



# 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.

№ 8

август

2012

## Содержание

Воскресенский С. М. Ленгидропроекту — 95 лет. . . . .	8	Макаров А. Л., Мильцин В. Л., Рябинцев А. Н. Майнский гидроузел . . . . .	44
Львовский В. А., Румянцев В. Н. Об изучении гидроэнергетического потенциала рек России . . . . .	11	Юркевич Б. Н., Быков Д. С., Васильев А. В., Киселёв В. Н. Организация проектных работ по восстановлению Саяно-Шушенской ГЭС . . . . .	46
Афанасьева Е. В., Лоцманов Д. Г. Динамика финансово-экономических показателей и основные индикаторы роста и успешного развития ОАО «Ленгидропроект» . . . . .	15	Булин А. Г., Стоцкий А. Д. Проектирование электротехнической части гидроэлектростанций. . . . .	52
Воскресенский С. М., Соловьев А. Н. Совершенствование управления в области повышения качества проектов . . . . .	17	Корныльев Л. А., Мизонова О. Д., Стоцкий А. Д. Гидросиловое оборудование в проектах ОАО «Ленгидропроект». . . . .	57
Соловьев А. Н., Васильев А. В., Боярский В. М., Мусаев А. Ш. Канкунская ГЭС . . . . .	19	Комаров Ю. С. Об инженерных изысканиях в современных условиях . . . . .	62
Козинец Г. Л., Вульфович Н. А., Денисов Г. В., Потехин Л. П. Расчетное обоснование массивной гравитационной плотины Канкунской ГЭС с расширенными полостями . . . . .	22	Киселёв В. Н., Петров В. В., Кузнецов Р. Я. О некоторых особенностях разработки проекта организации строительства современных объектов . . . . .	64
Исиченко Б. Н. Нижне-Бурейская ГЭС . . . . .	26	Иванов В. М. Проектирование водохранилищ в современных условиях . . . . .	66
Кураев С. Н. Санкт-Петербург защищен от наводнений. . . . .	28	Чумаков В. В., Ханов И. К. Социально-экологический мониторинг на объектах гидроэнергетики . . . . .	69
Пургин К. В., Гончаров А. Д. Сооружения Волго-Балтийского водного пути . . . . .	33	Григоренко Р. И., Минина А. А. Молодежная политика ОАО «Ленгидропроект» . . . . .	71
Мишин Н. Н. Ленинградская ГАЭС . . . . .	35		
Ферингер А. Б., Кабанов Н. В. Усть-Среднеканская ГЭС . . . . .	38	<b>Хроника</b>	
Касаткин Н. В., Кониш Г. С., Петров В. В. Зарамагские ГЭС. . . . .	41	Новости гидроэнергетики и гидротехники . . . . .	73

**КОМИССИЯ ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ВОПРОСАМ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ  
ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА  
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

---

---

**Коллективу работников  
ОАО “Ленгидропроект”**

**Уважаемые гидроэнергетики!**

Поздравляю коллектив Ленгидропроекта со знаменательным событием – 95–летием со дня образования института!

Ленгидропроект – это одна из старейших организаций России в области проектирования объектов гидроэнергетики и водного хозяйства.

Исторически, начиная с плана ГОЭЛРО, Ленгидропроект ведет работы почти на всей территории нашей страны от Калининграда до Чукотки. За долгие годы работы специалистами института были изучены возможности развития гидроэнергетики страны и сегодня результат работы можно оценить в численном эквиваленте – более 90 ГЭС по всей России, построенных по Вашим проектам и введенных в эксплуатацию, суммарной мощностью более 25 млн. кВт, обеспечивают стабильную работу энергосистем.

За практически вековую деятельность у института накопился богатый опыт, который сейчас применим и к новым перспективам. Сегодня можно по праву сказать, что специалисты института участвуют в реализации Энергетической стратегии России, так как выполняют проектные работы по ряду объектов, внесенных в Генеральную схему размещения объектов электроэнергетики до 2030 года.

Ленгидропроект, как часть топливно–энергетического комплекса, внёс весомый вклад в важнейшую структурную составляющую российской экономики, находя и реализуя возможности использования возобновляемых источников энергии и обеспечения потребителей высокоэффективным экологически чистым видом энергии.

С особой благодарностью хочется отметить вклад специалистов Ленгидропроекта в восстановление Саяно–Шушенской ГЭС.

Стабильность, надежность, почти вековой опыт Ленгидропроекта в сочетании с профессионализмом инженеров дают уверенность в достижении институтом поставленных задач на благо страны и ее граждан!

Поздравляю с юбилеем и искренне благодарю весь коллектив проектировщиков за их работу и вклад в развитие современной гидроэнергетики! Желаю успехов, здоровья и процветания!

Ответственный секретарь Комиссии



И. И. Сечин

Коллективу сотрудников  
проектно-изыскательского института  
ОАО «Ленгидропроект»

## Дорогие друзья!

Рад поздравить с 95-летием коллектив одного из старейших в стране проектно-изыскательских институтов – Ленгидропроект!

За 95-летний период деятельности института по Вашим проектам было построено, восстановлено и реконструировано свыше 90 гидроэлектростанций в России и ближнем зарубежье, самые крупные из которых – Саяно-Шушенская, Красноярская, Чиркейская ГЭС.

Начиная с первых шагов по проектированию и строительству ГЭС, давние и плодотворные отношения связывают Ленгидропроект со многими крупными предприятиями и организациями нашего города, занимавшимися изготовлением и монтажом оборудования.

Кроме многочисленных ГЭС, плотин и водосбросов на счету института реализация уникальных инженерных объектов. Особый вклад Ленгидропроект внес в создание Комплекса защитных сооружений от наводнений города Санкт-Петербурга. С 1967 г. Ваш институт является генеральным проектировщиком этого стратегически важного объекта и можно с уверенностью сказать, что создание Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений – это во многом заслуга проектировщиков ОАО «Ленгидропроект», чей инженерный талант и опыт сделал этот объект поистине уникальным.

Еще один объект, направленный на стабильность энергосистемы нашего региона и повышение эффективности использования энергоресурсов, – проект Ленинградской гидроаккумулирующей электростанции, который в этом году получил положительное заключение Главгосэкспертизы. Инновационные проектные решения, разработанные специалистами Ленгидропроекта для Ленинградской ГАЭС, направлены на повышение надежности, безопасности и экономической эффективности будущей гидроэлектростанции.

Желаю коллективу Ленгидропроекта не терять завоеванных позиций, внедрять передовой опыт в области проектирования объектов гидроэнергетики и водного хозяйства и не останавливаться на достигнутом! Здоровья, благополучия и творческого успеха!

Вице-губернатор Санкт-Петербурга

И.М. Метельский

2012 г.







Коллективу сотрудников  
ОАО «Ленгидропроект»

Уважаемые коллеги!

От лица Правления ОАО «РусГидро» и от себя лично поздравляю весь коллектив ОАО «Ленгидропроект» с юбилеем!

История института неразрывно связана с историей развития отечественной гидроэнергетики. Созданная почти за столетие проектно-изыскательской деятельности школа проектирования и накопленный опыт позволяет специалистам Ленгидропроекта решать задачи любой сложности. Многие объекты, построенные по Вашим проектам, уникальны, среди них одни из первых в России по единичной мощности агрегатов Красноярская и Саяно-Шушенская ГЭС, одна из самых высоких плотин мира в условиях вечной мерзлоты – Колымская ГЭС, одна из самых стройных арочных плотин – Чиркейская ГЭС. Объекты, спроектированные инженерами Ленгидропроекта, надежны, современны и красивы!

Сегодня Ленгидропроект – это успешная компания, сохранившая традиции и бесценные кадры и развивающаяся с учетом современных тенденций на мировом рынке.

За последние пять лет специалистами института была выпущена проектная документация по ряду крупных объектов, имеющих федеральное значение, в их числе, Эвенкийская ГЭС, Нижне-Курейская ГЭС, Светогорская ГЭС и Мокская ГЭС. По Вашим проектам начато строительство Нижне-Бурейской ГЭС и Ленинградской ГАЭС, намечен ввод пускового комплекса Усть-Среднеканской ГЭС. Продолжается выпуск рабочей документации и строительство Зарамагской ГЭС, Гоцатлинской ГЭС. Ведется работа над перспективными объектами – Канкунская ГЭС.

Особые слова благодарности хочется сказать всем сотрудникам коллектива Ленгидропроекта за их вклад в восстановление Саяно-Шушенской ГЭС. Благодаря Вашей слаженной работе и высокому профессионализму в оперативном порядке была выпущена проектная и рабочая документация, что обеспечило восстановление работоспособности станции и пуск гидроагрегатов в кратчайшие сроки!

От всей души поздравляю с юбилеем и желаю новых успешных проектов, творческих и новаторских идей! Здоровья, счастья, удачи и благополучия Вам и Вашим семьям!

Председатель Правления  
ОАО «РусГидро»

Е.В. Дод

*Уважаемые коллеги!*

*Руководство и коллектив  
ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт  
гидротехники имени Б.Е. Веденеева»  
сердечно поздравляют ОАО «Ленгидропроект»  
со знаменательной датой – 95-летием института!*

*За эти годы институтом пройден огромный путь, на котором были трудности и знаменательные победы. Достигнутые результаты – более 90 гидроэлектростанций, запроектированных, построенных, реконструированных и эксплуатируемых в настоящее время – это свидетельство того, что ваш институт является одной из ведущих проектных организаций в области гидроэнергетического, гидротехнического и водохозяйственного строительства.*

*Необычайна география расположения объектов, в создании которых принимал активное участие Ленгидропроект: от северо-запада России, начиная с первенца ГОЭЛРО – Волховской ГЭС, и гидроэлектростанций на Кольском полуострове, до Зауралья и Дальнего Востока, Колымы, Средней Азии и Кавказа. Причем создание практически всех объектов связано с необходимостью решения задач применительно к сложнейшим природно-климатическим, геологическим, гидрологическим условиям, зачастую в необжитых районах, при отсутствии инфраструктуры, при наличии вечной мерзлоты и высокой сейсмичности.*

*Только высокий профессионализм, талант, преданность делу позволяют специалистам Ленгидропроекта разрабатывать новые технические решения, касающиеся типов плотин, оборудования, способов и методов технологии строительства, обеспечения технической и экологической безопасности объектов и др.*

*Ленгидропроект и ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева связаны работой по очень многим объектам, причем обычно такой творческий союз начинался с изыскательских работ, ТЭО и далее продолжался при строительстве и совместном сопровождении в период эксплуатации.*

*Специалисты наших организаций трудились над разработкой многих и ныне действующих нормативных документов. Они принимали участие в различных совещаниях, в том числе и за рубежом, где делились нашими отечественными достижениями в области гидроэнергетики и гидротехники.*

*Мы имеем основания утверждать, что Ленгидропроект является надежным партнером, и надеемся на дальнейшее плодотворное сотрудничество.*

*Желаем коллективу института Ленгидропроект работать с новыми интересными объектами, создавать перспективные технические решения, которые позволят строить быстрее, эффективнее и надежнее!*

*Сотрудникам института желаем здоровья, успехов, счастья и процветания!*

Генеральный директор  
ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»



Е.Н. Беллендир





**РусГидро**  
НИИЭС

КОЛЛЕКТИВУ  
ОАО «ЛЕНГИДРОПРОЕКТ»

### **Дорогие друзья! Уважаемые коллеги!**

Коллектив Научно-исследовательского института энергетических сооружений сердечно поздравляет Вас со славным юбилеем — 95-летием проектной, изыскательской и научно-исследовательской деятельности.

По проектам Ленгидропроекта построено, восстановлено и реконструировано более 90 гидроэлектростанций в России и за рубежом. Среди них такие крупные объекты, как Саяно-Шушенская, Красноярская, Зейская, Воткинская, Чиркейская ГЭС.

По вашим чертежам построен Волго-Балтийский водный путь с 25 плотинами, тремя ГЭС и семью шлюзами. В акватории финского залива завершено строительство комплекса сооружений защиты Санкт-Петербурга от наводнений.

Создание этих и многих других уникальных гидроэнергетических объектов свидетельствует о проделанной вами колоссальной творческой работе и огромном инженерном и научном потенциале, который всегда был присущ вашему коллективу.

Заслуги Ленгидропроекта в деле развития отечественной и зарубежной гидроэнергетики признаны во всем мире, вы осуществляете научно-техническое и экономическое сотрудничество с десятками зарубежных стран.

Эти выдающиеся достижения безусловно связаны с теплой и дружественной атмосферой в коллективе, высоким профессионализмом, слаженной работой, взаимовыручкой и сплоченностью сотрудников.

Ваши проекты характеризует широкое применение новых технических разработок, пристальное внимание к защите окружающей среды и социальным аспектам возведения объектов. Целый ряд примененных технических решений не имеет аналогов в мировой практике.

Вы находите возможности и для работы на будущее: ведете перспективные изыскательские и проектные работы, развиваете направление нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

За плечами у Вашего коллектива - большой, богатый событиями путь. Неоспоримым залогом эффективной деятельности Ленгидропроекта были и остаются смелость инновационных подходов, прогрессивность, и вместе с тем, взвешенность и продуманность принимаемых решений.

Наши институты давно и тесно сотрудничают на ниве отечественной гидроэнергетики. Надеемся, что наши знания и опыт и далее будут помогать вам в вашей непростой и интересной работе!

В юбилейный год желаем всем сотрудникам ОАО «Ленгидропроект» крепкого здоровья, счастья и благополучия, а также новых свершений на благо отечественной и мировой гидроэнергетики!

По поручению коллектива  
Генеральный директор ОАО «НИИЭС»

Ю.Б. Шполянский





РусГидро



**Уважаемые коллеги и дорогие друзья!  
Поздравляю Вас со знаменательной датой –  
95-летием Ленгидропроект!**

**История Вашего всемирно известного и признанного Института началась в период революционных преобразований и потрясений.**

**Но созданная весной 1917 года Партия по исследованию водных сил Севера России при Управлении внутренних водных путей Министерства путей сообщения не только пережила трудности последующих революционных событий и изменений, но и дала начало становлению и последующему развитию одному из лидеров в области проектирования гидротехнических сооружений как в России так и за рубежом – Институту Ленгидропроект.**

**Сегодня Ленгидропроект по праву входит в число крупнейших и авторитетных организаций России в области проектирования объектов гидроэнергетики и водного хозяйства. Проведенные специалистами Ленгидропроект комплексные проектные, изыскательские, научно-исследовательские работы в России, в странах ближнего и дальнего зарубежья на протяжении многих лет отличались высокопрофессиональным подходом и гарантированным качеством исполнения и подготовки.**

**По проектам Института и при его участии было построено и эксплуатируется более 90 гидроэлектростанций, Волго-Балтийский водный путь, наклонный судоподъемник при Красноярской ГЭС, самый протяженный в стране автодорожный туннель в Дагестане и другие объекты.**

**Желаю всем сотрудникам Института долголетия, плодотворной работы, счастья и благополучия!**

**Генеральный директор  
ОАО «Институт Гидропроект»**

**Шестопалов П.В.**

## Ленгидропроекту — 95 лет

Воскресенский С. М., генеральный директор ОАО “Ленгидропроект”



Воскресенский С. М.

В этом году ОАО “Ленгидропроект” празднует свой юбилей — 95 лет со дня образования.

История образования Ленгидропроекта начинается с создания Изыскательской партии по исследованию водных сил Севера, которая была организована с целью обследования и изучения рек и водотоков для Министерства путей сообщения в апреле 1917 г.

Расширяя свою деятельность, в содружестве с учеными и конструкторами оборудования, проектировщиками разных специальностей, опытными кадрами строителей и эксплуатационников Ленгидропроект стал ведущим проектно-изыскательским институтом страны в проектировании гидроэлектростанций, водохозяйственных и промышленных объектов, в том числе в самых сложных природных условиях России.

За 95-летний период деятельности института по его проектам построено, восстановлено и реконструировано свыше 90 гидроэлектростанций, в том числе 62 в России, 18 в странах СНГ и 9 в странах Азии, Африки, Европы, Южной Америки (рисунок). Среди этих ГЭС одна из крупнейших в мире по установленной мощности Саяно-Шушенская ГЭС им. П. С. Непорожного, Красноярская ГЭС с уникальным судоподъемником, одна из первых по “стройности” в мире арочная плотина Чиркейской ГЭС и др.

