остается злободневной и дискуссионной проблема достаточности водосбросных сооружений на действующих ГЭС России, спроектированных ранее с учетом работы всех агрегатов ГЭС при пропуске расчетных и поверочных расходов половодий и паводков. Авария на Саяно-Шушенской ГЭС наглядно продемонстрировала, почему нельзя учитывать пропуск расходов через все работающие агрегаты ГЭС. Остается дискуссионным вопрос о необходимости перехода на новую методику определения величины расчетных и поверочных расходов, пропускаемых через гидроузел, в том числе отношение к расчету на вероятный максимальный паводок (PMF).

Все крупные (и не только) российские гидроузлы спроектированы и продолжают проектироваться без учета возможности полного или хотя бы частичного опорожнения водохранилища ниже УМО. Это может понадобиться в далекой перспективе для капитального ремонта плотины или других подпорных сооружений в случае катастрофической угрозы для жизни людей, живущих в нижнем бьефе гидроузла.

Пока мало кто задумывается о проблемах, связанных с заилием водохранилищ.

Достойны большего внимания и публикации по эксплуатации и реконструкции основного, вспомогательного, механического, электротехнического оборудования ГЭС и систем управления. Мы призываем эксплуатационников делиться опытом со своими коллегами.

Журнал готов предоставить страницы для конструктивных предложений и дискуссий по этим и другим актуальным вопросам гидротехнического строительства. Ждем ваших статей, уважаемые коллеги.

В день юбилея примите, дорогие коллеги, искренние пожелания успехов в работе по восстановлению приоритетов российской гидроэнергетики, а также доброго здоровья, счастья и творческих успехов. Мы благодарны вам за тесное сотрудничество и надеемся на дальнейшее плодотворное взаимодействие.

Главный редактор журнала  
“Гидротехническое строительство” Г. Г. Лапин

## Открытому акционерному обществу “Трест Гидромонтаж” — 75 лет

Дорогие друзья, уважаемые коллеги!

Древний афоризм гласит: бог создал небо и землю, а остальное сделали строители. К передовой когорте энергостроителей принадлежит коллектив открытого акционерного общества “Трест Гидромонтаж”, который в этом году отмечает свое семидесятипятилетие.

ОАО “Трест Гидромонтаж” является правопреемником и наследником славных традиций Всесоюзного ордена Трудового Красного Знамени треста “Гидромонтаж” Министерства энергетики и электрификации СССР. Начиная с 1935 г., нами возведены уникальные комплексы механического оборудования и специальных стальных конструкций гидротехнических сооружений гидравлических, гидроаккумулирующих, тепловых и атомных станций, а также промышленных и гражданских сооружений различного назначения. Это миллионы тонн запроектированной, изготовленной и смонтированной продукции при строительстве сотен объектов в десятках стран мира.

Мы являемся постоянными участниками реализации самых амбициозных, крупномасштабных и оригинальных проектов на протяжении всего их жизненного цикла — от идеи создания до ввода объектов в эксплуатацию.

Руководством ОАО “Трест Гидромонтаж” определено стратегическое направление развития компании — сохранение и укрепление лидирующих позиций в мировом энергетическом строительстве. Для этого у нас есть все необходимые ресурсы. Это обширная база данных, высокий научно-техниче-

ский, производственный потенциал и наши люди — профессионалы высшей квалификации и патриоты организации, в которой они работают.

Наш фирменный бренд соединяет динамичность развития новых предприятий компании и надежность предприятий-ветеранов. Опыт и знания старшего поколения в гармоничном сочетании с энергией и инновационными идеями более молодого — гарантия решения всех задач, стоящих перед нами.

В материалах этого номера журнала читатель имеет возможность ознакомиться с успехами, достигнутыми за последние годы нашими специальными проектными и конструкторско-технологическими бюро, заводами-изготовителями, монтажными управлениями, и оценить наши перспективы.

ОАО “Трест Гидромонтаж” дорожит своей высокой репутацией и рассчитывает на укрепление доверия к нашей компании, продолжая грамотное и честное ведение дел, основанное на высоком мастерстве и безупречном качестве исполнения. Мы уверенно смотрим в будущее и открыты для сотрудничества со всеми достойными партнерами.

Обращаясь к руководителям и персонально к каждому работнику нашего коллектива, благодарю вас за самоотверженный труд, поздравляю всех с нашим общим юбилеем и искренне желаю творческого долголетия, дальнейшего процветания, крепкого здоровья, личного благополучия.

Бусыгин А. В.,  
генеральный директор  
ОАО “Трест Гидромонтаж”

## Главная наша сила — это люди

Бусыгин А. В., генеральный директор ОАО “Трест Гидромонтаж”

75 лет назад приказом треста “Союзстальмост” от 20 сентября 1935 г. № 174 контора “Гидромонтаж”, которая занималась строительством мостов, была переименована в Управление работ на канале Москва — Волга и стала самостоятельной хозяйственной единицей. Этот день и стал точкой отсчета славных дел предприятия, деятельность которого вписана большими буквами в историю строительства уникальных гидротехнических сооружений, атомных электростанций и других объектов страны. Юбилей ОАО “Трест Гидромонтаж” неразрывно связан с юбилеем плана ГОЭРЛО, которому в этом году исполняется 85 лет. Выполнение программы электроэнергетического развития советского государства явилось главным в деятельности нашего треста. Мы стали участниками создания отечественной гидроэнергетики.

Начало треста “Гидромонтаж” было положено на грандиозной по масштабам того времени стройке — канале Москва — Волга, но уже в следующем, 1936 г., управлению было поручено проектирование, изготовление и монтаж механического оборудования и специальных металлоконструкций для всех гидротехнических сооружений, и оно было переименовано во Всесоюзную контору “Гидромонтаж”.

С первых лет своей коллективной биографии монтажники выполняли сложные, трудоемкие задания в установленные и даже рекордные сроки. К примеру, на шлюзах канала Москва — Волга (протяженностью 128 км) за два с половиной года было смонтировано 29 тыс. т оборудования, и это при том, что параллельно трест участвовал в сооружении нескольких гидростанций. И так было всегда на каждом этапе трудовой деятельности Гидромон-

тажа. Каждому из периодов были присущи свои объемы, темпы, адресастроек, но всегда была тесная связь треста с развитием энергетики всей страны.

22 апреля 1939 г. Народный комиссариат электростанций и электропромышленности СССР издал приказ № 160, согласно которому Всесоюзная контора “Гидромонтаж” получила новый статус — Государственный Всесоюзный трест по проектированию, изготовлению, поставке и монтажу механического оборудования и металлических конструкций для гидротехнических сооружений, заводов и тепловых электростанций “Гидромонтаж”.

Великая отечественная война принесла много бед, было разрушено большинство электростанций, в том числе Днепровский гидроузел, который был превращен в грудудавалин и взорванного металла. Однако уже в феврале 1944 г. трест “Гидромонтаж” приступил к его восстановлению, в марте 1947 г. состоялся пуск первого агрегата, а к началу 1959 г. заработали все девять агрегатов. В считанные годы было восстановлено механическое оборудование на Нижнесвирской, Кегумской, Баксанской и других гидростанциях.

В послевоенную пору трест “Гидромонтаж” начал строить собственные заводы: в 1946 г. — Чеховский “Гидростальконструкция” и Ленинградский завод гидромеханического оборудования. В 1956 г. вступил в строй Камский завод, в 1960 г. — Новокаховский, в 1970 г. — Ташкумырский, в



Рис. 1. Бурейская ГЭС



Рис. 2. Монтаж затворов на Богучанской ГЭС



Рис. 3. Строительство блока № 1 АЭС Бушер в Иране

1972 г. — Иртышский. Соответственно увеличились и объемы работ: за 1950 – 1960 гг. монтажных работ стало больше в четыре раза, промышленное производство выросло вдесятеро, проектно-конструкторских работ — в два раза. В этот период трест возглавляли В. Л. Немира, С. П. Гончаров, Р. П. Носов. Начиная с 50-х гг., гидромонтажники принимают активное участие и в зарубежном гидростроительстве. В результате труд коллектива получил высокую оценку: Указом Президиума Верховного Совета СССР от 4 ноября 1961 г. за достигнутые успехи в проектировании, изготовлении, монтаже и строительстве гидроэлектростанций Государственный Всесоюзный трест “Гидромонтаж” награжден орденом Трудового Красного Знамени. Возглавлял тогда коллектив М. Ф. Миловидов. Пятеро специалистов были удостоены звания “Герой Социалистического Труда”, пятнадцать присвоены звания “Заслуженный строитель РСФСР”. В этом же году Министерство энергетики и электрификации назначило трест базовой организацией страны по созданию гидромеханического оборудования (ГМО) и специальных конструкций. Создание ГМО от идеи до внедрения стало возможным прежде всего благодаря тому, что в состав Гидромонтажа вошли конст-



Рис. 5. Комплекс защиты г. Санкт-Петербург от наводнений, гидроподъемники затворов водопропускных сооружений



Рис. 4. Подготовка затворов на Богучанской ГЭС

рукторские бюро, исследовательские лаборатории, заводы и монтажные подразделения, которые выполняли весь комплекс работ по проектированию, исследованию, изготовлению и монтажу механического оборудования и специальных стальных конструкций.

1960 – 70-е гг. были периодом наибольшего научно-технического, промышленного и монтажного развития нашего треста. Именно в эти годы запроектировано и изготовлено ГМО для шести гидроэлектростанций, которые вошли в список 27 самых высоких плотин мира. В 80-е гг. Гидромонтаж начал активно участвовать в сооружении атомных электростанций. В этот период коллективом треста руководил ветеран Гидромонтажа Ю. Я. Павшинский. При непосредственном участии монтажников были введены в строй 818 агрегатов на 145 электростанциях общей установленной мощностью 111 млн 617 тыс. кВт. Наиболее крупные из электростанций — Днепрогэс им. Ленина, Волжская ГЭС им. Ленина, Волгоградская, Красноярская, Братская, Усть-Илимская, Зейская, Саяно-Шушенская,



Рис. 6. Строительство Зарамагской ГЭС (Республика Северная Осетия-Алания)



**Рис. 7.** Строительство нефтепорта Козьмино

Нижекамская, Чебоксарская, Шульбинская, Чарвакская, Нурекская, а также зарубежные — Асуанская в Египте, Табка в Сирии, Джердап в Румынии и Югославии. Среди тепловых станций наиболее значимые Черепетская, Сургутская, Нерюнгринская, Березовская ГРЭС; среди атомных — Балаковская, Калининская, Смоленская, Курская. Большие объемы работ по созданию механического оборудования и специальных стальных конструкций выполнены на судоходных каналах — им. Москвы, Волго-Донском им. Ленина, Беломоро-Балтийском; на объектах мелиорации — Краснодарском и Андижанском гидроузлах, на каналах Днепр — Донбасс, Северо-Крымском, Днепр — Кривой Рог, Городищенский, Кубань-Кулаужская, на Каховской, Ингулецкой и других системах; на сооружениях доков судостроительных заводов в Николаеве, Херсоне и Керчи.



**Рис. 9.** Монтаж гидроприводов сегментных затворов на Сангтудинской ГЭС (Республика Таджикистан)



**Рис. 8.** Монтаж цеха Тайшетского алюминиевого завода

При деятельном участии нашего треста введено в строй большое количество промышленных объектов, в том числе Волжский и Камский автомобильные заводы, Норильский горно-металлургический комбинат, Усть-Илимский лесопромышленный комплекс, Таджикский алюминиевый завод, обогатительные фабрики алмазодобывающей промышленности Якутии, аэропорт Домодедово, Хакасский алюминиевый завод, Комплекс защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений и другие.

Есть на нашем счету построенные радиотелескопы РТ-22 в городах Пущино и Семей, радиоастрономический телескоп “Радан-600”. Мы монтировали многоствольные трубы высотой до 320 м для тепловых станций; по собственному проекту смонтировали уникальный судоподъемник на Красноярской ГЭС; в Центре подготовки космонав-



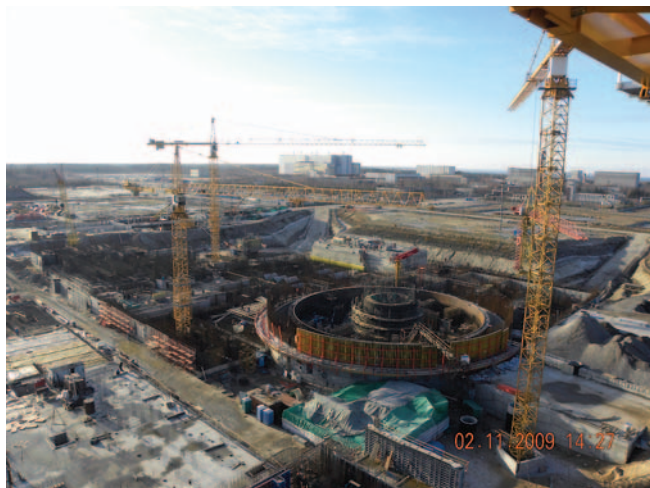
**Рис. 10.** Монтаж гидропривода сегментного затвора поверхностного водосброса Саяно-Шушенской ГЭС



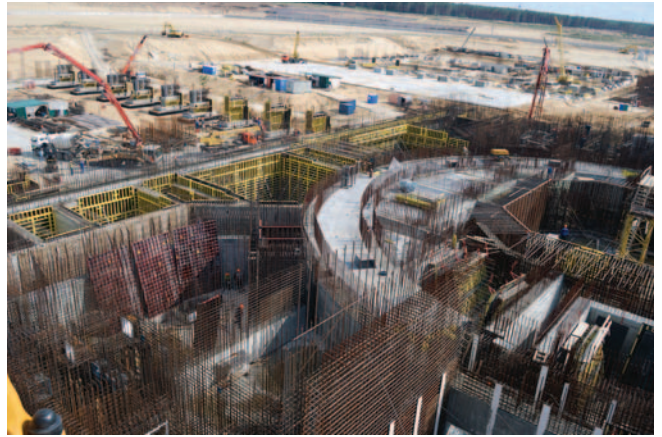
**Рис. 11.** Монтаж трубы газодымоудаления на Хакасском алюминиевом заводе

тов (г. Звездный) с нашим участием создан комплекс, где космонавты смогли подготовиться и адаптироваться к среде, аналогичной невесомости; в области мостостроения возвели такие известные в Москве мосты, как Большой Каменный, Крымский, Краснохолмский, Устьинский, Горбатый, и все мостовые переходы в створе гидроэлектростанций.

В составе Гидромонтажа в разные годы работало до 15 тыс. рабочих, техников и инженеров. Структура треста постоянно находилась в динамике перестройки в зависимости от поставленных задач. Поскольку ему поручались все новые и более сложные виды работ, на базе уже освоенных производств рождались новые подразделения, в том числе тресты. В итоге стали самостоятельными более десяти крупных монтажных управлений и трестов. В их числе организованный по Постановлению Совета Министров СССР 29 августа 1947 г. на базе



**Рис. 13.** Строительство Ленинградской АЭС-2



**Рис. 12.** Строительство Нововоронежской АЭС

спецконторы № 2 треста “Гидромонтаж” трест “Спецгидромонтаж”; в 1951 г. выделена контора “Гидропоставка”; с 1985 по 1987 г. вместо Заинского, Волго-Донского, Тольяттинского управлений был создан трест “Спецатомэнерго монтаж”; вместо Сургутского монтажного управления создан трест “Записбспецмонтаж”; на базе Зейского монтажного управления образован “Востокгидромонтаж”. Несколько монтажных управлений переданы для усиления трестов с атомной тематикой и монтажных подразделений строек.

Большие изменения произошли в тресте “Гидромонтаж” после распада Советского Союза. Из состава треста вышли Запорожское СПКТБ, Новокаховский завод, Киевское и Южно-Украинское монтажные управления, Иртышский и Ташкумырский заводы, Средне-Азиатское монтажное управление. Однако трест и бывшие его структуры продолжают плодотворное производственное сотрудничество. Переход на рыночную экономику был далеко не простым. Резко сократилось строительство энергетических объектов, что, несомненно, повлияло на хорошо отлаженный процесс создания нового механического оборудования. И не только. Гидромон-



**Рис. 14.** Комплекс защиты г. Санкт-Петербург от наводнений, судопропускные сооружения С-2





Рис. 15. Сангтудинская ГЭС (Республика Таджикистан)

тажники имеют общие с производственными коллективами России проблемы. Но важно, что трест выжил и работает. Он сохранил всю технологическую цепочку, сберег свои профессиональные рабочие и инженерные кадры.

Становление и деятельность треста «Гидромонтаж», его достижения были бы невозможны без его совместной работы с ведущими институтами страны, такими как Ленгидропроект, Мосгидропроект, ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева и Атомэнергопроект; без поддержки руководителей Министерства энергетики П. С. Непорожного, А. П. Александрова, П. П. Фалалеева, Н. М. Иванцова, А. П. Семенова, С. И. Садовского, Ю. Н. Корсуна и, конечно, всех руководителей управлений строительства.

С 1990 по 2009 г., несмотря на общие трудности в стране, трест «Гидромонтаж» продолжал активно участвовать в строительстве энергетических и промышленных объектов. В это время трест возглавлял Е. А. Билев. За этот период при непосредственном участии треста введены в эксплуатацию ТЭС Рамин (Иран), ТЭС Нанкин (Вьетнам), ГЭС Тхак Мо (Вьетнам), плотина Зид Эмба (Алжир), ГЭС Чиан (Вьетнам), ГЭС Хоабинь (Вьетнам), Бурейская ГЭС, Ирганайская ГЭС, Зарамагская ГЭС, Хоробровская ГЭС, Светлинская ГЭС, Аушигерская



Рис. 17. Комплекс защиты г. Санкт-Петербург от наводнений, судопропускное сооружение С-2



Рис. 16. Комплекс защиты г. Санкт-Петербург от наводнений, судопропускные сооружения С-1, створка плавающего затвора в доковой камере

ГЭС, Зеленчукская ГЭС (II очередь), ГЭС «Три ущелья» (Китай), ГЭС Да Ми (Вьетнам), ГЭС Индира Сагар (Индия), ГЭС Аль Вахда (Марокко), ГЭС Пурнари-II (Греция), ГЭС Яли (Вьетнам), Тяньваньская АЭС (Китай), ГЭК Макхуль (Ирак), АЭС Куданкулам (Индия), ГЭС Капанда (Ангола), ГЭС Балимела (Индия), ГЭС Шикапа (Ангола), Сангтудинская ГЭС (Таджикистан).

В 1994 г. государственное предприятие трест «Гидромонтаж» в результате приватизации преобразован в акционерное общество. Чтобы расширить права, дать самостоятельность и повысить ответственность всех подчиненных монтажных управлений, им был придан статус юридических лиц — дочерних предприятий ОАО «Трест Гидромонтаж». С целью повышения конкурентной способности нашей продукции в 1994 – 1995 гг. мы проделали большую работу по переводу систем управления качеством на европейские стандарты, нашим аудитором выступает известная в мире фирма «ТЮФ НОРД». В эти же годы разработан новый



Рис. 18. Строительство Тяньваньской АЭС в КНР

фрикционный материал с показателями, заменяющими ДСП. Учитывая, что заводы России прекратили выпуск уплотнений для нашего оборудования, трест совместно с ОАО «НИИРП» организовал изготовление резиновых уплотнителей. Чтобы увеличить свой промышленный потенциал, мы приобрели контрольный пакет акций Подпорожского механического завода. В наших проектных институтах, да и в системе управления, стали широко использоваться современные компьютеры, вычислительная техника.

Сегодня наши коллективы работают на строительстве Богучанской ГЭС, Загорской ГАЭС-2, За-рамагской ГЭС, Ленинградской АЭС-2, Нововоронежской АЭС, Балтийской АЭС, Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений, Рогунской ГЭС в Таджикистане.

За пройденный многолетний путь трест накопил колоссальный опыт в проектировании, монтаже на равнинных реках, высоконапорных комплексных гидроузлах, в экстремальных условиях Крайнего Севера и вечной мерзлоты. Этот опыт приобрели талантливые, творческие, бесстрашные, влюбленные в свое дело люди. В среде гидромон-

тажников давно стали неписанными законами профессионализм и ответственность, преданность и товарищество, взаимопонимание и взаимовыручка. Эти высокие слова подтверждены огромным списком сделанного ими на воде и на земле. Более двух тысяч работников треста получили в советское время достойные награды Родины. Орденами отмечены 379 человек, медалями — 1492. Четверо наших работников получили высочайшее звание «Герой Социалистического Труда», один стал лауреатом Государственной премии СССР и восемь — лауреатами премии Совета Министров СССР. Среди работников треста 18 имеют звание «Заслуженный строитель», 12 — «Почетный работник ТЭК», 77 — «Почетный энергетик», 9 — «Заслуженный строитель Российской Федерации». Прибавляется в полку награжденных в честь 75-летия треста. Звание «Почетный работник ТЭК» получили 7 человек, «Почетный энергетик» — 9 человек и «Почетный строитель» — 6 человек. Высококвалифицированных монтажников, героев труда, конечно, значительно больше. В тресте работает много молодых перспективных специалистов, способных сохранить и приумножить традиции и славу Гидромонтажа

## Специальное проектное и конструкторско-технологическое бюро “Ленгидросталь” (1934 – 2010 гг.)

Дмитриев В. А., директор СПКТБ “Ленгидросталь”

Датой организации Ленинградского конструкторского бюро гидромеханических сооружений (КБГС) считается день, когда был издан приказ Народного комиссариата тяжелой промышленности (НКТП) № 23 от 2 февраля 1934 г. 10 февраля 1934 г. приказом НКТП основные кадры подотдела гидротехнических сооружений технического отдела завода “Красный Путиловец” были переведены в систему Всесоюзного треста “Союзстальмост”, которому было поручено организовать проектирование, изготовление и монтаж механического оборудования для канала Москва — Волга и других гидростроек. Это была группа инженеров и техников в количестве 13 человек в составе: Шур Б. М., Бам С. С., Гурович И. Я., Екимов Е. К., Заборовский Г. П., Золотаревский Т. Н., Немира В. Л., Нефедов Е. Е., Райцис Т. А., Тягунов В. Н., Усачев Л. М., Шевелев Н. В., Ягунов Л. А., которая начала тяжелый организационный путь. В первые месяцы группа оказалась без необходимых материальных ресурсов и без служебного помещения и могла существовать только благодаря спаянности коллектива и помощи со стороны треста “Союзпроммеханизация”.

Свою производственную деятельность в феврале 1934 г. КБГС начало с работ, переданных техническим отделом завода “Красный Путиловец” и, в частности, с проектов механического оборудования для Баксанской ГЭС, Нива ГЭС-2 и других объектов. Группа конструкторов приступила к проектным работам для канала Москва — Волга. Новизна и большие размеры механического оборудования канала требовали большой творческой работы, углубленных теоретических исследований, сложных конструктивных разработок.

Состав инженеров и техников, переведенных с завода “Красный Путиловец” в систему треста “Союзстальмост”, в первые месяцы 1934 г. пополнился принятой на работу группой инженеров — Борисевич С. П., Залькиндсон Е. И., Чесноков А. М., Чесноков В. М., Шифрин М. М., Хазанова А. Э. и молодых техников, окончивших техникум завода “Красный Путиловец”, — Федоров М. Н., Скворцов П. А., Янковский Н. Н., Баранов К. П., Майоров Н. В., Меркиш Г. Ф., Вылеток В. П., Доильницин Л. О., Зобкин В. Л.

На долю первопроходцев, возглавляемых Шуром Б. М., легли огромные трудности организационного и технического характера в становлении, развитии и совершенствовании нового направления по проектированию механического оборудования и специальных стальных конструкций для гидротехнических сооружений страны, так как к 1934 г. значительно возросло количество планируемых к

строительству гидросооружений. Только молодость и преданность своему делу помогали справляться с трудностями.

Условия работы КБГС улучшились после переезда из служебного помещения треста “Союзпроммеханизация” во временно арендованное у треста “Гидроэнергопроект” помещение. В июне 1935 г. КБГС было предоставлено служебное помещение площадью 500 м<sup>2</sup>, что позволило лучше организовать работу КБГС, значительно увеличить численность конструкторов и объем выполняемых проектно-конструкторских работ.

В дальнейшем в результате своевременно принятых мер КБГС получило из Ленинградского политехнического института значительную группу молодых специалистов. В 1935 г. пришли в организацию: Баскаков Н. С., Звенигородский И. С., Лобачев А. В., Зидков В. А., Ашкенази Е. К., Арон И. В., Бителев Б. Е., Перевязко Н. Г., Франк Э. Кроме этих специалистов в КБГС были приняты опытные конструкторы-инженеры и техники: Питкэнен С. К., Правдолюбов А. И., Липперт О. О., Тер-Григорян Г. А., Новиков Ф. Ф., Ташэ А. М., Лавров Н. Д., Златев В. А., Петров М. В., Бляхер М. С., Кузнецов Н. Т., Миркина Л. П., Хорозинская Л. Б., Двуреченская Н. П., Миркин Э., Новиков И. М., Дроздовский Л. С., Коротков В. В., Туляков Г. К., Шишкин С. А., Колодязников С. С., Каешко Ф., Кейв Э. И., Пятова Л. И. и многие другие.

Коллектив КБГС не только ставил своей целью проектирование механического оборудования, но и выступал за комплексную организацию проектирования, изготовления и монтажа этого оборудования.

В декабре 1936 г. Ленинградское конструкторское бюро гидромеханических сооружений было объединено с монтажной конторой “Гидромонтаж”, которая впоследствии была реорганизована во Всесоюзный трест “Гидромонтаж”.

Для размещения заказов, контроля за изготовлением и поставкой механического оборудования гидротехнических сооружений при Всесоюзном тресте “Гидромонтаж” была создана техническая контора “Гидропоставка”.

КБГС стало межзаводским конструкторским бюро, одним из немногих в Советском Союзе, которому было разрешено выполнять рабочие чертежи для нескольких заводов (Старый и Новый Краматорский, “Уралмаш”, завод подъемно-транспортного оборудования им. С. М. Кирова в Ленинграде, Кировский — бывший “Красный Путиловец”, заводы Перми, Днепропетровска и др.). Качество технической документации КБГС постоянно улучша-

лось и удовлетворяло заводы-изготовители, монтажников и строителей.

В довоенные годы (1934 – 1941 гг.) коллектив КБГС разрабатывал проекты механического оборудования для Нижнесвирской, Рыбинской и Угличской ГЭС, для судоходных шлюзов на этих гидроузлах, а также для 11 шлюзов канала Москва — Волга.

В годы Великой Отечественной войны (1941 – 1945 гг.) КБГС прекратило работу в Ленинграде. Большая часть сотрудников была мобилизована в ряды Красной армии, некоторые ушли добровольцами в народное ополчение, а оставшиеся в 1941 – 1942 гг. были эвакуированы из Ленинграда в города Чирчик, Тбилиси, Рыбинск, Киров, где работали в специализированных проектно-конструкторских и монтажно-строительных организациях Наркомата электростанций.

По указанию Министерства строительства электростанций СССР в 1943 г. велась организационная подготовка к восстановлению в стране разрушенных войной электростанций и судоходных шлюзов. С целью организации работы в Ленинграде КБГС по отбору оставшихся материалов и рассылки по запросам технической документации, а также с целью сохранения служебного помещения КБГС и решения других организационных вопросов трест “Гидромонтаж” в августе 1943 г. назначил находившегося в Ленинграде Янковского Н. Н. полномочным представителем треста “Гидромонтаж”. Это было первым подготовительным мероприятием треста “Гидромонтаж” по возобновлению производственной деятельности Ленинградского конструкторского бюро.

В феврале 1944 г. из эвакуированных высококвалифицированных специалистов КБГС была сформирована группа и направлена в г. Запорожье для разработки проектов механического оборудования восстановления Днепровской ГЭС, взорванной немецкими войсками при отступлении.

В октябре 1944 г. было принято решение возобновить работу КБГС в Ленинграде, так как возникла необходимость восстановления Нижнесвирской ГЭС и судоходного шлюза при ней.

Начиная с 1946 г. КБГС выполняло работы по проектированию механического оборудования и специальных стальных конструкций для новых строящихся объектов. В послевоенный период одной из первых серьезных работ было проектирование механического оборудования Верхнесвирской ГЭС и судоходного шлюза. В составе механического оборудования этой гидроэлектростанции был разработан для плотины оригинальный проект секторного затвора пролетом 27 м с механизмом для маневрирования затвором, а также интересный проект аварийно-ремонтного затвора с механизмом на входе в турбину. Кроме проектов для Верхнесвирской ГЭС КБГС до 1950 г. разрабатывало проекты механического оборудования для Нива ГЭС-3, Юж-

но-Уральской ГЭС, среднеазиатских ГЭС, Майкопской ГЭС, Нижнебозсуйской ГЭС № 4, Нижневорзобской ГЭС, ГЭС Ак-Каван 1 и для многих других ГЭС, ГРЭС и ТЭЦ.

В 1949 г. была начата крупная работа по проектированию механического оборудования для Волго-Донского судоходного канала им. В. И. Ленина, состоящего из 13 шлюзов по каналу между реками Волга и Дон и двух шлюзов, расположенных на р. Дон. Строительство ВДСК закончилось в 1952 г. Его создание позволило обеспечить водную судоходную артерию с выходом в Азовское и Черное моря и орошение 750 тыс. га земли Волгоградской и Ростовской областей. За активное участие в строительстве ВДСК им. В. И. Ленина в 1952 г. были награждены: орденом “Знак Почета” — Борисевич С. П., Гурович И. Я., Заборовский Г. П., Лобачев А. В., Шур Б. М.; медалью “За трудовую доблесть” — Бубнов К. К., Екимов В. К., Ягупова Л. А.

Год от года росли опыт и мастерство специалистов КБГС, создавались необходимые условия для нормальной и творческой работы коллектива. Наибольший вклад в развитие отрасли по созданию механического оборудования гидротехнических сооружений в нашей стране внесли основатели-ветераны: Шур Б. С., Екимов В. К., Заборовский Г. П., Чесноков В. М., Залькиндсон Е. И., Федоров М. Н., Шевелев Н. В., Скворцов П. А., Баранов К. П., Майоров Н. В., Арон И. В., Бляхер М. С., Борисевич С. Л., Новиков Ф. Ф., Воробьев Н. Н., Якунова Л. А., Старцев А. М., Кублановский И. М., Бителев Б. Е., Деконский В. П., Бам С. С., Гурович И. Я., Золотаревский Т. Н., Немира В. Л., Райцис Г. А., Чесноков А. М., Перевазко Н. Г., Хазанова А. З., Шифрин М. М., Бам А. С., Янковский Н. Н., Нефедов Е. Е., Лобачев А. В.

По организационным причинам КБГС три раза изменяло свое название. В 1948 г. на основании приказа треста “Гидромонтаж” КБГС было переименовано в Ленинградскую проектно-конструкторскую контору (ЛенПКК) треста “Гидромонтаж”. Приказом Министерства электростанций СССР от 23 апреля 1952 г. проектно-конструкторским конторам треста “Гидромонтаж” в Москве, Ленинграде и Запорожье было присвоено сокращенное наименование “Гидростальпроект”. Приказом Министерства электростанций СССР от 20 марта 1968 г. Ленинградская и Московская проектно-конструкторские конторы “Гидростальпроект” были реорганизованы в специальные конструкторские бюро гидротехнических стальных конструкций и механизмов “Ленгидросталь” и соответственно “Мосгидросталь”. С 1968 г. ленинградская организация имеет сокращенное название СКБ “Ленгидросталь”.