Специалисты Ленгидропроекта внесли огромный вклад в разработку проектов не только гидро-

энергетических сооружений, но и других объектов стратегического назначения. В 1960-х гг. при освоении воднотранспортного потенциала европейской части России по чертежам института построен Волго-Балтийский водный путь протяженностью 4900 км с 25 плотинами, 3 ГЭС и 7 шлюзами. Специалисты Ленгидропроекта разработали технико-экономическое обоснование (ТЭО) защиты г. Ленинграда от наводнений. С 1967 г. Ленгидропроект является генеральным проектировщиком комплекса защитных сооружений (КЗС), и на протяжении всего периода строительства параллельно с ведением авторского надзора специалисты института проводили актуализацию проектных решений. В 2011 г. КЗС введен в эксплуатацию и уже прошел проверку на прочность, предотвратив 310-е наводнение в г. Санкт-Петербурге.

За последние 5 лет институт разработал проектную документацию для целого ряда проектов федерального уровня, имеющих социально-экономическую значимость и хорошие перспективы на дальнейшее развитие гидроэнергетики.

Канкунская ГЭС — это первая из проектируемых станций Южно-Якутского гидроэнергетического комплекса (ЮЯГЭК). Разработка проектной документации по Канкунской ГЭС проводилась в 5 этапов, в рамках которых выбраны компоновка и типы конструкций сооружений гидроузла, обоснованы их параметры, выполнен проект перевалочной базы, на площадке ГЭС проведены изыскательские работы. В этом году Ленгидропроект завершил разработку проектной документации и передал на рассмотрение в ФАУ “Главгосэкспертиза”.

Проектируемая Нижне-Бурейская ГЭС входит в состав единого Бурейского энергетического комплекса в Амурской области, проект разработан специалистами института еще в 1985 г. В 2007 г. была начата активная работа по актуализации проекта, а в 2011 г. получено положительное заключение ФАУ “Главгосэкспертиза”. В этом году заканчивается этап подготовительных работ и начинается строительство основных сооружений гидроузла — будущего контррегулятора введенной в 2009 г. на полную мощность Бурейской ГЭС.

В Генеральную схему размещения объектов электроэнергетики до 2020 г. входит Ленинградская ГАЭС. Это связано с необходимостью обеспечения надежного функционирования объединенной энергосистемы Северо-Запада России и компенсации суточной неравномерности потребления электроэнергии. С 2008 по 2011 г. инженеры Ленгидропроекта разработали проектную документацию Ленин-



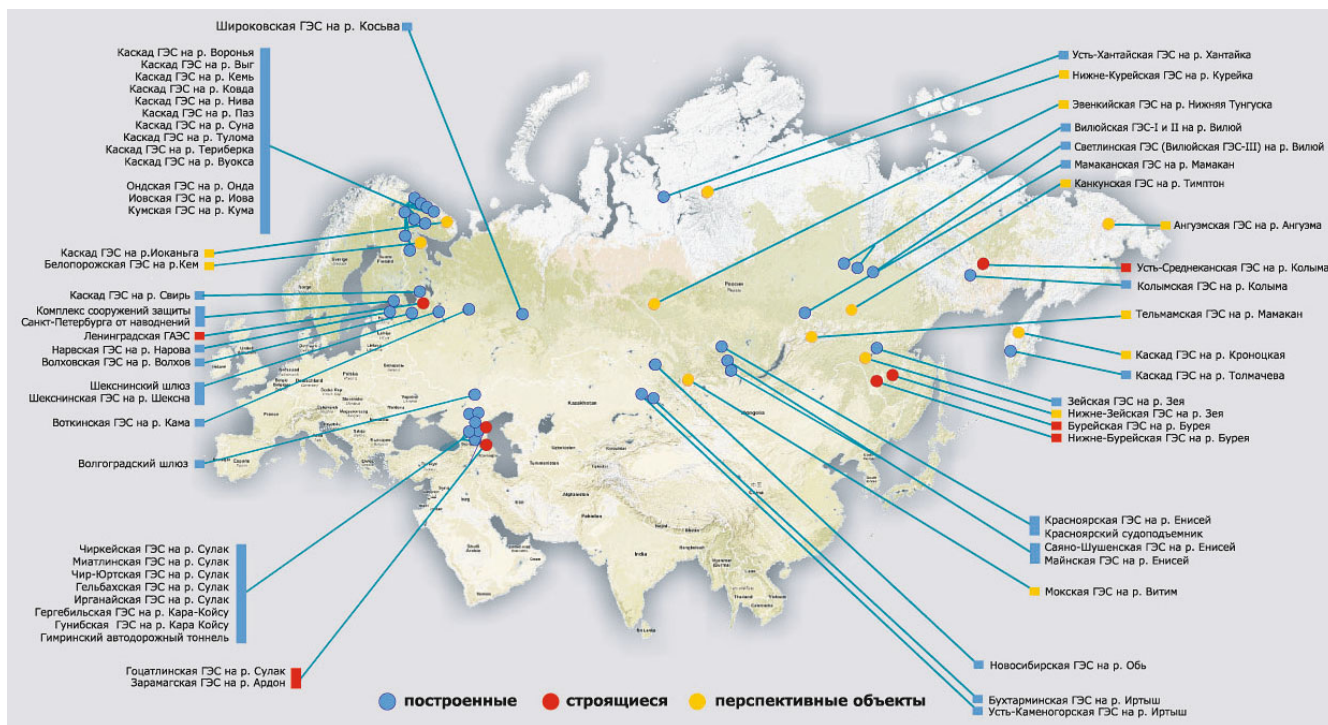


Схема размещения объектов ОАО «Ленгидропроект»

градской ГАЭС с применением новых технических решений и инновационных разработок, на которые получены патенты на изобретение. В этом году проектная документация прошла ФАУ «Главгосэкспертиза России» с положительным заключением и начато строительство этой ГАЭС.

Ленгидропроект обеспечил выпуск проектной и рабочей документации по пусковому комплексу Усть-Среднеканской ГЭС. В 2012 г. запланирован его ввод. ГЭС предназначена для надёжного энергоснабжения Магаданской области, где в последние годы идет быстрое развитие добывающей промышленности.

Продолжается освоение гидроэнергоресурсов Северного Кавказа: идет рабочее проектирование и строительство Гочатлинской ГЭС, закончено проектирование и введена в строй Головная ГЭС каскада Зарамагских ГЭС, продолжаются проектные работы по Зарамагской ГЭС-1 и Ирганайской ГЭС.

Начата разработка проектной и рабочей документации комплексной модернизации действующих ГЭС, генеральным проектировщиком которых является Ленгидропроект, — Зейской, Воткинской, Новосибирской и др.

С 1964 до 1991 г. Ленгидропроект получено около 500 авторских свидетельств и 70 патентов на изобретения и полезные модели, разработанные в институте и успешно реализованные на практике. Однако в 1990-х гг. изобретательская активность снизилась. Сегодня каждый выпускаемый институтом проект является инновационным и содержит новые технические решения, защищенные патентами.

Уровень квалификации, профессионализм, слаженность работы специалистов Ленгидропроекта растут, благодаря чему в кратчайшие сроки была выпущена проектная и рабочая документация по восстановлению Саяно-Шушенской ГЭС. В результате в 2010 г. восстановлены и введены в строй 4 наименее пострадавших в результате аварии гидроагрегата станции, а начиная с декабря 2011 г., в рамках второго этапа восстановления станции, запущены 3 абсолютно новых с улучшенными рабочими характеристиками. Для повышения надежности сооружений гидроузла Ленгидропроект выпущена рабочая документация по строительству пятиступенчатого берегового водосброса Саяно-Шушенской ГЭС, который введен в строй для эксплуатации во время паводков с целью снижения нагрузки на эксплуатационный водосброс.

В современных быстро изменяющихся экономических условиях нацеленность менеджмента ОАО «Ленгидропроект» на конечный результат, выполнение поставленных задач и слаженная работа всего коллектива обеспечивают не только выполнение необходимых объемов работ, но и положительную динамику основных финансово-экономических показателей. В 2007 г. чистая прибыль ОАО «Ленгидропроект» составляла 117 млн. руб., а по итогам 2011 г. финансовый результат достиг 211 млн. руб., при этом показатель производительности труда так же вырос в два раза.

Для обеспечения качества выпускаемой продукции в Ленгидропроекте создана, внедрена и функционирует интегрированная система менеджмента

(ИСМ), соответствующая требованиям стандартов ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 как средство определения и управления процессами производства применительно к качеству проектно-изыскательской продукции и минимизации ее влияния на окружающую среду. ИСМ способствует повышению уровня экологической безопасности объектов проектирования, комплексному подходу к использованию природных и энергетических ресурсов, минимизации экологических рисков, повышению конкурентоспособности.

Отдельное место занимает программа развития информационных технологий. На сегодняшний день каждое рабочее место проектировщика оборудовано персональным компьютером и монитором нового поколения. Рост объема информации повысил требования к надежности и масштабируемости применяемых решений. Проведена модернизация сети хранения данных предприятия, в результате которой возросла эффективность использования дискового пространства, увеличилась ёмкость. В рамках повышения степени доступности основных сервисов введен в строй один из основных элементов этой системы — резервный центр обработки данных (ЦОД). В настоящее время готовность инфраструктуры позволила перейти к следующему стратегическому этапу — внедрению технологии многомерного моделирования. Использование технологий многомерного моделирования позволяет создавать цифровые модели гидротехнических сооружений (ГТС), связывая в единое информационное поле все данные по объекту — от проектных чертежей с полной историей их изменений и согласований до особенностей эксплуатации ГТС, данных мониторинга, схем обслуживания и плана модернизации.

Одна из главных ценностей Ленгидропроекта — его высококвалифицированные сотрудники, которые разрабатывают и реализуют проектные решения под конкретные задачи. Кадровый состав — это продуктивное сочетание опыта ветеранов гид-

роэнергетики и свежего взгляда молодых специалистов. В ОАО “Ленгидропроект” создаются все условия для развития персонала, повышения социальной защищенности работников, формирования атмосферы стабильности и уверенности в завтрашнем дне.

В институте организованы регулярные обучение и повышение квалификации молодых кадров по специальным программам. Уже более 100 человек прошли обучение в Канаде на базе ведущей мировой инжиниринговой компании “SNC LAVALIN” (Монреаль).

Развивается система наставничества, создан кадровый резерв, организована регулярная аттестация работников с целью системной оценки квалификации персонала.

В 2012 г. подписан новый коллективный договор, регулирующий социально-трудовые отношения работников и работодателя, в соответствии с которым предусмотрены расширение всех социальных программ, дополнительные выплаты и компенсации работникам, добровольное медицинское страхование, материальная помощь по особым жизненным ситуациям. Ряд положений направлен на улучшение условий труда и охрану здоровья работников.

Ленгидропроект является надежным партнером. Для решения широкого круга задач за годы работы налажены долгосрочные партнерские отношения с научными и изыскательскими институтами, заводами-изготовителями и подрядчиками.

ОАО “Ленгидропроект” сегодня — это успешная компания, основанная почти на вековом опыте и развивающаяся с учетом современных тенденций на российском и мировом рынках. Верность традициям и умение работать в команде способствуют её динамичному развитию и достижению поставленных целей, что позволяет оставаться на лидирующих позициях в области проектирования уникальных гидротехнических сооружений и гидроэлектростанций в России.



# Об изученности гидроэнергетического потенциала рек России

Львовский В. А., зам. главного инженера,

Румянцев В. Н., зам. начальника отдела (ОАО «Ленгидропроект»)

Рассмотрены вопросы изученности гидроэнергетического потенциала рек России, приведены данные о его использовании, возможные направления освоения гидроэнергетического потенциала в региональном аспекте.

**Ключевые слова:** гидроэнергетический потенциал, гидроэлектростанция, освоение потенциала рек.

Традиционно ОАО «Ленгидропроект» осуществляет свою деятельность в Северо-Западном, Дальневосточном регионах, на большей части Сибирского федерального округа и в некоторых республиках Северо-Кавказского федерального округа. Общая площадь рассматриваемых территорий составляет около 75 % от площади территории России. Валовой (теоретический) энергопотенциал расположенных здесь больших и средних рек оценивается в 2162,9 млрд. кВт·ч, что составляет 90 % от общего по России. В настоящее время на этих реках действует 55 гидроэлектростанций, построенных по проектам Ленгидропроекта, с годовой выработкой электроэнергии 90,9 млрд. кВт·ч и ведется строительство еще пяти гидроэлектростанций.

Основные запасы гидроэнергетического потенциала России сосредоточены в бассейнах крупных рек Сибирского и Дальневосточного федеральных округов — Лены, Енисея, Ангары и др. — и составляют порядка 90 % от выявленного Ленгидропроектом. Здесь построены крупнейшие в России Саяно-Шушенская и Красноярская ГЭС, на базе которых возник мощный промышленно развитый регион. Его основу составили предприятия с энергоемкими производствами: металлургические, химические, лесоперерабатывающие и др. Тем не менее степень освоения потенциала рек этих округов остается одной из самых низких по России и составляет 7–8 % для Дальневосточного и 20 % для Сибирского федерального округа. Наличие значительного объема неосвоенного гидроэнергетического потенциала создает предпосылки для его дальнейшего использования.

Начиная с момента основания Ленгидропроекта и по сегодняшний день ведется изучение возможности развития гидроэнергетики на этих территориях. Был проделан огромный объем работ по разработке как технико-экономических докладов и схем использования отдельных рек, так и схем использования гидроэнергетического потенциала рек отдельных субъектов Российской Федерации. К ним относятся: «Схема размещения перспективных ГЭС в Северо-Западном районе до 2000 года», «Схема ГЭС в Карелии», «Схема использования Северной Двины», «Схема размещения первоочеред-

ных ГЭС и ГАЭС на Северном Кавказе», «Схема рек Андийского и Аварского Койсу», «Схема размещения ГЭС в Южных районах ОЭС Сибири», «ТЭД по использованию гидроэнергетических ресурсов рек Ангаро-Енисейского бассейна», «Схема размещения первоочередных ГЭС в зоне влияния БАМ», «Схема размещения ГЭС в Якутской АССР», «Схема ГЭС на Чукотке», «Схема размещения ГЭС на Камчатке и Сахалине», «Схема размещения ГЭС в ОЭС Дальнего Востока» и др.

В середине 1990-х гг. была выполнена систематизация проектных проработок прошлых лет в зонах деятельности Ленгидропроекта. В материалах по изучению более 150 крупных и средних по водности рек выявлено порядка 370 гидроэлектростанций с суммарной годовой энергоотдачей около 609 млрд. кВт·ч. (таблица)

Разработанные Ленгидропроектом в конце прошлого века многочисленные схемы использования рек нуждаются в корректировке и актуализации с учетом изменившихся социально-экономических условий, ужесточения экологических требований и других аспектов современного мира.

Возможные направления освоения гидроэнергетического потенциала в региональном аспекте сформированы по материалам прежних лет.

Развитие гидроэнергетики в Северо-Западном регионе может быть связано с наличием существовавшей ранее и имеющей место в настоящее время пиковой нагрузки в ОЭС Северо-Запада и ОЭС Центра и необходимостью обеспечения надежности работы указанных энергосистем. Для улучшения режимов работы ТЭС и АЭС в энергосистемах европейской части России, снижения вероятности отказов оборудования и уменьшения эксплуатационных расходов, оказания широкого спектра системных услуг предлагается строительство Ленинградской ГАЭС, по проекту которой получено положительное заключение Главгосэкспертизы.

С целью экономии топливных ресурсов и улучшения энергоснабжения отдаленных потребителей целесообразно рассмотреть возможность строительства каскадов ГЭС на р. Чирко-Кемь суммарной мощностью около 30 МВт и на р. Водла мощностью 40,8 МВт в Республике Карелия, а также Иоканьгской ГЭС и ГЭС на р. Рында на Кольском

полуострове. По этим станциям ранее были разработаны ТЭО и проекты.

Сравнительно благоприятные природные и климатические условия, дефицит электроэнергии, отсутствие собственных топливных ресурсов, потенциальная возможность экспорта электроэнергии в соседние страны позволяют рассчитывать на получение экономически эффективных объектов гидро-

энергетики в Республике Дагестан. На сегодня здесь идет строительство Гоцатлинской ГЭС. Ее плотина будет создавать напор для нижележащей деривационной Магохской ГЭС, сооружение которой может быть начато после завершения работ на Гоцатлинской ГЭС.

Дальнейшее освоение гидроэнергетического потенциала Республики Дагестан может быть свя-

Субъект Российской Федерации	Потенциал, млрд.кВт · ч			Количество ГЭС		
	теоретический	технический	освоенный	выявленные	действующие	строящиеся
<b>Сибирский ФО</b>	<b>965</b>	<b>265,6</b>	<b>47,5</b>	<b>79</b>	<b>5</b>	<b>0</b>
Республика Бурятия	77,4	12,2	0	8	0	0
Республика Тыва (Тува)	67,1	25,3	0	15	0	0
Красноярский край (включая Республику Хакасия)	420,5	182,0	45,4	37	3	0
Иркутская область	201,3	25,7	0,4	13	1	0
Алтайский край	85	13,5	0	0	0	0
Кемеровская область	24,9	3,1	0	1	0	0
Новосибирская область	6,6	1,7	1,7	1	1	0
Читинская область	82,2	2,1	0	4	0	0
<b>Северо-Западный ФО</b>	<b>113,4</b>	<b>38,6</b>	<b>13,8</b>	<b>88</b>	<b>31</b>	<b>0</b>
Калининградская область	0,2	Только малые ГЭС				
Ленинградская область	7,1	3,0	2,2	6	4	0
Новгородская область	2,5	0,7	0	6	0	0
Псковская область						
Архангельская область	24	8,9	0	22	0	0
Вологодская область	3,7	2,0	0,1	3	1	0
Республика Карелия	12	3,5	3,0	14	12	0
Республика Коми	30,3	8,6	0	10	0	0
Мурманская область	19,3	9,6	5,7	26	13	0
Пермский край	14,3	2,3	2,3	1	1	0
<b>Северо-Кавказский ФО</b>	<b>76,1</b>	<b>13,6</b>	<b>6,1</b>	<b>27</b>	<b>10</b>	<b>3</b>
Республика Кабардино-Балкария	14,2	0,1	0,1	1	1	0
Республика Северная Осетия (Алания)	10,1	0,8	0,8	1	0	1
Республика Дагестан	30,1	12,1	5,1	23	8	2
Краснодарский край	21,7	0,4	0,1	2	1	0
<b>Дальневосточный ФО</b>	<b>1008,4</b>	<b>291,0</b>	<b>23,5</b>	<b>172</b>	<b>9</b>	<b>2</b>
Амурская область	76	38,1	13,6	30	2	1
Республика Саха (Якутия)	507,5	178,3	3,9	54	3	0
Камчатская область	50,6	6,4	0,2	13	3	0
Магаданская область и Чукотский АО	144,2	33,7	5,8	23	1	1
Приморский край	25,4	2,4	0	8	0	0
Сахалинская область	4,7					
Хабаровский край	200	32,1	0	44	0	0
<b>Всего</b>	<b>2162,9</b>	<b>608,6</b>	<b>90,9</b>	<b>366</b>	<b>55</b>	<b>5</b>



зано с освоением ресурсов р. Андийское Койсу, где возможно строительство первоочередных Тантарийской и Инхойской ГЭС с началом работ по Андийской ГЭС, являющейся регулятором стока каскада.

Максимально приближенный к границе с Азербайджаном и Ираном каскад ГЭС на р. Самур создает предпосылки для строительства ориентированных на экспорт гидроузлов.

Освоение гидроэнергетического потенциала Дальнего Востока и Сибири может быть связано с ростом электропотребления в ОЭС Востока и Сибири, строительством горнодобывающих и обогащательных предприятий на месторождениях полезных ископаемых и органического топлива, строительством энергоемких производств, потребностью в экспорте электроэнергии в другие регионы России и за рубеж, износом оборудования на объектах генерации и экономией исчерпаемых минеральных топливных ресурсов. Кроме того, сооружение гидроэлектростанций даст толчок для развития региона в целом: будут созданы дополнительные рабочие места, получит развитие транспортная инфраструктура, произойдет улучшение социально-бытовых условий и качества жизни населения. В конечном итоге будут созданы все необходимые условия для притока населения в регион.

Планируется завершить строительство Усть-Среднеканской ГЭС, расположенной в Магаданской области, электроэнергия которой будет использована для добычи и переработки полезных ископаемых (серебро, золото и др.), и продолжить работы по строительству Нижне-Бурейской ГЭС на р. Бурее в Амурской области, которая является контррегулятором Бурейской ГЭС.

Хорошие перспективы для гидростроительства имеются на Камчатке. Стоимость электроэнергии здесь одна из самых высоких в стране. Все потребляемое топливо завозится с материка. В то же время располагаемый гидроэнергетический потенциал позволил бы покрыть все потребности в электроэнергии за счет ГЭС. В качестве первоочередного объекта может быть рекомендована Петропавловская ГЭС установленной мощностью 300 МВт. Учитывая наличие водохранилища значительной емкости, ГЭС имеет большие возможности регулирования режима работы и обеспечит надежное энергоснабжение центрального энергоузла Камчатки (г. Петропавловск-Камчатский), снизив потребность в завозе топлива в регион почти в 3 раза. Другим крупным объектом гидроэнергетики на Камчатке может стать комплекс ГЭС на р. Кроноцкой, находящейся на территории Кроноцкого заповедника мирового значения. Достоинством этого объекта является отсутствие нерестового хода лососевых по реке в связи с наличием водопадов. Без-

условно, проектирование и строительство этих ГЭС должны сопровождаться комплексом мер, позволяющих сохранить уникальные природные условия Камчатки.

Многочисленные изолированные от энергосистемы населенные пункты, удаленные друг от друга на большие расстояния, практически в условиях полного бездорожья испытывают трудности с доставкой дорогостоящего дизельного топлива. В этих условиях для вытеснения существующих ДЭС целесообразно рассматривать малые ГЭС. При этом для сохранения уникальных рыбных запасов рек Камчатки предпочтительны малые ГЭС с бесплотинными компоновками. Примером такого решения может служить Быстринская ГЭС мощностью 1,2 МВт. Подобные компоновки могут быть реализованы еще для ряда поселков.

Строительство Амгуэмской ГЭС мощностью 180 МВт в Чукотском автономном округе, по которой имеется значительный проектный задел, позволит значительно снизить дефицит электроэнергии, даст толчок для развития добывающей промышленности и всего региона в целом.

В Амурской области наибольший интерес для гидростроительства могут представлять притоки р. Амура — Зея, Бурей и Селемджа. Здесь возможно сооружение ряда гидроузлов. Первоочередным объектом может быть Нижне-Зейская ГЭС установленной мощностью 400 МВт. На следующем этапе целесообразно рассмотреть возможность строительства каскада ГЭС на р. Селемдже.

Наиболее концентрированные гидроэнергоресурсы выявлены в бассейне р. Нижняя Тунгуска на территории Эвенкийского АО. Здесь на Эвенкийской ГЭС может быть получено около 50 млрд. кВт·ч электроэнергии в год при мощности станции 12 млн. кВт. По выработке электроэнергии это эквивалентно суммарной выработке Курской и Смоленской АЭС и на 10 млрд. кВт·ч больше выработки электроэнергии на всем Волжско-Камском каскаде ГЭС. Топливный годовой эквивалент энергоотдачи станции — около 15 млн. т у.т., или 13 млрд. м<sup>3</sup> газа ежегодно. Передача энергии этой станции в европейскую часть страны существенно улучшит ее топливный баланс и предпочтительна по экологическим соображениям. Строительство Эвенкийской ГЭС для энергообеспечения европейской части страны внесет существенные изменения в очередность энергетического строительства на этой территории. Уникальной особенностью гидроэлектростанции является емкое водохранилище с годовым объемом сработки, равным объему годового стока реки. Это позволяет ГЭС вести неограниченное суточное, сезонное и многолетнее регулирование. Несовпадение по времени года прохождения паводка в бассейне Енисея и бассейне Волги



Освоение гидроресурсов в наиболее развитых странах

делает регулировочные возможности этого уникального гидроэнергоузла еще более ценными.

На севере Красноярского края в изолированном Туруханском районе может быть целесообразным сооружение Нижне-Курейской ГЭС установленной мощностью 150 МВт, которая покроет все потребности района, позволит существенно снизить тарифы на электроэнергию за счет вытеснения ДЭС и перехода на электродогревательные и может быть использована в качестве источника электроснабжения площадки строительства Эвенкийской ГЭС.

Присутствие в Сибири энергодефицитных узлов на юге и востоке обуславливает выдвижение ряда гидроэнергетических объектов, предназначенных прежде всего для энергообеспечения этих территорий. Такими объектами являются следующие объекты, имеющие достаточное проектное обоснование:

каскад ГЭС на р. Витим с первоочередными Мокской и Ивановской для энергообеспечения Бурятии, северных районов Читинской и Иркутской областей и западного участка БАМа;

Тельмамская ГЭС на р. Мамакан для энергообеспечения северо-восточных районов Иркутской области и обеспечения совместно с Мокской ГЭС электрических связей энергосистем Сибири и Востока.

В настоящее время в ОАО “Ленгидропроект” завершена разработка проектной документации по Канкунской ГЭС на р. Тимптон установленной мощностью 1000 МВт, расположенной в Южной Якутии, районе с исключительно сложными природными условиями. ГЭС предназначена для обеспечения электроэнергией вновь создаваемых горнодобывающих и обогатительных предприятий, является первой ступенью каскада ГЭС на р. Тимптон. Строительство Канкунской ГЭС повысит надежность ОЭС Востока и создаст условия для укрепления связи между южными районами Якутии и

ОЭС Востока. В этом районе определенный интерес может представлять освоение гидроэнергетического потенциала притоков р. Алдан — Учур и Тимптон — посредством создания Южно-Якутского гидроэнергетического комплекса общей мощностью до 5 млн. кВт с выработкой до 23,5 млрд. кВт · ч. ЮЯГЭК может стать крупным экспортером электроэнергии в соседние страны — Японию, Корею, Китай.

Сооружение первоочередных гидроэлектростанций, выявленных ранее ОАО “Ленгидропроект”, позволит приблизить степень использования гидроэнергетического потенциала России к 30 – 35 %. Необходимо отметить, что в наиболее развитых странах мира процент использования гидроэнергетических ресурсов существенно выше (рисунок).

Есть такие страны, которые располагают существенным гидропотенциалом и практически полностью обеспечивают себя электроэнергией за счет ГЭС, — Норвегия, Швейцария, Австрия и др. Особенно показателен пример Норвегии. Она является абсолютным мировым лидером по производству электроэнергии на душу населения — 24000 кВт · ч/год, 99,6 % из которых производится на ГЭС. Именно эти страны обладают наивысшим рейтингом качества жизни.

Россия — самая большая по территории страна мира. Именно территория, особенно огромные малонаселенные пространства, является основным ресурсом гидроэнергетики. Ценность этого ресурса при правильном подходе многократно превосходит ценность минеральных ресурсов, поскольку он обладает уникальным свойством — возобновляемостью. По этой причине гидроэнергетика — самое ценное и разумное вложение в будущее страны!

Многолетний опыт разработки проектной документации, наличие обширного архива, оснащение современной компьютерной техникой, большое количество молодых энергичных специалистов делают ОАО “Ленгидропроект” одной из ведущих проектных организаций, способной определять и обосновывать перспективные объекты гидроэнергетики, включая проектную и рабочую документацию с учетом современных социальных, экономических и экологических условий.



# Динамика финансово-экономических показателей и основные индикаторы роста и успешного развития ОАО “Ленгидропроект”

Афанасьева Е. В., финансовый директор, Лоцманов Д. Г., помощник генерального директора по корпоративному управлению и инвестициям (ОАО “Ленгидропроект”)

Приводится динамика основных финансово-экономических показателей деятельности ОАО “Ленгидропроект” за последние 5 лет.

Ключевые слова: основные финансово-экономические показатели, инвестиции, развитие компании.

В конце 2007 г. в результате реорганизации ОАО “Инженерный центр ЕЭС” было создано новое акционерное общество — институт “Ленгидропроект”, которое вошло в структуру холдинга ОАО “РусГидро”, что положило начало интенсивному развитию и преобразованию обновленного Общества.

В настоящее время ОАО “Ленгидропроект” занимает ведущую позицию в структуре группы компаний ОАО “РусГидро” в сегменте выполнения полного комплекса проектно-изыскательских работ по объектам гидроэнергетики и другим специализированным гидросооружениям промышленного и муниципального назначения.

Менеджмент Общества создает условия для устойчивого развития института, достижения долгосрочных стратегических целей и решения задач в рамках общей корпоративной политики группы ОАО “РусГидро”, обеспечивает выполнение бизнес-плана и установленных ключевых показателей эффективности.

Динамика изменения основных финансово-экономических показателей деятельности института свидетельствует о значительном приросте объемов работ, улучшении финансового результата начиная с 2008 г., успешном преодолении кризисных явлений в экономике России в 2009 г. и дальнейшем стабильном поступательном развитии Общества на протяжении всего периода до 2012 г. (рис. 1).

Рост стоимости чистых активов предприятия является важнейшим экономическим индикатором развития. На сегодняшний день капитализация ОАО “Ленгидропроект” составляет 549 млн. руб., что в 1,5 раза превышает показатель 2007 г. При этом акционерам Общества были выплачены дивиденды на общую сумму 322 млн. руб. и не вся чистая прибыль направлялась на развитие и давала рост капитализации.

Политика планомерного развития института проводится через реализацию утвержденной советом директоров Общества долгосрочной Программы развития ОАО “Ленгидропроект” на период до 2016 г. При разработке Программы развития учитывались острейшие проблемы института, накопленные до 2008 г.: многолетнее отсутствие ремонта помещений проектировщиков, устаревшие лифты в высотной части здания, отсутствие системного обновления информационной техники, программного обеспечения и производственного оборудования, недостаточная работа в области обеспечения функционирования и защиты компьютерной сети, внедрения IT технологий и пр.

В структуре Программы развития с 2011 г. выделены инвестиции, в которые входят мероприятия по техническому перевооружению, реконструкции и приобретению

основных средств. В программе отдельно выделены расходы, формирующие себестоимость проектной продукции: программа ремонта здания и создания рабочих мест проектировщика, программа обучения и повышения квалификации персонала, программа развития информационных технологий, в том числе приобретение современного специализированного программного обеспечения.

С 2008 г. по настоящее время ряд инвестиций был направлен на укрепление материально-технической базы, развитие информационно-вычислительной техники, обновление оборудования. Для повышения эффективности и производительности труда отремонтированы и укомплектованы новые автоматизированные рабочие места проектировщика для каждого работника проектного производства. Значительные средства вложены в модернизацию серверного оборудования, все рабочие места проектировщиков включены в общую информационную сеть, при этом проведена программа по модернизации и повышению надежности и информационной безопасности системы. Для повышения качества проектно-сметной документации и ускорения ее выпуска полностью обновлено оборудование отдела оперативной полиграфии. Для организации гидрометеорологических полевых работ закуплено новое оборудование и оснащена геотехническая лаборатория.

В рамках улучшения условий труда и безопасности проведены полная замена пассажирских лифтов и капитальный ремонт лестничных маршей высотной части здания. Во все отремонтированные помещения установлена новая офисная мебель. Организовано качественное питание работников и осуществлен ремонт помещений столовой. С 2009 г. в соответствии с проектом проводится реконструкция системы противопожарной защиты и сигнализации, осуществлена замена главного распре-

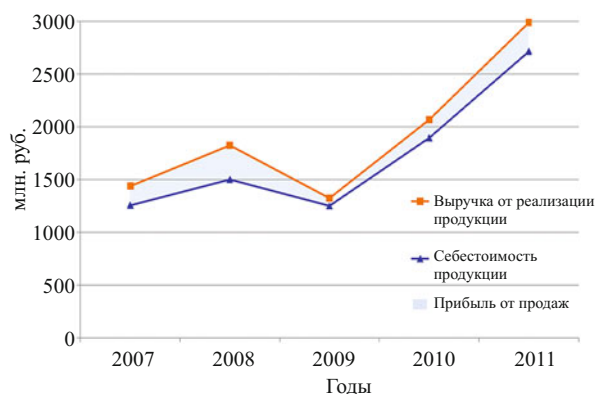


Рис. 1. Динамика основных финансово-экономических показателей ОАО “Ленгидропроект”



**Рис. 2.** Динамика показателей инвестиционной деятельности ОАО “Ленгидропроект”

лительного щита, поставлена система резервного отопления здания. В высотной части здания установлена система кондиционирования и обменной вентиляции. Обеспечено ограждение территории по периметру здания с охраняемым въездом и парковкой.