В 1960-е годы деятельность СКБ “Ленгидросталь” решением Главвостокэнергогостроя и треста “Гидромонтаж” была сконцентрирована на

проектировании механического оборудования всех крупнейших гидроэлектростанций страны, строящихся в Сибири, на Дальнем Востоке и Крайнем Севере.

За 1960 – 1973 гг. СКБ “Ленгидросталь” из общего количества разработанных проектов для гидротехнических сооружений выполнило проекты механического оборудования для следующих наиболее крупных гидроэлектростанций: Братской, Серебрянской, Хантайской, Красноярской, Саяно-Шушенской, а также выполнило рабочие чертежи первого в мире самоходного наклонного судоподъемника Красноярской ГЭС.

Красноярский судоподъемник представляет собой уникальный комплекс сооружений, расположенных на левом берегу р. Енисея вблизи плотины гидроэлектростанции и состоящих из следующих составных узлов: самоходной судовозной камеры, поворотного устройства, находящегося на уровне гребня плотины, и отходящих от него путей — низовых длиной 1259 м, идущих к нижнему бьефу, и верховых длиной 353 м, по которым камера выходит в водохранилище ГЭС. У поворотного устройства расположена ремонтно-монтажная площадка с оборудованной мастерской. Судоподъемник может перемещать суда максимальным водоизмещением 1500 т на высоту 100,8 м. Судовозные пути общей длиной свыше 1700 м и уклоном 1:10 двухрельсовые с расстоянием между рельсами (ширина колеи) 9 м. Проекты судоподъемника разрабатывались под руководством Залькиндсона Е. И. при активном участии Арона И. А., Вальдмана Р. А., Дворжняка Н. А., Селезнева С. В., Сергеева Н. Н., Янковского Н. Н.

В эти годы при проектировании механического оборудования решены и внедрены следующие основные вопросы и наиболее сложные конструкции, давшие большой технический прогресс:

1. Поверхностные плоские затворы больших параметров, рассчитываемые как пространственные системы, например:

Хантайская ГЭС, водосброс, основной и аварийный затворы (колесные), параметры 20,0 – 14,5 – 14,0, нагрузка 2130 т с нагрузкой на тележку 600 т;

Красноярская ГЭС — водосливная плотина, ремонтный скользящий затвор, параметры 25,0 – 12,8 – 10,0, нагрузка 1300 т.

2. Поверхностные сегментные затворы больших параметров, например:

Вилуйская ГЭС — водосброс, параметры 40,0 – 14,0 – 13,2, нагрузка 5000 т; опирается затвор на мощные поворотные шарниры, воспринимающие нагрузку 2500 т каждый;

Братская ГЭС; плотина водосброса, параметры 18,0 – 7,5 – 6,0, нагрузка 390 т.

3. Глубинные плоские затворы на большие напоры, например:

Асуанская плотина — водоприемник, аварийно-ремонтный колесный затвор, параметры 5,0 – 20,0 – 59,0, нагрузка 5160 т, нагрузка на колесо (на роликоподшипниках) 250 т;

Усть-Илимская ГЭС — плотина, донное отверстие, основной скользящий затвор на масляните, параметры 12,0 – 10,5 – 83,0, нагрузка 9500 т;

Вилуйская ГЭС — водоприемник, аварийно-ремонтный скользящий затвор, параметры 9,0 – 18,0 – 46,0, нагрузка 6400 т;

Красноярская ГЭС — глубинные отверстия, аварийно-ремонтный скользящий затвор, параметры 6,0 – 9,0 – 98,0, нагрузка 5500 т.

4. Глубинные сегментные затворы на большие напоры, работающие с полным и частичным открытием, например:

Асуанская плотина — блок ГЭС, глубинные отверстия, основной затвор с эксцентриковой опорой на подшипниках качения, параметры 4,2 – 3,15 – 79,0, нагрузка 1900 т;

Красноярская ГЭС — глубинные отверстия, основной затвор с регулируемым уплотнением, параметры 5,0 – 5,0 – 98,0, нагрузка 3800 т;

обратный сегментный затвор для водопроводных галерей шлюзов.

5. Поверхностные сдвоенные затворы типа “Глаголь”, например:

“Джердап-Железные ворота” — плотина, основной сдвоенный крючкообразный затвор с обогревом, параметры 25,0 – 14,8 – 15,8, нагрузка 3100 т, одновременный подъем отдельно верхней и нижней секций затвора.

6. Подъемно-опускные основные и аварийно-ремонтные затворы верхних и нижних голов судоводных шлюзов, например:

Саратовский шлюз — верхняя голова, основные ворота, наполнение из-под ворот, параметры 30,0 – 5,5 – 6,2, нагрузка 670 т. Аварийно-ремонтные ворота с двумя обшивками, параметры 30,0 – 9,1 – 9,1, нагрузка 1300 т;

“Джердап-Железные ворота” — основные и аварийно-ремонтные ворота пролетом 34 м с двумя обшивками для верхних и средних голов шлюзов.

Подъемные затворы высоконапорных шлюзов Усть-Каменогорской и Павловской ГЭС — параметры 15,0 – 15,0 – 35,0, нагрузка 6300 т.

В эти же годы СКБ разработало проекты механического оборудования для 70 зарубежных объектов: для гидроэлектростанций, тепловых и атомных электростанций, каналов, судоводных шлюзов, ЛЭП и др. Проекты механического оборудования были разработаны для Болгарии, Румынии, ДРВ, КНДР, ГДР, Кубы, КНР, Афганистана, Индии, Югославии, АРЕ, Марокко, Пакистана, Алжирской НДР, Республики Гана, Финляндии и других стран.

Наиболее крупной зарубежной работой была разработка проектов (проектное задание, технические проекты и рабочие чертежи) механического

оборудования для Асуанской ГЭС (Высотная Асуанская плотина) в Арабской республике Египет. В числе награжденных за активное участие в строительстве Асуанского гидроузла был наш руководитель бригады Беляев К. И. Он награжден медалью “За трудовую доблесть”.

В 70-х и в начале 80-х гг. прошлого века СКБ “Ленгидросталь” разработало механическое оборудование для Комплекса защитных сооружений Ленинграда от нагонных наводнений. В эти годы специальное подразделение СКБ “Ленгидросталь” разрабатывало механическое оборудование водоприемников для тепловых и атомных электростанций, а также механическое оборудование гидротехнических сооружений для этих электростанций.

В то же время возрастала сложность механического оборудования в связи с более тяжелыми условиями эксплуатации: суровые климатические (низкие температуры в северных и восточных районах) и сложные геологические условия, большие напоры и нагрузки. Для решения этих вопросов возникла необходимость в проведении исследовательских и экспериментальных работ. С этой целью широко привлекались научно-исследовательские институты, которые разрабатывали тематику гидротехнических сооружений, а в практику деятельности СКБ было введено обследование механического оборудования на действующих сооружениях. Направление этих работ способствовало выявлению конструктивных разработок в действующем оборудовании и его совершенствованию. Для постоянного обследования и наблюдения за работой механического оборудования в СКБ было создано специальное подразделение — отдел исследования и наладки, который имел лабораторию для проведения экспериментальных работ по отдельным узлам и элементам механического оборудования. Руководили отделом с момента его организации Бубнов К. К., Кузнецов Н. Т. и Иванов Н. И.

После появления электронно-вычислительной техники в СКБ начали разрабатывать программы для прочностных расчетов наиболее ответственных изделий механического оборудования. Основоположником выполнения расчетов на ЭВМ был кандидат физико-математических наук Простак В. Ф.

К 1980-м гг. СКБ “Ленгидросталь” достигло высокого профессионализма. В его составе работало много талантливых, высокообразованных инженеров, основную часть которых составляли выпускники Ленинградского политехнического института им. М. И. Калинина.

С 1987 г. СКБ “Ленгидросталь” приобрело новую аббревиатуру СПКТБ “Ленгидросталь” — Специальное проектное и конструкторско-технологическое бюро “Ленгидросталь”.

За более чем 76-летнее существование СПКТБ “Ленгидросталь” выполнены проекты механического оборудования большинства гидроэлектро-

станций, действующих в России и странах бывшего СССР. В их числе крупнейшая Саяно-Шушенская ГЭС; Красноярская ГЭС с уникальным самоходным наклонным судоподъемником; каскад ГЭС на р. Ангаре — Иркутская, Братская, Усть-Илимская, Новосибирская; каскад Вилюйских ГЭС; Колымская и Чиркейская ГЭС; гидроэлектростанции системы Колэнерго, Карелэнерго, Ленэнерго, Павловская, Усть-Хантайская, Курейская ГЭС и др.

Среди зарубежных объектов, в проектировании которых приняли активное участие специалисты СПКТБ “Ленгидросталь”, — Асуанская ГЭС в Египте, Наглу, Пумл, Хумри в Афганистане, “Джердап-Железные ворота” в Югославии и Румынии, ГЭС в Китае, Вьетнаме, Индии.

Оборудование, разработанное инженерами и конструкторами СПКТБ “Ленгидросталь”, надежно работает уже не одно десятилетие как на объектах в России, странах СНГ, так и за рубежом.

СПКТБ “Ленгидросталь” разработало проекты механического оборудования многих судоходных сооружений: Волго-Донского судоходного канала; Волго-Балтийского и Беломорско-Балтийского водных путей; шлюзов Рыбинского, Угличского, Нижегородского, Саратовского, Самарского гидроузлов; шлюзов водodelителя в дельте Волги, Кременчугского на Днестре и др.

Механическое оборудование тепловых станций разработано более чем для 50 объектов, среди которых Тюменская ТЭЦ, Сургутская, Троицкая, Пермская, Псковская, Назаровская ГРЭС и др.

Разработаны проекты уникальных технологий монтажных работ - это монтаж более 100 тыс. т металлоконструкций производственных корпусов главного корпуса Надеждинского ГОКа Норильского горно-металлургического комбината, монтаж створок судоходных сооружений плавучим краном грузоподъемностью 350 т и др.

В 1980-х гг. разработаны проекты механического оборудования водопропускных сооружений В1 – В6, судопропускных сооружений С-1 и С-2 Комплекса защитных сооружений (КЗС) Санкт-Петербурга от наводнений. В 2005 – 2008 гг. СПКТБ выполнило актуализацию всех проектов КЗС, и в настоящее время на завершающем этапе строительства КЗС специалисты СПКТБ проводят авторский надзор.

В СПКТБ “Ленгидросталь” выполнены проекты механического оборудования многих водохозяйственных объектов: Красноярского, Андиганского, Гиссаракского водохранилищ, канала Иртыш — Караганда. Разработаны рабочие чертежи металлических конструкций промышленных объектов: Норильского горнообогатительного комбината, Усть-Илимского лесопромышленного комплекса, Киришского нефтеперерабатывающего комбината, фабрики пропантов в Боровичах, комбината лекарственных форм в Тюмени и др.

В том, что в 2007 г. принята в эксплуатацию Кольская ГЭС, а гидростроителям удалось ввести в действие последний шестой агрегат Бурейской ГЭС, есть большая заслуга и коллектива СПКТБ “Ленгидросталь”, своевременно выполнившего необходимые проекты и осуществившего авторский надзор за монтажом.

В настоящее время ведется активная работа по выполнению проектов механического оборудования пусковых гидроэлектростанций: Зарамагской, Усть-Среднеканской, Богучанской.

В последние годы специалистами СПКТБ “Ленгидросталь” разработаны проекты механического оборудования практически для всех атомных электростанций, действующих в России и странах бывшего СССР, а также для зарубежных АЭС: Белене в Болгарии, Бушер в Иране, Тяньваньской в Китае, Куданкулам в Индии. С 2007 г. возобновились работы по расширению Калининской АЭС (4-й блок), Белоярской АЭС (4-й блок), Ростовской АЭС (3 – 4-й блоки).

За время существования СПКТБ “Ленгидросталь” специалистами получено 267 авторских свидетельств и 47 патентов на изобретения, большинство из которых внедрено в разработанные проекты.

Важным направлением в деятельности СПКТБ “Ленгидросталь” в последние годы является также разработка проектов реконструкции действующих энергетических, судоводных и водохозяйственных сооружений.

Следуя добрым традициям нашей организации, руководство СПКТБ “Ленгидросталь” уделяет большое внимание повышению квалификации коллектива в сфере своей деятельности посредством различных форм целевого востребованного обучения руководителей, специалистов и служащих как внутри организации, так и в аккредитованных учебных центрах. Так, только за 2009 – 2010 гг. различными формами и программами обучения было охвачено около 90 сотрудников, из них 70 человек прошли обучение на знание правил и норм ядерной и радиационной безопасности в атомной энергетике. Все специалисты получили соответствующие сертификаты, дипломы и удостоверения. В 2009 г. все руководители, специалисты и служащие СПКТБ “Ленгидросталь” прошли плановую аттестацию на соответствие занимаемым должностям.

В СПКТБ “Ленгидросталь” работают два кандидата технических наук, три сотрудника учатся в аспирантуре и семь сотрудников — в вузах.

Опытные руководители, специалисты и служащие СПКТБ “Ленгидросталь” активно участвуют в

проводимых конференциях, семинарах, совещаниях и других мероприятиях по обмену опытом своей профессиональной деятельности. В СПКТБ “Ленгидросталь” функционирует Система менеджмента качества, сертифицированная немецкой фирмой “TUV NORD CERT”.

В развитии отрасли проектирования механического оборудования гидротехнических сооружений следует отметить существенный вклад работавших и работающих в настоящее время сотрудников — это Бляхер М. С., Перевязко Н. Г., Борисенко Н. Г., Борисевич С. П., Заборовский Н. И., Федоров Н. Ф., Вознесенский В. А., Гурович И. Я., Горелик И. П., Залькиндсон Е. И., Гольдгор А. С., Кублановский И. М., Зеленский Ю. Я., Бам А. С., Писанко Г. Ф., Арон И. В., Тер-Григорян Г. А., Старцев А. М., Хазанова А. З., Савин Д. М., Левашова А. Ф., Некипелова Л. В., Сергеев Н. Н., Степанов Д. А., Кузнецов И. М., Вальдман Р. А., Свойский Ф. М., Ставровский В. В., Цветков В. М., Кублановский Н. И., Степанов Г. В., Худяков И. А., Переда М., Иванов Н. И., Парахневич А. Г., Сиднев В. Н., Павлов Ю. А., Серов В. А., Малевин А. А., Пейсахович В. А., Малахов В. А., Кузнецова И. И., Зорин Ю. Ф., Бимон З. Б., Лемешко Н. Г., Тильман М. А., Богданов А. П., Ларионов А. М., Долгинцева Ю. С., Ожегова Г. М. Долгие годы руководили коллективом Шур Б. М., Лобачев А. В., Дворжняк Н. А., Большев С. А., Чесноков В. М., Деркач Н. И., Леенсон С. В.

В настоящее время возглавляет организацию директор СПКТБ “Ленгидросталь” Дмитриев В. А., главный инженер — Шереметьев В. Н.

Ленинской премией отмечено создание Красноярской ГЭС, Государственной премией — строительство Краснодарского водохранилища, премией Совета Министров СССР отмечены проекты Вилюйской и Чиркейской ГЭС.

Многие сотрудники СПКТБ “Ленгидросталь” награждены орденами и медалями. Среди работающих заслуженные строители России, почетные работники РАО “ЕЭС России”, почетные энергетики.

В настоящее время коллектив СПКТБ “Ленгидросталь” полон решимости успешно выполнять задачи, стоящие перед организацией, совершенствовать и повышать надежность и долговечность эксплуатируемого механического оборудования, создавать проекты нового оборудования, отвечающие самым современным требованиям.

## Напорные водоводы Загорской ГАЭС-2

Тюхаев О. К., главный конструктор проекта (СПКТЬ “Мосгидросталь”)

По заданию генпроектировщика — института “Гидропроект” Московское специальное проектное и конструкторско-технологическое бюро “Мосгидросталь” принимало участие в разработке вариантов напорных водоводов Загорской ГАЭС-2. На стадии ТЭО были разработаны варианты открытых металлических, открытых сталежелезобетонных монолитных и подземных водоводов. В результате сравнения вариантов принято решение по дальнейшему проектированию открытых монолитных сталежелезобетонных напорных водоводов, которые СПКТЬ “Мосгидросталь” разрабатывает на стадии рабочей документации.

Несмотря на внешнее сходство напорных водоводов Загорской ГАЭС и ГАЭС-2 между ними имеются существенные различия в конструктивной части и в технологии изготовления и монтажа.

Водоприемник, расположенный на верхнем аккумулялирующем бассейне, и здание ГАЭС-2 на нижнем водохранилище соединяются четырьмя напорными водоводами. Ось водоводов находится на расстоянии 900 м от существующих шести напорных водоводов Загорской ГАЭС.

Новым водоводам присвоены номера 7, 8, 9, 10.

Водоводы установлены веерообразно: расстояние между осями соседних труб составляет у водоприемника 12,0 м, а у здания ГАЭС-2 — 22,0 м. Трасса каждого водовода в плане прямолинейная, по вертикали у водоприемника проложена горизонтально на участке длиной 30 м, а затем плавно по радиусу переходит в наклонный участок с переменным углом наклона, который у здания ГАЭС достигает  $10,305^\circ$ .

Водовод состоит из трех участков: верхнего конечного участка, открытого напорного водовода и нижнего конечного участка. Верхний конечной

участок расположен в монолитном бетоне водоприемника и представляет собой трубу прямоугольного сечения на входе, переходную камеру с прямоугольного на круглое сечение в средней части и круглого сечения диаметром 7,5 м на выходе. В выходной части труба облицована металлом на длине 4,0 м. Нижний конечной участок представляет собой трубу диаметром 7,5 м, облицованную металлом и расположенную в монолите здания ГАЭС. Открытый напорный водовод состоит из двадцати отдельных секций, соединенных между собой температурными компенсаторами. Верхняя и нижняя секции водовода имеют длину 20,0 м, средние секции — 40,5 м. Средние секции водовода во время монтажа устанавливаются на железобетонную конструкцию, состоящую из двух параллельных балок, на которые уложены плиты, образующие опалубку при омоноличивании. Верхняя и нижняя секции водовода располагаются на платформе специального металлического моста длиной 20 м и вместе с ним образуют так называемый компенсаторный переход, предназначенный для компенсации осадок и осевых перемещений водоприемника и здания ГАЭС. Компенсаторные секции соединяются с водоприемником, со зданием ГАЭС и с примыкающими к ним секциями водовода температурно-осадочными компенсаторами.

Конструктивно открытый напорный водовод представляет собой сталежелезобетонный монолитный трубопровод, внутри которого установлены оболочка из листовой стали, армокаркас с рабочей и распределительной арматурой, а снаружи — монолитная бетонная труба с суммарной толщиной стенки 500 мм. Помимо восприятия внутреннего давления воды трубопровод является самонесущей конструкцией и работает как многопролетная балка, опорами которой служат свайные растверки.

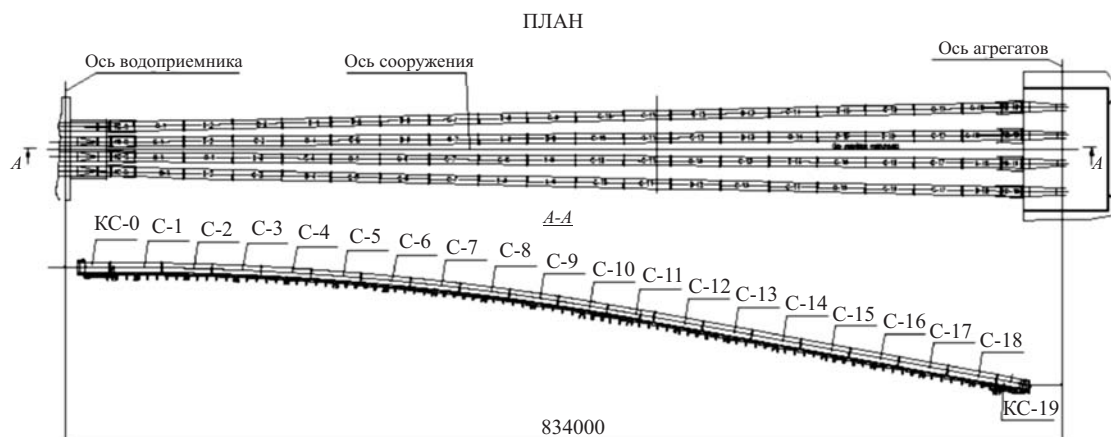


Рис. 1. Схема напорных водоводов



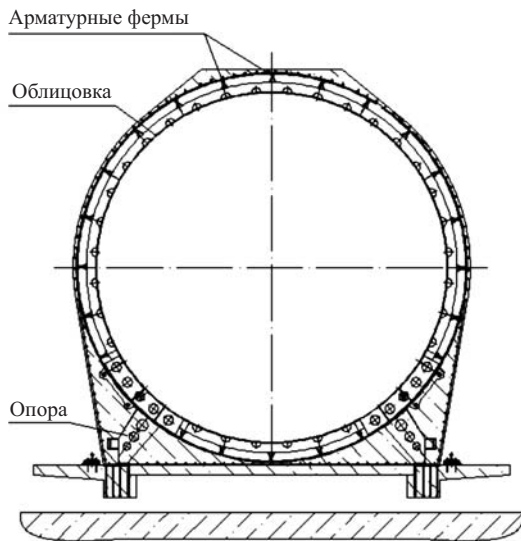


Рис. 2. Поперечный разрез трубы

Оболочка как один из основных элементов трубопровода выполняет несколько функций: совместно с армокаркасом воспринимает внутреннее давление, обеспечивает водонепроницаемость трубопровода, в период бетонирования является внутренней опалубкой. По длине трубопровода толщина оболочки меняется от 20 до 30 мм в зависимости от давления воды. При расчете трубы оболочка работает совместно с армокаркасом и выполняет роль внутреннего ряда рабочей арматуры. Для увеличения жесткости оболочка снабжается ребрами жесткости сечением  $20 \times 200$  мм через каждые 2,0 м.

Облицовка выполняется из стальных листов шириной 2,0 м, сваренных между собой автоматической сваркой. Для оболочки принята марка стали 09Г2С.

Арматурный каркас трубопровода состоит из арматурных ферм, кольцевой рабочей арматуры, продольной рабочей арматуры и сеток распределительной арматуры. Арматурные фермы в количестве 24 штук устанавливаются равномерно по всей длине окружности трубы через  $15^\circ$  и привариваются к оболочке. Они предназначены для навивки и закрепления от сдвига рабочей кольцевой арматуры, а также для анкеровки оболочки и связи ее с бетоном. Рабочая кольцевая арматура предназначена для восприятия внутреннего давления воды и работает в паре с оболочкой. Арматура навивается на армокаркас в виде спирали и закрепляется на нем от осевого смещения сваркой. Диаметр рабочей арматуры переменный: 32; 36 и 40 мм в зависимости от места установки по длине трубы. Шаг навивки рабочей кольцевой арматуры переменный — от 150 мм в начале трубопровода до 100 мм в конце. Материал арматуры — сталь периодического профиля марки А500с. Рабочая продольная арматура устанавливается в верхней и нижней зонах трубы и

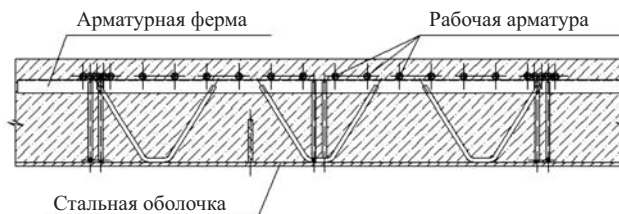


Рис. 3. Продольный разрез стенки трубы

предназначена для восприятия сил, возникающих при работе трубы на изгиб как многопролетной балки. В качестве рабочей арматуры используется арматурная сталь периодического профиля марки А500с диаметром 20 – 50 мм. Распределительная арматура выполняется в виде сеток, в которых продольная арматура сделана из круглой стали диаметром 20 мм, а поперечные связи — из стальной полосы. Сетки устанавливаются по всему периметру трубы.

**Температурные и температурно-осадочные компенсаторы.** На всех стыках между соседними секциями устанавливаются температурные компенсаторы, имеющие одинаковую конструкцию, но отличающиеся толщиной оболочки. На Загорской ГАЭС-2 применяются компенсаторы из листовой резины, расположенные на стыке между секциями в специальной кольцевой нише внутри водовода. Компенсаторы запроектированы по типу Загорской ГАЭС с незначительными изменениями, связанными с технологией изготовления. Конструкция позволяет производить ремонт компенсатора в процессе эксплуатации.

Ход температурных компенсаторов составляет 60 мм, вертикальное смещение конструкцией не предусмотрено, но допускается поворот двух половин компенсатора относительно друг друга. Температурно-осадочный компенсатор имеет такую же конструкцию, но отличается увеличенным осевым ходом. Два компенсатора, установленные на разных концах компенсаторной секции, позволяют ей поворачиваться на небольшой угол при осадке сооружения вместе с компенсаторным переходом, на

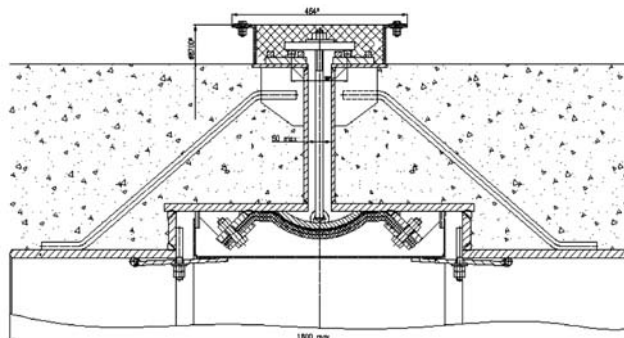


Рис. 4. Компенсатор температурный

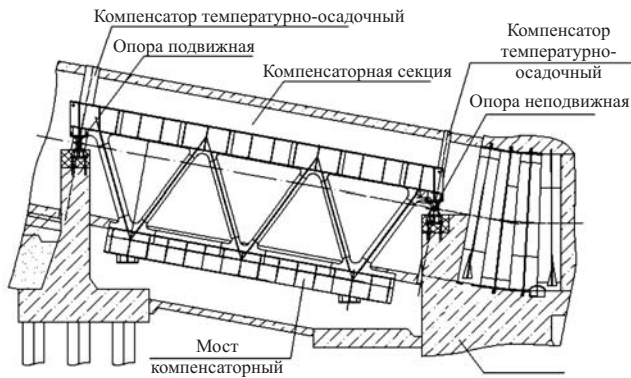


Рис. 5. Компенсаторный переход

котором эта секция установлена. На верхнем компенсаторном переходе устанавливаются компенсаторы с ходом 100 и 200 мм, на нижнем — два температурно-осадочных с ходом по 100 мм.

#### Технические характеристики напорных водоводов

Внутренний диаметр, м . . . . .	7,5
Наружный диаметр, м . . . . .	8,5
Длина водовода от оси водоприемника до оси агрегатов, м . . . . .	834
Длина открытого сталежелезобетонного трубопровода, м . . . . .	773
Статический напор в начале водовода, м . . . . .	32,75
Статический напор в конце водовода, м . . . . .	127,7
Расчетный расход в турбинном режиме, м <sup>3</sup> /с . . . . .	236,5
Количество водоводов, шт . . . . .	4
Масса стальных конструкций на одну нитку открытого водовода, т . . . . .	5435
Масса стальных конструкций водовода с учетом концевых участков, т . . . . .	5650

**Изготовление напорных водоводов.** Технология изготовления звеньев, различные станды и приспособления во многом позаимствованы с Загорской ГАЭС-1. В 1980-е гг. технология возведения напорных водоводов из сборных сталежелезобетонных звеньев Загорской ГАЭС была разработана с привлечением многих проектных организаций и институтов. Эти разработки нашли применение и в настоящем проекте.

При разработке технологии строительства сталежелезобетонных монолитных водоводов Загорской ГАЭС-2 кроме головной проектной организации — СПКБТБ “Мосгидросталь” принимали участие инженерно-технологический центр “Прометей”, выполнивший проекты производства сборочно-сварочных работ и технологические инструкции по сварке и контролю качества сварных соединений, и институт “Гидропроект”, выполнивший ряд проектов по оборудованию базы Гидромонтажа и доставке звеньев от базы к трассе водоводов.

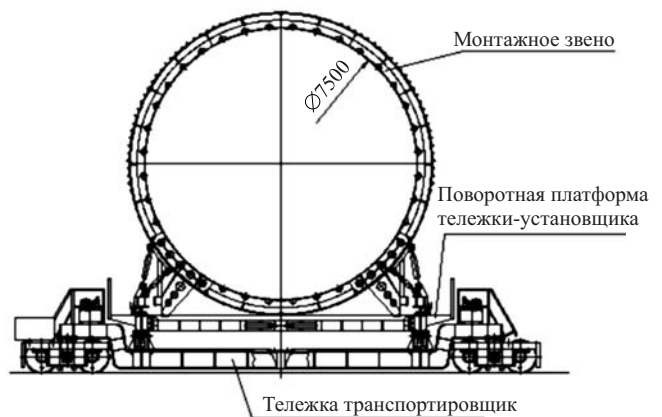
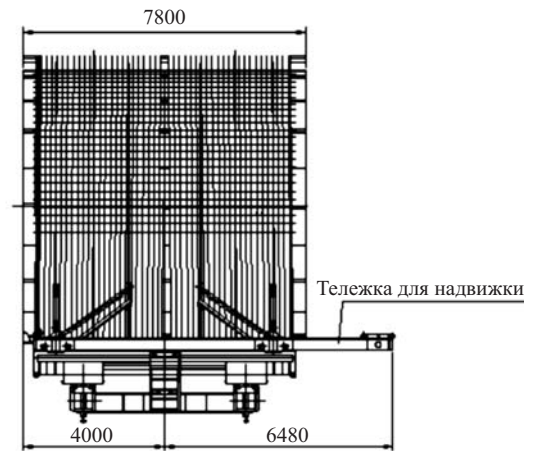


Рис. 6. Перевозка монтажного звена

Водоводы собираются из отдельных звеньев, которые изготавливаются на приобъектной базе Гидромонтажа, расположенной на расстоянии 400 м от оси водоводов. На базе располагаются полигон изготовления звеньев и полигон антикоррозионной обработки. База снабжается всем необходимым оборудованием для изготовления звеньев: стандами для сварки обечаяек, роликовыми передвижными стандами для автоматической сварки оболочки звена, цехом сварки оболочки, цехом стыкосварки арматуры, полигоном для изготовления арматурных ферм и сеток, станками для изготовления промежуточных бухт — рабочей арматуры, стандами для навивки арматуры, стеллажами для хранения заготовок и готовых звеньев, кантователями и другим оборудованием. Полигон для изготовления звеньев обслуживается тремя козловыми кранами грузоподъемностью по 50 тс пролетом 42 м каждый. Полигон для антикоррозионной обработки звеньев оборудуется шатрами, позволяющими производить работы при любой погоде. Полигон обслуживается козловым краном грузоподъемностью 50 тс пролетом 32,0 м и специальной платформой для перевозки звеньев по рельсовым путям с одного полигона на другой.

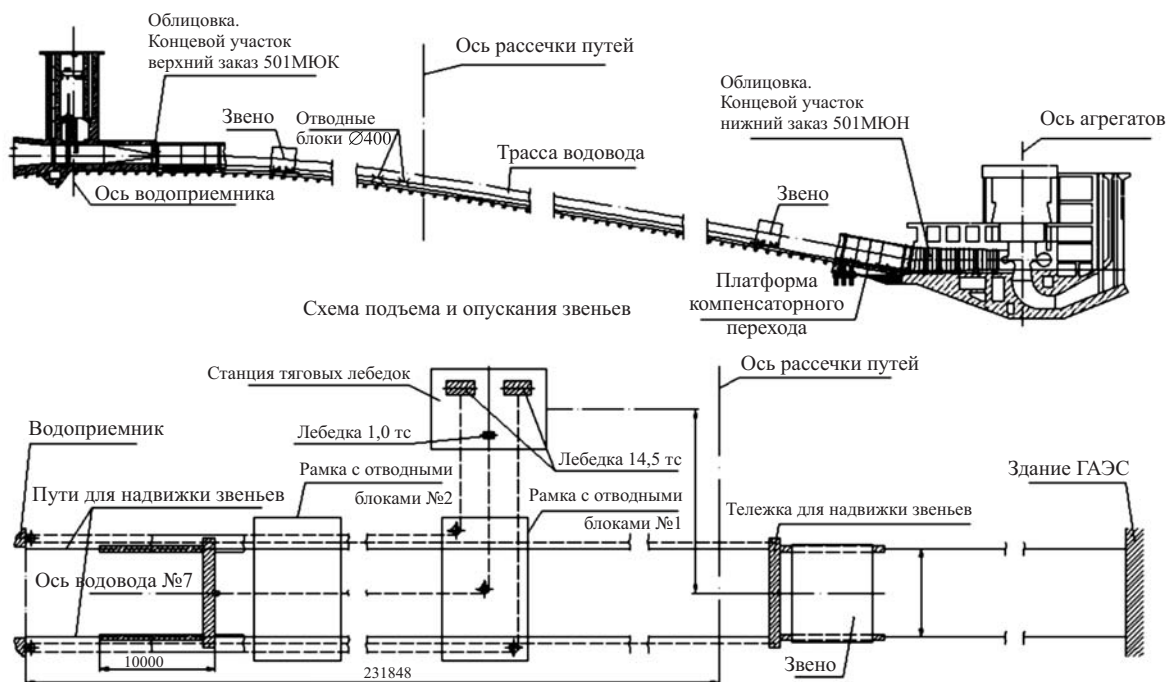


Рис. 7. Схема монтажа звеньев

Изготовление звеньев облицовки производится из заводских заготовок, а сборка и сварка звеньев производятся на приобъектной базе. К заготовкам относятся царги, ребра жесткости, опорные части и различные сварные детали, устанавливаемые на звеньях.

Температурные и температурно-осадочные компенсаторы полностью изготавливаются и испытываются на заводе и поставляются на базу в готовом виде. На завод-изготовитель поступают листы шириной 2,0 м и длиной 8,0 м, из которых изготавливаются царги с обработанными под сварку кромками.

Процесс изготовления звена состоит из следующих основных операций. Из трех царг на базе Гидромонтажа на прихватках собираются обечайки, после сборки двух обечаек и ребер жесткости оболочка звена кантуется и устанавливается на роликовый стенд. В цехе сварки производится автоматическая сварка продольных и кольцевых швов обечайки и контроль качества сварных швов. Обечайка кантуется в вертикальное положение, на нее устанавливаются планшайбы, она снова кантуется в горизонтальное положение и устанавливается на вращающийся стенд для навивки арматуры. На обечайку устанавливаются армофермы и привариваются к оболочке, затем производится навивка арматуры. Таким образом образуется промежуточное звено оболочки с армокаркасом. Звено переносится на следующий стенд, где к нему привариваются четыре опоры. После кантовки звено на специальной платформе перевозится на полигон антикоррозийной обработки и после покраски внутренней поверхности возвращается на полигон изготовления

звеньев, кантуется и устанавливается на стеллаж для последующего укрупнения.

Всего на базе Гидромонтажа предстоит изготовить на одну нитку водовода 211 промежуточных звеньев четырех типов: 21 компенсаторное звено длиной 3,9 м (в состав звена входит компенсатор) и 190 штук прямых звеньев (без компенсатора) длиной 3,9; 2,84 и 2,55 м. Общая масса промежуточных звеньев на одну нитку водовода составляет 5340 т. Масса нетто отдельных промежуточных звеньев колеблется от 14,6 до 56,1 т (самое нижнее звено). Внутри базы звенья переносятся совместно с технологическими диафрагмами и двумя планшайбами, их масса увеличивается еще на 14,2 т и достигает 70,3 т. Перенос звена массой брутто до 50 т производится одним козловым краном, а свыше — двумя спаренными кранами.

Перед отправкой на монтаж производится укрупнение промежуточных звеньев в монтажное звено. Участок укрупнения звеньев оборудуется специальными стендами для укрупнения, подмостями для наружных сварочных работ, катучими подмостями для внутренних сварочных работ, сварочной аппаратурой и четырьмя переносными домкратами грузоподъемностью 30 т каждый с передвижной насосной станцией для подъема монтажного звена и погрузки его на тележку для надвигки звеньев. Укрупнение производится следующим образом: на стенд устанавливаются два (или три) промежуточных звена, стягиваются между собой и после подгонки и выверки свариваются полуавтоматической сваркой в среде инертных газов. На звено



Рис. 8. Передвижные подмости

устанавливается продольная рабочая арматура и сетки распределительной арматуры.

Рядом с собранным монтажным звеном на рельсовые пути устанавливается колесная тележка для надвигки звеньев. Монтажное звено приподнимается на домкратах и закрепляется на тележке с помощью талрепов. Звено вместе с тележкой для надвигки закатывается на платформу тележки-транспортёрщика для доставки к трассе монтируемого водовода.

Всего на один водовод предстоит укрупнить 95 монтажных звеньев трех типов, из которых 19 компенсаторных звеньев длиной 9,0 м, два концевых компенсаторных звена длиной 9,58 м и 74 средних звена длиной 7,8 м массой от 45,7 до 108,4 т.

**Монтаж водоводов.** База соединяется с трассой водоводов рельсовыми путями, проложенными перпендикулярно трассе и пересекающими ее на две части: верхнюю, расположенную в сторону водоприемника, и нижнюю — в сторону здания ГАЭС-2. Пути предназначаются для перевозки звеньев от участка укрупнения до расщепки трассы монтируемого водовода на самоходной тележке-транспортёрщике. По трассе водовода на консолях продольных балок также проложены рельсовые пути, предназна-

ченные для перемещения вдоль трассы звена, наружных передвижных подмостей для сварки звеньев и опалубки для бетонирования.

После доставки в расщепку звено перемещается на колесной тележке для надвигки специальным канатным механизмом для надвигки звеньев. Монтажные работы на водоводах производятся поочередно: вначале монтируется самый дальний от приобъектной базы водовод № 7, а затем последующие водоводы № 8, 9 и 10 в порядке возрастания номеров. Лебедки канатного монтажного механизма производят установку звена как в верхнюю, так и в нижнюю часть трассы.

После доставки на место установки звено приподнимается домкратами и освобождается от тележки для надвигки, под опоры устанавливаются регулировочные прокладки и привариваются к закладным частям продольных балок. Новое звено устанавливается с зазором около 60 мм (по оси водовода) от уже смонтированной части водовода. В него закатываются трехъярусные внутренние передвижные подмости, а снаружи — наружные передвижные подмости, с которых производятся установка и сварка элементов наружной кольцевой накладки шириной 150 мм, перекрывающей проектный зазор между звеньями.

После окончания сварки и проверки качества сварных швов на участке водовода, предназначенном для бетонирования, по оси водовода через 2 м устанавливаются распорки, предохраняющие оболочку от деформаций при укладке бетона. Бетонирование водовода производится блоками по мере окончания монтажа отдельных звеньев.

В настоящее время трест «Гидромонтаж» производит работы по изготовлению звеньев. Изготовлено и смонтировано большинство технологических стендов, построены цехи сварки оболочки и арматуры, собираются первые звенья оболочки с армокаркасом, выполнено опытное звено для проведения бетонирования.

Работы по сооружению напорных водоводов разворачиваются полным ходом.

## Проектирование стальных напорных трубопроводов в СПКТБ “Запорожгидросталь”

Тузман А. М., заведующий сектором трубопроводов (СПКТБ “Запорожгидросталь”)

Проектированием стальных напорных трубопроводов СПКТБ “Запорожгидросталь” занимается с начала 50-х гг. прошлого века. Одним из первых был разработан проект трубопроводов Краснополянской ГЭС, затем последовали проекты трубопроводов ряда насосных станций оросительных систем на Украине и юге России. Был выполнен проект открыто проложенных стальных трубопроводов диаметром  $d = 3,8$  м и расчетным напором 1,15 МПа для первой в Советском Союзе гидроаккумулирующей электростанции — Киевской ГАЭС. В 1968 г. в связи со значительным ростом числа заказов в СПКТБ создан специализированный сектор по проектированию стальных напорных трубопроводов различного назначения: гидроэлектрических и насосных станций, технического водоснабжения тепловых и атомных электростанций, оросительных систем и промышленных объектов.

За прошедшие годы выполнены десятки проектов трубопроводов для отечественных и зарубежных гидроэнергетических объектов общей массой свыше 200 тыс. т, в частности высоконапорные трубопроводы (с напорами до 600 м вод. ст. и диаметрами до 10 м) для ГЭС А-Вуонг и Яли во Вьетнаме, гидроузла Шахид Аббаспур Дэм в Иране, ГЭС Эль Кахон в Мексике и др.

Освоено проектирование трубопроводов различных типов:

проложенных на отдельных опорах по поверхности земли (открытые трубопроводы);

заделанных в бетонном массиве или горной породе;

засыпанных грунтом (в траншее или насыпи);

прокладываемых в сложных геологических условиях: дюкеры, арочные переходы через железную дорогу, на подрабатываемых территориях, в штольнях;

уровнительных резервуаров, устанавливаемых на напорной деривации ГЭС.

Большую часть проектов СПКТБ “Запорожгидросталь” разрабатывает по техническим заданиям генпроектировщиков: “Укргидропроект”, “Мособлгидропроект”, “Гидропроект” (г. Москва), “Бакгидропроект”, “Укргипроводхоз”, “Интертехне” (Мексика), “Мошанир” (Иран), “ПИТЭ” (Вьетнам) и др.

Кроме проектов стальных напорных трубопроводов СПКТБ выполняет проекты организации и производства работ по монтажу трубопроводов, а также проекты пусковых гидравлических испытаний (включая схему, программу и методику испытаний).

Проектирование осуществляется с помощью графической системы программы “AutoCAD”. Прочностные расчеты оболочки трубопроводов и отдельных конструктивных узлов (разветвления, компенсаторы различных типов, опоры и опорные кольца, переходные звенья и др.) выполняются в системе инженерного анализа методом конечных элементов по программе “COSMOS/M”, способной выполнять статический анализ трехмерной системы, прочностный расчет и расчет на устойчивость. Метод достаточно полно учитывает сложную геометрическую форму конструкции, расположение в пространстве внешних нагрузок, граничные условия, а также физические свойства применяемого материала.

Следует отметить, что специалистами СПКТБ осуществляется авторский надзор за изготовлением и монтажом трубопроводов, а также натурные обследования эксплуатируемых трубопроводов.

Приведем несколько примеров стальных напорных трубопроводов, запроектированных в СПКТБ в последние годы.

**Стальной напорный трубопровод ГЭС А-Вуонг в СРВ.** Проект разработан в 2005 г. ГЭС эксплуатируется с 2008 г.



Рис. 1. Крутонаклонный участок трубопровода ГЭС А-Вуонг

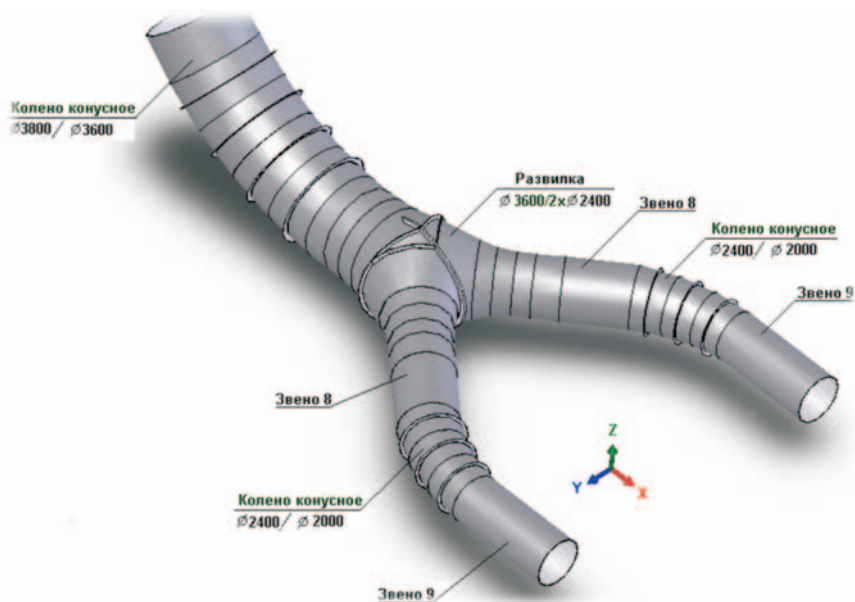


Рис. 2. Концевой участок с развилкой

Основные параметры: диаметр 3,8 м, длина 500 м, максимальное расчетное давление (с учетом гидроудара) в условиях нормальной эксплуатации  $H_p = 3,6$  МПа, максимальное давление при проведении гидростатических испытаний 4,4 МПа. Толщина оболочки от 20 до 40 мм. Материал металлоконструкции трубопровода — сталь SM490-JIS G3106 ( $\sigma_T = 355$  МПа,  $\sigma_B = 490$  МПа). Силовая характеристика трубопровода (произведение напора на диаметр) составляет  $H \cdot D = 1370$  м<sup>2</sup>. (При характеристике  $H \cdot D$  более 1000 м<sup>2</sup> для оболочки свободное лежащего трубопровода уже не может быть использована обычная малоуглеродистая сталь и требуется применение низколегированной стали повышенной прочности.)

От выходного портала деривационного туннеля до нижней анкерной опоры трубопровод выполнен открытого типа разрезной конструкции, опираю-

щейся на ряд промежуточных и анкерных опор. Максимальный угол наклона к горизонту 46,5° (рис. 1). Концевой участок с развилкой (рис. 2) выполнен в виде стальной облицовки, заделанной в бетонном массиве. Развилка симметричная Ø3,6/2xØ2,4 м, усиленная полуэллиптическими воротниками и рассчитанная на полное восприятие расчетного давления воды. Распределение напряжений в конечных элементах развилки представлено на рис. 3. Следует отметить, что изготовленная развилка была испытана на заводе гидростатическим давлением 4,71 МПа, а затем смонтированный трубопровод вместе с развилкой был подвергнут предпусковым гидростатическим испытаниям давлением 4,4 МПа. Гидравлические испытания трубопровода проводились по проекту и при непосредственном участии представителя СПКТБ.

**Развилка стального напорного трубопровода ГЭС А-Льой в СРВ.** В 2010 г. по контракту с институтом “NARIME” (г. Ханой), СПКТБ выполнило проверочный расчет развилки: Ø3200/2Ø1800,  $H_p = 5,15$  МПа,  $H_{исп} = 6,02$  МПа — трубопровода ГЭС А-Льой, проект которого был разработан институтом “NARIME”. Материал облицовки развилки и усиливающих воротников — сталь Q460C (стандарт GB/T 1591-94),  $\sigma_T = 420$  МПа,  $\sigma_B = 550$  МПа. По результатам проверочного расчета выполнено усиление отдельных элементов уже изготовленной и смонтированной развилки, в частности центрального воротника (рис. 4). В июле 2010 г. были успешно проведены повторные гидравлические испытания развилки до её бетонирования, которые подтвердили обоснованность принятых решений по её усилению. Испытания проводились при уча-

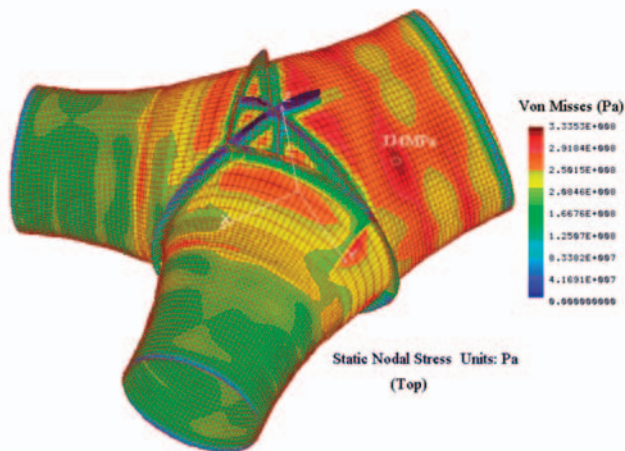


Рис. 3. Распределение напряжений в конечных элементах развилки диаметром 3600/2 × 2400

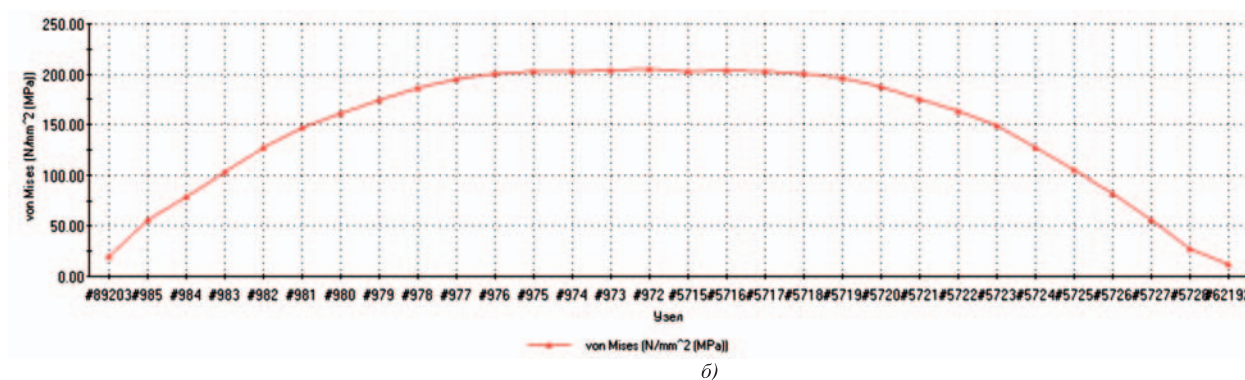
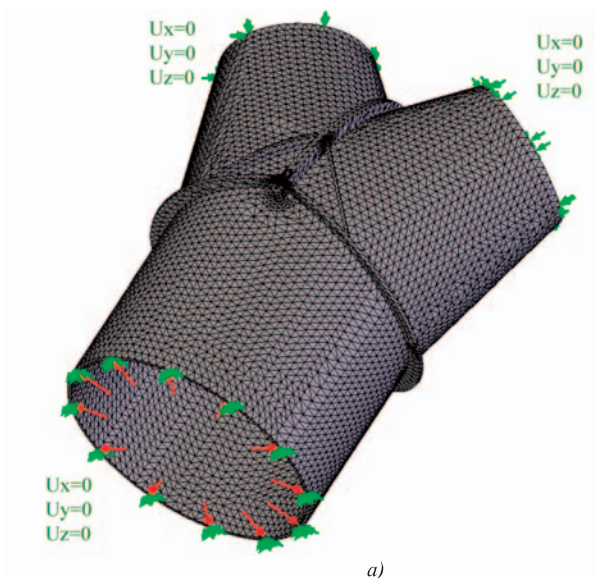


Рис. 4. Расчетная схема модели развилки с сеткой конечных элементов — а; эпюра напряжений в центральном воротнике — б

стии специалиста-консультанта СПКТБ “Запорож-гидросталь”, А. М. Тузмана.

**Стальная облицовка турбинных водоводов ГЭС Эль Кахон в Мексике.** Проект стальной облицовки ГЭС Эль Кахон разработан в 2005 г. ГЭС эксплуатируется с 2007 г.

Параметры облицовки: диаметр 7,95 м, длина 235 м, максимальное расчетное внутреннее давление воды 2,05 МПа, максимальное наружное давление грунтовых вод 1,11 МПа, коэффициент удельного отпора скалы 1000 Н/см<sup>3</sup>. Толщина оболочки 20 – 40 мм. Материал облицовки — листовая сталь ASTM A537 ( $\sigma_T = 355$  МПа,  $\sigma_B = 490$  МПа). Масса облицовки 3500 т.

Расчет облицовки выполнен с учетом разгружающего влияния отпора скалы. При этом при расчете фасонных элементов облицовки (переходная камера, крутоизогнутое колено, конусный переход на конечном участке водовода) коэффициент отпора скалы принят 0. Горное давление при расчете стальной облицовки не учитывалось, так как оно должно восприниматься временной крепью или бетонной обделкой.

Выполнен также расчет облицовки на нагрузки строительного периода. Определена длина блоков бетонирования на наклонном участке водовода (угол наклона водовода относительно вертикальной оси  $\alpha = 25^\circ$ ) при принятой высоте блока 1 м. Кроме того, выполнена проверка на прочность и устойчивость облицовки переходной камеры водовода  $6,244 \times 7,95 / \varnothing 7,95$  м с криволинейной осью ( $\alpha = 38,4^\circ$ ,  $R = 31,8$  м) на нагрузки от свежееуложенной бетонной смеси (с учетом установки временных внутренних раскреплений). По результатам расчета определена высота блоков бетонирования (рис. 5).

**Стальная облицовка турбинных водоводов Ленинградской ГАЭС** (эскизный проект). Основные параметры облицовки: внутренний диаметр 7,5 м, максимальный расчетный напор 1,625 МПа, толщина облицовки 14 – 40 мм, длина одной нитки водовода 670 м, материал — сталь 09Г2С-12 ГОСТ 19281–89. Общая масса облицовки 26 000 т.

Напорные сталежелезобетонные монолитные водоводы являются частью энергетического тракта ГАЭС. Каждая из восьми ниток водоводов состоит из семи секций длиной по 83 м и двух компенсатор-

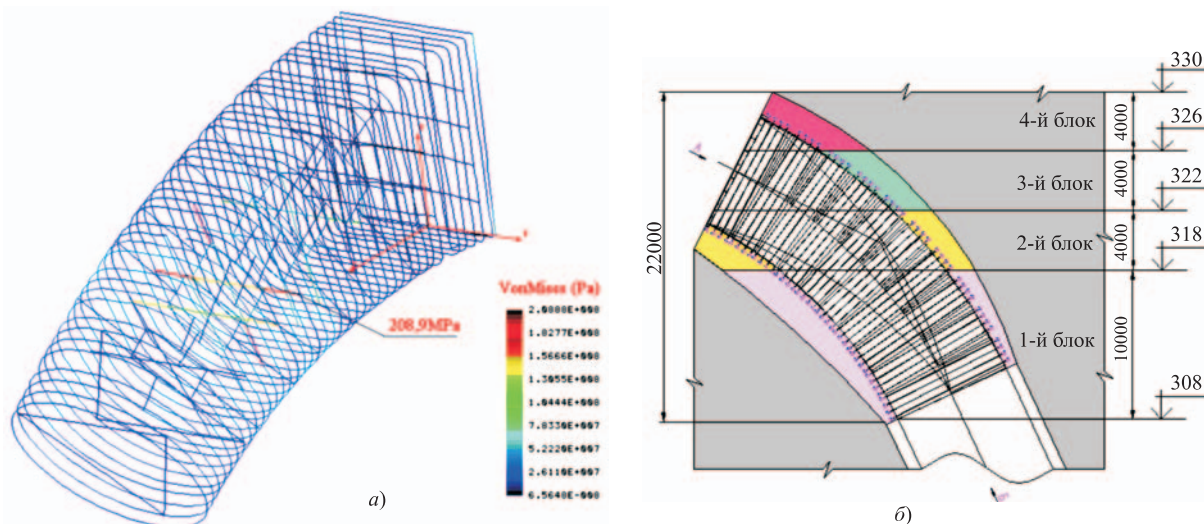


Рис. 5. Распределение напряжений в конечных элементах облицовки переходной камеры — а; схема облицовки переходной камеры и разбивка на блоки бетонирования — б

ных секций длиной по 25 м, примыкающих к водоприемнику и зданию ГАЭС.

Стальная облицовка воспринимает часть внутреннего давления воды, а остальная часть давления воспринимается кольцевой арматурой.

Конструкция опирания сталежелезобетонных водоводов предусматривает совместную работу секций водоводов. Между смежными секциями устраиваются деформационные швы, в которых устанавливаются стационарные компенсаторы.

В проекте рассматриваются компенсаторы двух типов: ранее примененные на Загорской ГАЭС и новой конструкции. Компенсаторы по типу установленных на Загорской ГАЭС состоят из металлических арочных накладок, воспринимающих внутреннее давление воды, и листовой резины, обеспечивающей герметичность шва. Конструкция компенсатора предусматривает возможность проведения ремонтных работ, включая замену резины. Опыт эксплуатации Загорской ГАЭС показал, что для выполнения ремонтных работ требуются около двух недель и остановка агрегата, что приводит к потерям выработки пиковой электроэнергии (кн. 1, № 1498-14-Т2 ПАО “Укрэнергопроект”).

Компенсаторы новой конструкции (авторы Ю. А. Ландау, С. Е. Кремер, ПАО “Укрэнергопроект”) выполняются в виде несущего элемента из полосы нержавеющей стали сечением 3 × 6 мм. С

внутренней и внешней стороны полос, а также между полосами наносится герметизирующий слой из полимерных материалов. Герметичный контур выполняется в виде полуокружности диаметром 500 мм и закрепляется с обеих сторон к кольцевым металлическим элементам облицовки болтовым соединением. При применении компенсатора новой конструкции расширенная полость шва со стороны внешней поверхности компенсатора заполняется герметиком на полимерной основе. При этом создается дополнительный водонепроницаемый контур и повышается надежность работы компенсатора. Предусматривается проведение комплексных исследований компенсатора новой конструкции. Для этой цели предусмотрено изготовление специального стенда, проект которого разработан в СПКТБ.

Следует отметить, что в журнале “Гидротехническое строительство” ранее уже публиковались материалы по стальным напорным трубопроводам, изготовленным и смонтированным по проектам, разработанным в СПКТБ “Запорожгидросталь”, по своим характеристикам представляющим несомненный интерес. В частности, “Турбинные водоводы ГЭС Тхакмо в СРВ” (1997 г.) и “Проектирование и расчет стальных напорных трубопроводов и разилок ГЭС гидроузла Шахид Аббаспур Дэм” (1998 г.).



## Особенности замены ремонтных ворот нижней головы Каховского шлюза

Куценко А. Ф., заведующий отделом ПОР (СПКТЬ “Запорожгидросталь”)

Несмотря на финансовые, организационные, политические и другие трудности, в Украине планомерно и поэтапно проводятся работы по капитальному ремонту и замене механического оборудования шлюзов, в том числе ворот как наиболее ответственных узлов. Капитальные ремонты и замена ворот проводились СПКТЬ “Запорожгидросталь” на основании результатов инструментальных обследований. Эти работы проводились и проводятся на всех шести шлюзах Днепровского каскада.

На Каховском судоходном шлюзе, наиболее старом и в свое время интенсивно эксплуатируемом, за последние годы выполнена замена рабочих и ремонтных ворот нижней головы. Метод замены ремонтных ворот во многом зависел от ситуации на объекте, характеризующейся следующим:

ворота полностью расположены под действующими авто- и железнодорожным мостами;

исключалась возможность использования какого-либо грузоподъемного крана;

основные монтажные работы по замене могли выполняться только в навигационный период, что потребовало проведения тщательной предварительной подготовки;

снятие существующих и навеска новых створок ворот производились в условиях штатной работы шлюза, что предопределялось разработкой целого ряда четких и коротких по времени монтажных операций;

исключалась возможность использования конструкций мостов для навески на них монтажной оснастки, которая могла бы воспринять нагрузки от масс монтируемых конструкций и узлов;

существовали затруднения при установке тяговых лебедок в стесненных условиях на левобережном устое нижней головы;

в сложных условиях устанавливалась монтажная оснастка под мостами, для чего потребовались дополнительные конструкции, прикрепляемые отдельно;

для доставки конструкций и узлов ворот дополнительно потребовалось применение плавсредств, в том числе специально оборудованной баржи г. п. 600 т;

замена ворот выполнялась над заполненной водой камерой;

старые ворота могли демонтироваться, а новые монтироваться только целыми створками; створки новых ворот собирались из марок отдельно за пределами шлюза;

во время замены ворот выполнялись работы с помощью водолазов.

Для створок старых и новых ворот было проведено обустройство баржи г. п. 600 т специальными стеллажами, выполняющими одновременно роль кондуктора (рис. 1). На этих стеллажах за пределами шлюза (у верховой криволинейной палы) выполнялись разрезка и утилизация створок старых ворот, а также сборка створок новых ворот. Эти работы велись с помощью автокрана г. п. 40 т. Обустройство баржи было выполнено из условия укладки на нее сразу двух демонтированных створок для выведения из камеры, а затем — сборки и доставки в камеру на монтаж двух створок новых ворот.

Основная оснастка для демонтажа и монтажа створок состояла из четырех полиспадов, попарно



Рис. 1. Доставка новых створок в камеру на специально обустроенной барже

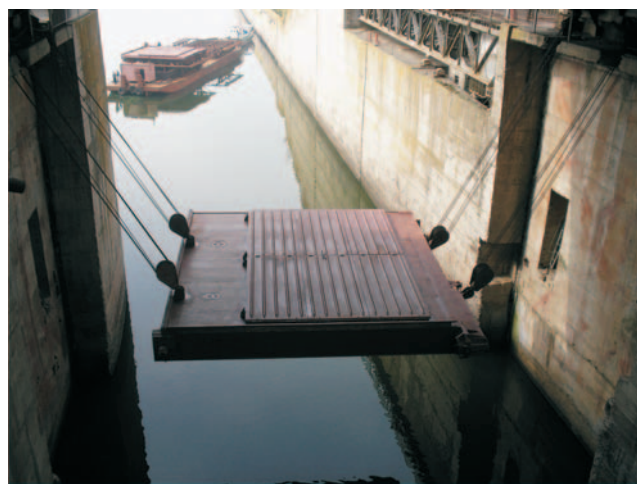


Рис. 2. Новая первая створка после снятия с баржи перед кантовкой в воздухе. На заднем плане — баржа со второй створкой и сохранившийся металлический поворотный мост



Рис. 3. Кантовка створки в воздухе четырьмя полиспастами

подвешенных к специальным балкам, которые, в свою очередь, были прикреплены к бетонным массивам опор мостов. Так как эти полиспасты должны были иметь возможность в процессе монтажа отклоняться от вертикали, применение штатных полиспастов, предназначенных для подъема створок в ремонтное положение, не представлялось возможным. Неподвижные блоки штатных полиспастов применялись лишь в качестве отводных для сбегających, направляемых на лебедки ниток монтажных полиспастов.