Показатели инвестиционной деятельности Ленгидропроекта (рис. 2) с 2008 г. отражают ежегодный прирост капитальных вложений в развитие института, за исключением 2009 г., характеризующегося действием экономического кризиса.

С 2011 г. в Ленгидропроекте осуществляется реализация комплексной программы обучения и развития персонала, основанной на системной передаче молодежи знаний, накопленных ведущими специалистами Общества, и дальнейшем повышении квалификации с привлечением сторонних обучающих центров. Один из этапов программы — практическая стажировка и целевое обучение более 100 молодых специалистов в иностранной инжиниринговой компании “SNC LAVALIN INC” (Канада) — реализуется с 2011 г.

Основным ресурсом Ленгидропроекта является персонал. Именно поэтому Программа развития нацелена на рост кадрового и научного потенциала, продвижение новых технологий в проектировании и создание наилучших условий для работников путем вложений в материально-техническую базу Общества.

Средний возраст работников Ленгидропроекта в настоящее время составляет 45 лет. Коллектив в сравнении с 2007 г., когда средний возраст персонала составлял 51 год, значительно пополнился молодыми перспективными кадрами.

Успешная работа коллектива института на протяжении ряда лет, эффективная система материального стимулирования способствуют росту социальной защищенности каждого работника. Среднемесячная заработная плата в Ленгидропроекте за период с 2007 г. увеличилась в 2,2 раза, что существенно превышает инфляцию.

С 2012 г. вступил в действие новый Коллективный договор ОАО “Ленгидропроект” на 2012 – 2014 гг., который значительно усиливает социальные гарантии работников, содействует привлечению и удержанию высококвалифицированных специалистов, повышает социальную защищенность работников и предоставляет дополнительные гарантии.

Коллективный договор предусматривает реализацию социальных программ, дополнительные выплаты и компенсации работникам и их семьям, отражающие практически все аспекты социальной жизни (заключение брака, рождение, усыновление и воспитание ребенка, организация отдыха и лечения работников и их детей, добровольное медицинское страхование, негосударственное пенсионное обеспечение, содействие в улучшении жилищных условий и др.). Ряд положений направлен на улучшение условий труда и охрану здоровья работников Общества. В рамках сотрудничества сторон социального партнерства предусмотрено выделение в бюджете Общества средств в размере не менее 0,3 % фонда оплаты труда на организацию культурно-массовой, физкультурной программы и оздоровительных мероприятий. Планирование и организация данных мероприятий осуществляются с активным участием общественных объединений работников Ленгидропроекта, таких, как Совет ветеранов и Совет молодых специалистов. Не оставлены без внимания и поддержки пенсионеры Общества, в том числе ветераны Великой Отечественной войны, жители блокадного Ленинграда.

Внимание к потребностям персонала, системная работа с кадровым резервом и молодыми специалистами приносят соответствующие результаты.

Неуклонно растет объем чистой прибыли, приходящейся в год на одного работника, — со 190 тыс. руб. в 2007 г. до 330 тыс. руб. по итогам 2011 г.

Высокую эффективность использования трудовых ресурсов характеризует показатель производительности труда, рассчитываемый как годовая выработка собственными силами на одного работника. Если по итогам 2007 г. производительность труда в институте составляла всего лишь 963 тыс. руб./чел. в год, то к 2012 г. она увеличилась почти в 2 раза и достигла 1881 тыс. руб./чел. в год.

Общество не останавливается на достигнутых результатах, постоянно стремится к совершенствованию во всех сферах деятельности, решает новые задачи по организационной и финансовой оптимизации, повышению выручки и доходности, управлению издержками. С 2012 г. система ключевых показателей Ленгидропроекта дополнена еще одним КПЭ — снижением затрат вследствие управления издержками. Задача, на выполнении которой будут в первую очередь сосредоточены усилия менеджмента и всего коллектива, — это ежегодное планомерное снижение затрат на рубль товарной продукции не менее чем на 3 %. Реализация поставленной цели будет осуществляться за счет программы управления издержками, предусматривающей мероприятия по оптимизации различных статей расходов.

ОАО “Ленгидропроект” эффективно решает поставленные задачи, обеспечивая высокое качество и конкурентоспособность выпускаемой продукции, успешно развивается и сохраняет за собой ведущие позиции генерального проектировщика в структуре холдинга ОАО “РусГидро”. Спустя 95 лет со дня основания коллектив института вступил в новый период своего развития, обогащенный опытом прошлых лет, зная пути своего движения, совершенствуя управление и производство и гарантируя стабильность в жизни каждого сотрудника и компании в целом.



## Совершенствование управления в области повышения качества проектов

Воскресенский С. М., генеральный директор ОАО “Ленгидропроект”,  
Соловьев А. Н., зам. генерального директора — первый зам. главного инженера

Дано краткое описание совершенствования управления в области повышения качества проектов ОАО “Ленгидропроект”

**Ключевые слова:** проектирование гидротехнических и гидроэнергетических объектов, повышение качества документации, служба качества, отдел экспертизы проектной документации, подготовка персонала.

Организация и технология выполнения проектно-изыскательских работ в последние десятилетия претерпели значительные изменения во всех сферах промышленного производства. Эти изменения не обошли стороной и проектирование сооружений в ОАО “Ленгидропроект”.

В последние годы проектирование гидротехнических и гидроэнергетических объектов в Ленгидропроекте получило новые возможности, связанные не только с компьютеризацией проектного процесса, но и с изменяющимися условиями организации работ, повышением уровня квалификации работников, управления качеством, оформления и издания документации. Каждый из перечисленных процессов на основании предшествующего опыта и задач, стоящих перед Ленгидропроектом, претерпел значительные изменения в результате оптимизации и появления новых требований.

Изменение стадийности проектирования, изменение состава, содержания и оформления документации, обусловленное Постановлением Правительства РФ от 16.02.2008 г. № 87, потребовали адаптации проектов к новым требованиям, которая была успешно выполнена. Полученные с 2008 г. двенадцать положительных заключений от Главгосэкспертизы на проекты, представленные институтом, еще раз подтвердили высокий уровень квалификации работников и качество выпускаемой документации.

Занимаясь вопросами повышения качества документации, менеджмент Ленгидропроекта определил политику в области качества и экологическую политику, поставив перед собой следующие цели:

- совершенствование системы управления и повышение ее эффективности;
- обеспечение качества продукции, гарантирующего удовлетворение требований потребителя;
- обеспечение конкурентных преимуществ и повышение репутации на рынке проектирования гидротехнических и водохозяйственных объектов;
- повышение имиджа организации в глазах иностранных и российских партнеров и заказчиков;
- обеспечение безопасности организации от риска наступления имущественной ответственности за ущерб, причиненный потребителю;

предотвращение загрязнений и минимизация последствий воздействия на окружающую среду на основе проектных решений, предусматривающих внедрение наилучших существующих технологий;

вовлечение всего коллектива в решение задач по постоянному повышению качества продукции и услуг; повышение ответственности и дисциплинированности персонала.

Подтверждением качества выполняемой проектной и рабочей документации стало получение Ленгидропроектом от фирмы “Det Norske Veritas” (DNV) в феврале 2009 г. международного сертификата ISO 9001:2008, а в 2011 г. международного сертификата ISO 14001:2004, который подтвердил соответствие экологическим требованиям не только выпускаемой документации, но и собственной производственной деятельности Ленгидропроекта.

Для обеспечения контроля и функционирования сертификации Интегрированной системы менеджмента (ИСМ) в Ленгидропроекте создана служба качества, которая, взаимодействуя с производственными и вспомогательными отделами, способствует внедрению документов ИСМ и проводит внутренний аудит в области системы менеджмента качества и экологического менеджмента. Осуществляя связь с заказчиками, служба качества получает от них “Анкеты удовлетворенности”, в которых, как правило, заказчик подтверждает высокое качество документации и исполнение договорных обязательств. Созданный в ОАО “Ленгидропроект” совет качества координирует внедрение ИСМ, намечает и рекомендует меры по ее улучшению, а периодический анализ функционирования ИСМ руководством Общества позволяет принимать решения по улучшению системы, определять мероприятия и сроки их исполнения.

Для обеспечения качества выпускаемой Ленгидропроектом документации реорганизована работа научно-технического совета (НТС). Возглавивший НТС генеральный директор изменил его состав и структуру, повысив тем самым уровень персональной ответственности каждого члена совета за принимаемые решения (рисунок).

В Ленгидропроекте создана новая структурная единица — отдел экспертизы проектной докумен-



Заседание научно-технического совета Ленгидропроекта.

тации. Основная задача, которая возложена на работников отдела, — организация и проведение экспертизы силами специалистов Ленгидропроекта и других организаций, имеющих специалистов необходимой специализации. Тесное взаимодействие между экспертами и авторами проектной документации позволило существенно поднять уровень обоснованности технических решений. Проектная документация, выполненная по Нижне-Курейской, Нижне-Бурейской ГЭС, Ленинградской ГАЭС и восстановлению Саяно-Шушенской ГЭС, получила положительное заключение Главгосэкспертизы, а обоснование инвестиций в строительство Эвенкийской и Мотыгинской ГЭС одобрено научно-техническим советом ОАО «РусГидро».

Одним из важнейших факторов, влияющих на улучшение качества проектов, являются эффективная система подготовки персонала, поддержание преемственности и передача молодым специалистам накопленных знаний и опыта, поэтому в Ленгидропроекте внедрена постояннодействующая комплексная система обучения и развития персонала, в рамках реализации которой проводятся:

адаптация молодых специалистов к системе ценностей и правил Ленгидропроекта. В Ленгидропроекте утвержден Кодекс этики и поведения, который позволяет новым сотрудникам понять принципы и правила работы, а также коммуникаций;

передача знаний, накопленных ведущими специалистами Ленгидропроекта, молодым работникам путем реализации программы формирования кадрового резерва с использованием института наставничества.

Основными задачами формирования кадрового резерва ОАО «Ленгидропроект» являются:

- повышение инженерно-технического уровня работников путем планомерного развития персонала;
- своевременное удовлетворение потребности организации в высококвалифицированном персонале;

повышение уровня готовности персонала к организационным изменениям;

сокращение периода адаптации при повышении работника в должности;

планирование карьеры;

мотивация работников к повышению эффективности труда, профессиональному и личностному развитию;

закрепление квалифицированного персонала путем обеспечения его профессионального и карьерного роста;

раскрытие потенциала работников для его максимально эффективного использования;

создание системы, позволяющей адекватно оценивать, планировать и контролировать профессиональные, управленческие и личностные компетенции работников на любом этапе работы с персоналом;

повышение квалификации силами сторонних организаций для освоения новых областей знаний в целях реализации производственных задач Ленгидропроекта. Для повышения квалификации опытных работников, учитывая уникальность специфики работы многих из них, проводится плановое повышение квалификации в узкоспециализированных обучающих организациях, а для молодых специалистов, способных в дальнейшем быть лидерами в сфере инжиниринговых услуг, проводится и обучение в крупнейших инжиниринговых зарубежных компаниях, специализирующихся в области гидроэнергетики. Все работники Ленгидропроекта регулярно повышают свою квалификацию 1 раз в 5 лет на курсах в соответствии с выполняемыми видами работ;

организация и участие в научно-технических конференциях. Повышение квалификации молодых специалистов осуществляется также посредством их участия в научно-технических конференциях, которые способствуют обмену опытом, развитию профессиональных связей с проектными и научными организациями гидроэнергетической отрасли. Молодые специалисты ОАО «Ленгидропроект» на таких конференциях демонстрируют высокие результаты и занимают призовые места среди докладчиков.

Комплексный подход к поставленным задачам как в технической, так и в организационной части позволяет ОАО «Ленгидропроект» постоянно совершенствовать управление и повышать качество проектов. В преддверии своего 95-летия коллектив ОАО «Ленгидропроект» находится на подъеме своих творческих инженерных возможностей и может выполнить документацию для гидротехнических и гидроэнергетических сооружений любой сложности.



## Канкунская ГЭС

Соловьев А. Н., зам. генерального директора – первый зам. главного инженера,  
Васильев А. В., главный инженер проекта, Боярский В. М., главный специалист,  
Мусаев А. Ш., главный инженер проекта (ОАО “Ленгидропроект”)

Приводится информация о разработке проектной документации Канкунской гидроэлектростанции.

**Ключевые слова:** комплексное развитие Южной Якутии, Канкунская гидроэлектростанция, выбор оптимальных параметров, основные сооружения гидроузла.

Проектирование и строительство Канкунской гидроэлектростанции на р. Тимптон в рамках мегапроекта “Комплексное развитие Южной Якутии” дадут возможность обеспечить электроэнергией вновь создаваемые промышленные предприятия. Канкунская ГЭС входит в Генеральную схему размещения объектов электроэнергетики России до 2020 г.

Разработка проектной документации Канкунского гидроузла выполнялась ОАО “Ленгидропроект” с апреля 2010 г. по апрель 2012 г. и состояла из пяти этапов. На первом этапе были выбраны и утверждены актом межведомственной комиссии площадки размещения основных сооружений гидроузла, производственной и перевалочной базы, временных и постоянных поселков. На втором этапе были выбраны створ плотины, компоновка основных сооружений, тип плотины. В процессе выбора оптимального варианта было разработано 15 компоновок основных сооружений. На третьем этапе

были уточнены оптимальные параметры гидроузла: НПУ, УМО,  $N_{усь}$ ,  $\Xi$ ,  $H_p$ . На четвертом и пятом этапах были разработаны, оптимизированы и утверждены основные конструктивные решения по сооружениям. Разработанная на каждом этапе проектная документация передавалась на рассмотрение экспертной комиссии для составления заключения и далее рассматривалась на НТС ОАО “РусГидро” с оформлением протоколов решений.

Район строительства гидроузла (Алданский район Республики Якутии) характеризуется суровым климатом со среднемноголетней температурой воздуха минус 10,1 °С. Абсолютный минимум — минус 56 °С. Район расположения основных и вспомогательных сооружений характеризуется наличием большой толщи многолетнемерзлых грунтов. Река Тимптон находится в переходной зоне муссонного и континентального климата, поэтому паводки формируются в условиях смешанного снегового и дождевого питания.

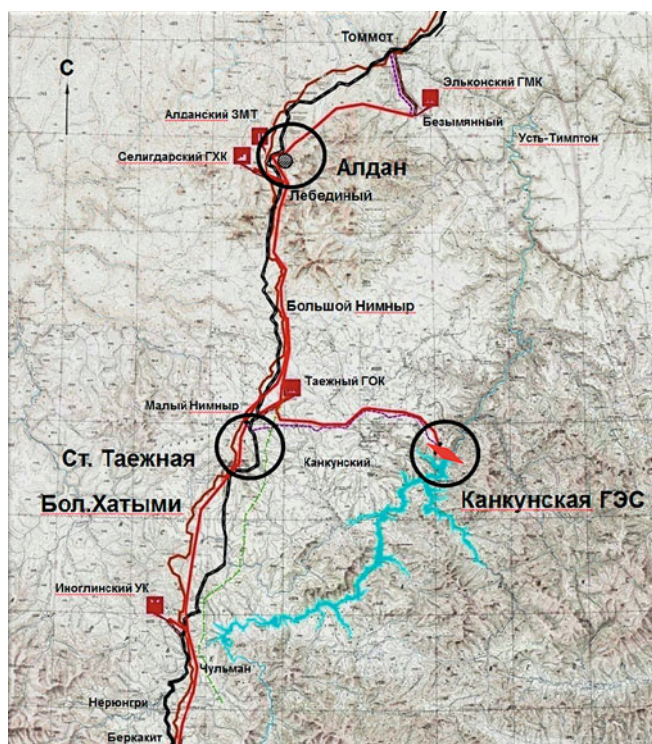


Рис. 1. Схема расположения гидроузла

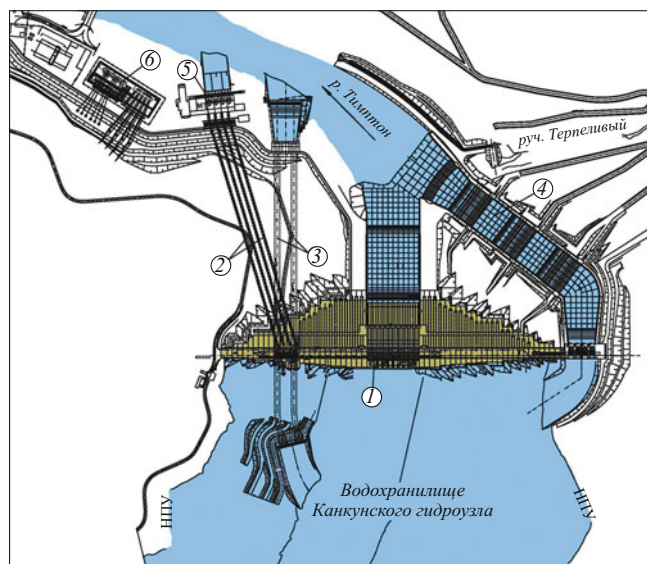


Рис. 2. Генплан гидроузла:

1 — бетонная гравитационная плотина с расширенными швами; 2 — турбинные водоводы; 3 — строительные туннели; 4 — правобережный береговой водосброс; 5 — здание ГЭС; 6 — комплексное распределительное устройство



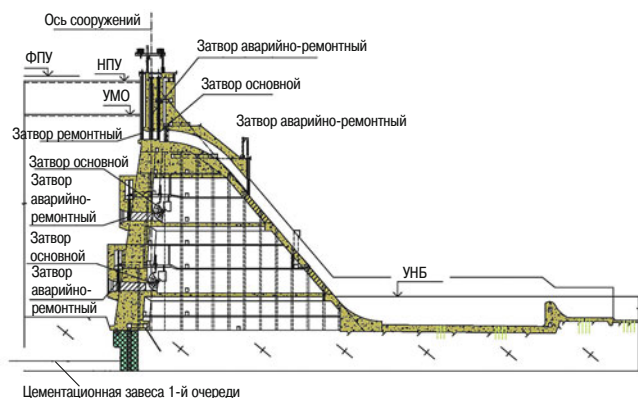


Рис. 3. Поперечный разрез по водосбросной плотине

В основании основных сооружений гидроузла залегают гнейсы, гранито-гнейсы, прочные трещиноватые, кроме подруслового талика, мерзлые.