В качестве приводов для монтажных полиспастов предусматривалось применение четырех одинаковых электрических лебедок. На левом устое лебедки устанавливались на специальной металлической раме, которая прикреплялась к бетону на анкерах. Лебедки правой стороны прикреплялись к конструкциям сохранившегося поворотного металлического моста.

Сначала поочередно выполнялся демонтаж створок старых ворот. Створка присоединялась к одной паре полиспастов, после их натяжения выполнялось разъединение нижнего шарнирного устройства, затем створка одной парой полиспастов поднималась до момента выхода ее низа из воды. После этого с использованием плавсредств к низу створки присоединялась вторая пара полиспастов с противоположной стороны камеры. Далее, при совместной работе двух пар полиспастов, створка в воздухе выводилась над водой в горизонтальное положение. Под подвешенную на полиспастах

створку подводилась баржа со стеллажами, створка укладывалась. Аналогично демонтировалась вторая створка, после чего обе створки выводились из камеры к верховой пале на разрезку и утилизацию.

На обустроенной барже одновременно выполнялись сборка из отправочных марок и сварка каждой створки. Сборка усложнялась тем, что перед сваркой необходимо было выполнять тщательную выверку конструкций с жесткими допусками согласно схемам контрольных обмеров. Эту задачу нельзя было выполнить у верховой криволинейной палы в условиях практически постоянного волнения в акватории водохранилища со стороны верхнего бьефа. Поэтому специально для выверок в перерывах между шлюзованиями баржа с собранными створками заводилась в камеру, где при закрытых воротах в спокойной воде выполнялись указанные работы по специальной технологии. Баржа с двумя новыми створками заводилась в камеру и швартовалась так, чтобы первая монтируемая створка находилась напротив монтажных полиспастов. К створке присоединялись обе пары монтажных полиспастов. Полиспастами створка в горизонтальном положении приподнималась, баржа со второй створкой выводилась (рис. 2).

После этого всеми полиспастами выполнялась сложная кантовка створки в воздухе. При этом одна пара полиспастов выполняла роль тяговых (подъемных), а вторая — удерживающих (рис. 3). После завершения кантовки створка оставалась в шкафной нише подвешенной на двух полиспастах в вертикальном положении. Полиспасты, присоединенные к низу створки, отсоединялись, другой несущей парой полиспастов створка опускалась в воду до рабочего положения с присоединением в шарнирном устройстве и с посадкой на пятовое устройство. После этого вторая створка, находящаяся на барже, подавалась под полиспасты и аналогичным образом выполнялся ее монтаж.

Все работы по замене ремонтных ворот нижней головы шлюза в намеченные сроки и с надлежащим качеством были выполнены Каховским участком ООО «Юг-СГЭМ» под руководством его начальника А. В. Куца. Проекты ворот и производства монтажных работ разрабатывались СПКТБ «Запорожгидросталь».

# Гидропривод для маневрирования аварийно-ремонтным затвором водоприемника ГЭС Эль Кахон в Мексике

Гаража П. Г., заведующий отделом (СПКТЬ “Запорожгидросталь”)

В 2004 г. СПКТЬ “Запорожгидросталь” в составе международного консорциума вместе с “Силовыми машинами” участвовало в проекте строительства ГЭС Эль Кахон в Мексике в качестве разработчика проектов механического оборудования всех сооружений станции. В настоящей статье рассмотрены проблемы, возникшие при разработке проекта гидропривода и связанные с особыми требованиями заказчика.

Технической спецификацией и частными характеристиками, разработанными Федеральной комиссией по электроэнергетике Мексики, в качестве грузоподъемного оборудования для маневрирования аварийно-ремонтным затвором определен гидропривод с одной точкой подвеса. Силовые параметры гидропривода и ход штока определены формулой затвора 6,244-7,95-71,13 и составляют 200-270-0-9,63 (где 200 — усилие подъема, тс; 270 — усилие удерживания, тс; 0 — усилие дожатия; 9,63 — ход штока цилиндра, м). Спецификацией и частными характеристиками требовалось, чтобы гидропривод соответствовал следующим критериям проектирования:

время закрытия затвора под напором — 30 с при рабочем ходе затвора 9 м;

время открытия затвора при снятой нагрузке — 480 с;

максимальный прогиб несущей конструкции опоры гидроцилиндра при проектной нагрузке — 1/1500;

допускаемая скорость масла в трубопроводах: всасывающих и сливных 1,5 – 2,5 м/с, напорных — 2,5 – 5 м/с;

гидроцилиндр должен обеспечивать усилие, на 25 % превышающее номинальное без каких-либо повреждений при любых положениях затвора;

точность маневрирования вертикального перемещения не более 6,0 мм при любых условиях нагрузки от 0 до 125 % номинальной;

корпус цилиндра должен быть из цельнокованной стали;

нижний коллектор должен обеспечивать максимальный поток с пропорциональным уменьшением площади по мере хода поршня;

шток из кованой стали со шлифованной хромированной поверхностью, его конец должен заканчиваться резьбой. Устройство соединения цилиндра со штангой затвора должно быть изготовлено из кованой стали с резьбой достаточной длины для регулировки соединения;

гидропривод должен быть снабжен маслонасосной станцией с основным и резервным насосом, а также ручным насосом на случай обесточивания или поломки насосов, фильтром с силикогелевым наполнителем и системой контроля уровня масла;

блок управления гидроцилиндром должен снабжаться дополнительными клапанами, которые используются при ручном управлении гидроприводом;

в гидравлической системе должны быть предусмотрены реле давления, предохранительные клапаны, манометры для контроля давления в стратегических точках, а также фильтры очистки масла при поступлении из системы;

система управления гидроприводом должна иметь переключатель выбора режима управления: “местное” или “дистанционное”. В шкафу дистанционного управления должен быть установлен программируемый логический контроллер (PLC), предназначенный для выполнения следующих функций:

контроля работы маслонасосной станции;

контроля за закрытием и открытием затворов;

связи с системой управления автоматизации и сбора данных (SCAAD), эта связь должна осуществляться посредством оптоволоконного кабеля;

PLC должен быть заполнен двойным CPU и поддержкой памяти типа “EEPROM”. Кроме того, PLC может быть перепрограммирован портативным программным оборудованием, включенным в спецификацию SCAAD;

система управления должна иметь световую или звуковую сигнализацию при аварийных ситуациях, таких как заклинивание затвора, сбой в одном или обоих насосах, превышение давления в линии, сбой в работе соленоидов клапанов управления;

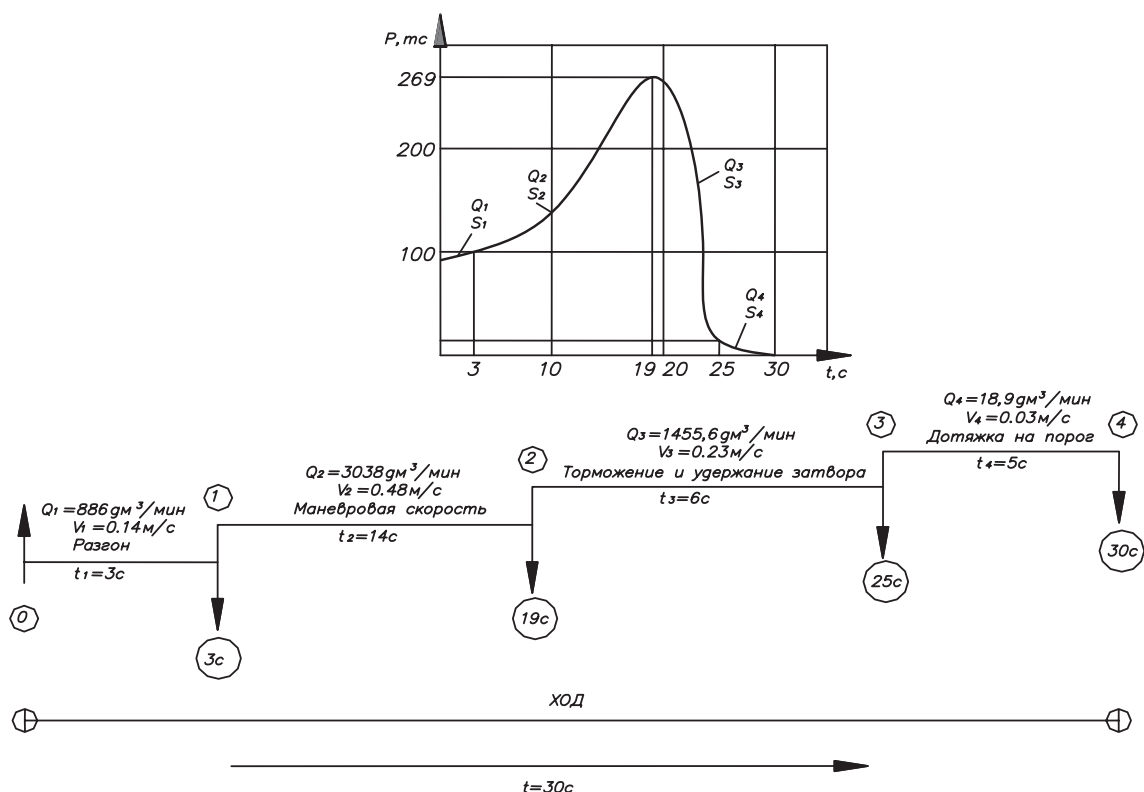
опускание затвора в поток предусматривается под действием собственной массы затвора и столба воды, действующего на верхнее горизонтальное уплотнение;

при посадке затвора из верхнего положения необходимо предусмотреть аккумулятор давления или насос малой производительности и высокого давления;

система должна иметь индикаторы и лампочки, указывающие положения затвора: “Закрыт”, “Находится в движении” и “Открыт”.

Из перечисленных требований новыми в практике СПКТЬ и завода-изготовителя НКМЗ были два:

опускание затвора со штангой массой 92 т с высоты 9 м за 30 с;



Алгоритм работы пропорционального регулятора потока в зависимости от выходного сигнала

обустройство системы управления (PLC).

Для быстрого сброса необходимо было разработать оборудование (золотник управления), которое могло бы обеспечить опускание затвора на порог с большой разрешающей способностью пропуска расхода из штоковой в поршневую полость в три этапа: разгон, маневровая скорость, торможение. После проработки различных вариантов блок управления гидроаппаратуры быстрого сброса был укомплектован гидрораспределителем со встроенным предохранительным клапаном и управляющим элементом, встроенным пропорциональным регулятором потока и электронным блоком управления фирмы “Rexhrot”. Кроме того, в конструкции гидроцилиндра на верхней головке предусмотрен дополнительный бак, предназначенный для приема масла при быстром сбросе затвора. При подходе затвора к порогу переливное отверстие перекрывается поршнем гидроцилиндра, и дальнейший перелив происходит через дроссельное устройство в нижней головке цилиндра. Затвор в течение 5 с медленно опускается на порог. Компенсация масла в поршневой полости на объем штока происходит из дополнительного бачка. Бачок имеет указатели уровня, которые дают сигнал на его пополнение от основного насоса.

Алгоритм работы (настройки) пропорционального регулятора потока 2 WRC80 K-001-1X/SM в зависимости от выходного сигнала 4-20 мА, посту-

пающего с электронного блока управления VT-SR 35-1X (величины выходных сигналов электронного блока определяются при наладочных работах), изображен на рисунке.

Комплектацию системы управления PLC с двойным CPU и программное обеспечение местного управления гидроприводом, а также поставку оборудования интерфейса, его программное обеспечение между шкафами местного и дистанционного управления (система SCAADA) осуществила компания “Energ Power” (Бразилия).

По разработанной СПКТБ “Запорожгидросталь” рабочей документации, учитывающей все требования технической спецификации, Новокраматорский машиностроительный завод изготовил и поставил гидропривод на строительство. При непосредственном участии шеф-монтажников завода и представителя авторского надзора от СПКТБ выполнены монтаж гидропривода, его наладка и проведены испытания в соответствии с требованиями технической спецификации. Был выполнен сброс затвора в штатном режиме. Время перекрытия отверстия составило 29 с. Успешно проведенные испытания по перекрытию входного отверстия водоприемника за расчетное время подтвердили, что подбор аппаратуры и системы управления выполнен правильно. Никаких вопросов, замечаний, претензий по работе гидропривода от службы эксплуатации не поступало.

# Интеграция Систем менеджмента в ОАО “Трест Гидромонтаж”

Дунаев В. С., директор по качеству (ОАО “Трест Гидромонтаж”)

Руководство ОАО “Трест Гидромонтаж” стремится к однозначной предсказуемости качества управленческого регулирования через профессионализм и слаженность работы. Мы ведём современный менеджмент открыто и систематически.

**Миссия** нашей Системы менеджмента качества (СМК) — **качественное управление качеством работ**. Такое управление позволяет каждому руководителю давать наиболее четкие задания, а каждому исполнителю — понимать эти задания и успешно их выполнять. Мы делаем большой бизнес простым.

На переднем плане нашей деятельности — создание условий, способствующих предотвращению любых возможных отклонений и несоответствий на самых ранних этапах жизненного цикла продукции, работ, услуг, и сведение к минимуму случайных ошибок, вызванных человеческим фактором.

Мы обеспечиваем такие гарантии качества продукции, которые соответствуют высокой степени ответственности её функционального назначения. Максимальное удовлетворение требований и ожиданий заказчиков различных уровней, строгое соблюдение законодательства и подзаконных нормативно-правовых актов, действующих в России и

странах, с которыми у России имеются деловые отношения, — наши приоритеты.

**Долгосрочные цели** в области качества, установленные ОАО “Трест Гидромонтаж”, полностью соответствуют и подчинены нашим деловым интересам, неразрывно связаны между собой и логически дополняют друг друга.

**Главными целями** на ближайшие пять лет являются:

построение корпоративной архитектуры как системного представления ключевых структурных компонентов компании, пригодных для решения практических бизнес-задач;

дальнейшее развитие Системы административного управления на основе сквозного, многоуровневого и взаимоувязанного распределения сверху донизу как управленческих, так и исполнительских функций персонала в рамках процессов Системы менеджмента качества;

расширение/разветвление дивизиональной организационной структуры компании путем передислокации и/или организации новых производств для устойчивого удовлетворения потребительского спроса в различных географических регионах страны и мира;

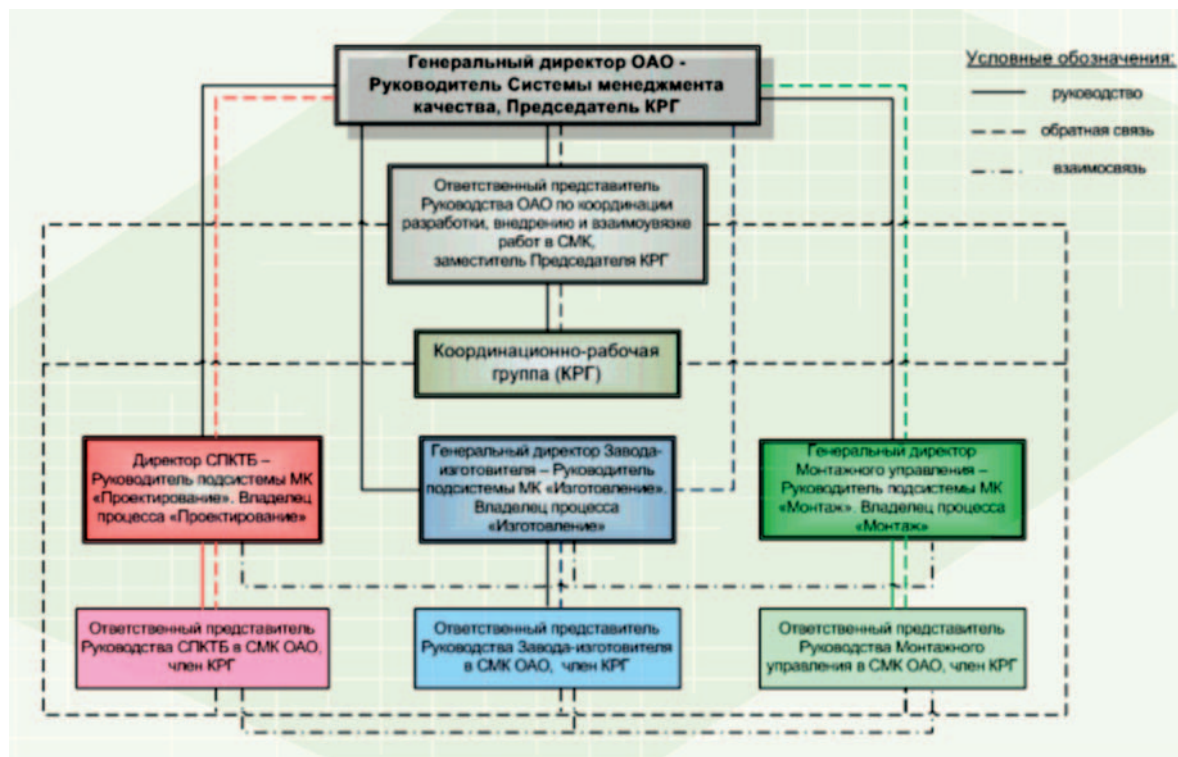


Рис. 1. Структура руководства Системой менеджмента качества ОАО “Трест Гидромонтаж”

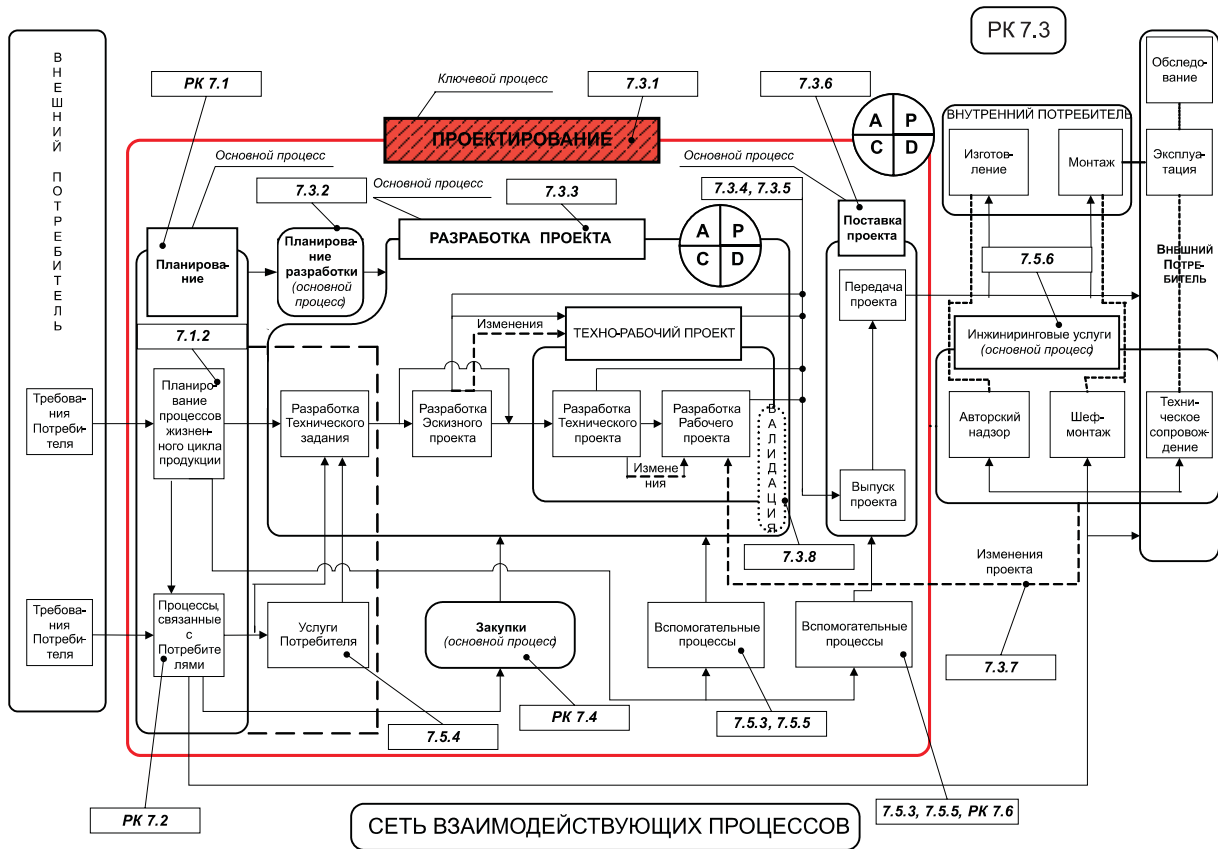


Рис. 2. Ландшафт ключевого бизнес-процесса “Проектирование”

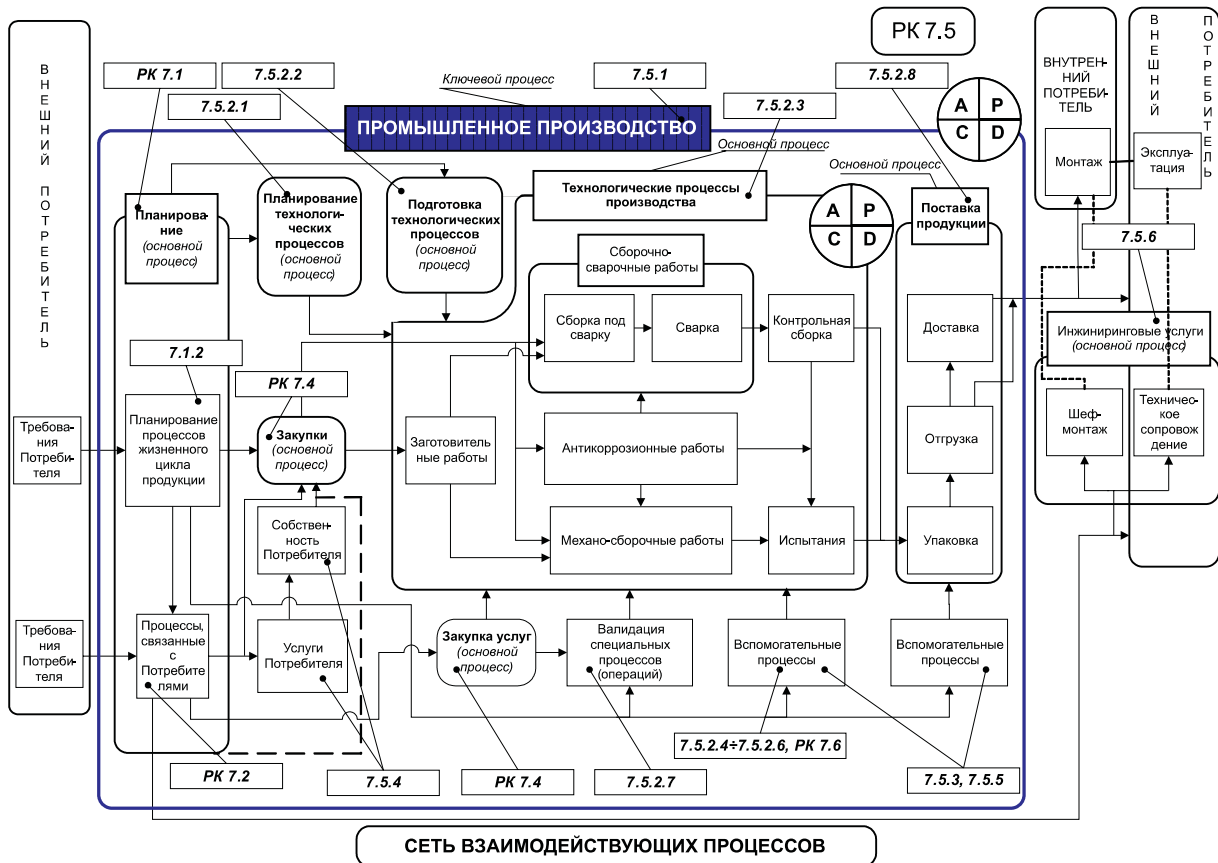


Рис. 3. Ландшафт ключевого бизнес-процесса “Изготовление”

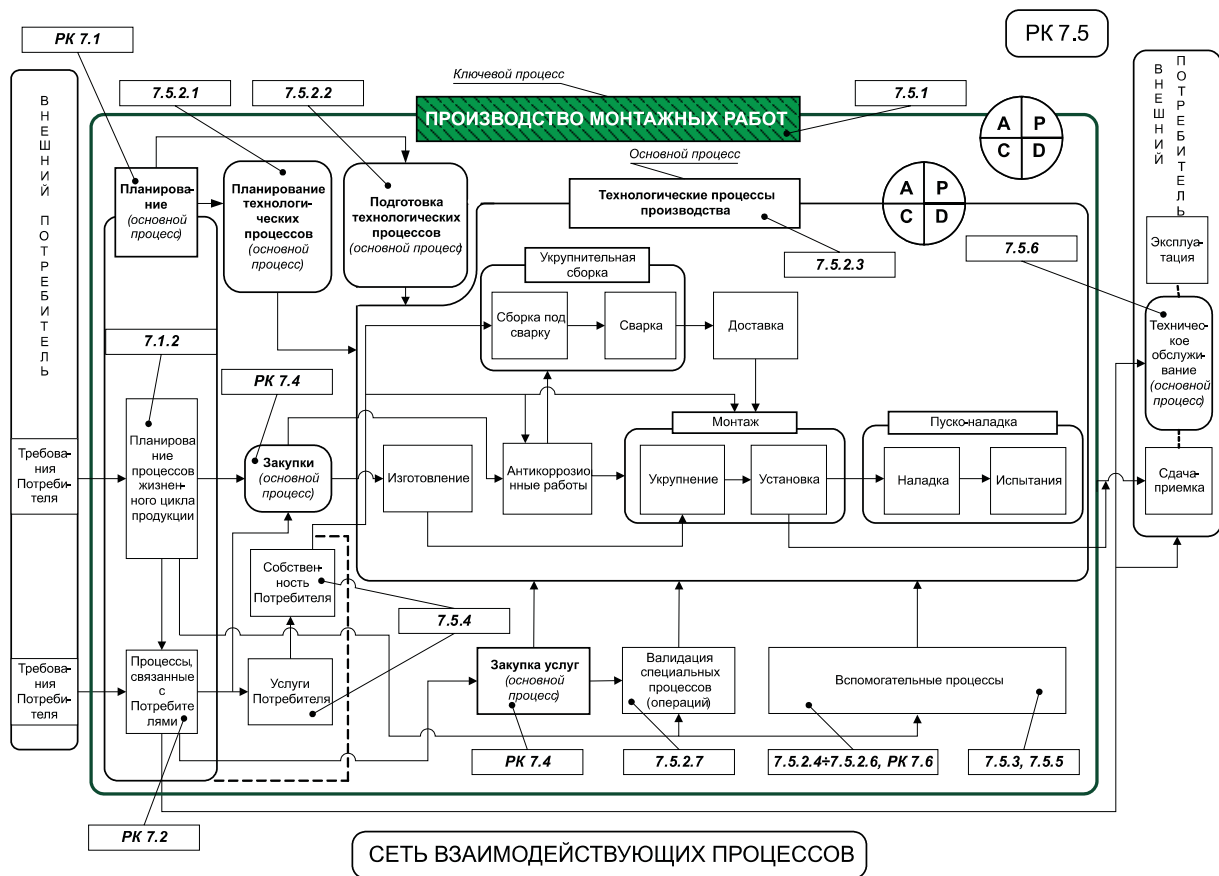


Рис. 4. Ландшафт ключевого бизнес-процесса “Монтаж”

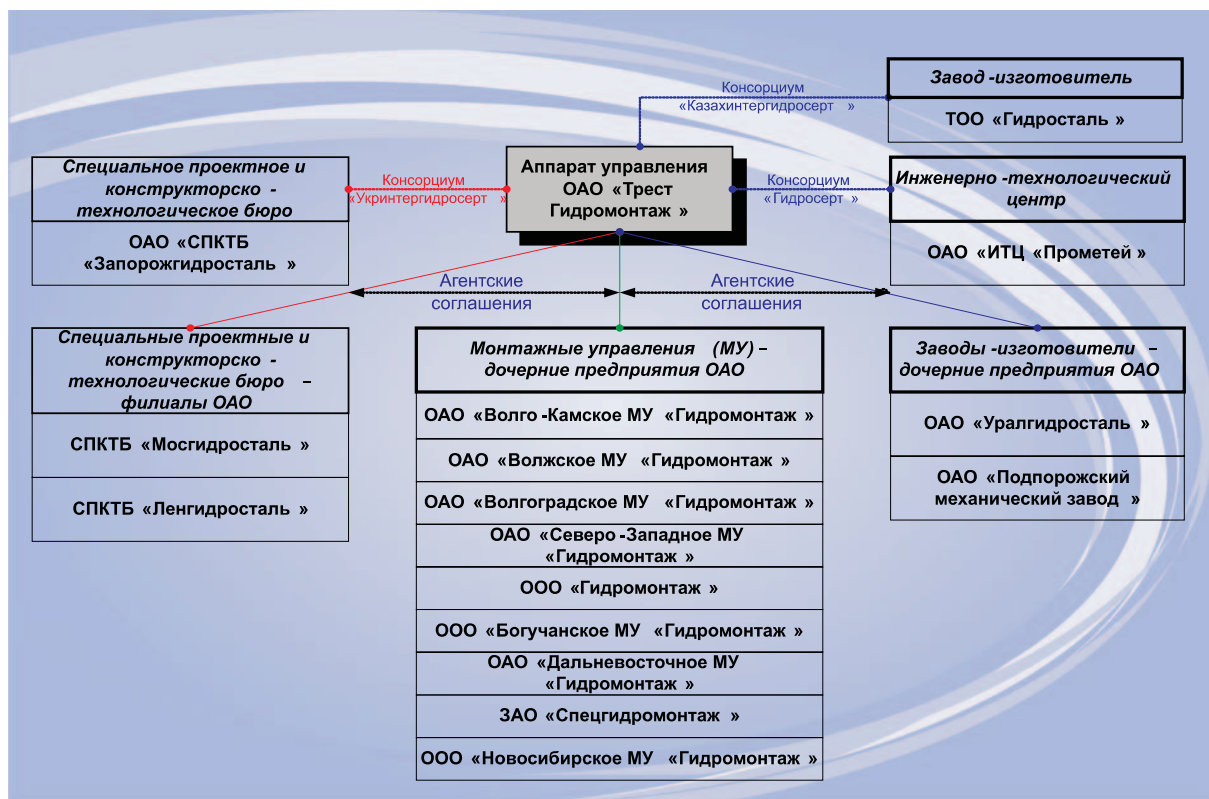


Рис. 5. Состав предприятий в Системе менеджмента качества ОАО “Трест Гидромонтаж”

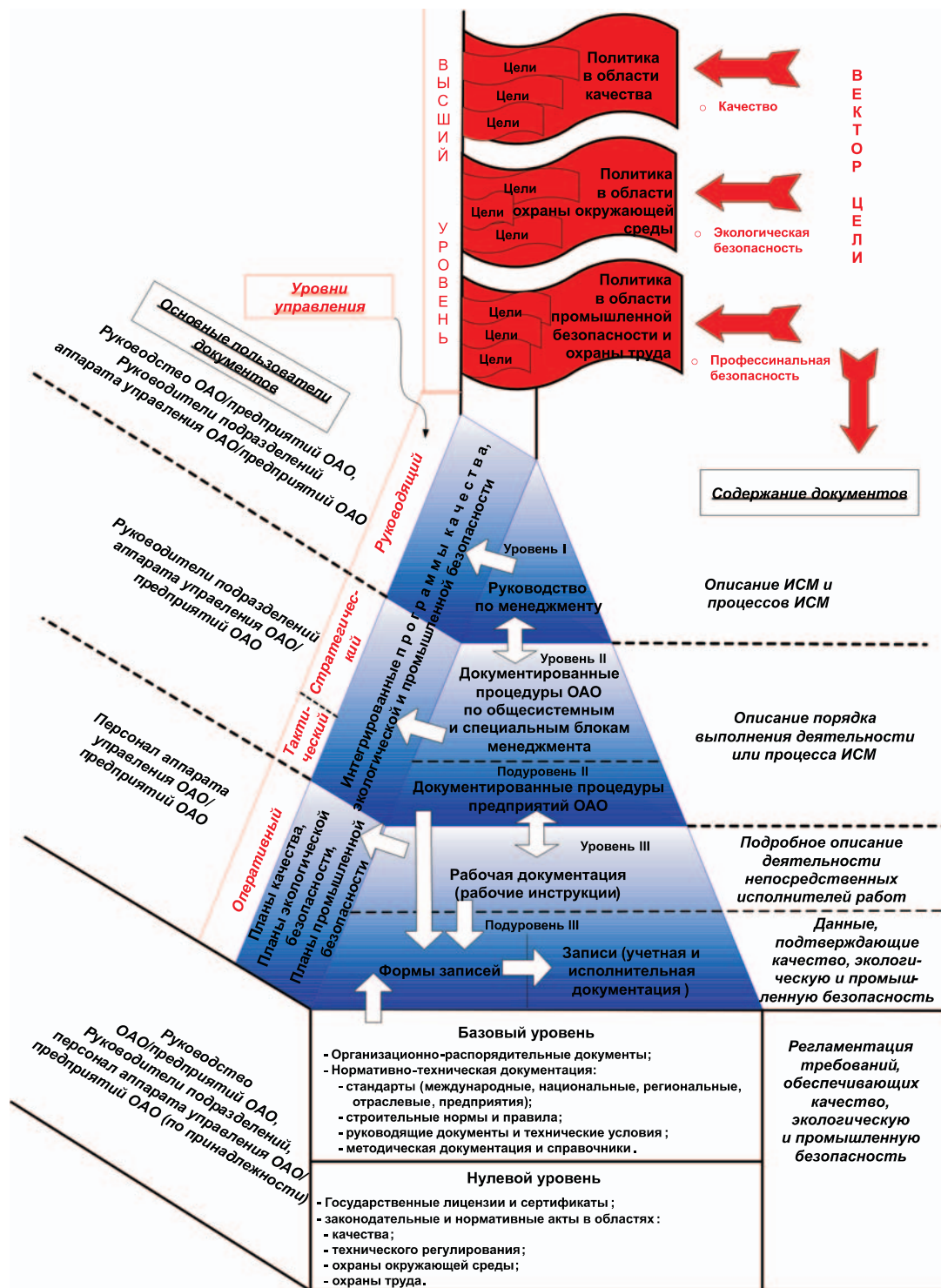


Рис. 6. Иерархия документации Интегрированной системы менеджмента ОАО «Трест Гидромонтаж»

создание собственной Системы управления проектами, адаптированной к специфике нашей работы, передача на внутренний аутсорсинг управляющим директорам компании и продвижение на объекты строительства управленческих процессов/функций, присущих проекту;

концентрация и целенаправленное использование потенциала акционерного капитала и ресурсов компании (административного, управленческого, финансового, технического, информационного, ин-

теллектуального), а также ресурсов промышленного/строительно-монтажного производства предприятий компании в наиболее перспективных сегментах мирового рынка;

привлечение ресурсов и консолидация действий разносторонних достойных бизнес-партнеров, образование международных ассоциаций/консорциумов для создания на этой основе концессионного механизма повышения конкурентоспособности компании как в России, так и за рубежом;



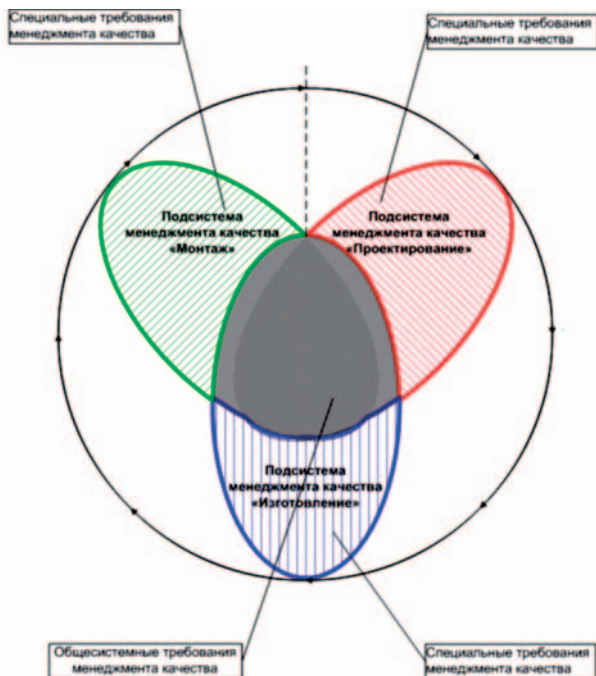


Рис. 7. Графическая конструкция единой Системы менеджмента качества ОАО “Трест Гидромонтаж”

максимальное привлечение наших предприятий на всех стадиях жизненного цикла продукции (инжиниринг, проектирование, изготовление, монтаж, сервисное обслуживание) и наиболее подготовленных специалистов этих предприятий для сопровождения работ на объектах строительства;

применение современных информационных технологий и инструментов контроллинга как средств для повышения объективности принятых управленческих решений на базе компьютеризированной системы сбора и обработки информации;

стремление к постоянному увеличению числа работников, вовлеченных в Систему менеджмента качества и владеющих доступными и понятными им методами менеджмента, соответствующими уровню полномочий персонала;

оценка персоналом степени зрелости процессов и собственных действий “сквозь призму” политики и целей в области качества.

Поддержание качества на современном уровне и его постоянное повышение — требование времени, поэтому наша работа в этой области является проявлением воли и делом руководителя, управляется и координируется на высшем уровне (рис. 1).

Система менеджмента качества (СМК) нашей компании является единой для аппарата управления и всех предприятий. Она сертифицирована германской фирмой “TUV NORD CERT” на соответствие международному стандарту EN ISO 9001:2008 и включает отдельные подсистемы менеджмента качества, которые определяются общей организационной структурой и ключевыми бизнес-процессами СМК:

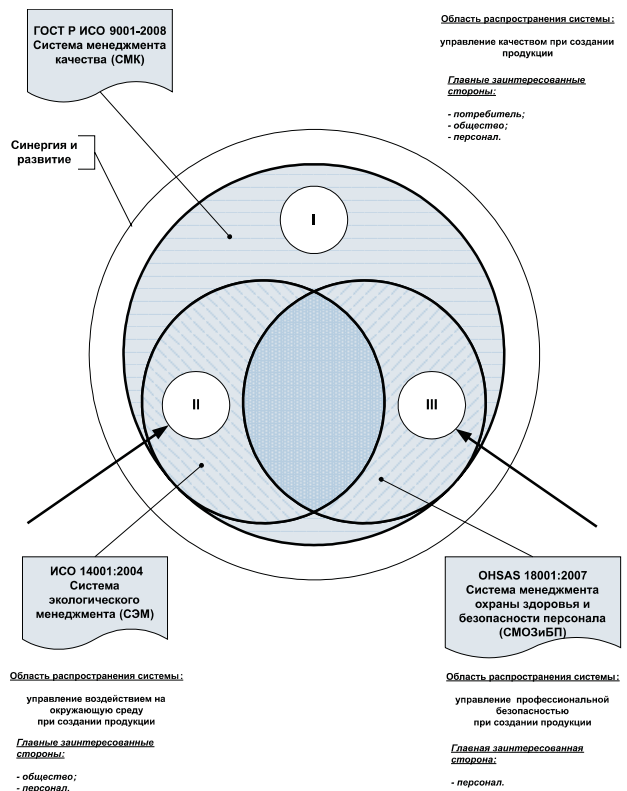


Рис. 8. Графическое представление “модели” Интегрированной системы менеджмента ОАО “Трест Гидромонтаж”

подсистему, действие которой распространяется на специальные проектные и конструкторско-технологические бюро, реализующие ключевой бизнес-процесс СМК “Проектирование” (рис. 2);

подсистему, действие которой распространяется на заводы-изготовители, реализующие ключевой бизнес-процесс СМК “Изготовление” (рис. 3);

подсистему, действие которой распространяется на монтажные управления, реализующие ключевой бизнес-процесс СМК “Монтаж” (рис. 4).

Менеджмент качества (МК) каждого предприятия, входящего в Систему менеджмента качества ОАО “Трест Гидромонтаж” (рис. 5), представляет собой выполнение совокупности как общесистемных, так и специальных требований в зависимости от конкретной подсистемы МК. Система менеджмента качества предусматривает постоянное взаимодействие и взаимосвязь всех подсистем МК и бизнес-процессов СМК (рис. 6, 7).

Мы поддерживаем Концепцию устойчивого развития общества, смысл которой заключается в удовлетворении потребностей нашего поколения без нанесения при этом ущерба возможностям будущих поколений по удовлетворению их собственных потребностей. Предпосылками к этому являются:

объективная реальность существования значительной техногенной нагрузки на окружающую среду от промышленных предприятий и признание в этой связи возможности развития отрицательных

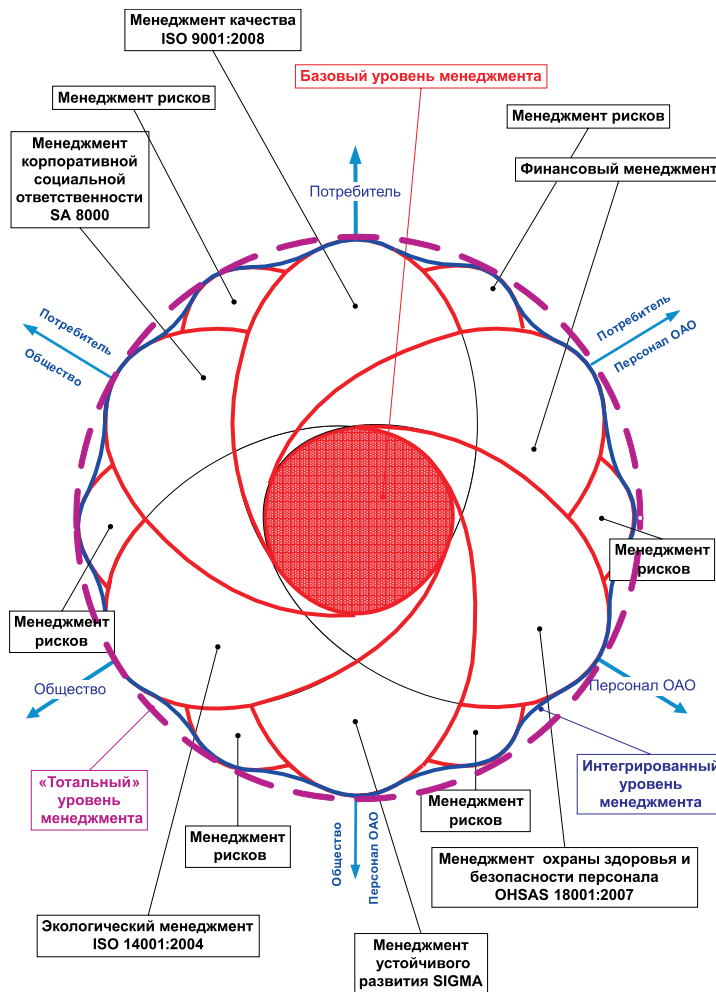


Рис. 9. Графическое представление деятельности, связанной с Интеграцией уровня менеджмента ОАО “Трест Гидромонтаж”

техногенных процессов и возникновения напряженных экологических ситуаций;

производство строительно-монтажных работ в экологически чувствительных природных зонах и в условиях, которые могут создать опасность для жизни и/или повлиять на здоровье работающих;

использование промышленного, строительного и пассажирского транспорта (потребление и слив моторного топлива и других горюче-смазочных материалов, загрязнение почв и грунтовых вод, загрязнение бассейнов рек сточными водами, выброс в атмосферу отработанных вредных веществ и т.п.);

производство подготовительных работ по отводу площадей (разрушение и вывоз почвенного слоя и растительного покрова, нарушение режима поверхностных и подземных вод);

хранение сырья, реактивов, взрыво- и пожароопасных материалов;

складирование твердых промышленных и бытовых отходов (преобразование природного ландшафта, создание антропогенных зон);

работа коммунального хозяйства (отопительные системы, очистные сооружения, вывоз и утилизация мусора);

увеличение нагрузки на природные рекреационные ресурсы.

Осознавая ответственность и готовность внести вклад не только в экономическое, но и в социальное развитие общества, в охрану окружающей среды, мы принимаем решение об интеграции экологического менеджмента и менеджмента охраны здоровья/безопасности персонала в Систему менеджмента качества.

Документация Интегрированной системы менеджмента (ИСМ) построена на базе документации Системы менеджмента качества (рис. 6). Интегрированная таким образом Система базируется на одних и тех же (интегрированных) процессах и стандартизированных функциях управления, что способствует взаимному дополнению, развитию и продвижению составляющих её систем (рис. 8).

Последовательное внедрение единого процессно-ориентированного управленческого подхода позволит объединить в дальнейшем все аспекты деятельности компании в Тотальную систему менеджмента (рис. 9).

## Поздравление Михаилу Федоровичу Красильникову

14 октября 2010 года исполнилось 85 лет со дня рождения выдающегося инженера, крупного организатора проектирования и научных исследований гидроэнергетических объектов в нашей стране и за рубежом, почетного энергетика СССР, заслуженного энергетика Российской Федерации Михаила Федоровича Красильникова. Вся трудовая деятельность М. Ф. Красильникова посвящена разработке и внедрению новых видов гидросилового, электротехнического и механического оборудования гидроэлектростанций.

После успешного окончания в 1951 г. гидроэнергетического факультета Московского энергетического института он более 10 лет работал в НИСе Гидропроекта, проводил модельные и натурные исследования гидроагрегатов на крупнейших отечественных гидроэлектростанциях: Куйбышевской, Волгоградской, Саратовской, Киевской, Каневской, Нурекской, Рогунской, Братской, Зейской, Колымской ГЭС, а также Загорской и Кайшядорской ГАЭС.

Перейдя в институт “Гидропроект”, М. Ф. Красильников возглавил работу технического отдела технологического оборудования, а затем в качестве заместителя главного инженера института – работу всех технологических отделов Гидропроекта. Под его руководством были разработаны технические материалы по проектированию комплекса технологического оборудования ГЭС и ГАЭС, в частности “Нормы проектирования технологической части ГЭС и ГАЭС” – основного нормативного документа проектировщиков-технологов.

Опыт и знания, полученные М. Ф. Красильниковым при проектировании отечественных объектов, позволили ему принять участие в проектировании и экспертизе проектов оборудования в ряде зарубежных стран: Аргентине, Бразилии, Сирии,



Вьетнаме, Индии, Колумбии, Марокко, а также в странах-членах СЭВ.

На всех объектах, в проектировании которых принимал участие М. Ф. Красильников, разработанные при его участии конструкции технологического оборудования ГЭС отличаются новизной и высокой экономичностью.

Признанием высокой научно-технической квалификации М. Ф. Красильникова является избрание его академиком Международной энергетической академии и Международной академии

экологии и природопользования. Он является членом ряда международных организаций – как МАГИ и СИГРЭ, членом Президиума Московского правления НТОЭиЭ.

В качестве вице-президента ассоциации “Гидропроект” он ведет большую инженерно-организационную работу по объединению научно-производственного потенциала гидроэнергетиков стран СНГ.

М. Ф. Красильников является активным членом редколлегии журнала “Гидротехническое строительство”. Им опубликовано более 50 статей, освещающих проблемы развития и совершенствования гидроэнергетического оборудования отечественных и зарубежных ГЭС, ряд монографий, посвященных этим вопросам.

Успешная трудовая деятельность М. Ф. Красильникова отмечена многими правительственными и отраслевыми наградами, ему присвоены многие почетные звания.

В общении с людьми Михаила Федоровича Красильникова отличают чуткость и доброжелательность, умение поддержать дружеским советом в трудной ситуации.

Редколлегия и редакция журнала “Гидротехническое строительство”, коллеги и друзья сердечно поздравляют Михаила Федоровича со славным юбилеем, желают ему крепкого здоровья и счастья.

## Опыт эксплуатации механического оборудования водосбросных сооружений гидроузлов

Василевский А. Г., кандидат техн. наук, Дерюгин Г. К., инженер, Тихонова Т. С., кандидат техн. наук (ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева»)

Дается оценка состояния механического оборудования водосбросных сооружений гидроэлектростанций на примере крупнейших ГЭС европейской части России, Сибири и Дальнего Востока.

**Ключевые слова:** гидроузлы, механическое оборудование, водосбросные сооружения, опыт эксплуатации.

По разным оценкам от 25 до 35 % всех тяжёлых аварий гидротехнических сооружений связано с недостаточной водопропускной способностью гидроузла, которая во многих случаях определяется состоянием механического оборудования водосбросов, отработавшего 30 и более лет и в большинстве случаев полностью исчерпавшего ресурс работоспособности.

Отказы оборудования, в соответствии с теорией надежности, зависят не только от его состояния, но и от количества единиц оборудования. Поэтому в нашей статье [1], посвященной проблемам безопасности при пропуске расчетных паводков через гидроузлы Волжско-Камского каскада, обращалось особое внимание на неспособность гидроузлов обеспечить работу всего комплекса водосбросных сооружений, имеющих в своем составе более 100 затворов.

Авторы настоящей статьи сделали попытку оценить состояние механического оборудования водосбросных сооружений ГЭС на примере крупнейших ГЭС европейской части России, Сибири и Дальнего Востока. В основу анализа положены результаты комиссионных обследований гидротехнических сооружений, осуществляемых раз в пять лет. Акты комиссионного обследования в части оценки состояния механического оборудования гидротехнических сооружений объективно отражают его состояние, так как они опираются на документально зафиксированные сведения и опыт специалистов, участвующих в обследованиях и заинтересованных в сокрытии недостатков. Однако не следует абсолютизировать выводы комиссий, потому что в большинстве случаев они не опираются на результаты инструментального обследования, а поэтому фиксируют лишь очевидные недостатки.

На сегодняшний день в значительной степени нарушена система отраслевого надзора за безопасностью гидротехнических сооружений и их гидромеханического оборудования (ГМО), существовавшая более 30 лет. В Минэнерго СССР и РАО «ЕЭС России» осуществлялся мониторинг выполнения

рекомендаций комиссионных обследований. Электростанции ежеквартально давали сведения о результатах выполнения предписаний комиссий, что являлось стимулирующим фактором для электростанций и давало материал управляющим компаниям (энергосистемам) для своевременного принятия управленческих решений. Будем надеяться, что с введением стандарта «Гидроэлектростанции. Организация системы надзора за безопасностью гидротехнических сооружений в гидрогенерирующей компании. Нормы и требования» [15] контроль за механическим оборудованием со стороны гидрогенерирующих компаний будет восстановлен.

С сожалением приходится констатировать, что вопросам обобщения опыта эксплуатации механического оборудования в отечественной технической литературе не уделяется должного внимания. Достаточно глубокие работы по этому вопросу опубликованы более 20 лет тому назад [2, 3, 5]. Публикации последних лет в основном касаются антикоррозионной защиты [4] или совершенствования отдельных конструкций [6, 7, 8].

*Недостатки механического оборудования* связаны с недочетами (порой ошибками) при проектировании, изготовлении, монтаже, пуско-наладке и эксплуатации. Порой причины отказов настолько переплетены, что трудно выделить определяющую из них. И все же, общей причиной является старение оборудования, зависящее, в том числе, от недостатков проектирования и изготовления.

При проектировании механического оборудования решения принимает генеральная проектная организация по принципу оптимизации основных гидротехнических сооружений, что в общем правильно. Механическое оборудование обязано вписываться в принятые конструкции и компоновки. При этом недостаточно учитывается сложность предстоящей его эксплуатации.

Приведем примеры из актов обследования.

По **Новосибирской ГЭС** в 1998 г. отмечается: «Донный водосброс за последние двадцать лет ни разу не использовался по назначению. Ревизия за-

творов и очистка подходного участка перед водоприемником ГЭС и донного водосброса не выполнялась более 20 лет.

Затворы донных водосбросов все закрыты и не поднимались более 20 лет, из-за трудности их опускания.

В связи с падением горизонта нижнего бьефа в зимний период до отм. 92,0 м (по проекту мин. ГНБ — 93,7 м), затворы со стороны нижнего бьефа оказались неподтопленными, открытыми для воздействия отрицательных температур, что вызвало выпучивание в сторону нижнего бьефа забральных балок, из-за замерзающей под ними фильтрационной воды.

Вызывает сомнение возможность нормальной эксплуатации водосбросов совмещенных со зданием ГЭС в связи с дефектами плоскости перемещения уплотнений затворов и возможным наличием топляков на входной части”.

В 2005 г. СПКТЬ “Ленгидросталь” выполнило обследование технического состояния рабочих затворов и закладных частей с забральными балками донных водовыпусков станционного узла Новосибирской ГЭС, на основании которого был выполнен проект реконструкции забральных балок и затворов донных водовыпусков Новосибирской ГЭС с высокой забральной балкой. В 2007 г. ООО “Подводстройсервис” выполнило корректировку проекта с переходом на укороченную забральную балку. Изменения согласованы с СПКТЬ “Ленгидросталь” и генпроектировщиком — ОАО “Ленгидропроект”. Проект был реализован ООО “Подводстройсервис” в 2007 г.

Чтобы обеспечить работоспособность оборудования, на ГЭС проведена большая работа, и уже в 2008 г. констатируется: “Оценка работоспособности и прочности механического оборудования и стальных конструкций гидротехнических сооружений. В соответствии с многолетним графиком ремонта гидромеханического оборудования Новосибирской ГЭС проводятся капитальные ремонты заграждений с заменой резиновых уплотнений, модернизацией подшипниковых узлов опор качения-скольжения и восстановлением антикоррозийного покрытия, при этом проводятся общие обследования в соответствии с чертежами и картами общих и специальных обследований для эксплуатационного контроля состояния ГМО и создания информационно-диагностической системы (ИДС)”.

На **Камской ГЭС** в 1998 г. комиссия фиксирует: “Первоначально по проекту маневрирование каждым затвором осуществлялось с помощью двух гидроцилиндров, обеспечивающих аварийное перекрытие турбинного отверстия в течение 2 минут. Однако по причине больших протечек масла гидроцилиндры были демонтированы и в настоящее время маневрирование аварийно-ремонтными затвора-

ми турбинных камер осуществляется козловыми кранами г. п. 250/30 т и занимает от 45 минут до 1,5 часа.

В целом основные затворы водослива находятся в частично работоспособном состоянии, однако отдельные затворы работают на пределе несущей способности, т.е. находятся в предаварийном состоянии.

Необходимо срочно начинать работы по постепенной замене затворов водослива.

Для определения остаточного ресурса каждого затвора, целесообразности и объемов ремонта и очередности замены затворов необходимо провести комплексное обследование затворов с привлечением специализированной организации.

Аварийно-ремонтные затворы водослива находятся в работоспособном состоянии. Требуется восстановление противокоррозионной защиты металлоконструкций.

Службе эксплуатации запрещается любое использование находящихся в аварийном состоянии секций старых затворов.

Схема монтажа и время установки аварийно-ремонтных затворов водосливной плотины (12 – 15 ч) и турбинных камер (от 45 мин до 1,5 ч) не обеспечивают быстрого аварийного перекрытия соответствующих отверстий в случае аварии”.

В 2002 г. комиссия практически повторяет предыдущие выводы, отмечая при этом, что износ затворов настолько велик, что своими силами объем работ по приведению затворов в работоспособное состояние не выполнить.

Основные затворы водосливной плотины находятся в изношенном состоянии вследствие интенсивной коррозии. Коррозионный износ проявляется в общем уменьшении толщины обшивки, в повреждении стрингеров, диафрагм, элементов крепления осей боковых колес и других элементов.

В 2001 г. затворы водослива были обследованы СПКТЬ “Мосгидросталь”. В результате обследования затворы были признаны работоспособными, но требующими очень серьезного ремонта, вплоть до замены обшивки.

В настоящее время после прошедшего затяжного паводка в плохом состоянии находятся горизонтальные уплотнения затворов — межсекционные и ножевые, о чем свидетельствуют сильные протечки. Такие протечки, если их быстро не устранить, могут стать источником серьезных разрушений нижних секций и бетона водосливных граней.

Поскольку быстрый ремонт затворов невозможен вследствие большого их количества, то необходимо как можно быстрее начать работы по замене затворов и реконструкции закладных частей.

По **Вилуйским ГЭС** отмечается: “... наличие одного сегментного затвора на водосбросе является также потенциально опасным, так как в случае его

заклинивания невозможно будет сбросить паводковые воды, что приведет к аварийной ситуации.

Предлагается ускорить разработку проекта реконструкции водосброса с двумя пролетами и плоскими затворами. Двухпролетный водосброс с двумя плоскими затворами с частичными открытиями более надежен в эксплуатации и ремонтноспособен”.

По **Колымской ГЭС** комиссия делает следующие выводы:

“Оттайка затворов и закладных частей осуществляется горячей водой от электродогревательной, расположенной в помещении водоприемника.

В лотках водосброса ежегодно образуются наледи при отрицательных температурах из-за протечек через уплотнения затворов, что приводит к периодически повторяющемуся зимой силовому статическому воздействию льда на его боковые стенки. Необходимо выполнить мероприятия по исключению этих явлений.

Блоки полиспаатов подъемных механизмов сегментных затворов водосброса при положении затворов на пороге при отметке НПУ = 451,5 м находятся в воде. Пришлось запроектировать и изготовить удлиненные секции системы подвеса и осуществить их монтаж”.

При строительстве Колымской ГЭС не удалось посадить на порог затвор отверстия № 1 временно водосбросного сооружения (ВВС) и водохранилище было опорожнено полностью. За 7 лет эксплуатации ВВС оно полностью срабатывалось 5 раз для ремонта пазов и ходовых частей затворов [9].

Рассматривая заключение о состоянии механического оборудования **Саяно-Шушенской ГЭС** (акт обследования от 2007 г.), читаем: “Предусмотренные проектом и обслуживаемые электротехнической лабораторией средства противоаварийной защиты и автоматики, установленные на аварийно-ремонтных затворах гидроагрегатов Саяно-Шушенской ГЭС и на сегментных затворах Майнской ГЭС, введены в работу в полном объеме и функционируют в соответствии с предусмотренными алгоритмами”.

Если бы при составлении алгоритма управления затворами был проведен системный анализ, произошедшая на ГЭС в 2009 г. авария не имела бы места.

С проектными недостатками и ошибками тесно связаны длительные периоды освоения механического оборудования. Недоделки порой длятся десятилетиями, что характерно для большинства введенных в эксплуатацию объектов. Во многом причиной повреждения водобойного колодца Саяно-Шушенской ГЭС явилась неготовность затворов водосливной плотины к работе в проектном режиме.

На **Комплексе защитных сооружений г. Санкт-Петербурга от наводнений** основными оперативными затворами являются сегментные за-

творы пролетом 25 м (64 затвора), оборудованные гидроприводами. Поскольку наводнения в г. Санкт-Петербурге наблюдаются и в зимнее время, затворы должны быть работоспособными и при отрицательных температурах воздуха. Для этого они были оснащены электрообогревом закладных частей индукционного типа. За 15 лет бездействия (перерыв в строительстве) все электрообогревы вышли из строя. Заказчик стройки и проектная организация пришли к выводу, что восстанавливать электрообогревы (да и как?) нецелесообразно, так как затворы висят на подхватах на уровне выше воды, ледостав в пролете не образуется (только небольшие забереги).

Все затворы были оборудованы резиновыми уплотнителями по контуру закладных частей, которые за 15 лет, находясь на открытом воздухе при разной температуре, полностью вышли из строя. Решили уплотнения не восстанавливать, так как протечки по контуру не имеют значения во время наводнений, когда через створ проходит вода с расходом более 3000 м<sup>3</sup>/с.

Широко применяемые в практике гидроэнергетического строительства компоновочные решения по зданиям ГЭС совмещенного типа с водосбросами внутри гидротурбинного блока оказались сложными в эксплуатации не только механического оборудования, но и тонких железобетонных конструкций, работающих под напором воды. Опыт эксплуатации совмещенных ГЭС показал, что ожидаемые преимущества по экономии строительных материалов и дополнительной выработки электроэнергии за счет эффекта эжекции при пропуске паводка в значительной части не оправданы. В то же время, как показывают исследования пропускной способности совмещенных гидроэлектростанций [11, 17], пропускная способность гидроузла при совместной работе водосбросов гидротурбин меньше проектной, так как расход воды через турбину уменьшается примерно на 15 %.

Необходимо иметь в виду, что стареющие системы (а это большинство наших гидроэлектростанций), насчитывающих в ряде случаев 100 и более затворов, не могут работать безотказно. А это значит, что они не способны пропустить расчетный расход. Нужно немедленно приступить к исследованиям, проектированию и реализации мероприятий, обеспечивающих пропуск расчетных расходов воды через гидроузлы без существенных повреждений гидротехнических сооружений при минимальном ущербе для окружающей среды и населения. Можно согласиться с автором статьи [11] о возможном строительстве дополнительных водосбросных сооружений. Авторы настоящей статьи считают, что наиболее приемлемым вариантом могли быть “плавкие вставки” как известный страховочный способ, применяемый в зарубежной практике.

Как правило, проектным и строительно-монтажным организациям не удается надежно решить вопрос *зимней эксплуатации* затворов. Электрообогревы (прямое протекание тока низкого напряжения, индукционный обогрев, масляный обогрев и др.) либо с самого начала, либо по истечении короткого периода выходят из работы. Необходимо иметь в виду, что, в принципе, такие обогревы неремонтнопригодны.