В досягаемой близости от района основных сооружений гидроузла месторождения связного грунта отсутствуют. Месторождения песка и песчано-гравийной смеси имеют ограниченные запасы. В качестве инертных для бетона используется щебень и искусственный песок, получаемый путем дробления и помола.

Расчетная сейсмичность по шкале МСК-64 (СНиП II-7-81\*) и карте ОСР-97, с учетом микросейсмораионирования, составляет 6 – 7 баллов.

Грузы доставляются в район строительства по автодороге протяженностью около 100 км от перевалочной базы на железнодорожной станции Таежная железной дороги Нерюнгри — Томмот — Якутск (рис. 1). Постоянный поселок эксплуатационного персонала расположен в г. Алдане. Компоновка Канкунского гидроузла разработана исходя из объективных условий, учитывающих узорь русла, не дающего возможности обеспечить пропуск строительных расходов через гребенку, гидравлические условия пропуска строительных и эксплуатационных расходов, транспортную схему, требования безопасной эксплуатации гидроузла. Компоновка сооружений гидроузла принята с береговым наземным зданием ГЭС, расположенным на левом

берегу с четырьмя туннельными турбинными водоводами, двумя водосбросными сооружениями — водосбросной плотиной в русле с водобойным колодцем и береговым четырехступенчатым водосбросом на правом берегу (рис. 2). Сооружения гидроузла относятся к I классу капитальности.

Ответственной задачей было проектирование уникальной плотины высотой 228 м для суровых климатических условий. Было рассмотрено более десяти вариантов конструкций бетонных и грунтовых плотин. Отсутствие связных грунтов не позволяло запроектировать грунтовую плотину с суглинистым ядром, и в результате в качестве противофильтрационного элемента рассматривалась асфальтобетонная диафрагма. Расчеты показали, что такая плотина по напряженно-деформируемому состоянию не обладает достаточной степенью надежности, поэтому было принято комбинированное противофильтрационное устройство, когда асфальтобетонная диафрагма опирается на массивную бетонную вставку высотой до 80 м. Сопоставление и выбор варианта плотины выполнялись по экономическим показателям и с использованием “матрицы Пью”.

В проекте рассмотрено три типа бетонных плотин: массивная гравитационная, арочно-гравитационная и массивная гравитационная с расширенными швами (полостями). Для экстремальных климатических условий участка строительства наиболее оптимальной оказалась массивная гравитационная плотина с расширенными полостями. Только в этом типе плотины удалось создать благоприятное напряженно-деформированное состояние, обеспечивающее ее надежность.

Сравнение компоновок гидроузлов с грунтовой и бетонной плотинами выявило, что по основным показателям организации строительства, стоимости и, главное, надежности предпочтительным является вариант с бетонной массивной гравитационной плотиной с расширенными швами (полостями). Этот вариант был утвержден НТС ОАО “Рус-

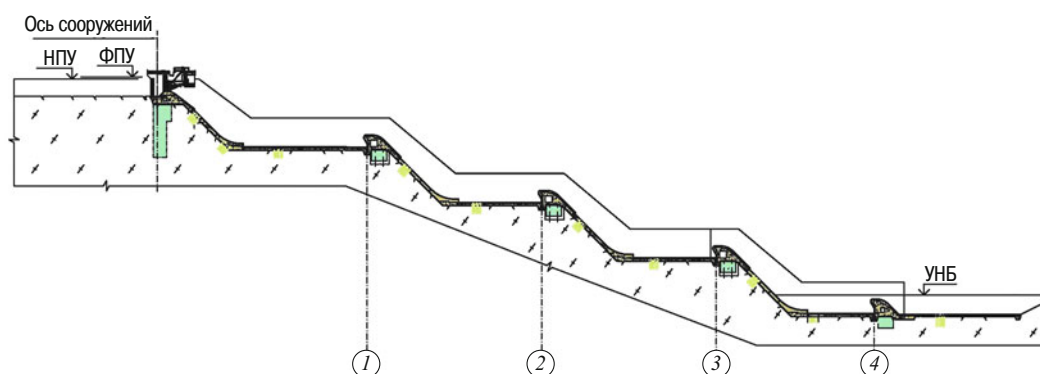


Рис. 4. Береговой четырехступенчатый водосброс

Гидро” в качестве основного для дальнейшего проектирования.

Поперечный профиль плотины высотой 228 м запроектирован из условия недопущения растягивающих напряжений с уклоном верховой грани — 1:0,15, низовой — 1:0,85 (рис. 3).

Основные параметры водосбросов назначены с учетом гидравлических исследований, выполненных на модели 1:100 (рис. 3,4). Максимальный расход 13 630 м<sup>3</sup>/с сбрасывается в нижний бьеф через два эксплуатационных водосброса, без учета пропускной способности здания ГЭС.

Станционная часть плотины расположена на левом берегу (рис. 5). В двух секциях, кроме постоянного эксплуатационного водоприемника, расположены временные водоприемники для работы агрегатов № 3 и 4 на пониженных напорах со сменными рабочими колесами турбины.

В процессе проектирования рассматривались различные варианты наземного и подземного расположения здания ГЭС на правом и левом берегу. В результате сравнения стоимости принят вариант наземного расположения здания ГЭС, поскольку вариант с подземным расположением здания ГЭС дороже в два раза.

Здание ГЭС состоит из четырех агрегатных блоков, монтажной площадки и перегрузочного помещения. Гидроагрегаты оборудованы радиально-осевыми турбинами. В пределах здания ГЭС установлены быстродействующие дисковые затворы, которые позволяют производить ревизию турбин без опорожнения водоводов (рис. 6).

На пристанционной площадке расположена трансформаторная площадка с трансформаторной мастерской, служебно-производственный корпус с

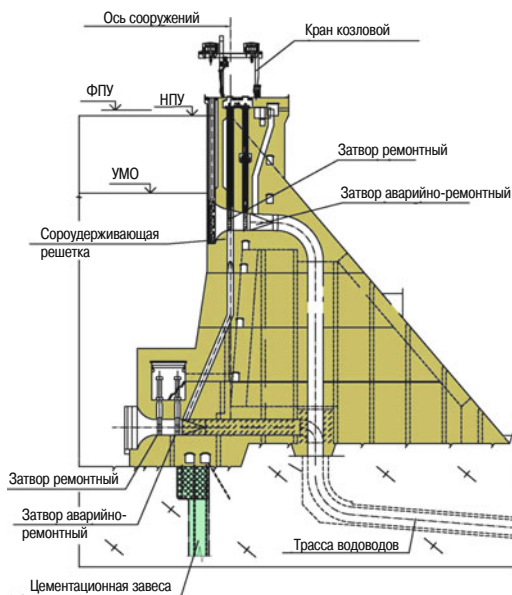


Рис. 5. Поперечный разрез по станционной плотине

ЦПУ и здания КРУЭ распределустройств на 220 и 500 кВ.

Пропуск расходов 5 %-ной обеспеченности начального строительного периода осуществляется через два строительных туннеля. Далее пропуск расходов выполняется через донные отверстия 1-го яруса, оборудованные сегментными затворами, расположенные в секциях водосливной плотины. Туннели на втором этапе закрываются “пробками”. При дальнейшем наполнении водохранилища пропуск строительных расходов осуществляется через донные отверстия второго яруса.

При возведении плотины до проектных отметок все донные отверстия 2-го яруса заделываются, а

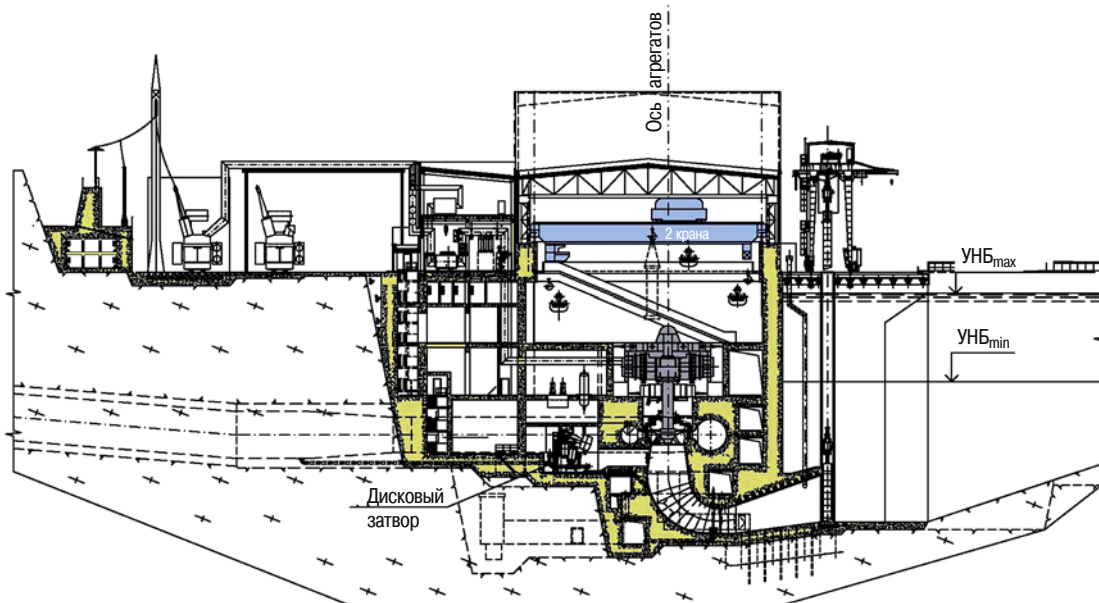


Рис. 6. Поперечный разрез по зданию ГЭС

паводки пропускаются через эксплуатационные водосбросы по проектной схеме.

При строительстве гидроузла необходимо выполнить следующие основные объемы работ:

- выемка грунт — 22,1 млн. м<sup>3</sup>;
- проходка туннелей — 791,5 тыс. м<sup>3</sup>;
- подземный бетон — 191,7 тыс. м<sup>3</sup>;
- монолитный бетон — 10 261 тыс. м<sup>3</sup>;
- сборный железобетон — 311 тыс. м<sup>3</sup>;
- цементационные работы — 330 тыс. пог. м.

Максимальная интенсивность бетонных работ по основным сооружениям гидроузла составляет 2220,26 тыс. м<sup>3</sup> в год. Согласно календарному графику срок строительства гидроузла составляет 11 лет.

Все решения в процессе выполнения проектной документации принимались с учетом отечественного и зарубежного опыта проектирования, строительства и эксплуатации гидроузлов, находящихся в суровых природных условиях.

Для принятия оптимальных решений анализировалась имеющаяся информация по строительству, эксплуатации и данным натурных наблюдений Колымской, Виллойских, Саяно-Шушенской, Зейской, Мамаканской, Усть-Среднеканской ГЭС.

Обоснованность принятых основных компоновочных и конструктивных решений подтверждена привлеченными зарубежными партнерами.

На семь разработанных и принятых проектных решений оформлены патенты.

Своевременная организация ОАО «Ленгидропроект» проектно-изыскательских работ более срока необходимых субподрядных организаций по такому сложному и ответственному объекту, как Канкунская ГЭС, применение этапной схемы рассмотрения и утверждения проектных решений на НТС ОАО «Ленгидропроект» и НТС ОАО «РусГидро» позволили завершить разработку проектной документации менее чем за два года.

## Расчетное обоснование массивной гравитационной плотины Канкунской ГЭС с расширенными полостями

Козинец Г. Л., кандидат техн. наук, начальник отдела,

Вульфович Н. А., кандидат техн. наук, зам. начальника,

Денисов Г. В., ведущий инженер, Потехин Л. П., инженер (ОАО «Ленгидропроект»)

Излагаются результаты расчетов прочности, устойчивости и термонапряженного состояния окончательно принятого варианта подпорных сооружений Канкунского гидроузла — массивной гравитационной плотины с расширенными полостями.

**Ключевые слова:** Канкунская ГЭС, глухая плотина, прочность, устойчивость, температурный режим, расчетное обоснование, фильтрация.

Проектирование высоконапорных гидроузлов в районах с суровыми климатическими условиями представляет собой актуальную задачу современности. В действительности, когда основной потенциал европейской части России уже освоен, дальнейшее развитие гидроэнергетики возможно за счет освоения сибирских рек, расположенных по большей части в областях распространения вечной мерзлоты.

ОАО «Ленгидропроект» имеет большой опыт проектирования гидроузлов, расположенных в зонах с суровым климатом.

Показательным примером проектирования нового подобного гидроузла в наше время является Канкунская ГЭС на р. Тимптон с максимальной высотой подпорных сооружений 228 м.

В ходе детального технико-экономического сопоставления вариантов конструкции плотины Канкунской ГЭС с учетом климатических особенно-

стей района расположения гидроузла и имеющегося опыта строительства и эксплуатации предпочтение было отдано массивной гравитационной плотине с расширенными швами.

Основной целью расчетных работ по плотине Канкунской ГЭС явилось обоснование принятых конструктивных решений в части обеспечения требуемых запасов прочности и устойчивости сооружения при его возведении и в режиме постоянной эксплуатации. Наиболее известными из них являются Колымская, Зейская, Мамаканская, Бурейская ГЭС. На сегодняшний день ОАО «Ленгидропроект» располагает самыми современными конечно-элементными программами, такими, как «Solid WORKS Simulation», «ANSYS», «COSMOS», «PLAXIS», «SCAD», позволяющими оперативно решать многовариантные задачи пространственно-численного моделирования гидротехнических сооружений с адекватным учетом факторов, ранее



не рассматривавшихся либо учитываемых упрощенно и несовместно. Сегодня отдел расчетных обоснований сооружений выполняет численный анализ зданий и сооружений в пространственной постановке задачи с учетом грунтов оснований на все виды статических, динамических, фильтрационных и температурных нагрузок. Работы по расчетному обоснованию выполнялись в несколько этапов.

На первом этапе определялись основные геометрические характеристики плотины, обеспечивающие условия общей прочности и устойчивости сооружения (заложение граней, ширина гребня, толщина контрфорса и т.д.). На указанном этапе расчеты проводились в плоской постановке задачи.

Моделирование сейсмического воздействия выполнялось в рамках нормативного подхода по линейно-спектральной теории сейсмостойкости (ЛСТ). Расчетная сейсмичность площадки — 7 баллов.