Обмерзание затворов, в связи с протечками через уплотнения, осложняет эксплуатацию в зимний и предпагодковый периоды на многих гидроузлах (Бухтарминский, Чебоксарский, Нижегородский и т.д.), является причиной выхода из строя крановых механизмов, уплотнений. Из-за громадных наростов льда с низовой стороны не смогли открыть затворы пролётов № 1 и 2 ВВС Колымской ГЭС [9]. Для оттаивания затворов, за счёт тепла воды, потребовалось две недели.

Приведем несколько примеров из эксплуатации ГЭС в зимний период.

На **Камской ГЭС**: "... для предотвращения возможности примерзания затворов к пазовым конструкциям предусматривался обогрев с помощью электропечей, устанавливаемых в концевых отсеках затворов, вдоль ножа и снаружи, на концевых стойках затвора.

Поддержание майны со стороны верхнего бьефа должно было обеспечиваться с помощью воздухообдува.

В настоящее время обогрев затворов в зимнее время не производится, майна поддерживается за счёт ломки льда перед затворами с помощью грейфера".

На **Колымской ГЭС**: "... электрообогрев закладных частей сегментных затворов водосброса, находящийся в нерабочем состоянии, не подлежит восстановлению. Оттайка затворов и закладных частей осуществляется горячей водой от электродвигательной, расположенной в помещении водоприемника".

В то же время электрообогревы различного типа успешно работают на ГЭС Кольской энергосистемы, построенных иностранными фирмами [10].

По-видимому, совместной ошибкой проектной и эксплуатирующей организаций следует считать факт повреждения затворов водосливной плотины **Волгоградской ГЭС** давлением льда, что явилось одной из основных причин замены всех затворов ГЭС.

Большой проблемой для многих ГЭС является *фильтрация в обход закладных частей* затворов по линии штрабного и основного бетона сооружений. Бетон низкого качества при отсутствии должного технического надзора при его укладке создает большие трудности при эксплуатации.

В ходе визуальных осмотров бетонных сооружений **Волжской ГЭС** были обнаружены разрушения бетона в примыкании к пазам рабочих и ремонтных затворов, особенно в водоводах № 11, 14, 15, 18, 19, 28, 31, 32, 35 (2001 г.).

По **Колымской ГЭС** отмечаются следующие дефекты штрабного бетона: "Имеются выходы воды (свищи) через штрабной бетон закладных частей и фильтрация через уплотнение затворов. Наличие фильтрации приводит к образованию наледей на быстротоках. В зиму 1991 – 1992 гг. первая нитка заросла льдом на пологом участке частично, на круто наклонном участке водосброса ...

Имеет место образование большой наледи на быстротоке № 3 из-за протечек через штрабной бетон закладных частей затвора. Ведутся ремонтные работы.

В пазовых конструкциях сегментного затвора № 3 на высоте 2,5 – 3,0 м от порога по левой стороне имеются вырывы штрабного бетона на глубину 100 – 150 мм до оголения армокаркаса. По порогу местами вырывы штрабного бетона со стороны нижнего бьефа глубиной до 50 мм и длиной 200 – 250 мм. Ведутся работы по ремонту штрабного бетона".

Такая же картина сохраняется и в 2007 г.

На **Волгоградской ГЭС**: "Пазовые конструкции рабочих затворов в некоторых местах требуют ремонта облицовок пазов основных затворов плотины с инъекцией цементного раствора за них для ликвидации образовавшихся пустот".

В 2008 г. отмечается, что ремонтные работы по закладным частям продолжаются.

На **Воткинской ГЭС**: "Закладные части всех затворов водосливной плотины с прилегающим к ним бетоном находятся в неудовлетворительном состоянии, металлические элементы покрыты продуктами коррозии; бетон около закладных частей разрушен до обнажения закладных труб и арматуры, имеются протечки в бетоне в обход закладных частей".

**О подъемных механизмах затворов.** В работе [3] двадцатилетней давности приводится неполная, но достаточно представительная характеристика подъемных механизмов, из которой следует:

наибольшее распространение получили канатные механизмы (примерно 40 %);

второе место занимают гидроприводы (примерно 30 %);

краны козловые и мостовые (примерно 20 %);

механизмы цепные (примерно 10 %).

Вряд ли по истечении двадцати лет эта статистика существенно изменилась, так как за этот период имеются единичные случаи ввода новых объектов.

Все виды подъемных механизмов примерно в одинаковой степени подвержены коррозионному износу.

*Канатные механизмы* отличаются относительной простотой в изготовлении, монтаже и эксплуатации, но нуждаются в тщательном уходе и обследовании: при этом обследуется их коррозионный износ и наличие обрывов отдельных проволок. Такое обследование (оно должно проводиться не реже одного раза в год) не позволяет определить состояние внутренних проволок, так как предполагается, что с ними по сравнению с наружными ничего особенного не происходит. Тем не менее аварии на плотинах из-за обрыва канатов имели место с разрушением напорного фронта гидроузла, например на Тирлянской плотине.

Опыт эксплуатации показывает, что даже канаты из оцинкованной проволоки не могут служить более 25 – 30 лет (Борисоглебская ГЭС в Колэнгеро).

Применение *гидроприводов* получило широкое распространение в практике гидротехнического строительства. Гидроприводы удобны в компоновке гидротехнических сооружений, широко распространены во многих отраслях промышленности (грузоподъемные механизмы, автотранспорт, авиация и др.). Но для их внедрения требуется высокая тщательность изготовления, монтажа, наладки и высокая культура эксплуатации. Имеющиеся неполадки и отказы на отечественных ГЭС, да и за рубежом, свидетельствуют об отсутствии одного или сразу всех названных требований.

На ряде ГЭС (Чарвакская, Бухтарминская, Каунасская, Токтогульская) имели место большие протечки через уплотнения гидроподъемников, что существенно затрудняло маневрирование затворами. Дефекты гидроподъемников также связаны с недостатками уплотнений. Протечки масла не только могут привести к отказам затвора, но и недопустимы по нормам охраны окружающей среды.

О проектах и конструкторских ошибках на затворах Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений свидетельствует невозможность достичь проектного режима работы *гидроподъемников*: шумы, вибрации, неравномерность хода во время работы. Причина заключается в том, что отдельные узлы управления (клапаны, дроссели, запорная аппаратура) плохо продуманы, а при сборке не налажены на одном из затворов перед массовым монтажом. Имеются замечания по конструкции уплотнений. В результате предстоят достаточно сложные пуско-наладочные работы с возможной модернизацией системы управления и заменой отдельных видов аппаратуры. Здесь сложились недостатки изготовления, монтажа и надзора со стороны заказчика.

При эксплуатации *козловых и мостовых кранов* отмечается старение электротехнической части и

коррозионный износ металлоконструкций. Эти недостатки характерны для большинства ГЭС, использующих козловые краны.

Важным элементом, определяющим работоспособность подъемных механизмов, является надежность работы систем электропитания. В мировой практике также имеются случаи, когда из-за отсутствия питания не удалось открыть затворы, в связи с этим произошёл размыв грунтовых плотин (Kaddam, Machhi-II).

Устройство дублирующих механизмов подъёма затворов принято на многих объектах.

Как известно, электропитание отсутствовало и при аварии на Саяно-Шушенской ГЭС в 2009 г. Быстродействующие затворы пришлось опускать вручную, а для подъёма затворов водосброса использовать дизельную установку.

Невозможность маневрирования затворами может вызываться деформациями металлической облицовки водоводов. Плохо закреплённая металлическая облицовка за закрытым затвором может отрываться фильтрационным давлением или при замерзании за ней воды. Ещё более вероятно разрушение облицовки динамическим воздействием потока. В значительном числе случаев весьма сложно обеспечить совместную работу облицовки и бетона, что и является основной причиной повреждений. На Андиганском гидроузле пять глубинных водоводов с площадью входного отверстия 96 м<sup>2</sup> и длиной 118 м облицованы металлом толщиной 20 мм, усиленным рёбрами жёсткости. Пустоты под днищем имели глубину от 3 до 35 см. Для заполнения пустот осуществлялась неоднократная закачка чистого цементного раствора через отверстия диаметром 22 мм; средняя плотность отверстий составила одно отверстие на 1 м<sup>2</sup>. Глубина полостей в конце работ уменьшалась от долей миллиметра до миллиметра, а площади до 10 – 15 % от первоначальной [12].

К авариям или затруднениям может привести и обледенение воздуховодов глубинных водосбросов. По этой причине на Красноярской ГЭС произошли кавитационные повреждения и отрыв металлической облицовки [12]. Имеются примеры подобных затруднений и на зарубежных объектах. На ГЭС “Даниэль Джонсон” сильная вибрация основных затворов привела к невозможности их закрытия, пришлось воспользоваться аварийными затворами. Позже образование наледи в воздуховоде удалось исключить более сильным обогревом.

Как правило, относительно маловодный период продолжается многие десятилетия, и возникают сомнения, что реализация паводка с чрезвычайно большим расходом возможна. Наличие на водотоке крупных водохранилищ способствует представлению о необоснованности требований [12] о ежегодном опробовании всех водосбросных сооружений



для обеспечения их заданной пропускной способности. Тем не менее практика показала, что такой паводок может образоваться внезапно. И даже общий объём около 110 км<sup>3</sup> водохранилищ на р. Волге не снизит его максимальный расход более чем на 5 %.

Пропуск большого паводка проводит беспристрастную оценку готовности сооружения и может привести к тяжёлым последствиям, особенно в тех случаях, когда он образуется в течение короткого промежутка времени и сопровождается неблагоприятными погодными явлениями (сильный ветер, ливень).

В начале августа 1979 г. в бассейне р. Мачху (Индия) выпали обильные муссонные дожди. 10 августа произошёл перелив через гребень плотины Мачху I, расположенной в 50 км выше плотины Мачху II. Были открыты 15 затворов этой нижележащей плотины: электрооборудование ещё трех оказалось неисправным, вручную их открыть не удалось. Перелив через гребень привёл к размыву плотины, и волна прорыва затопила 68 деревень и г. Морви, в котором погибло 1540 человек. Было разрушено 12 700 домов, повреждено 6700 строений.

За период эксплуатации крупных гидроузлов нашей страны на многих объектах наблюдались паводки с расходом до 0,5 – 0,6 от значения расчётного расхода; паводки с расходами, близкими к вероятности 1 %, имели место на Саяно-Шушенской ГЭС в 2006 г. и на Зейской ГЭС в 2007 г. На Волховской ГЭС в 1966 г. расход достиг 0,89 от значения, соответствующего обеспеченности 0,1 %. Тяжёлыми последствиями пропуск этих паводков не сопровождался.

На небольших гидроузлах расходы достигали обеспеченности, близкой к 0,1 %: на Киселёвском в 1993 г. и Тирляндском в 1994 г., последствия были тяжёлыми. В 1967 г., когда оказалось необходимым пропускать крупный паводок через Эзминскую ГЭС, в связи с обрывом цепного соединения лебёдки имел место перелив через гребень сооружений головного узла, произошёл размыв земляной плотины.

На Широковской ГЭС затруднения при маневрировании затворами водосброса были вызваны массовыми вырубками леса и его скоплением у гидроузла в связи с молевым сплавом.

Опыт эксплуатации отечественных и зарубежных гидроузлов показывает, что даже при соблюдении правил эксплуатации и своевременном выполнении плановых ремонтов через 40 – 50 лет элементы затворов, кранов, стационарных приводных механизмов вследствие физического износа и снижения безопасности работы в большинстве случаев подлежат замене.

Необходимо также сформулировать основные недостатки создания механического оборудования гидротехнических сооружений:

1) недостаточная продуманность компоновочных решений гидроузла с целью оптимизации строительной части. Уменьшение объема бетона на совмещенных зданиях ГЭС с заменой массивного бетона на сильноармированный в ряде случаев дает кажущийся экономический эффект, так как плохо учитываются сложности выполнения строительно-монтажных работ и эксплуатации;

2) для сурового климата России следовало бы более широко на водопропускных сооружениях применять сегментные затворы, наиболее приспособленные к работе в зимних условиях. Преимущества сегментных затворов общеизвестны:

практическое отсутствие пазов, которые являются источником кавитации и могут вызвать вибрацию;

конструкция сегментных затворов жесткая и массивная, вследствие чего они мало подвержены вибрационным воздействиям;

цапфы опоры затвора, снабженные самосмазывающимися втулками, могут выдержать высокие давления и расположены вне потока;

усилия для подъема этих затворов ниже, чем у затворов других типов;

3) широко применяемые для маневрирования затворами гидроприводы нуждаются в более тщательной отработке на заводах-изготовителях и в процессе монтажа и пуско-наладки;

4) из-за кажущейся экономии недостаточно применяются коррозионно-стойкие материалы на поверхности трения между уплотнением и закладной частью затвора (нержавеющая сталь). Именно этим во многих случаях объясняются большие протечки воды по контуру уплотнений;

5) недостатками проекта и исполнения объясняются протечки воды (фильтрация) в обход закладных частей затвора. Протечки становятся столь значительными, что требуется полная замена закладных частей, что в большинстве случаев трудно выполнимо и сопряжено с большими затратами.

Опыт реформирования электроэнергетики показал, что вопросам модернизации и технического обслуживания уделяется недостаточное внимание. Нормативная база эксплуатации во многих случаях устарела. Федеральный закон “О техническом регулировании” не работает. Отсутствие технических регламентов, обязательных к исполнению, позволяет во многих случаях эксплуатировать оборудование на износ, хотя известно, что ресурс работоспособности оборудования не превышает 30 лет.

В последние годы, несмотря на отсутствие технических регламентов, проводится значительная работа по пересмотру стандартов организаций электроэнергетики, учитывающих опыт создания и эксплуатации объектов энергетики.

В части создания и эксплуатации механического оборудования гидротехнических сооружений ут-

верждены два стандарта “Механическое оборудование гидротехнических сооружений ГЭС” — [13] и [14]. В этих стандартах подробно изложены современные требования к механическому оборудованию и режимам его эксплуатации.

Авторы статьи считают весьма полезным при диагностике механического оборудования использовать “Комплексную методику технического диагностирования гидротехнических затворов гидроэлектростанций” [13, приложение И].

## Выводы

1. Состоянию механического оборудования, в том числе его системам управления, как показывает опыт эксплуатации, необходимо уделять повышенное внимание путем проведения своевременной диагностики и ремонтных мероприятий. Своевременное выполнение технического обслуживания затворов и систем их управления позволяет продлить срок эксплуатации оборудования и обеспечить надёжный пропуск сбросных расходов.

2. Диагностика механического оборудования должна выполняться в полном объеме в соответствии с действующими нормативными документами.

3. На случай отказа электропитания должна быть предусмотрена возможность маневрирования затворами с помощью резервной системы. Недостаточная надёжность отдельных агрегатов системы управления затворами должна выявляться при опробованиях и своевременно устраняться.

4. Для борьбы с обмерзанием затворов должна применяться стационарная или временная система обогрева, апробированная практикой эксплуатации.

5. Механическое оборудование, эксплуатируемое более 40 – 50 лет, подлежит модернизации или полной замене.

6. Применительно к гидроузлам, эксплуатируемым более 50 лет, в состав которых входят глубокие водосбросы с пропускной способностью 25 – 30 % от общей, где затворы не опробовались перед каждым паводком (Новосибирская, Жигулёвская, Саратовская, Волгоградская ГЭС и др.), целесообразно рассмотреть вопрос о строительстве дополнительных поверхностных водосбросов.

7. При реконструкции и создании нового механического оборудования гидротехнических сооружений необходимо учитывать опыт его многолетней эксплуатации, применять технические решения, обеспечивающие безотказную работу оборудования на протяжении всего нормативного срока эксплуатации при минимальных затратах, учитывать при этом международный опыт.

## Список литературы

1. Василевский А. Г., Векслер А. Б., Дерюгин Г. К., Доненберг В. М., Швайниттейн А. М. Проблемы обеспечения безопасности при пропуске расчетных расходов через гидроузлы Волжско-Камского каскада // Гидротехническое строительство. 2001. № 11.
2. Мартенсон И. В. Результаты обследования и опыт эксплуатации механического оборудования гидросооружений // Гидротехническое строительство. 1985. № 10.
3. Фрейшист А. Ф., Мартенсон И. В., Розина И. Д. Повышение надежности механического оборудования и стальных конструкций гидротехнических сооружений. — М.: Энергоатомиздат, 1987.
4. Сахаров Б. Н., Майоров В. Г. Современные методы антикоррозионной защиты металлоконструкций в гидротехнике // Гидротехническое строительство. 2005 г. № 3.
5. Айвазов Б. Ю., Трифель М. С., Ахмедов Г. М. Пути увеличения стойкости металлических конструкций гидротехнических сооружений // Гидротехническое строительство. 1990. № 1.
6. Леенсон С. В., Степанов Д. А., Малеев А. А., Перельштейн Л. И., Сиднев В. Н., Маслова Л. Л. Некоторые вопросы разработки и совершенствования механического оборудования и специальных стальных конструкций гидротехнических сооружений // Гидротехническое строительство. 2005. № 10.
7. Николаев Б. А., Фармаковский С. В., Каплан И. Х., Швецов О. В., Бушуев В. В. Опыт разработки механического оборудования для зарубежных гидроэлектростанций // Гидротехническое строительство. 2005. № 10.
8. Каплан И. Х. Блок-гидропривод для маневрирования гидротехническим затвором // Гидротехническое строительство. 1990. № 4.
9. Пехтин В. А., Серов А. А. На порогах Камы. — СПб., 2003.
10. Зархи М. И. Гидротехнические сооружения гидроэлектротехнических станций Кольской энергетической системы и их эксплуатация. — СПб., 1994.
11. Серков В. С. О максимальной пропускной способности совмещенных гидроэлектростанций // Гидротехническое строительство. 2008. № 3.
12. Елисеев Н. А., Швайниттейн А. М. Некоторые результаты измерений расхода воздуха в глубоких водосбросах Красноярской ГЭС // Труды коорд. совещаний по гидротехнике. 1971. Вып. 62.
13. СТО 17330282.27.140.013–2008. Механическое оборудование гидротехнических сооружений ГЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования / ОАО “Инженерный центр ЕЭС”: Утв. приказом РАО “ЕЭС России” от 30.06.08 № 317.
14. СТО 17330282.27.140.017–2008. Механическое оборудование гидротехнических сооружений ГЭС. Условия создания. Нормы и требования / ОАО “ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева”: Утв. приказом РАО “ЕЭС России” от 30.06.08 № 317.
15. СТО 17330282.27.140.000–2010. Гидроэлектростанции. Организация системы надзора за безопасностью гидротехнических сооружений в гидрогенерирующей компании. Нормы и требования.
16. СТО 17330282.27.140.003–2008. Гидротехнические сооружения ГЭС и ГАЭС. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования / ОАО “ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева”: Утв. приказом РАО “ЕЭС России” от 14.03.08 № 106.
17. Серков В. С. Эксплуатация совмещенных гидроэлектростанций. — М.: Энергия, 1968.

# Система предупреждения обрушения скального массива на бетонную плотину Токтогульской ГЭС

Каякин В. В., к.г.-м.н., главный геоэколог,

Пигалёв А. С., главный инженер проекта (ОАО “Институт Гидропроект”),

Насиров М. Ж., заместитель главного инженера (ОАО “Каскад Токтогульских ГЭС”)

Система предупреждения обрушения скального массива на правобережное примыкание бетонной плотины обеспечивает безопасную эксплуатацию Токтогульской ГЭС.

**Ключевые слова:** сейсмические воздействия, крепление массива, безопасность, критерий стабильности, дестабилизации, экстремальности, аварийно опасная ситуация.

Бетонная плотина Токтогульской ГЭС (генеральный проектировщик ОАО “Институт Гидропроект”) высотой 215 м сооружена в скальном каньоне реки Нарын, сложенном прочными мраморизованными известняками. Ширина дна каньона составляет 50 – 60 м, превышение бортов над дном долины достигает 1000 – 1600 м. Склоны каньона имеют заложение 55 – 65°, достигая местами крутизны 75 – 80°. В 20 км от участка плотины проходит глубинный сейсмогенный Талассо-Ферганский разлом, обуславливающий сейсмичность района 9 баллов.

В бортах каньона широко развита разгрузка массива, в зоне которой образуются характерные трещины бортового и донного отпора. В результате этого в бортах долины формируются потенциально неустойчивые скальные блоки, отчлененные от основного массива пород субвертикальными и пологими трещинами.

В результате изысканий на участке основных сооружений Токтогульской ГЭС в бортах каньона выявлено 30 потенциально неустойчивых массивов объемом от 15 – 25 тыс. м<sup>3</sup> до 1000 – 1110 тыс. м<sup>3</sup> общим объемом 7505 тыс. м<sup>3</sup>. Выполненные расчеты с учетом сейсмичности 9 баллов показали коэффициенты устойчивости массивов  $K_y > 1,20$ .

Характерной особенностью потенциально неустойчивых массивов является постепенное их смещение во время сильных землетрясений с единовременными подвижками, не превышающими 10 см. Это подтверждается выявленной в субвертикальных отчленяющих массивы трещинах слоистостью привнесенного терригенного материала, что свидетельствует о поэтапном раскрытии трещин в результате подвижек массивов при воздействии значительных землетрясений. Ширина отчленяющих трещин в тыловой части массива составляет, в основном, 1 – 10 см, достигая в отдельных случаях десятков сантиметров, что позволяет судить о размерах подвижек отчлененных скальных блоков.

За наиболее опасными массивами № 46-R-7 в левобережном примыкании и № 59-1 в правобережном примыкании бетонной плотины ведут наблю-

дения Институт геомеханики и освоения недр Национальной Академии наук Кыргызской Республики (ИГОН НАН КР, г. Бишкек) и Службы эксплуатации и натуральных наблюдений Каскада Токтогульских ГЭС (СЭиНН КТГЭС, г. Каракуль).

Массив № 46-R-7 по результатам наблюдений является стабильным [4], а в отношении массива №



Рис. 1. Потенциально неустойчивый массив № 59-1 в правобережном примыкании бетонной плотины Токтогульской ГЭС



**Рис. 2.** Обследование потенциально неустойчивого массива № 59-1

59-1 возникли опасения в потери его стабильности. В случае обрушения этого массива возможны серьезные повреждения здания ГЭС и других сооружений (рис. 1).

В связи с этим в мае 2009 г. было выполнено специальное обследование массива 59-1 группой специалистов ОАО “Институт Гидропроект”, ИГОН НАН КР и Каскада Токтогульских ГЭС в сопровождении скалолазов ОФ “Паншер” (рис. 2).

Потенциально неустойчивый массив № 59-1 находится на высоте 25 – 30 м над гребнем плотины (рис. 1). Высота массива — 65 м, объем массива составляет 18380 м<sup>3</sup>. В него входят четыре скальных блоков объемом от 65 до 7070 м<sup>3</sup>. С учетом сейсмического воздействия  $K_y = 1,21$ .

В процессе обследования было уточнено положение отчлняющих массив трещин. Для определения их пространственного положения скалолазами устанавливались отражатели на характерных точках трещин (рис. 3), которые были инструменталь-



**Рис. 4.** Инструментальная привязка геодезистами трещин и скальных блоков массива № 59-1



**Рис. 3.** Установка отражателя на трещинах массива № 59-1

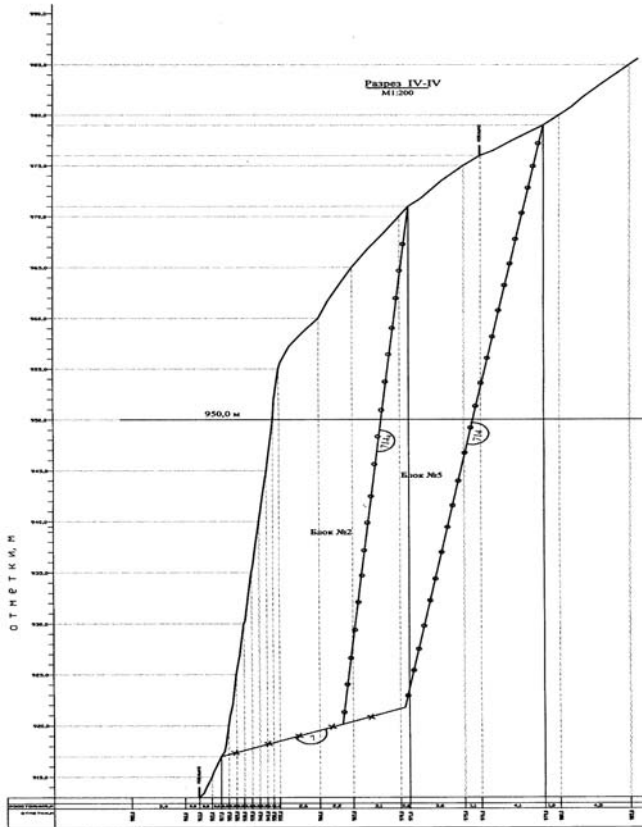
но привязаны Службой эксплуатации и натурных наблюдений КТГЭС (рис. 4).

По этим данным построены уточненная карта массива 59-1, разрезы и карта-срез, отражающие пространственное положение скальных блоков и отчлняющих их трещин. Данные наблюдений и материалов обследования позволили определить состояние массива № 59-1 как стабильное.

Уточненное пространственное положение массива № 59-1 показано на разрезе (рис. 5). Очень сложная конфигурация отчлняющей массив трещины (рис. 6) не позволяет достоверно определить ее параметры сдвига, что делает расчеты устойчивости массива весьма приблизительными. В этих условиях существенно возрастает роль наблюдений за состоянием массива. Основными материалами наблюдений за состоянием массива 59-1 являются данные гидроstaticеского нивелира, установленного в нижней части массива по трещине № 714. По гидроstaticескому нивелиру замеры производятся каждый час с точностью 0,01 мм.

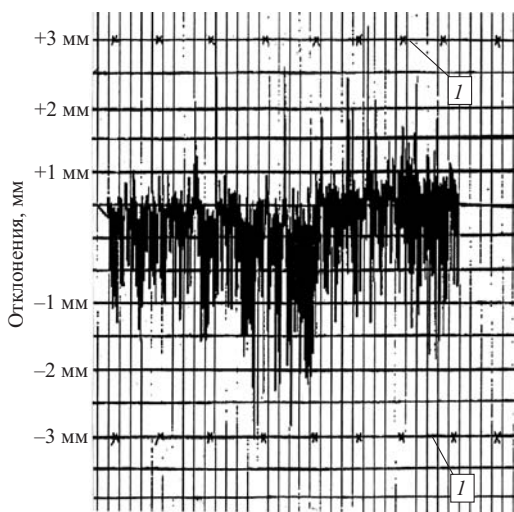
Следует иметь ввиду, что данные наблюдений по гидроstaticескому нивелиру в связи с высокой точностью фиксируют, в основном, не смещение массива 59-1, а перемещение в пространстве наблюдаемой точки в пределах массива (рис. 7). Это разнознаковое перемещение отражает как бы “дыхание” скального блока, обусловленное большим количеством факторов, в том числе изменениями температуры, напряженного состояния склонов, сейсмического режима и т.д. (д.ф-м.н. Б. Ц. Манжиковым установлена корреляция этих перемещений с влиянием лунных “приливов” и “отливов”).

Равномерные постоянные колебания результатов измерений по гидроstaticескому нивелиру показывают обратимые вертикальные перемещения наблюдаемой точки в пределах массива 59-1 без какого-либо тренда, что свидетельствуют о стабиль-

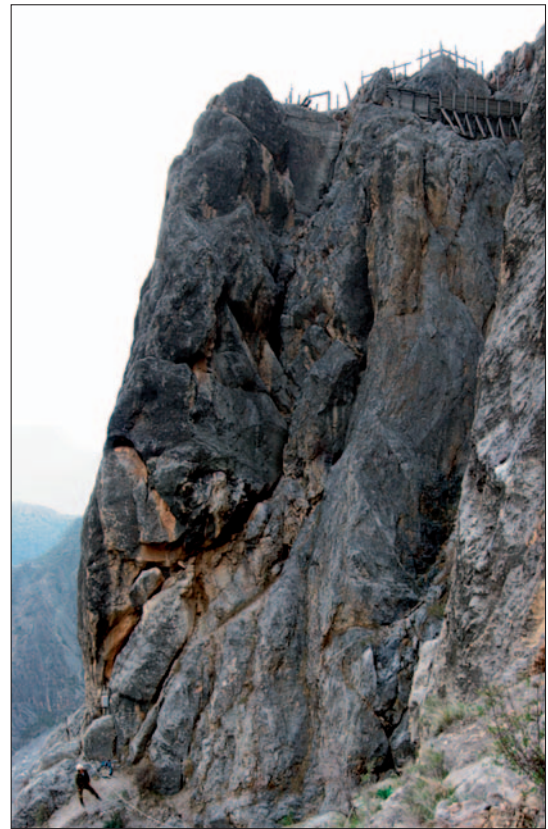


**Рис. 5.** Разрез по потенциально неустойчивому массиву № 59-1 с субвертикальной отчлняющей трещиной № 714 и подсекающей пологой трещиной № 7

ном состоянии массива. Дестабилизация состояния массива будет фиксироваться по гидростатическому нивелиру в виде резкого роста отклонения замеров. Размер такого отклонения принимается по предложению д.ф.-м.н. Б. Ц. Манжикова (ИГОН НАН КР) равной  $3\sigma$  (с вероятностью  $P = 0,997$ ), т.е. в данном случае — 3 мм (рис. 7).

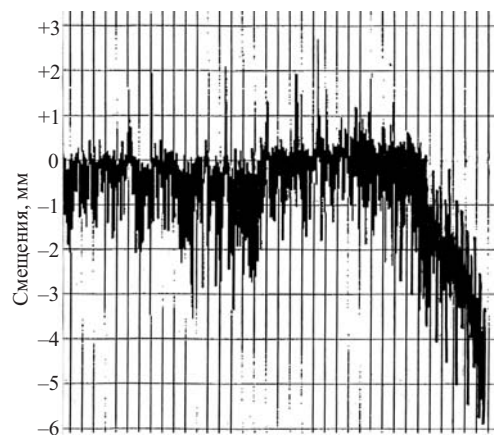


**Рис. 7.** Показания нивелира по трещине № 714 с критерием дестабилизации КД (1) в виде отклонений от средних значений более 3 мм



**Рис. 6.** Отчленение потенциально неустойчивого массива № 59-1 трещиной № 714. Гидростатический нивелир установлен на трещине в нижней части массива

Появление такого отклонения от средних значений замеров будет свидетельствовать о нарушении стабильности массива 59-1. При этом отклонения от среднего значения в направлении вниз должны превышать отклонения в направлении вверх, то есть показывать появление тренда в замерах по гидростатическому нивелиру, что будет говорить о начале смещения массива 59-1 (рис. 8). В настоящее время такие признаки в данных наблюдений по гидростатическому нивелиру отсутствуют. Еще одним веским доказательством стабильности массива 59-1 служит сохранность стеклянных маяков, уста-



**Рис. 8.** Пример возможного появления тренда, показывающего начало и размер (5 мм) смещения массива № 59-1



Рис. 9. Стекланный маяк, установленный в 1992 г. по трещине 714

новленных по трещине 714 в 1992 и 2002 гг. (рис. 9). Следовательно, можно уверенно утверждать, что в настоящее время никаких признаков дестабилизации состояния массива № 59-1 не выявлено.

Таким образом, в результате анализа данных наблюдений установлены следующие критерии дестабилизации массива 59-1:

отклонения от средних значений замеров по гидростатическому нивелиру более 3 мм;

появление тренда в замерах по гидростатическому нивелиру, направленного вниз;

нарушение стекланных маяков, установленных на трещине № 714.

Однако, хотя выявление дестабилизации массива 59-1 является опасной для эксплуатации сооружений Токтогульской ГЭС, это не является признаком немедленного обрушения массива.

В работах [2, 5] на основе разработанного синергетического подхода установлены закономерности развития природных и техно-природных процессов. Как показывают теория и практика, обрушению скального массива должно предшествовать последовательно его дестабилизация, относитель-

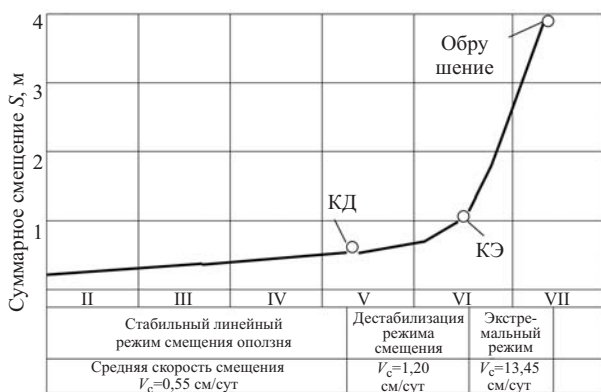


Рис. 10. Характер смещения и обрушения скального массива в карьере Хиангбичань с добавлением характеристик смещения массива, КД и КЭ [3]

но равномерное смещение, ускорение смещения, и, наконец, лавинообразный рост смещения, после которого происходит обрушение массива.

Характерным подтверждением этого являются данные по обрушению скального массива в карьере Хиангбичань в Китае (рис. 10).

За смещением скального массива велись постоянные наблюдения, результаты которых оперативно анализировались с позиций синергетического подхода. В результате выявленной опасности обрушения люди и техника были выведены из опасной зоны за два дня до обрушения массива [1].

Для оперативного анализа наблюдений за смещением массивов в ОАО «Институт Гидропроект» разработаны Рекомендации по определению критерия стабильности КС, критерия дестабилизации КД и критерия экстремального развития процесса КЭ [2, 3, 5].

Если бы при анализе данных наблюдений за смещением массива в карьере Хиангбичань использовались эти критерии безопасности, то людей и технику вывели бы из опасной зоны за три недели до обрушения массива, не подвергая людей необоснованному риску, именно тогда по наблюдениям фиксировался критерий экстремальности КЭ (рис. 10).

Для оценки опасности обрушения массива № 59-1 в соответствии с указанными Рекомендациями определены критерий стабильности КС, критерий дестабилизации состояния КД, критерий экстремального развития смещения массива КЭ и критерий чрезвычайного аварийного состояния массива КЧС для трех видов наблюдений (таблица). Одновременно рекомендовалось развить наблюдательную сеть, установив дополнительно гидростатический нивелир на верхних отметках массива, а также серию щелемеров и стекланных маяков на отчлениющихся массив трещинах.

Пользуясь назначенными критериями безопасности можно оперативно и достоверно оценивать по данным наблюдений степень опасности для эксплуатации сооружений Токтогульской ГЭС изменения состояния массива № 59-1.

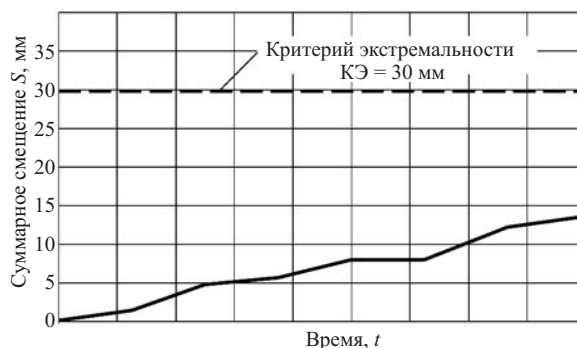


Рис. 11. Пример графика раскрытия щели по стеклянному маяку или по щелемеру в зависимости от времени  $t$

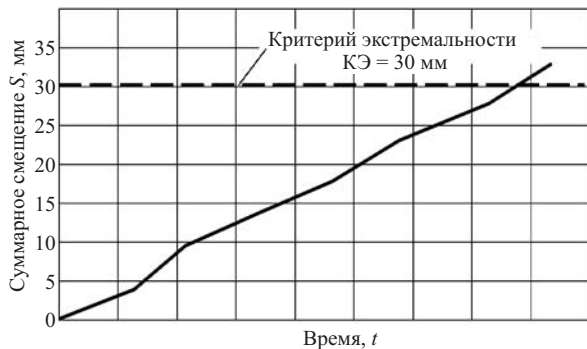


Рис. 12. Пример графика раскрытия щели по стеклянному маяку или по щелемеру в зависимости от времени  $t$

Очень важно в зависимости от возникающей опасности оперативно принимать управляющие решения по предотвращению чрезвычайной или аварийной ситуации. Для этого разработаны сценарии изменения состояния массива, каждый из которых соответствует степени опасности для эксплуатации сооружений Токтогульской ГЭС, начиная со сценария стабильной ситуации массива № 59-1 и кончая сценарием его обрушения. Соответствие фактической ситуации сценарию определяется по результатам натурных наблюдений. Каждый сценарий имеет рекомендации по действиям Службы эксплуатации и натурных наблюдений и руководства Каскада Токтогульских ГЭС в условиях этого сценария (рис. 11, 12, 13).

Несмотря на стабильное состояние массива 59-1 в настоящее время, нельзя исключать возможность его дестабилизации при интенсивных сейсмических воздействиях с последующими подвиж-

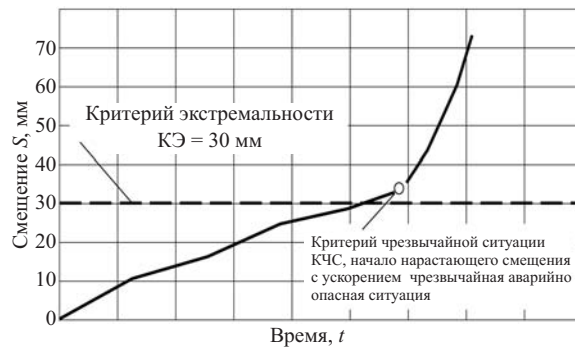


Рис. 13. Пример графика нарастающего раскрытия щели по стеклянному маяку  $S_{см}$  или по щелемеру  $S_{щм}$  в зависимости от времени  $t$

ками и даже обрушением. Поэтому рекомендуется крепление массива при помощи тросов, уже опробованное на участке Токтогульской ГЭС для скальных блоков (рис. 14).

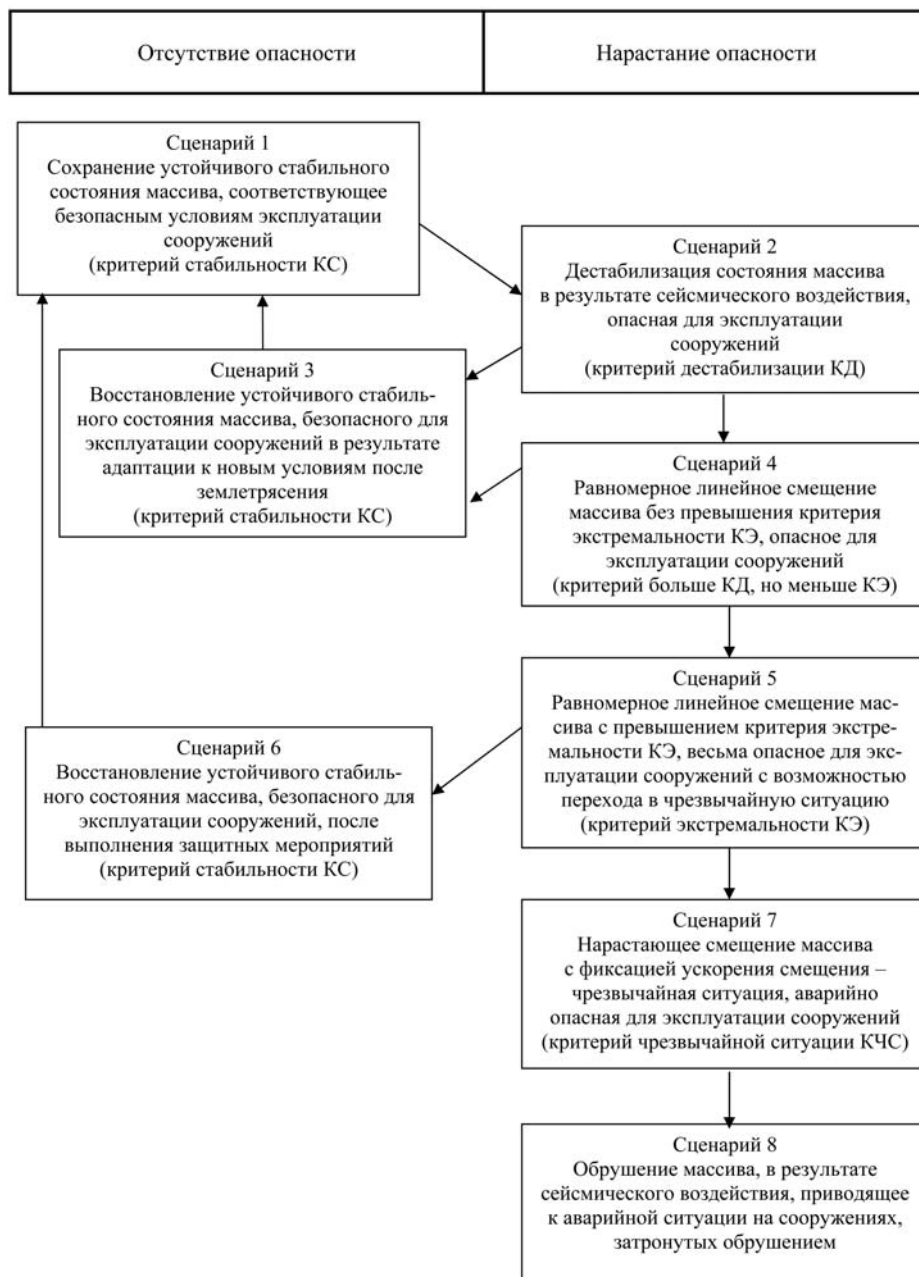
Всего разработано 8 сценариев изменения состояния массива № 59-1 (рис. 15).

Рассматриваемые сценарии имеют ряд особенностей.

Следует отметить сценарии 3 и 6, в которых происходит восстановление стабильного состояния массива. В сценарии 3 это происходит в результате адаптации массива к новым условиям после дестабилизации при сильном землетрясении (сценарии 3 и 4), а в сценарии 6 — в результате выполнения защитных мероприятий. После реализации 3-го и 6-го сценариев происходит возвращение к сценарию 1 сохранения устойчивого стабильного состояния массива со всеми последующими действиями.



Рис. 14. Тросовое крепление одного из скальных блоков в массива № 59-1



**Рис. 15.** Блок-схема сценариев изменения состояния потенциально неустойчивого массива № 59-1 в правобережном примыкании плотины Токтогульской ГЭС

Особо следует отметить сценарии 7 и 8, которые требуют характерных действий Службы эксплуатации и натурных наблюдений и Руководства КТГЭС в кризисных предаварийных и аварийных обстоятельствах, в том числе:

информирование персонала о возникновении аварийно опасной ситуации;

проведение специального инструктажа персонала о работе в условиях аварийно опасной ситуации;

разработка прогноза времени обрушения скального массива по интерпретации нелинейного графика смещения с ежедневным его уточнением;

подготовка сооружений к обрушению массива для минимизации ущерба;

вывод персонала и техники из опасной зоны возможного обрушения массива;

обследование цирка обрушения с выделением потенциально неустойчивых блоков и участков;

оперативная разработка проекта производства работ по приведению цирка обрушения в безопасное состояние;

приведение цирка обрушения в безопасное состояние в соответствии с проектом производства работ;

расчетка сооружений, затронутых обрушением; создание специальной комиссии по оценке ущерба.

Сценарии включают 14 ситуаций, различающиеся характером данных натурных наблюдений.



### Критерии безопасности состояния массива № 59-1 по натурным наблюдениям

Критерии безопасности	Виды наблюдений		
	Гидродинамический нивелир	Щелемеры на трещинах	Стеклянные маяки на трещинах
Стабильность КС	Отклонение от среднего значения менее 3 мм (рис. 7)	Отсутствие раскрытия трещин	Сохранное состояние маяка
Дестабилизация КД	Отклонение от среднего значения более 3 мм (рис. 7), наличие тренда (рис. 8)	Фиксация раскрытия трещин	Нарушение сохранности маяка
Экстремальность КЭ	Фиксация смещения массива более чем на 30 мм	Фиксация раскрытия наблюдаемой трещины более чем на 30 мм (рис. 12)	
Чрезвычайная аварийная ситуация КЧС	Фиксация нарастающего смещения массива в виде нелинейной зависимости смещения от времени	Фиксация нарастающего раскрытия наблюдаемой трещины в виде нелинейной зависимости ширины трещины от времени (рис. 13)	

Для каждой ситуации рассматриваются варианты получаемых при наблюдениях данных, по которым в соответствии с критериями безопасности оценивается опасность ситуации и корректируются, в случае необходимости, критерии безопасности.

Разработанные сценарии изменения состояния массива № 59-1 дают возможность не только оперативно оценивать возникающую опасность, но и принимать соответствующие управляющие решения для обеспечения безопасной эксплуатации Токтогульской ГЭС.

Так, например, выполнение крепления массива № 59-1 можно производить не дожидаясь его дестабилизации. Однако, возможен и другой, более экономичный вариант. Имея заранее разработанный проект крепления массива, подготовку к его реализации можно начинать при фиксации дестабилизации массива (сценарий 2). При восстановлении стабильности массива (сценарий 3) подготовительные работы останавливаются. Приступать к работам по креплению массива следует немедленно в случае фиксации продолжающегося смещения массива (сценарий 4).

#### Вывод

Анализ результатов специального обследования массива № 59-1 и данных наблюдений позволил оценить существующее состояние массива как стабильное, не исключающее, однако, в дальнейшем при интенсивных сейсмических воздействиях дестабилизации и последующего обрушения массива.

В качестве предупреждающих мероприятий рекомендуется крепление массива при помощи тросов с учетом имеющегося на участке Токтогульской ГЭС опыта.

Для оперативной оценки опасности массива № 59-1 разработаны критерии безопасности, вклю-

чающие критерий стабильности КС, критерий дестабилизации КД, критерий экстремальности КЭ и критерий чрезвычайной аварийно опасной ситуации КЧС.

Для предупреждения возникшей опасности разработаны сценарии изменения состояния массива № 59-1, вплоть до аварийно опасной ситуации и обрушения массива, которые содержат рекомендации по действиям в сложившихся условиях Службы эксплуатации и натурных наблюдений и Руководства КТГЭС.

Рассмотренная система предупреждения обрушения скального массива на правобережное прикрытие бетонной плотины обеспечивает безопасную эксплуатацию Токтогульской ГЭС.

#### Список литературы

1. Ван Сижинг, Сун Йюке, Ху Бинг, Ли Йюрюю. Количественный и пространственно-временной прогноз гравитационных процессов. 27-й Международный геологический конгресс. М.: Наука, 1994. Т. 17.
2. Каякин В. В. Прогноз чрезвычайных ситуаций, связанных с техно-природными процессами, и обеспечение безопасности объектов // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 1999, № 2.
3. Каякин В. В., Парабучев И. А., Бабков С. А. К вопросу критериев безопасности гидротехнических сооружений // Гидротехническое строительство". 2010. № 2.
4. Манжиков Б. Ц., Худайбердиев А. Р., Тилегенов К., Эмильбеков Б. Э. Геомеханический мониторинг горных склонов на участке Токтогульской ГЭС. В кн.: Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геоэкологические проблемы. М.-Бишкек, 2009.
5. Осипов В. И., Варга А. А., Каякин В. В., Долгин Н. Н., Баринов А. М. Обеспечение безопасности: управление и защита от природных опасностей. В кн.: Природные опасности и общество. М.: КРУК, 2002.
6. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. М.: Прогресс, 1986.

## Оценка запасов плавающей древесной массы на акватории водохранилища Саяно-Шушенской ГЭС

Корпачев В. П., Губин И. В., Андрияс А. А., кандидаты техн. наук, Пережилин А. И., инженер (ГОУ ВПО “Сибирский государственный технологический университет”)

Дана оценка запасов плавающей древесной массы на акватории водохранилища Саяно-Шушенской ГЭС.

**Ключевые слова:** акватория водохранилища Саяно-Шушенской ГЭС, запасы плавающей древесины.

Катастрофа на Саяно-Шушенской ГЭС (СШГЭС) явилась поводом более пристального внимания к безопасности гидротехнических сооружений. Однако в научных публикациях, в отчете МККП [1] водохранилище рассматривается как емкость для сбора и хранения воды, хотя по капитальным затратам доля строительства и подготовки водохранилища под затопление, в том числе природоохранные мероприятия, составляет не менее 25 % общих затрат на гидроузлы.

Особенность строительства гидроэлектростанций в Сибири заключается в том, что водохранилища создаются на лесопокрытых территориях с запасом древесно-кустарниковой растительности до 200 м<sup>3</sup>/га. В соответствии с требованиями СанПиН 3907-85 “Санитарные правила проектирования, строительства и эксплуатации водохранилищ” при подготовке лож водохранилищ необходимо выполнить работы по лесосводке, т.е. уборке товарной древесины и лесочистке — уборке всей древесно-кустарниковой растительности на специальных участках (охранная зона гидроузла, участки судходства, санитарные зоны у населенных пунктов, рыбопромысловые участки). Опыт строительства и эксплуатации водохранилищ ГЭС на Ангаре и Енисее показал, что ни на одном водохранилище, в том числе и Саяно-Шушенском, не были выполнены в полном объеме работы по лесосводке и лесочистке (табл. 1) [2].

“Техническим проектом строительства Саяно-Шушенской ГЭС установлен объем древесной массы на корню в ложе водохранилища в размере 3,7 млн. м<sup>3</sup>. В соответствии с решением Совета Министров СССР должно быть вырублено и вывезено 0,9 млн. м<sup>3</sup>, а остальная часть (2,8 млн. м<sup>3</sup>) должна быть затоплена. Объем валежника на территории ложа водохранилища может составлять 1,0 – 1,5 млн. м<sup>3</sup>. Таким образом, потенциальный объем плавающей древесной массы может составить около 4,0 млн. м<sup>3</sup>. Уже к настоящему времени (1985 г.) на плаву находится 0,3 – 0,4 млн. м<sup>3</sup> древесины.” (Из решения расширенного заседания технического совета Красноярскэнерго № 1/86 от 26.02.86.)

Оценкой запасов плавниковой древесины на акваторию водохранилища Саяно-Шушенской ГЭС в разные годы занимались сотрудники кафедры использования водных ресурсов ГОУ ВПО “Сибирский государственный технологический университет” (СибГТУ). По состоянию на 11.07.1991 г. было установлено, что общий объем плавающей и всплывающей по мере наполнения водохранилища древесины составлял до 435 тыс. м<sup>3</sup> при отметке уровня 531,76 м (“Акт обследования водохранилища Саяно-Шушенской ГЭС по определению количества и состояния плавающей древесины, подписанный начальником и старшим мастером гидроцеха, утвержденный директором Саяно-Шушенской ГЭС В. И. Брызгаловым 27.09.1991 г.”). В 1995 г. сотрудниками кафедры использования водных ресурсов выполнялась работа по оценке запасов, фракционного и качественного состава древесины, плавающей на акватории водохранилища Саяно-Шушенской ГЭС. С учетом древесины в запанях и в прибрежной полосе запасы древесины составляли 714,3 тыс. м<sup>3</sup>. Работа выполнялась на основе хозяйственного договора с ОАО “Саяно-Шушенская ГЭС” № 131/55 от 01.07.1995 г.

В 2008 г. сотрудники кафедры ИВР СибГТУ выполнили научно-исследовательскую работу на основе государственного контракта с Федеральным агентством водных ресурсов “Енисейское бассейновое водное управление” № Р-08-68 от 25.11.2008 г. по теме “Проведение оценки объемов древесного плавника в акватории Саяно-Шушенского водохранилища, его экологической опасности и товарной составляющей”. На основании натурных обследований установлено, что общий запас плавающей древесины на акватории Саяно-Шушенского водохранилища составляет 696 тыс. м<sup>3</sup>. Объем свободно плавающей на акватории древесины (рис. 1) и объем плавающей древесины в запанях (рис. 2) определялись по методике, используемой в лесной таксации [4]. По полученным данным установлено, что в 2008 г. на акватории Саяно-Шушенского водохранилища в запанях сконцентрировано 614 тыс. м<sup>3</sup> (82,5 % от общего запаса) древесины, объем свободно плавающей и разнесенной по



Рис. 1. Древесина, свободно плавающая на акватории Саяно-Шушенского водохранилища



Рис. 2. Древесина в запанях Саяно-Шушенского водохранилища

берегам древесины составляет 82 тыс. м<sup>3</sup> (17,5 % от общего запаса) (табл. 2).

Также необходимо отметить, что с 1984 г. начали производиться работы по сбору и выемке плавника с акватории водохранилища. В 1994 г. АО «Ленгидропроект» выполнило «Проект берегового хранилища извлекаемого из водохранилища плавника» с комплексом сооружений для хранения извлекаемой из водохранилища Саяно-Шушенской ГЭС древесины объемом до 1,0 млн. м<sup>3</sup>.

Анализ полученных результатов и материалов предшествующих исследований показывает следующую динамику запасов древесины на акватории водохранилища: 1985 г. — от 300 до 400 тыс. м<sup>3</sup>, 1991 г. — 435 тыс. м<sup>3</sup>, 1995 г. — 714 тыс. м<sup>3</sup>, 2008 г. — 696 тыс. м<sup>3</sup>.

С 1984 по 1995 г. с акватории водохранилища Саяно-Шушенской ГЭС убрано 867 тыс. м<sup>3</sup> древесины, однако запасы плавающей древесины практически не уменьшаются.

Т а б л и ц а 1

Лесотаксационная характеристика лож водохранилищ Ангаро-Енисейского региона [2]

Показатели	Водохранилище (год заполнения)						Всего
	Красноярское (1970)	Курейское (1991)	Саяно-Шушенское (1986)	Богучанское *	Братское (1975)	Усть-Илимское (1975)	
Площадь затопления, тыс. га	175,0	55,8	54,6	151,0	510,5	154,0	1028,4
Площадь лесосводки и лесочистки, тыс. га	13,0	2,8	3,61	121,4	253,9	37,9	432,2
Запас товарных насаждений, млн. м <sup>3</sup>	0,47	1,72	3,7	12,8	36,0	13,5	68,19
Объем лесосводки, млн. м <sup>3</sup>	0,44	1,27	1,4	10,6	32,0	11,9	57,61
Объем затопления, млн. м <sup>3</sup> :							
проектный	0,3	0,45	2,1	2,0	4,0	1,6	10,45
реальный	0,47	1,72	3,5	—	12,0	5,0	22,69
Объем плавающей древесины, млн. м <sup>3</sup> (1995 г.)	0,104	—	1,0	—	2,2	0,9	4,2

\* Данные по Богучанскому водохранилищу взяты из технического проекта [3] (согласно директивным документам заполнение до НПУ 208,0 м планируется в 2012 г.).

Т а б л и ц а 2

**Общий запас плавающей древесины  
по водохранилищу Саяно-Шушенской ГЭС**

Объект таксации	Запас, тыс. м <sup>3</sup>
Запань Шахматов	131
Запань Казанашка	190
Запань Кантегирская Сосновка	147
Запань Большой Тюк	59
Запань Подъемный	70
Запань Джойская Сосновка	17
Итого	614
Свободно плавающая и разнесенная по берегам водохранилища древесина	82
В том числе:	
свободно плавающая	61
разнесенная по берегам	21
Всего	696

Аналогичная ситуация была зафиксирована на другом сибирском водохранилище — Братском. Наблюдения за водохранилищем Братской ГЭС в 1964 – 1995 гг. показали, что, несмотря на средний годовой объем освоения (уборки с акватории) 360 тыс. м<sup>3</sup>, объемы плавающей древесной массы на акватории водохранилища не уменьшаются.

На основании проведенных наблюдений было выявлено, что основными причинами поступления (пополнения) древесины на акваторию водохранилища являются размыв залесенных берегов, колебания уровней воды, вынос древесины из впадающих в водохранилище рек, деятельность лесопромышленных предприятий, расположенных на берегах водохранилища, транспорт леса.

### Выводы

1. Запасы плавающей древесины на акватории Саяно-Шушенского водохранилища интенсивно

возрастали с 1985 по 1995 г., увеличившись почти втрое — с 300 до 714 тыс. м<sup>3</sup>. В дальнейшем запас плавающей древесины стабилизировался с установлением определенного баланса между поступлением древесины в водохранилище и ее освоением, а также разложением и опусканием на дно отдельных фракций.

2. В последние годы значительно увеличились запасы древесины в запанях. Такие изменения можно связать с относительно небольшими глубинами в заливах и, следовательно, с благоприятными условиями для всплывания находящегося в подпоре и в зоне изменения уровня воды древостоя, а также с производимым на водохранилище сбором плавающей древесины и направлением ее за обновку в запани.

3. Значимо изменился фракционный состав древесины в водохранилище. Почти треть всех запасов приходится на долю корчей.

4. Качество плавающей на акватории водохранилища древесины очень низкое. Особенно низким качеством отличается древесина, разнесенная по берегам.

5. Анализ данных по объемам плавающей и количеству затопленной древесины позволяет сделать вывод, что в ближайшие годы, при условии сохранения существующих темпов освоения (уборки) плавающей древесины, запасы ее на акватории водохранилища Саяно-Шушенской ГЭС сохранятся в существующем объеме.

### Список литературы

1. *Плотины* и развитие. Новая методическая основа для принятия решений: Отчет Всемирной комиссии по плотинам / Всемирный фонд дикой природы (WWF). — М., 2009.
2. *Корпачев В. П.* Методика прогнозирования засорения древесной массой водохранилищ ГЭС в Сибири // *Лесное хозяйство*. 2004. № 6. С. 21 – 23.
3. *Технический* проект лесосводки и лесочистки водохранилища Богучанской ГЭС. Т. I. Сводная пояснительная записка с приложениями. — Л., 1976.
4. *Анучин Н. П.* Лесная таксация: Учебник для вузов. — 5-е изд., доп. — М.: Лесная пром-сть, 1982.

### Герман Константинович Суханов (к 100-летию со дня рождения)

10 сентября 2010 г. исполнилось сто лет со дня рождения выдающегося советского инженера-гидротехника Германа Константиновича Суханова.

Г. К. Суханов родился в селе Лыскове Нижегородской губернии. В 1935 г. закончил Московский инженерно-строительный институт и был направлен на работу в институт “Гидроэнергопроект”, где прошел трудовой путь от инженера до заместителя главного инженера института, главного инженера проектов крупнейших в мире гидроэнергетических объектов своего времени.

Начало его инженерной деятельности пришлось на предвоенные пятилетки, когда в Советском Союзе форсированными темпами создавалась новая и модернизировалась существующая промышленность, что вызвало необходимость соответствующего развития энергетики, в том числе бестопливной и маневренной гидроэнергетики. Молодому инженеру представилась возможность участвовать в разработке ряда проектов гидроэлектростанций в различных районах страны.

Те же задачи Гидроэнергопроект выполнял во время Великой Отечественной войны и в первые послевоенные годы, когда к созданию новых объектов добавились восстановление разрушенных войной и достройка незавершенных. Количество объектов, их компоновочное и конструктивное разнообразие способствовали быстрому и всестороннему творческому росту, повышению инженерной эрудиции и ответственности инженеров-проектировщиков.

В послужном списке Г. К. Суханова в те годы значатся проекты Невинномысского канала, Нижневятской, Мингечаурской, Сочинской, Дарьяльской, Сengiлеевской, Краснополянской, Ириклинской и других ГЭС.

В 1948 г. Гидроэнергопроект приступил к проектным работам по первой ступени Ангарского каскада – Иркутской ГЭС. Главным инженером проекта и одновременно руководителем подразделения – сектора № 1, созданного специально для проектирования и подготовки к строительству этой ГЭС, был назначен Г. К. Суханов. В 1958 г. Иркутская ГЭС вступила в строй. За участие в ее строительстве Г. К. Суханов был награжден орденом Ленина.

Пока шло проектирование и строительство Иркутской ГЭС, в том же подразделении Гидроэнергопроекта было составлено и получило одобрение проектное задание Братской ГЭС. Эта гидроэлектростанция мощностью 4,5 млн. кВт с бетонной плотинной высотой 125 м на скальном основании была первой в



СССР по своим масштабам и энергетическим показателям. Строительство Братской ГЭС в слабо освоенном таежном районе и в суровом климате было осуществлено в короткие сроки – начало строительства 1954 г., пуск первого агрегата 1961 г., ввод на полную мощность – 1967 г.

Строительство Братской ГЭС стало звездным часом Г. К. Суханова. Здесь в полной мере проявились его профессиональные и личные качества – талант руководителя, сумевшего организовать работу

многочисленного коллектива, исключительная работоспособность, принципиальность и настойчивость в отстаивании своей технической политики. Участники проектирования Братской ГЭС помнят, как в предпусковой период допоздна горел свет в его гостиничном номере в поселке Падун.

За участие в создании Братской ГЭС Г. К. Суханову было присвоено звание Героя Социалистического Труда с вручением ордена Ленина и медали “Серп и молот” и присуждена Ленинская премия.

В 1966 г. Г. К. Суханов был назначен заместителем главного инженера института “Гидропроект”, одновременно он являлся главным инженером проекта следующей ступени Ангарского каскада – Усть-Илимской ГЭС.

Работу в Гидропроекте Г. К. Суханов сочетал с преподавательской деятельностью профессора в Московском гидромелиоративном институте.

Герман Константинович опубликовал ряд статей в журналах и сборниках, участвовал в создании учебника по бетонным плотинам.

Его имя вместе с именами других выдающихся строителей высечено на памятных досках трех ангарских гидроэлектростанций, дающих стране без малого 50 млрд. кВт·ч электроэнергии в год.

В конце своей трудовой деятельности Г. К. Суханов был главным консультантом института “Гидропроект”.

Герман Константинович оставил хорошую память о себе у тех, кто с ним работал. Глубокие и всесторонние знания, спокойная манера руководства, простота, демократичность, разумный консерватизм в технической политике, осмотрительность, уважительное отношение к людям и их мнениям в сочетании с высокой требовательностью – далеко не полный перечень его достоинств.

Идут годы, уходит все дальше в прошлое эпоха великих свершений в гидроэнергетике, но память о ней и ее выдающихся представителях жива в душах современников.