При определении напряженно-деформированного состояния (НДС) для моделирования механического поведения грунтов использовалась упруго-пластическая модель Мора — Кулона, описываемая характеристиками деформируемости грунта — модулем Юнга  $E$  и коэффициентом Пуассона  $\nu$ , а также прочностными характеристиками грунта — углом внутреннего трения  $\phi$  и сцеплением  $c$ .

Для моделирования бетона использовалась линейно-упругая модель, описываемая характеристиками деформируемости — модулем Юнга  $E$  и коэффициентом Пуассона  $\nu$ .

Расчетами устойчивости для каждого расчетного случая были определены минимальные значения коэффициента запаса устойчивости и отвечающие

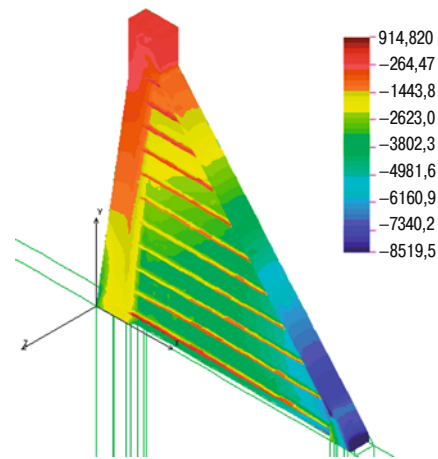


Рис. 1. Особое сочетание нагрузок. Главные сжимающие напряжения (кПа)

им потенциальные поверхности сдвига. Критерияльное значение коэффициента запаса устойчивости, согласно требованиям, принималось равным 1,25.

По результатам расчетов первого этапа в качестве окончательного был принят вариант массивной гравитационной плотины с расширенными швами с заложением верховой грани 1:0,15, низовой — 1:0,85, толщиной контрфорса 8 м при общей ширине секции 15 м, обеспечивающий минимальное значение коэффициента запаса на сдвиг для наиболее нагруженной секции, равное 1,27.

Фильтрационными расчетами, выполненными в рамках задачи стационарной фильтрации, были определены расходы через основание с учетом устройства цементационной завесы. Установлено, что расход через основание секции плотины, располо-

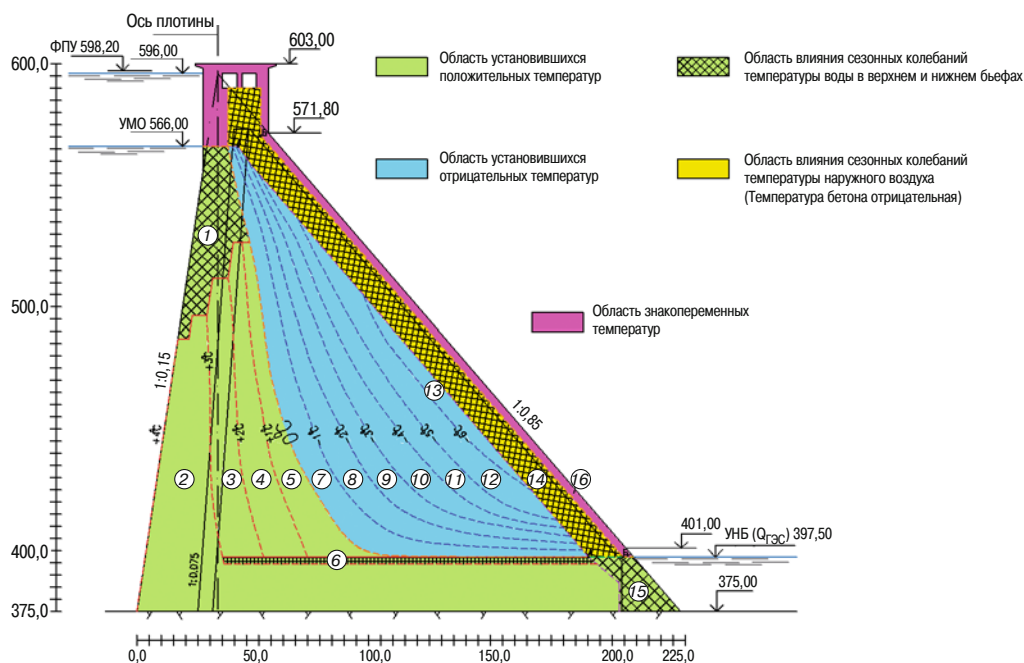


Рис. 2. Поперечное сечение. Поле температур

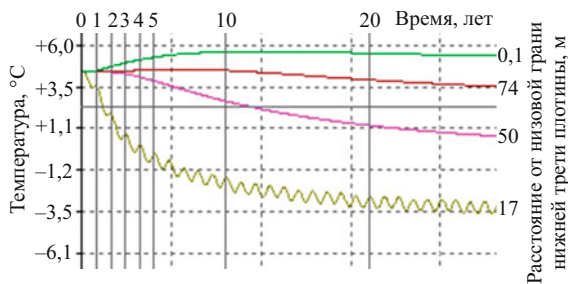


Рис. 3. Изменение температур в теле плотины в процессе эксплуатации

женной на сохранных породах, составляет 5,55 л/с, на зонах влияния тектонических нарушений — 74,1 л/с.

На втором этапе проводились детальные исследования НДС принятого варианта конструкции плотины в объемной постановке задачи.

Исследования НДС самой загруженной секции плотины в объемной постановке показали, что наиболее неблагоприятным является особое сочетание нагрузок с учетом сейсмического воздействия, характеризующее незначительной разгрузкой напорной грани и загрузкой низового клина по сравнению с основным сочетанием. Расчеты не выявили растягивающих напряжений на верхней грани плотины, максимальное сжатие составило 8,50 МПа (рис. 1).

Далее проводилось всестороннее исследование температурного режима плотины и основания. В первую очередь для оценки температурного поля плотины в целом решалась задача нестационарной теплопроводности. При этом было определено положение нулевой изотермы в теле плотины в эксплуатационный период для среднего по температурным показателям года, что позволило определить температуры омоноличивания строительных швов с учетом распределения температур вдоль полостей. Также было определено зонирование бетона по маркам морозостойкости и назначена толщина защитной плиты перекрытия полостей со стороны низовой грани плотины, равная 5 м против 3 м для плотины Зейской ГЭС.

По расчету часть контрфорса со стороны нижнего бьефа находится в зоне действия отрицательных температур в диапазоне 0 – минус 6 °С (рис. 2).

Следует отметить, что строгое соблюдение температурного режима замыкания блоков на этапе возведения плотины обеспечит прочность и монолитность плотины для лет со среднестатистическими температурами воздуха без дополнительного обогрева полостей. При этом обогрев полостей с интенсивностью 0,01 ккал/(м<sup>3</sup> · ч) может потребоваться только для лет с максимально низкими значениями среднемесячных температур в зимний период.

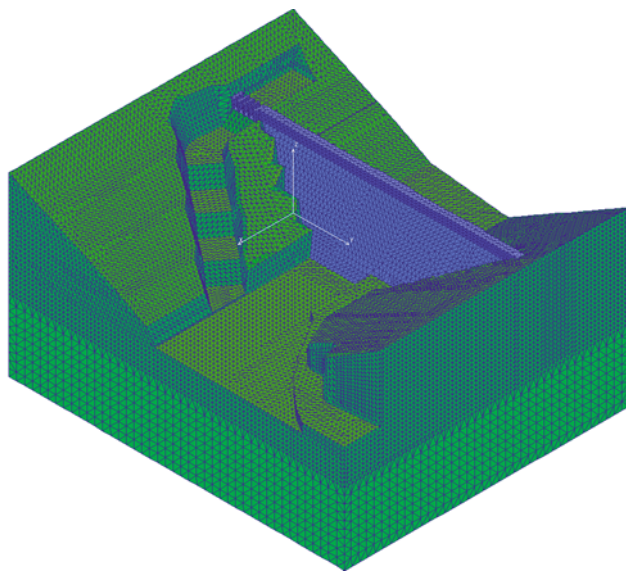


Рис. 4. Расчетная пространственная модель «плотина — основание»

В этом отношении плотина с расширенными швами, обладающая возможностью регулирования температурного режима, имеет значительное преимущество по сравнению с традиционной гравитационной конструкцией.

Температурными расчетами, выполненными для периода строительства и эксплуатации, было установлено, что наиболее активная фаза переходного температурного режима в теле плотины протекает в течение 7 – 10 лет с момента наполнения водохранилища (рис. 3). Следует отметить, что столь быстрая стабилизация температурного режима в значительной степени определяется наличием больших полостей в теле плотины.

В рамках учета температурных воздействий были выполнены исследования температурного режима плотины и вмещающего скального массива в объемной постановке задачи (рис. 4). В ходе исследований было установлено, что стабилизация температурного режима основания наступает через 40 – 45 лет с момента наполнения водохранилища. При этом средняя глубина растепления основания составляет 40 м (рис. 5).

На основе полученных результатов была оптимизирована глубина цементационной завесы в скальном массиве основания и береговых примыканий, а также составлен график поэтапной цементации с учетом распространения зоны растепления при заполнении водохранилища гидроузла.

В ходе расчетных исследований вариантов была определена оптимальная последовательность возведения плотины и наполнения водохранилища, исходя из условия обеспечения прочности контрфорса и монолитности напорной грани. Установлено, что в условиях поэтапного возведения плотины и принятой очередности наполнения водохранилища

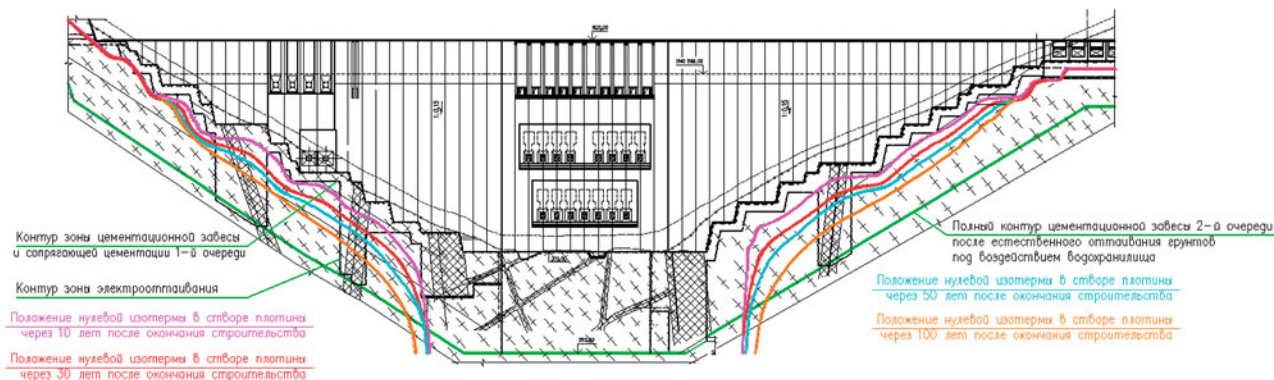


Рис. 5. Формирование температурного режима скального массива

вплоть до НПУ максимум сжимающих напряжений смещается от низовой грани во внутренние зоны плотины. Это обстоятельство было учтено при назначении зон укладки бетона по маркам прочности.

В связи с необходимостью предусматривать в проекте возможность глубокой сработки водохранилища было выполнено специальное расчетное исследование, в котором в качестве начального состояния плотины принималось НДС, полученное с учетом последовательности возведения и наполнения водохранилища. При этом установлено, что сработка водохранилища на 50 м приводит к локальным раскрытиям межблочных швов в зоне строительной штрабы и влечет за собой необходимость выполнения ремонтных работ с целью восстановления монолитности указанной зоны плотины. Сработка водохранилища на 120 м приводит уже к появлению в этой же зоне растягивающих напряжений 1,50 МПа, что превышает предел прочности бетона и приводит к ослаблению несущего профиля плотины. При указанных обстоятельствах последующее наполнение водохранилища до НПУ приводит к значительному увеличению сжатия в ослабленном сечении. Таким образом, глубокая сработка водохранилища в условиях работы плотины с неполным профилем в строительный период может привести к неработоспособному состоянию сооружения.

В заключение отметим наиболее значимые характеристики принятой конструкции плотины Канкунской ГЭС, предопределяющие условия для формирования благоприятного НДС:

- возможность оптимизации размеров блоков бетонирования, позволяющая избежать повышенного трещинообразования в период возведения;

- возможность охлаждения бетонных столбов до оптимального состояния для их омоноличивания при низких температурах, обеспечивающая монолитность сооружения;

- наличие полостей, способствующее быстрой стабилизации и, при необходимости, регулированию температурного режима в теле плотины.

ОАО «Ленгидропроект» сегодня обладает большими потенциальными возможностями, позволяющими решать в предельно сжатые сроки многовариантные задачи по проектированию уникальных гидроузлов. Благодаря высокому уровню организации работ и использованию современных программных комплексов проект Канкунской ГЭС выпущен за два года от начала до завершения разработки, с учетом требований технического задания, стандартов качества ОАО «РусГидро», а также Федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений».



# Нижне-Бурейская ГЭС

Исиченко Б. Н., главный инженер проекта  
Нижне-Бурейской ГЭС (ОАО «Ленгидропроект»)

Приводятся данные по вновь возводимой Нижне-Бурейской ГЭС на р. Бурее в Амурской области.

**Ключевые слова:** энергетический комплекс, контррегулятор, строительный титул, сводка затрат, природные условия, основные сооружения, гидроэнергетический потенциал, водные ресурсы.

Проект Нижне-Бурейской ГЭС на р. Бурее был разработан институтом «Ленгидропроект» в 1985 г., прошёл все необходимые экспертизы и был утверждён в октябре 1986 г., но строительство гидроэлектростанции в этот период не было начато.

Нижне-Бурейская ГЭС, расположенная в 90 км от Бурейской ГЭС ниже по течению, запроектирована как составная часть единого Бурейского энергетического комплекса. При этом Бурейская ГЭС как головная станция работает во всех частях графика нагрузки, а Нижне-Бурейская ГЭС, являясь ее контррегулятором, предназначена для работы в базисной части графика.

Район строительства Нижне-Бурейской ГЭС характеризуется:

муссонным климатом с преобладанием зимой устойчивой ясной и морозной погоды при затишье или слабом ветре. По водному режиму р. Бурей относится к дальневосточному типу, для которого характерны многопиковый паводочно-паводочный режим в тёплое время года и глубокая зимняя межень. В весенне-летний период проходит 75 – 90 % годового стока, осенью — от 10 до 20 %, зимняя доля годового стока составляет 3 – 4 %;

средней температурой наиболее холодной пятидневки минус 37,6 °С;

годовым количеством осадков от 601 до 776 мм; среднегодовой скоростью ветра от 1,1 до 2,1 м/с и максимальной — от 18 до 20 м/с;

расчетной сейсмичностью площадки строительства 7 и 8 баллов в зависимости от уровня ответственности зданий и сооружений;

выдержанной мощностью зоны выветривания на участке основных сооружений, минимальным объемом выемок по устройству автодорог на правом берегу, а также небольшой длиной напорного фронта сооружений гидроузла;

снежным покровом, который устанавливается в первой половине ноября и сходит в середине апреля. При этом глубина промерзания грунтов под оголенной от снега поверхностью для средней зимы составляет для суглинков 240 см, для песчаных грунтов 287 см. Промерзание начинается с начала октября и достигает наибольшей величины в конце апреля;

подземными водами в районе строительства, образующими единый, в целом безнапорный водо-

носный горизонт, дренируемый р. Буреей и ее притоками. Глубина залегания уровня подземных вод изменяется от 0,5 до 10 м. По химическому составу подземные воды близки к поверхностным.

В 1995 г. строительные титулы и сводки затрат на строящиеся Бурейскую и Нижне-Бурейскую ГЭС были объединены. Однако строительство сооружений Нижне-Бурейской ГЭС так и не было начато. Были выполнены лишь частично мероприятия по переселению людей из зоны затопления водохранилищем Нижне-Бурейской ГЭС, одновременно являющейся нижним бьефом Бурейской ГЭС. В 2003 г. строительные титулы и сводки затрат по двум станциям были снова разделены, при этом возведение Бурейской ГЭС было продолжено, а строительство Нижне-Бурейской ГЭС не производилось.

К вопросу о строительстве Нижне-Бурейского гидроузла вернулись в 2007 г., когда была начата активная работа по корректировке проекта. В 2010 г. в присутствии председателя Правительства РФ В. В. Путина был уложен первый куб бетона в основные сооружения Нижне-Бурейской ГЭС.