## Сергей Степанович Агалаков (к 100-летию со дня рождения)

16 сентября 2010 г. исполнилось 100 лет со дня рождения выдающегося советского гидротехника и гидроэнергетика, главного инженера проекта Комплекса сооружений защиты Ленинграда от наводнений, заслуженного строителя РСФСР Сергея Степановича Агалакова.

С. С. Агалаков родился в крестьянской семье в деревне Миничи Вятской губернии. После окончания в 1930 г. гидротехнического отделения Вятского мелиоративного техникума он работал на строительстве Нижнесвирской ГЭС в должности десятника, а затем старшего техника, одновременно Сергей Степанович учился на гидротехническом факультете Ленинградского политехнического института.

В 1937 г., после окончания ЛПИ, он поступил в Ленинградское отделение института “Гидроэнергопроект”, где проработал до конца своих дней, пройдя путь от инженера до заместителя главного инженера института, начальника отдела и главного инженера проекта Комплекса сооружений защиты Ленинграда от наводнений.

В годы войны Сергей Степанович служил в инженерных войсках Ленинградского фронта, где за образцовое выполнение боевых заданий был награжден орденом Красной Звезды и медалью “За оборону Ленинграда”.

Вернувшись в Ленгидропроект в 1945 году, он в должности заместителя начальника, а затем и начальника бюро производства работ и смет успешно руководил разработкой сложных, экономичных и эффективных проектов производства работ по строительству крупных гидроэлектростанций, таких как Усть-Каменогорская и Бухтарминская ГЭС на р. Иртыше, Новосибирская ГЭС на р. Оби, Верхнесвирская ГЭС на р. Свири.

При непосредственном участии Сергея Степановича и под его руководством был разработан проект крупного секционного сборно-разборного бетонного завода, впервые осуществленного на строительстве Усть-Каменогорской ГЭС. Разработан и успешно опробован при строительстве ГЭС в северных районах способ возведения земляных плотин путем отсыпки моренных грунтов в воду. Для плотин Усть-Каменогорской, Бухтарминской, Красноярской ГЭС, а также ГЭС Саньмынься в КНР разработана эффективная технология укладки и ухода за уложенным бетоном с применением жестких бетонных смесей и их искусственным охлаждением, инженерные мероприятия по усовершенствованию способа пропуска больших паводковых расходов и весенних ледоходов во время строительства ГЭС. Эти и другие прогрессивные разработки дали возможность повысить надежность и



эффективность принимаемых в проектах и осуществляемых в строительстве технических решений.

В 1953 – 1960 гг. С. С. Агалаков трижды выезжал по командировке Минэнерго в КНР, где проработал в общей сложности 2,5 года, участвуя в разработке схем комплексного использования водноэнергетических ресурсов рек Хуанхэ и Янцзы. В 1957 г. на строительстве ГЭС Саньмынься под его руководством был разработан проект перекрытия р. Хуанхэ пионерным способом. За большой вклад в развитие энер-

гетики и водного хозяйства Китая Сергей Степанович награжден тремя медалями “Дружба между КНР и СССР”.

С 1961 по 1964 г. он работал главным инженером проекта Красноярской ГЭС, одновременно являясь заместителем главного инженера Ленгидропроекта. По его предложению первоначально запроектированная облегченная контрфорсная плотина была заменена на более надежную в условиях Сибири плотину гравитационного типа, был разработан проект и осуществлено в марте 1963 г. перекрытие р. Енисей впервые в мировой практике в зимних условиях при наличии ледяного покрова.

С 1965 по 1968 г. Сергей Степанович в качестве эксперта ООН на острове Цейлон руководил разработкой схемы комплексного использования водных ресурсов бассейна р. Маховели Ганга и разработкой предварительных проектов первоочередных гидроузлов. Эта работа получила высокую оценку Правительства Цейлона и экспертизы ООН.

По возвращении из заграничной командировки С. С. Агалаков возглавил в качестве главного инженера проекта работы по проектированию Комплекса сооружений защиты Ленинграда от наводнений (КЗС). Его большой инженерный опыт и широкая эрудиция способствовали выполнению технико-экономического обоснования и технического проекта защиты города от наводнений на высоком научно-техническом уровне. Разработанный под его руководством в 1968 – 1977 гг. проект защиты получил высокую оценку государственных экспертных комиссий и был рекомендован к осуществлению. В 1979 г. было начато строительство защитных сооружений.

Сергей Степанович успешно осуществлял руководство и координацию работ большого коллектива проектировщиков, изыскателей и ученых более пятидесяти проектных, конструкторских, изыскательских и научно-исследовательских организаций.

При разработке проекта особое внимание С. С. Агалаков уделял вопросам охраны окружающей среды. Был выполнен широкий круг комплексных ис-

следований гидрологического, гидрохимического, гидробиологического, ихтиологического и санитарно-биологического состояния акватории, которые совместно с анализом динамики изменения ее экологического состояния позволили разработать прогноз изменения качества воды в системе Ладожское озеро – р. Нева – Невская губа при наличии и отсутствии КЗС для различных темпов строительства очистных сооружений. В проекте было доказано, что при принятом количестве, типе и размещении водопропускных и судопропускных сооружений КЗС практически не влияет на экологическое состояние прилегающей акватории, а это состояние зависит от объема и качества

очистки стоков многомиллионного города. К аналогичному выводу в 1990 г. пришла авторитетная международная комиссия, рекомендовавшая ускорить возведение КЗС.

В настоящее время строительство защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений, в которых реализованы все основные проектные решения, принятые С. С. Агалаковым, окончившим свой жизненный путь в 1981 г., близко к завершению. Этот комплекс уже сегодня способен защитить северную столицу от морской стихии, а благодарные петербуржцы никогда не забудут его автора – главного инженера Сергея Степановича Агалакова.

---

---

## Дискуссии

---

---

От редакции

*Более одного года на страницах журнала продолжалась дискуссия по конструкции водосброса № 2 Богучанской ГЭС. Бюро НТС ОАО “РусГидро” 18 мая 2010 г. приняло решение, публикуемое ниже, которое завершает эту дискуссию.*

### **Выписка из протокола заседания Бюро НТС**

18 мая 2010 г.

**г. Москва**

Заслушав и обсудив представленные доклады ГИПа проекта (А. Н. Волынчиков), ОАО “ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева” (Г. А. Судольский), ОАО “НИИЭС” (С. В. Ковалев) и заключение технической экспертизы (А. Д. Гиргидов), Бюро НТС решило:

Считать обоснованными предложенные генпроектировщиком (ОАО “Институт Гидропроект им. С. Я. Жука) и принятые ранее заказчиком (ОАО “Богучанская ГЭС”) конструктивные решения по водосбросу № 2 Богучанской ГЭС с водосливной ступенчатой гранью.

Председатель НТС  
Секретарь

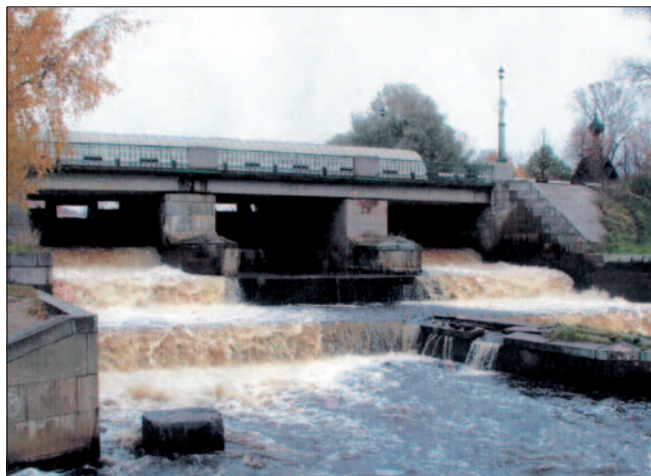
М. П. Федоров  
М. Ю. Гушин

## **О долговечности и технологичности ступенчатых водосбросов**

**Судаков В. Б., доктор техн. наук**

Ступенчатые водосбросы и водовыпуски известны давно и строились в разных странах, в различных климатических условиях. Ступенчатая форма водосливной поверхности предопределялась главным образом стремлением предотвратить разрушение русел рек за водосбросами и повреждение сооружений и конструкций, расположенных вблизи них, ниже по течению рек.

*О долговечности ступенчатых водосбросов.* В странах с теплым климатом некоторые из таких сооружений из каменной кладки на известковом растворе существуют и эксплуатируются уже несколько сотен лет, несмотря на то что эти сооружения во время паводков часто подвергались воздействию ударов плавающих тел и наносов. Так, например, в Иране до сих пор эксплуатируется ступенчатый во-

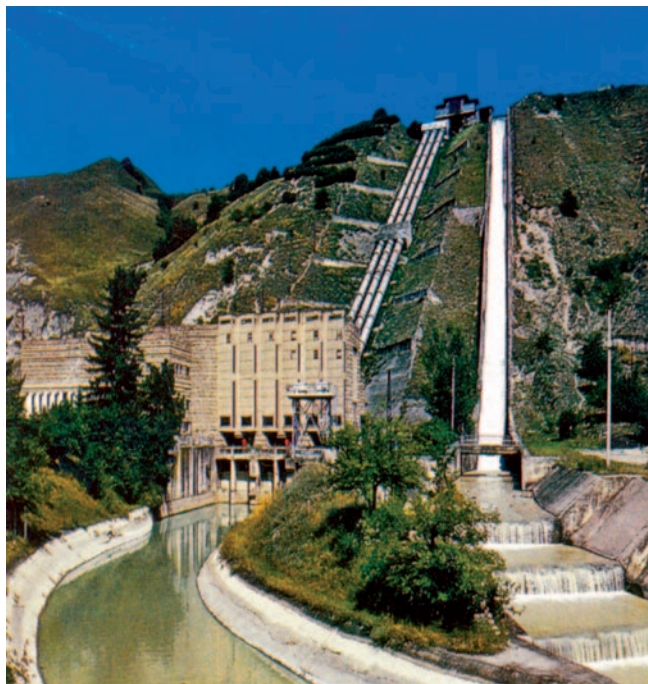


**Рис. 1.** Водосбросная плотина водохранилища Сестрорецкого оружейного завода

досброс гидроузла Амир, возведенного почти 1000 лет тому назад [1].

При переходе в XIX веке к строительству плотин из цементного бетона и железобетона в южных странах также был построен ряд гидроузлов со ступенчатыми водосбросами. В частности, на острове Кипр наряду с плотинами из каменной кладки построено несколько гравитационных плотин из бетона высотой 30 – 40 м со ступенчатыми водосбросами. При вертикальной напорной грани низовая грань этих плотин имеет уклон 1:0,70 – 1:0,75, несмотря на то что значительная часть нагрузки на плотины создается наносами, оседающими в небольших по объему водохранилищах. Возраст этих плотин уже более 50 – 60 лет, причем они ни разу за это время не ремонтировались, хотя расположены на горных реках, где паводковые воды ежегодно несут наносы, смытые паводками кусты и деревья [2].

В нашей стране также достаточно давно построен ряд различных модификаций ступенчатых водосбросов и водосливов, многие из которых эксплуатируются до сих пор. Например, только в Санкт-Петербурге и его окрестностях расположено более десятка таких сооружений. Наиболее известны водосбросная плотина водохранилища Сестрорецкого оружейного завода, построенная в XVIII веке (рис. 1); трехступенчатый и пятиступенчатый водосбросы водохранилища Ижорского завода, построенные в 1820 – 1822 гг., и, конечно, многоступенчатый водослив Большого каскада Петергофских фонтанов, созданного по решению Петра I в 1709 – 1720 гг., т.е. 300 лет тому назад. Во время Великой Отечественной войны фашисты разрушили и разграбили весь Петергоф. Но уже в 1947 – 1950 гг. Большой каскад фонтанов, включая многоступенчатый водослив с его железобетонными конструкциями, был полностью восстановлен. Он по-прежнему считается одним из самых краси-



**Рис. 2.** Баксанская ГЭС. Станционный узел и водосброс с трехступенчатой концевой частью

вых подобных сооружений в мире и в возрожденном виде существует уже более 60 лет.

Особого внимания заслуживает то, что перечисленные, длительное время работающие водосбросы эксплуатируются в условиях весьма неблагоприятного климата для таких сооружений. При среднегодовой температуре воздуха в окрестностях Санкт-Петербурга и Ленинградской области +3...4 °С число дней с отрицательной среднесуточной температурой ежегодно составляет 140 – 150; минимальная температура может достигать –40...50 °С, а максимальная +34...36 °С [3]. Особенностью климата здешних мест является также то, что зимой происходят частые смены мороза и оттепелей, и эти многократные замораживания-оттаивания создают реальную опасность разрушения насыщенных водой бетонных и железобетонных конструкций.

Ступенчатые водосбросы и лестничные водоспуски есть и в Карелии, и в Амурской области, и в Хабаровском крае, и в других районах нашей страны [4], где они также выполнены из бетона и железобетона. В частности, одним из наиболее интересных в рассматриваемом плане является трехступенчатый водосброс, входящий в комплекс сооружений Баксанского гидроузла (рис. 2). Баксанская ГЭС деривационного типа с установленной мощностью 25 МВт построена в 1933 – 1936 гг. в горах Кабардино-Балкарии [5]. Общая протяженность деривации, состоящей из открытого канала, трех туннелей и трех акведуков, составляет 10 км. Она создает напор на ГЭС около 100 м с перепадом уров-





**Рис. 3.** Красноярская ГЭС. Ступенчатая низовая грань станции-онной плотины: высота ступеней 1,5 м, длина (расстояние между водоводами) — 4,5 м

ней воды на “холостом” водосбросе 93,7 м. Водосброс рассчитан на пропуск потока воды с расходом  $35 \text{ м}^3/\text{с}$ , и так как гидроэлектростанция все 75 лет работает в пиковом режиме, то “холостые” сбросы воды происходили часто — по несколько раз в год.

Климат района расположения гидроузла континентальный. Среднеголетняя температура воздуха  $+8,9 \text{ }^\circ\text{C}$  при абсолютном максимуме  $+39 \text{ }^\circ\text{C}$  (июль, август) и при абсолютном минимуме  $-30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Для района характерны частые значительные колебания температуры воздуха, особенно в переходные периоды — октябрь и ноябрь, март и апрель. Среднегодовое число смен замораживания-оттаивания (переходов температуры воздуха через  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) около 100.

Через деривацию вместе с потоком воды проходит большое количество наносов. В средний по водности год через турбины ГЭС проходит 5,85 тыс. т взвешенных наносов. Основной причиной появления в деривации влекомых наносов, прежде всего в открытом канале, являются ливневые дожди, разрушающие прилегающие к каналу склоны, сложенные делювиальными грунтами. Размер влекомых камней достигает 200 мм в диаметре. Частый проход влекомых наносов по деривации привел к тому, что к 2010 г. в лотковых частях обделки туннелей и в лотках всех трех акведуков появились многочисленные повреждения с обнажением арматуры. В то же время железобетонные ступени в концевой части “холостого” водосброса, несмотря на то что они также подвергались воздействию потоков воды с влекомыми наносами и многократному замораживанию-оттаиванию, сохранились достаточно хорошо: у них только округлились внешние ребра (рис. 2).

Приведенные данные ясно показывают:



**Рис. 4.** Плотина Коусар высотой 144 м со ступенчатым водосбросом во время строительства, 2004 г.

ступенчатые водосбросы строились в нашей стране еще 250 – 300 лет тому назад;

целый ряд ступенчатых водосбросов, построенных 50 – 75 лет тому назад из бетона и железобетона, продолжает эксплуатироваться до сих пор;

за время длительной эксплуатации перечисленных выше ступенчатых водосбросов пропуск через них льда, плавающих тел и даже влекомых наносов не причинил им существенных повреждений;

многократные замораживания-оттаивания насыщенных водой бетонных и железобетонных конструкций ступенчатых водосбросов не оказали на них столь разрушительного действия, как на другие гидротехнические сооружения и их элементы, работающие в аналогичных условиях.

Последнее обстоятельство заслуживает особого внимания в связи с проблемой долговечности водосбросных и водопропускных устройств в нашей стране [6].

Современная технология высокоморозостойких бетонов сформировалась в основном в 1950 – 1970 гг. в результате изучения данных натуральных наблюдений за состоянием различных бетонных и железобетонных конструкций, подвергавшихся воздействию замораживания-оттаивания, благодаря специальным исследованиям процессов разрушения бетонов различной структуры под действием мороза и рациональному использованию научных разработок в области поверхностно-активных веществ. При этом постепенно были установлены научнообоснованные методы назначения требований к морозостойкости бетонов в зависимости от условий их работы в сооружениях, надежные критерии ее оценок и эффективные средства и приемы получения бетонов с любой заданной степенью морозостойкости [7 – 9 и др.]. Так, если в 1940 – 1950 гг. практически использовались бетоны с морозостойкостью лишь  $\text{Мрз } 100 - \text{Мрз } 150$ , то в

1980-х гг. уже применялись бетоны с морозостойкостью Мрз 500 – Мрз 600 и выше.

Ранее, вплоть до конца 50-х гг. прошлого столетия, при приготовлении бетонов, подвергающихся в сооружениях и конструкциях замораживанию-оттаиванию, исходили из того, что их морозостойкость зависит от тех же параметров, что и прочность, т.е. уровень и того и другого свойства тем выше, чем меньше водоцементное отношение и больше плотность бетона. Естественно, что вследствие простой формы ступеней для ступенчатых водосбросов применяли достаточно жесткие бетонные смеси с низкими водоцементными отношениями, которые при укладке в ступени можно было хорошо уплотнить существовавшими тогда инструментами. В результате такие бетоны оказались более долговечными, чем бетоны многих гидротехнических конструкций, возведенных в то же время, но из пластичных (не говоря уже о литых) бетонных смесей или бетонных смесей с более высокими водоцементными отношениями, также подвергавшихся при эксплуатации многократным замораживаниям и оттаиваниям.

К сожалению, во второй половине XX века, при переходе к созданию гидроузлов с высокими плотинами на полноводных реках, строительство ступенчатых водосбросов в нашей стране практически прекратилось. Известную роль в этом сыграло сложившееся в то время представление о том, что такие водосбросы эффективны только в тех случаях, когда удельные расходы сбрасываемой через них воды невелики, а при возрастании удельных расходов рассеивается все меньшая часть энергии потока и их сооружение теряет смысл. Поэтому достижения технологии морозостойких бетонов были использованы не при строительстве ступенчатых водосбросов, а для частей гидротехнических сооружений, находящихся в зоне переменного горизонта воды, облицовок каналов и т.д. Это позволило резко повысить долговечность конструкций гидроузлов в районах с суровым климатом и привело к тому, что даже после 30 – 40 лет эксплуатации практически нет повреждений в зоне переменного уровня воды ни у плотины Саяно-Шушенской ГЭС, ни у здания Кислогубской ПЭС, ни у железобетонных конструкций Комплекса защитных сооружений Ленинграда от наводнений.

Вместе с тем имевшие место отступления от обоснованных специальными исследованиями правил создания конструкций, стойких к воздействию замораживания-оттаивания, неизбежно приводили к серьезным повреждениям сооружений, в том числе и водосбросных плотин с гладкой водосливной поверхностью, очерченной по Кригеру — Оффенбергу [10, 11 и др.].

В дополнение к этому, рассматривая предпосылки для использования ступенчатых водосбросов в районах нашей страны с особо суровым климатом, нужно учесть и тот факт, что станционная плотина Красноярской ГЭС со ступенчатой низовой гранью (рис. 3), как известно, эксплуатируется уже более 40 лет. Эта плотина высотой 124 м построена в 1962 – 1970 гг., имеет вертикальную напорную грань и низовую грань с уклоном 0,76. Климат в месте расположения Красноярского гидроузла весьма суровый, с продолжительной зимой, когда температуры воздуха могут опускаться до  $-53\text{ }^{\circ}\text{C}$ , и с коротким летом, когда температура может достигать  $+38\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; среднемноголетняя температура воздуха —  $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

При проектировании плотины марка бетона, прилегающего к низовой грани станционной плотины, была принята М250, Мрз 100. По данным строительного контроля, этот бетон в возрасте 180 суток имел прочность 31 МПа, но за время 40-летней эксплуатации плотины, несмотря на особо суровый климат, прочность этого бетона существенно повысилась и достигла 42 МПа [12].

С течением времени существовавшие представления об эффективности и рациональной области применения ступенчатых водосбросов радикально изменились, что было связано с переходом в 60-х гг. XX века к возведению бетонных плотин однослойными блоками, ставшему поворотным моментом в мировом плотиностроении [13]. При создании первых плотин по этой технологии она применялась в сочетании с малопластичными бетонными смесями, с уплотнением их мощными глубинными вибраторами. Так были построены плотины Альпа-Джера и Кваира делла Миньера в Италии; Маникуаган-1 в Канаде; Токтогульская, Андижанская, Ахурянская, Кировская, Курпсайская в СССР; Чаира в Болгарии и т.д. С 1980-х гг. эта технология использовалась преимущественно в сочетании с жесткими бетонными смесями, уплотняемыми укаткой, — укатанными бетонами (плотины Симадзи и Огава в Японии, Уиллоу-Крик в США, Ташкумырская в СССР и т.д.) [14]. Последнее сочетание оказалось особенно удачным и привело к стремительному росту числа плотин по этой технологии. Так, если в 80-х гг. их было не более десятка (включая две плотины, построенные в СССР), то к 2000 г. их число приблизилось к 200, а к настоящему времени перевалило за 400.

Скоро стало ясно, что послойная технология естественно и органично сочетается со ступенчатой конфигурацией низовых граней плотин, при этом существенно упрощаются опалубочные работы, сокращаются трудозатраты и резко возрастают темпы и качество бетонных работ. Это инициировало вспышку повышенного интереса и к ступенчатым

водосбросам, в частности, к возможности их использования не только при малых, но и при больших удельных расходах сбрасываемых потоков воды. Проведенными в нескольких странах исследованиями было установлено и доказано, что такие водосбросы дают возможность:

избежать кавитации даже при сбрасывании высокоскоростных потоков воды, благодаря чему отпадает необходимость применять специальные кавитационно-стойкие бетоны с их сложной технологией;

насытить сбрасываемый поток воды воздухом (в том числе кислородом) и таким образом улучшить условия существования биоорганизмов в нижнем бьефе.

Это еще больше расширило масштабы строительства плотин с применением послойной технологии за рубежом, их стали строить как из укатанного, так и из вибрированного бетона, как правило, со ступенчатыми низовыми гранями и ступенчатыми водосбросами\*. В результате широко развернувшегося строительства таких плотин в различных частях света несколько гидроузлов с ними были построены в районах с достаточно суровыми климатическими условиями — Аппер Стилуотер в США, Лас Робертсон в Канаде, Ралко в Чили.

Плотина Аппер Стилуотер высотой 88 м со ступенчатым водосбросом построена и эксплуатируется уже около 20 лет в местности, где среднегодовая температура воздуха всего + 2,2 °С, а в зимнее время опускается ниже – 20 °С [15].

Гидроузел Лас-Робертсон со ступенчатым водосбросом построен в Канаде в 1994 г. Район, где он расположен, отличается низкой среднегодовой температурой воздуха — около 0 °С; минимальная температура зимой достигает – 35 °С, а максимальная летом + 30 °С. Для ступенчатого водосброса, с учетом уже имеющегося в Канаде опыта, использовалась современная технология высокоморозостойких бетонов [16 – 17].

Гравитационная плотина Ралко высотой 155 м из укатанного бетона со ступенчатой низовой гранью построена в 2001 – 2004 гг. в узком ущелье на р. Биобио. Плотина расположена в сейсмоопасном районе с весьма сложными климатическими условиями; летом температура воздуха достигает + 39 °С, а зимой может опускаться до – 12 °С. Среднегодовое количество осадков составляет около 3000 мм/год. За время строительства низовая грань плотины дважды работала как временный водосброс при переливе паводковых вод через плоти-

ну [18] из-за разрушения верховой перемычки (высотой 45 м) паводками нерасчетной обеспеченности. Переливы воды через плотину не причинили ей вреда и по окончании паводков бетонирование сразу же возобновлялось. Не пострадали ни самые верхние слои бетона, уложенные перед паводками, ни ступени низовой грани плотины.

Специалисты-гидротехники США, Канады и Чили, проектировавшие и построившие эти плотины, убеждены в том, что ступенчатые низовые грани плотин и ступенчатые водосбросы не менее, а более долговечны, чем их аналоги с гладкой поверхностью.

*О технологичности ступенчатых водосбросов.* Простота формы ступенчатых водосбросов предопределяет их высокую технологичность и выгодное сочетание с технологией послойного бетонирования плотин с использованием современной высокопроизводительной бетоноукладочной техники, что обеспечивает сокращение сроков строительства, трудозатрат и стоимость гидроузлов. Особую роль при этом играет то, что затраты времени на опалубочные работы сокращаются в несколько раз и не сдерживают, как обычно, темпы бетонирования плотин. Кроме того, к качеству и вертикальной и горизонтальной поверхности ступеней не предъявляются столь жесткие, трудновыполнимые требования, как к поверхностям, очерченным по Кригеру — Офицеру.

Наглядным примером высокой технологичности ступенчатых водосбросов может служить плотина Коусар в Иране, в строительстве которой автор настоящей статьи принимал непосредственное участие. Эта плотина высотой 144 м возведена в 1999 – 2005 гг. в узком труднодоступном ущелье (рис. 4). Строительство ступенчатого водосброса со ступенями высотой 1,5 м дало возможность использовать для формирования низовой грани плотины очень простую опалубку уголкового типа с лицевой поверхностью 1,5 × 3,0 м, закрепляемую на месте с помощью пригрузов — массивных бетонных призм. Монтаж и перемонтаж такой опалубки легко и быстро осуществлялся автопогрузчиками или лодерами со сменным оборудованием. В результате опалубочные работы требовали минимальных трудозатрат и, главное, не сдерживали, как обычно, темпов бетонирования. Кроме того, бетонирование ступеней с укладкой облицовочного бетона непосредственно у вертикально расположенной поверхности опалубки обеспечивало лучшую и надежную проработку бетонных смесей вибраторами. Ступенчатая поверхность низовой грани плотины создала возможность устройства временного проезда бетоновозов и строительных механизмов с одного берега на другой, что в условиях труднодоступного ущелья позволило просто и четко организовать

\* Проектирование и возведение некоторых из них было проведено под руководством российских специалистов — плотины Капанда в Анголе, Коусар и Джигин в Иране, Плейкронг во Вьетнаме и др.

производство строительно-монтажных работ и значительно сократить время необходимых транспортных операций.

Большим технологическим преимуществом плотин со ступенчатой низовой гранью является также возможность перелива паводковых вод через плотину во время ее возведения. Это ярко продемонстрировало строительство 155-метровой плотины Ралко в Чили (см. выше) и показывает возможность в настоящее время совершенно другого, нового подхода к нормированию обеспеченности паводков и выбору параметров перемычек при проектировании и строительстве плотин со ступенчатой низовой гранью. В этой связи уместно напомнить, что еще 50 лет назад перелив воды из-за наступления нерасчетного паводка привел к серьезному повреждению плотины Супхунской ГЭС в КНДР, из которой водой было вынесено более 10 тыс. м<sup>3</sup> бетона [19].

## Вывод

Таким образом, очевидно, что с позиций и долговечности, и, особенно, технологичности ступенчатые водосбросы и плотины со ступенчатыми низовыми гранями являются современным и перспективным техническим решением, заслуживающим самого широкого применения в практике создания гидроузлов в нашей стране. Применительно к конкретным гидроузлам такие решения, конечно, должны быть не только увязаны с технологией бетонных работ, но и с компоновкой сооружений и условиями их эксплуатации.

## Список литературы

1. *Iranian Committee on Large Dams. Contemporary dam construction in Iran.* 1998.
2. *Konteatis C. A. C. Dams of Cyprus.* Nicosia-Cyprus. 1974.
3. СНиП 23 – 01 – 99. Строительная климатология / Госстрой России. — М., 2000.

4. *Правдивец Ю. П. Ступенчатые водосбросы в мировой и отечественной гидротехнике // Гидротехническое строительство.* 1993. № 10.
5. *Гидроэнергетика Кабардино-Балкарии 1936 – 2006 гг. — Нальчик: Издательский центр “Эль-Фа” при ГП КБР,* 2006.
6. *МКС по гидротехнике — “Бетоны для водопропускных сооружений”.* — Л.: Энергия, 1980.
7. *Судаков В. Б. Морозостойкость бетонов в разном возрасте.* — М.: Энергия, 1964.
8. *Гинзбург Ц. Г., Судаков В. Б., Литвинова Р. Е. Основные мероприятия по обеспечению морозостойкости гидротехнического бетона // Гидротехническое строительство.* 1975. № 8.
9. *ВР-1-75 / Главниипроект Минэнерго СССР. Инструкция по изготовлению гидротехнических конструкций из бетона марки Мрз 1000.* — М., 1975.
10. *Садович М. А., Шляхтина Т. Ф., Тигунцева А. М. Опыт ремонтных работ на водосливе Усть-Илимской ГЭС // Гидротехническое строительство.* 2006. № 11.
11. *Судаков В. Б., Василевский А. Г. Водосбросные плотины гидроузлов, расположенных в суровых климатических условиях // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева.* 2009. Т. 255.
12. *Епифанов А. П., Чупин Г. А., Кузьмин Н. Г. Состояние плотины Красноярской ГЭС после 40 лет эксплуатации // Гидротехническое строительство.* 2007. № 10.
13. *Ивашищев Д. А., Судаков В. Б., Василевский А. Г., Шангин В. С., Юркевич Б. Н., Караваев А. В., Лапин Г. Г. Принципы конструирования современных бетонных плотин // Гидротехническое строительство.* 2004. № 2.
14. *Судаков В. Б., Толкачев Л. А. Современные методы бетонирования высоких плотин.* — М.: Энергоатомиздат, 1986.
15. *Richardsson A. T. Performance of Upper Stillwater dam. Proceedings of the International Symposium on Roller compacted concrete dams.* Beijing, China, 1991.
16. *Brighton R., Lampa J. Aging of B. C. Hydro’s Dams. 17th ICOLD Congress,* Q.65, R30, 1991.
17. *Nollet M-J., Robitaille F. General aspect of design and thermal analysis of RCC Lac Robertson dam. Proceedings of the International Symposium on Roller-compacted concrete dam.* V. 1, Santander, Spain, 1995.
18. *Uribe L. A., Hofer O. A. Ralco: A dam constructed under difficult conditions. Transactions of the XXII Congress on Large Dams.* Q. 84, R.4, Barcelone, 2006.
19. *Гинзбург Ц. Г., Иноземцев Ю. П., Кармелев Б. Г. Кавитационная износостойкость гидротехнического бетона. — М.-Л.: Энергия, 1972.*

---

Сдано в набор 20.08.2010. Подписано в печать 11.10.2010. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Печ. л. 7,5. Цена свободная

---

Оригинал-макет выполнен в издательстве “Фолиум”  
127238, Москва, Дмитровское ш. 58, тел/факс (495) 482-5590, 482-5544

**Internet:** <http://www.folium.ru>, **E-mail:** [info@folium.ru](mailto:info@folium.ru)

Отпечатано в типографии издательства “Фолиум”