За прошедшее с 1986 г. время проект несколько раз корректировался. Изменения, вносимые в проект, были вызваны меняющимися условиями ценообразования, появлением новых нормативных документов и необходимостью выполнения новых требований по безопасности гидроузла.

В откорректированном и утвержденном проекте обоснована замена:

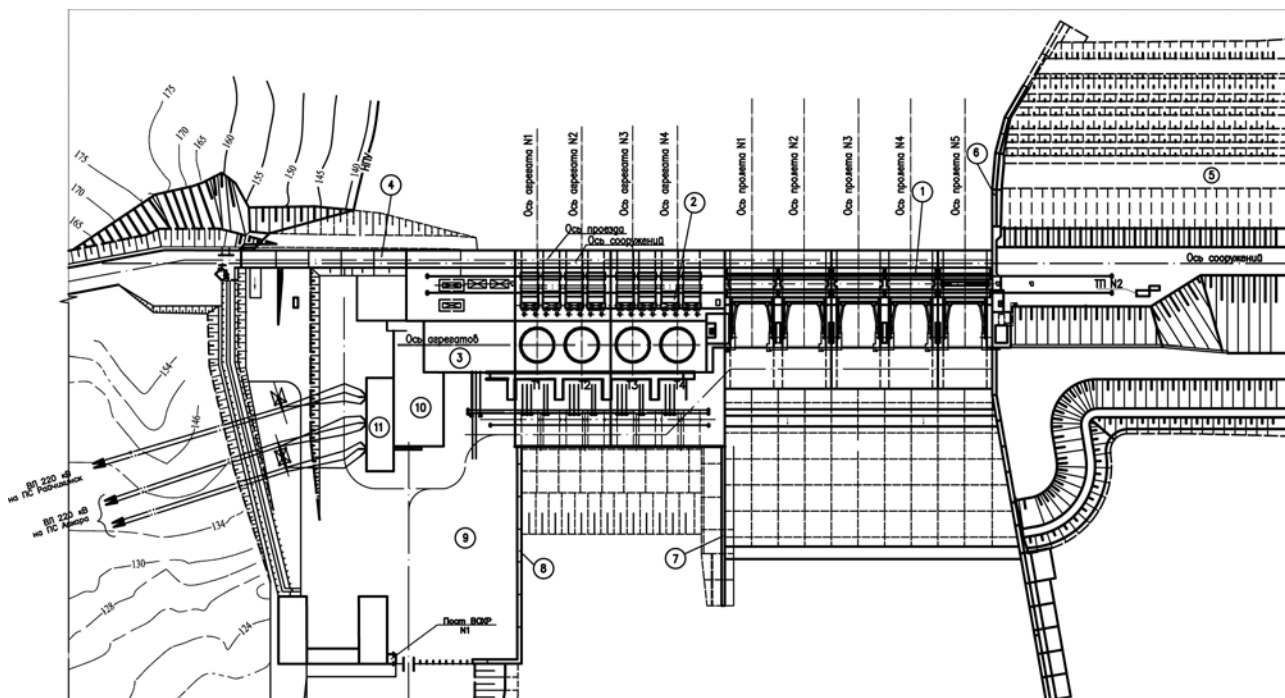
правобережной земляной плотины на бетонную гравитационную плотину;

водосливной плотины с донными отверстиями на водосливную плотину с поверхностным водосливом;

земляной плотины с суглинистым ядром на земляную плотину с суглинистым ядром и стеной в грунте в основании ядра;

трех агрегатов по 107 МВт на четыре агрегата по 80 МВт.

В состав строящихся основных сооружений Нижне-Бурейской ГЭС (рисунок) входят: водосбросная плотина, здание ГЭС, монтажная площадка со вставкой, правобережная бетонная плотина, русловая земляная плотина с суглинистым ядром, сопрягающий устой, разделительная стенка, право-



Основные сооружения Нижне-Бурейской ГЭС:

1 — водосбросная плотина; 2 — здание ГЭС; 3 — монтажная площадка со вставкой; 4 — правобережная бетонная плотина; 5 — русловая земляная плотина с суглинистым ядром; 6 — сопрягающий устой; 7 — раздельная стенка; 8 — правобережная подпорная стенка; 9 — пристанционная площадка; 10 — производственно-технологический корпус; 11 — здание КРУЭ 220 кВ

бережная подпорная стенка, пристанционная площадка, производственно-технологический корпус, здание КРУЭ 220 кВ.

На гребне основных сооружений расположен служебный проезд. Монтажная площадка со вставкой врезана в правый берег и входит в напорный фронт гидроузла. Со стороны правого берега к монтажной площадке примыкает правобережная бетонная плотина, со стороны русла — русловое здание ГЭС. К зданию ГЭС со стороны русла примыкает водосбросная плотина. Со стороны нижнего бьефа между зданием ГЭС и водосбросной плотиной размещается раздельная стенка. Между водосбросной плотиной и русловой земляной плотиной располагается сопрягающий устой, выполненный со стороны верхнего и нижнего бьефов в виде струнаправляющей стенки, обеспечивающей плавный вход и выход потока. Земляная плотина имеет в плане прямолинейное очертание. На правом берегу ниже правобережной бетонной плотины организована пристанционная площадка.

Строительство Нижне-Бурейской ГЭС позволит:

- ликвидировать зимние подтопления ряда посёлков, расположенных в нижнем бьефе Бурейской ГЭС;

- повысить надежность и качество электроснабжения потребителей, находящихся в зоне влияния Нижне-Бурейской ГЭС;

- отказаться от строительства тепловой электростанции, использующей органическое топливо.

При этом экономия дорогостоящего дальнепривозного топлива составит около 700 тыс. т у. т. в год;

создать инфраструктуру, обеспечивающую улучшение социальных и экономических условий жизни населения близлежащих районов Амурской области. В результате строительства Нижне-Бурейской ГЭС Бурейский район получит целый ряд объектов социального назначения.

К настоящему времени практически завершен подготовительный период строительства: выполнена первая очередь бетонно-обогачительного хозяйства и подготовлена производственно-перевалочная база.

В районе основных сооружений:

- выполнена лесочистка на территории гидроузла;
- построены основные дороги;
- выполнена подготовка скального основания под правобережную глухую плотину;
- отсыпана первая очередь низководных перемычек котлована основных бетонных сооружений.

Строительство Нижне-Бурейской ГЭС является логическим продолжением работ по освоению гидроэнергетического потенциала Дальнего Востока, начатых еще в 30-е г. прошлого столетия. Наряду с такими гидроэлектростанциями, как Зейская, Бурейская, которые построены по проектам Ленгидропроекта, Нижне-Бурейская ГЭС даст возможность дополнительного развития Амурской области, обеспечит новые рабочие места и позволит более эффективно использовать водные ресурсы р. Бурей.

# Санкт-Петербург защищен от наводнений

Кураев С. Н., главный инженер проекта (ОАО «Ленгидропроект»)

Приводится история создания проекта Комплекса защитных сооружений (КЗС) Санкт-Петербурга от наводнений, рассматриваются конструктивные особенности основных сооружений, их назначение и основные параметры.

**Ключевые слова:** наводнение, защитные сооружения, проект, строительство, эксплуатация, безопасность.

12 августа 2011 г. премьер-министр России В. В. Путин в присутствии губернатора Санкт-Петербурга, ответственных представителей Правительства России, строительных, проектных, конструкторских и научно-исследовательских организаций — участников строительства КЗС ввел в эксплуатацию сооружения защиты Санкт-Петербурга от наводнений с замыкающим участком кольцевой автомагистрали вокруг города, проложенном по трассе КЗС.

Успешно завершено строительство уникального Комплекса защитных сооружений, оборудованного современными системами гидротехнических затворов, электронными системами управления, связи, охраны, электроснабжения и системой прогнозирования угрозы наводнения. Исполнилась многовековая мечта жителей северной столицы об избавлении от постоянной угрозы морской стихии, затапливавшей город за его 309-летнюю историю 308 раз.

История роста и развития Санкт-Петербурга, основанного Петром I в 1703 г. на низких болотистых территориях и островах дельты р. Невы, была неразрывно связана с поиском путей защиты города от морских нагонных наводнений, т.е. подъемов

уровня воды в дельте Невы более чем на 1,6 м над уровнем моря. Необходимость решения этой проблемы возрастала с увеличением населения и территории города, составляющих сегодня более 4 миллионов человек и 550 кв. км в границах генерального плана.

Из общего числа наводнений зарегистрировано 17 с подъемом уровня воды выше 2,5 м, в том числе три катастрофических с подъемом уровня выше 3 м и одно — с подъемом уровня воды на 4,21 м выше уровня Балтийского моря, которое описал А. С. Пушкин в поэме «Медный всадник». При катастрофических наводнениях погибли сотни жителей Санкт-Петербурга. Величина среднегодового ущерба от наводнений по материалам проекта КЗС и оценке зарубежных специалистов составляет около 100 млн. долл. США. Из-за тяжелых последствий наводнений за время существования города было внесено много предложений по схемам защиты, однако все они до 1966 г. по разным причинам остались не реализованными.

Начало решения проблемы защиты связано с утверждением Советом Министров СССР в 1966 г. Генерального плана развития Ленинграда, преду-

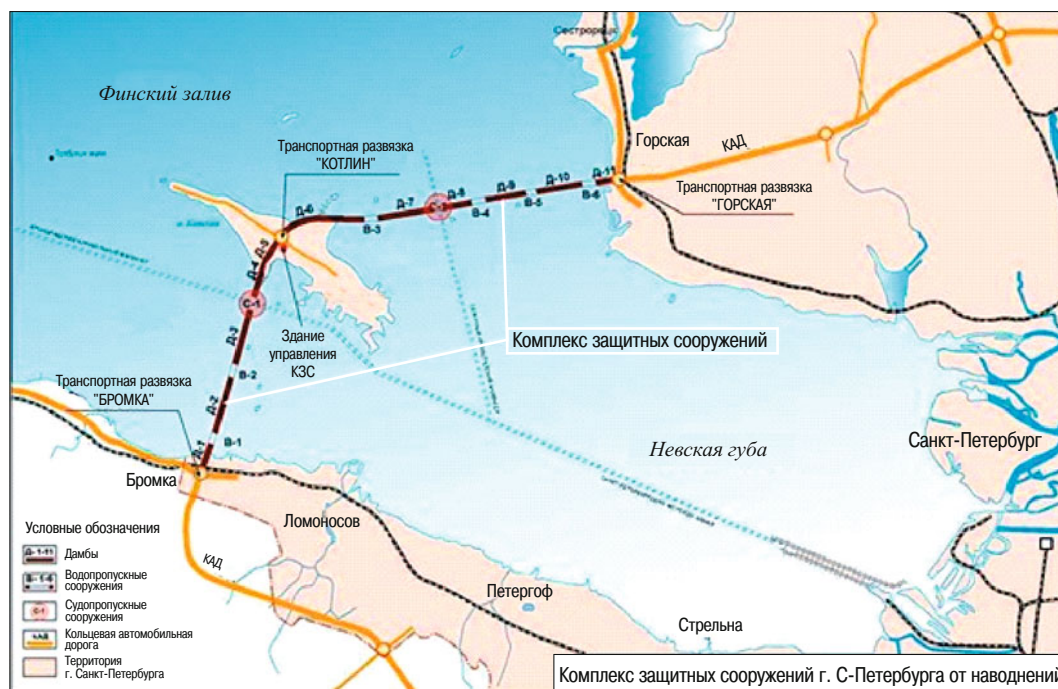


Рис. 1. Схема расположения защитных сооружений г. Санкт-Петербурга от наводнений



смагивавшего защиту города от наводнений и освоение под застройку приморских территорий Невской губы.

По заданию Ленгорисполкома в 1967 – 1969 гг. Ленгидропроектом под руководством главного инженера проекта С. С. Агалакова было разработано технико-экономическое обоснование (ТЭО) защиты города от наводнений, в котором были установлены причины наводнений, рассмотрены все возможные варианты и рекомендован вариант строительства КЗС, состоящего из защитных дамб, водопропускных и судопропускных сооружений в створе Горская — Кронштадт — Ломоносов по границе Невской губы и Финского залива длиной 25 км с автомагистралью по трассе КЗС, замыкающей кольцевую автодорогу (КАД) вокруг Санкт-Петербурга (рис. 1). Этот вариант имел неоспоримые преимущества перед другими по уровню надежности защиты, экономичности, условиям строительства и соответствия требованиям Генерального плана развития города.

ТЭО было рассмотрено и одобрено в 1971 г. Госпланом и Госстроем СССР. В 1972 – 1977 гг. Ленгидропроектом совместно с 52 субподрядными организациями города и страны был разработан и утвержден распоряжением Совета Министров СССР от 29.12.1978 г. № 2847р технический проект защиты Ленинграда от наводнений по рекомендованному в ТЭО варианту, а в 1979 г. начато строительство КЗС.

Согласно проекту комплекс защитных сооружений позволяет при угрозе наводнения изолировать Невскую губу от Финского залива путем закрытия затворов водо- и судопропускных сооружений, расположенных между одиннадцатью защитными дамбами, перекрывающими Южные (пролив между о. Котлин и южным берегом) и Северные ворота Невской губы.

Общая длина защитных дамб — 23,4 км. Четыре из них (Д-1 – Д-4) суммарной протяженностью 8,1 км располагаются в акватории Южных ворот, одна (Д-5) длиной 2,1 км — на о. Котлин и последние шесть (Д-6 – Д-11) общей протяженностью 13,2 км — в акватории Северных ворот Невской губы. Наименьшая ширина дамб по гребню 29 м принята для устройства шестиполосной автомагистрали, максимальная высота дамб от основания до гребня — 26 м (Д-3), возвышение над уровнем моря волноотбойной стенки (на примыканиях к водопропускным сооружениям) — 8 м, бетонного парапета автодороги — 7,5 м. Крепление верхового (со стороны моря) откоса защитных дамб выполнено из несортированной скальной породы. Гранулометрический состав выполнен на основании специальных исследований, выполненных по заданию Ленгидропроекта ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. Кре-



Рис. 2. Водопропускное сооружение

пление участков примыканий к водопропускным сооружениям длиной по 100 м выполнено бетонными плитами с волноотбойной стенкой.

Для разработки проекта КЗС в Ленгидропроекте был организован специальный отдел, который возглавляли ГИП КЗС С. С. Агалаков и заместитель начальника отдела К. А. Костерина. После кончины С. С. Агалакова в 1981 г. до завершения строительства в 2011 г. проектом руководил С. Н. Кураев. Разработкой проектной и рабочей документации защитных дамб занимались В. П. Смирнов и В. Т. Насонова.

Количество, местоположение и габариты шести водопропускных сооружений (В-1 – В-6), построенных для обеспечения водообмена между Невской губой и Финским заливом, а также для сохранения путей миграции рыб, определены в проекте на основании натуральных наблюдений и модельных исследований (рис. 2).

Сооружения В-1 и В-2 построены в Южных воротах, а В-3 – В-6 — в Северных воротах Невской губы. Сооружения В-1 и В-6 скомпонованы из 12, а В-2 – В-5 — из 10 секций шириной 27 м и пролетом 24 м каждая с отметкой порога минус 2,5 м для В-1, В-3, В-6 и минус 5 м для В-2, В-4, В-5. Каждый пролет оборудован сегментным затвором с гидроприводом, перекрывающим пролет при угрозе наводнения. Разработкой проекта В-1 – В-6 руководили инженеры Ленгидропроекта Э. К. Сухенко, А. Г. Чухновский и В. В. Кустов, разработкой архитектурных решений — С. Н. Волкова.

Системы автоматического управления, электрообеспечения, связи и охраны позволяют эксплуатировать водопропускные сооружения без присутствия на них постоянного эксплуатационного персонала. Форма и вес сегментных затворов позволяют закрывать пролеты водопропускных отверстий в условиях зимних наводнений при толщине ледяного покрова в акватории до 1 м. Два сооружения (В-2 и В-4) построены наплавным методом с использова-



Рис. 3. Судопропускное сооружение С-1

нием крупных плавучих блоков длиной 144 м, шириной 38 м (В-4) и 18 м (В-2) с осадкой 4,2 м.

Учитывая, что трасса КЗС пересекает существующие судоходные пути к Санкт-Петербургу в составе проекта предусмотрены и построены два судопропускных сооружения: южное (С-1) — на Морском канале с пролетом 200 м и глубиной 16 м и северное (С-2) на северном фарватере пролетом 110 м и глубиной 7 м. Согласно утвержденному в 1978 г. проекту пролеты С-1 и С-2 при угрозе наводнения перекрывались откатными затворами, надежно работающими в условиях экстремальных волновых и ледовых нагрузок. Однако в 1987 г. к реализации на С-1 был принят новый затвор — плавучий батопорт (рис. 3).

Многолетние модельные исследования плавучего затвора позволили его разработчику (ЦКБ МТ “Рубин”, ГИП В. А. Чернецов) создать конструкцию, удовлетворяющую требованиям работоспособности в условиях экстремальных волновых нагрузок. Методы обеспечения работоспособности затворов С-1 и С-2 в условиях фактических волновых воздействий и зимних наводнений при образовании подвижных ледовых полей будут установлены в период эксплуатации сооружений.

В составе КЗС помимо основных сооружений защиты запроектированы и введены в эксплуатацию три электрические подстанции 110/10 кВ на берегах Невской губы и на о. Котлин, связанные кабельными линиями 110 кВ, здание управления КЗС, пожарное депо, площадка хранения ремонтных затворов водопропускных сооружений, площадка хранения аварийного запаса материалов и оборудования на о. Котлин. Кроме того, для начального периода строительства были запроектированы и построены временные строительные производственные базы на береговых примыканиях КЗС и на о. Котлин, а также карьерные хозяйства по добыче местных строительных материалов: песка — подводное месторождение “Сестрорецкое”, песча-



Рис. 4. Судопропускное сооружение С-2 с подъемным мостом

но-гравийного грунта — карьер “Вещево” и скального грунта — карьер “Сысоевский” на Карельском перешейке.

По трассе КЗС построена автодорога категории I-б на шесть полос движения с локальными очистными сооружениями дождевых стоков. Дорога, проходящая по гребню защитных дамб, пересекает водопропускные сооружения по неразводным многопролетным мостам (рис. 2), северное судопропускное сооружение С2 — по подъемному металлическому мосту пролетом 120 м с подмостовым габаритом 16/25 м над судоходным фарватером шириной 110 м (рис. 4).

Южное судопропускное сооружение (рис. 3) автомагистраль пересекает по подводному автодорожному тоннелю длиной 1,2 км с подъездными рамповыми участками длиной 0,75 км, оборудованному системами вентиляции, водоотлива, эвакуации, пожаротушения, охраны, управления и др. Проектом автодороги предусмотрены и построены автотранспортные развязки на севере в пос. Горская, на о. Котлин и на южном примыкании КЗС к железной дороге Санкт-Петербург — Сосновый бор в районе пос. Бронка.

Строительство КЗС началось в 1979 г. с организации строительной производственной базы и освоения карьеров. Минэнерго СССР организовало генеральную подрядную организацию “Ленгидроэнергоспецстрой” во главе с Ю. К. Севенардом — опытным гидростроителем, ранее руководившим строительством основных сооружений Красноярской и Асуанской ГЭС, построившим в качестве начальника строительства самую крупную в Средней Азии Нурекскую ГЭС на р. Вахш.

В короткие сроки был создан многотысячный коллектив, в состав которого вошли высококвалифицированные строители с двух крупнейших строек Минэнерго СССР — Нурекской ГЭС и Камского автомобильного завода. К пику работ на КЗС коли-



чество автотранспорта составляло 800 единиц, железнодорожных вагонов — 459, бетоновозов — 12, флота — 45, крупной строительной техники (кранов, экскаваторов, бульдозеров и др.) — более 300 единиц.

В 1980 г. была начата отсыпка защитных дамб, в 1981 г. был уложен первый бетон в основные сооружения КЗС, в конце 1984 г. по северному участку КЗС осуществлен сухопутный проезд на о. Котлин, а в 1987 г. был введен в эксплуатацию в Северных воротах Невской губы комплекс сооружений, обеспечивающий возможность регулирования проточности, с вводом во временную эксплуатацию затворов водопропускных сооружений В-3 – В-6. В 1984 г. была начата отсыпка дамбы Д-1 в Южных воротах Невской губы с последующим строительством водопропускных сооружений В-1, В-2 и защитных дамб Д-2 и Д-3.

В период строительства защитных сооружений осуществлялись уточнения проектных решений с применением новых технологий и оборудования, в частности:

часть песчаного профиля дамб заменена отсыпкой в воду моренного суглинка, в том числе в зимних условиях в постоянную майну, оборудованную двумя плавкранами и боновым ограждением;

для дренирования основания южных дамб, сложенного слабыми грунтами, была использована специальная установка фирмы “Треви-Соилмаг” (Италия), позволяющая за 5 – 7 мин опускать ленточную дренажную трубу на глубину до 32 м. Общая длина всех дрен 500 км;

для ускорения строительства два автотранспортных тоннеля (в пос. Лисий нос — под железнодорожной веткой к стройбазе КЗС “Горская” и под северным фарватером в составе сооружения С-2) были заменены на надземный путепровод в пос. Лисий нос и на подъемный автодорожный мост на С-2;

с целью минимизации влияния строительства КЗС на проточность и экологическое состояние акватории Невской губы были построены временные технологические автодорожные мосты в дамбах Д-2, Д-7 и Д-8;

для ускорения строительства был использован наплавной способ строительства двух водопропускных сооружений В-2, В-4 и произведено изменение типа затвора на судопропускных сооружениях С-1 и С-2;

для обеспечения работ на морской акватории изготовлен и использован уникальных плавучий экскаватор с ковшем 6,5 м<sup>3</sup> фирмы “Осваг” (Австрия), а также саморазгружающиеся баржи-шаланды (производство Германии) и подводные бульдозеры фирмы “Комацу” (Япония);

для электроснабжения КЗС применены сухие кабельные линии 110 кВ с реконструкцией электроподстанций на берегах, на о. Котлин, на судо- и водопропускных сооружениях;

в последние годы строительства уточнены проекты автоматизированной системы управления, связи и обеспечения безопасности объектов КЗС на основе современной электронной техники, в основном фирмы “Сименс”.

Необходимо отметить, что набранные в 1980-е гг. темпы строительства, численность и оснащенность генподрядчика Ленгидроэнергоспецстроя позволяли завершить строительство КЗС еще в прошлом веке. Однако в начале 1990-х гг. финансирование строительства почти прекратилось из-за развернувшихся дискуссий и опасений части общественности города о влиянии КЗС на экологию Невской губы.

Две комиссии АН СССР, изучавшие влияние КЗС на состояние акватории, пришли к диаметрально противоположным выводам. Только в 1990 г. независимая международная экспертиза однозначно заявила, что сооружения КЗС не наносят вреда окружающей среде, и рекомендовала завершить строительство в кратчайшие сроки по имеющемуся проекту.

Однако практически завершение строительства КЗС было начато только в 2003 г. после принятия бюджетного кодекса России, передачи функций заказчика КЗС от Администрации Санкт-Петербурга Госстрою России, а затем Министерству регионального развития РФ и заключения в 2003 г. Правительством России Соглашения о займе с Европейским банком реконструкции и развития (ЕБРР) на кредит для частичного финансирования завершения строительства КЗС.

Для руководства завершением строительства и последующей эксплуатации КЗС заказчиком было создано Федеральное казенное предприятие “Дирекция КЗС” во главе с В. И. Щекачихиным — бывшим руководителем одного из строительно-монтажных подразделений Ленгидроэнергоспецстроя, начинавшим строительство КЗС еще в 1981 г.

Согласно условиям займа с ЕБРР на конкурсной основе были отобраны:

группа реализации проекта для контроля расходов средств займа;

консультант-проектировщик для уточнения проекта и авторского надзора в составе английской компании “Halcrow Group Ltd” в консорциуме с голландской фирмой “DHV” и норвежской “Norplan”;

консультант-инженер, выполняющий роль технического надзора за строительством, под руководством ЗАО “Генинжконсалт” совместно с ЗАО



“Стройпроект” и фирмой “Royal Haskoning” (Нидерланды).

В 2006 г. Правительством России была принята “Программа завершения строительства КЗС”, уточненная впоследствии Распоряжением Правительства РФ от 01.12.2008 г. № 1784-р, которым были определены тематика этапов, сроки и объемы финансирования стройки до 2011 г.

Проект завершения строительства КЗС, разработанный ОАО “Ленгидропроект”, был рассмотрен и одобрен Главгосэкспертизой России в 2008 г. В 2009 г. Главгосэкспертизой были рассмотрены и одобрены “Дополнительные проектные решения по обеспечению безопасности и надежности основных сооружений”, разработанные ОАО “Ленгидропроект”. В 2011 г. была выполнена и одобрена окончательная корректировка проекта и согласована окончательная сметная стоимость завершения строительства КЗС.

О целесообразности, работоспособности, высокой надежности построенного Комплекса защитных сооружений свидетельствует тот факт, что уже в ноябре и декабре 2011 г. при угрозе наводнения с подъемом уровня до 280 см по прогнозу гидрометеослужбы и системы предупреждения угрозы наводнений были штатно закрыты затворы судо- и водопропускных сооружений КЗС, и город был надежно защищен от многомиллиардных ущербов, которые могли принести эти наводнения.

В заключение нельзя не вспомнить и не отдать дань уважения и благодарности ведущим специалистам ОАО “Ленгидропроект”, которые в течение десятилетий разрабатывали и совершенствовали проект КЗС.

В основу проекта легли высококачественные инженерные изыскания, выполненные экспедицией № 19 Ленгидропроекта (начальники А. П. Овчинников — до 1978 г. и М. М. Манасевич — с 1978 г.) под руководством главного геолога проекта А. А. Кагана, главных гидрологов В. М. Садкова и М. Л. Моносова, а также главных топографов А. И. Румянцева, А. И. Бугаева и В. Н. Власенко.

Авторский надзор Ленгидропроекта за строительством КЗС осуществлял отдел рабочего проектирования во главе в разные годы с В. Г. Михалевым, Н. В. Костериным и В. Л. Павловым.

В последние годы в разработке проекта завершения строительства КЗС под руководством главного инженера проекта КЗС С. Н. Кураева участвовали ведущие специалисты основного отдела В. В. Гончарова, С. И. Пузанков, В. Т. Насонова, И. В. Оганесян, Т. С. Риш, Н. Е. Буркова и др., а также специализированных отделов Ленгидропроекта: производства работ и строительных конструкций В. Н. Киселев, Н. В. Моденов, Н. А. Зимина, комплексного электротехнического отдела А. Г. Булин, А. Л. Алянский, Т. А. Сенина, Л. А. Волгина, С. Г. Марченко, В. И. Турунин; отдела смет Ю. С. Илюхин, Т. А. Долгополова; отдела гидромеханического и сантехнического оборудования — А. М. Винер, Н. А. Молодцов; отдела расчетных обоснований и КИА — Н. А. Вульфвич, В. В. Гончаров, И. Н. Смирнов; авторский надзор в последние годы строительства осуществляли инженеры В. А. Капитонов и О. Ю. Давыдкин.

Успешное завершение строительства КЗС в 2011 г. обеспечило безопасные условия жизни жителей Санкт-Петербурга, предотвратило огромные материальные ущербы городскому хозяйству и промышленности города, защитило от угрозы наводнений бесценные памятники культуры, морской порт и ряд станций метрополитена, а также огромные территории новой жилой застройки Приморского района Санкт-Петербурга, намытые полвека назад только на 2,5 м выше уровня моря и интенсивно застраивающиеся в последние десятилетия.

Замыкание по трассе КЗС кольцевой автомагистрали разгрузило город от транзитного автотранспорта, улучшив экологические условия жизни жителей, а возможность регулирования проточности Невской Губы с помощью затворов КЗС создала условия дальнейшего улучшения экологического состояния акватории.

# Сооружения Волго-Балтийского водного пути

Пургин К. В., главный инженер проекта,

Гончаров А. Д., зам. главного инженера проекта (ОАО «Ленгидропроект»)

Приводится история проектирования Волго-Балтийского водного пути.

**Ключевые слова:** единая глубоководная система, объект водной транспортной системы, Волго-Балтийский водный путь.

Ленгидропроект принимает активное участие в проектировании объектов водного транспорта. Наиболее масштабный из таких проектов — Волго-Балтийский водный путь, по которому Ленгидропроект является генеральным проектировщиком.

Волго-Балт — это сложный комплекс инженерных объектов, включающий в себя 4900 км эксплуатируемых водных путей, в том числе 3270 км с гарантированными габаритами. По интенсивности судоходства Волго-Балтийский водный путь относится к водным путям I группы.

В состав инженерных объектов Волго-Балта входят: 11 шлюзов с напором от 11 до 18 м, 3 гидроэлектростанции, 5 водосбросов, 25 земляных плотин и дамб, 12 паромных переправ, 9 мостовых переходов, 8 маяков в Ладожском озере, более 5000 знаков судоходной обстановки и др. Наиболее насыщенным инженерными сооружениями участком (5 гидроузлов и 4 водохранилища) является Волго-Балтийский канал длиной 361 км, расположенный между Онежским озером и г. Череповцом.

История создания Волго-Балтийского водного пути началась с соединения Волжского и Северо-Западного бассейнов, где с 1810 г. действовала Мариинская система, являвшаяся основной транспортной коммуникацией, связывавшей Петербург с другими районами страны. По мере роста предъявляемых к ней требований эта система трижды капитально перестраивалась, при этом габариты ее сооружений и пути каждый раз увеличивались. Для своего времени Мариинская система была шедевром русской инженерной мысли, отмеченным в 1913 г. на Парижской всемирной выставке Большой золотой медалью. С течением времени Мариинская система устарела и превратилась в «узкое место», препятствующее созданию единой системы магистральных внутренних водных путей европейской части России. С целью ликвидации этого «узкого места» Мариинская система трансформировалась в Волго-Балтийский водный путь. К началу строительства нового Волго-Балтийского водного пути на Мариинской системе насчитывалось 39 маломерных судоходных шлюзов, из которых 34 были деревянными.

Выполнение проектно-исследовательских работ по Волго-Балту было поручено Ленгидропроекту в 1944 г., а уже в 1947 г. строительство было развернуто и продолжалось до 1953 г., когда было остановлено и законсервировано (со строительной готовностью 14 – 15 %). В 1955 г. работы возобновились и наибольшего разворота достигли в 1961 – 1964 гг. Вол-

го-Балтийский водный путь вступил в строй в 1964 г. Он представляет собой систему судоходных рек, озер и каналов на участке Санкт-Петербург — Череповец. Трасса Волго-Балта пролегает по р. Неве, Ладожскому озеру, р. Свирь, Онежскому озеру, вдоль поймы рек Вытегра и Ковжа, по Белому озеру и р. Шексна.

Ленгидропроект выполнил все стадии проектирования и осуществлял авторский надзор за строительством. В ходе проектирования Ленгидропроект принимал обоснованные решения, базировавшиеся на глубокой изученности природных и экономических условий. В результате проект представляет собой пример не только успешного преодоления трудностей, связанных со сложными природными условиями, но и использования особенностей этих природных условий для нахождения экономичных инженерных решений.

Волго-Балтийский водный путь запроектирован местами по трассе прежней Мариинской системы, местами же несколько отклоняясь от неё. Существенное отличие от трассы старой системы – это спрямление многочисленных излучин рек. Волго-Балт следует на основном своем протяжении по вновь созданным водохранилищам и вместо обходных каналов проходит непосредственно по крупным водоемам. Рельеф местности правильно использовался, и в результате стоимость мероприятий по созданию водохранилищ не превысила 10 % от общей стоимости строительства.

При выполнении проекта Ленгидропроект понимал и отмечал значимость проекта во многих аспектах не только на текущий момент, но и на перспективу развития:

с точки зрения транспорта Волго-Балтийский водный путь — звено единой глубоководной транспортной системы европейской части России, обеспечившее соединение водных путей, выходящих к Балтийскому, Белому, Каспийскому, Чёрному и Азовскому морям;

с точки зрения экономики Волго-Балтийский водный путь имеет огромное значение для единой глубоководной системы. Он связывает крупнейший порт на Балтике — Санкт-Петербург с Москвой и городами Волги, Камы и Дона, дает выход к Беломоро-Балтийскому каналу и в Белое море. С освоением глубоководной магистрали появилась возможность производить бесперевалочную транспортировку грузов не только между экономическими районами России, но и между морскими портами северных и южных морей Европы в 22 странах, включая порты Средиземного

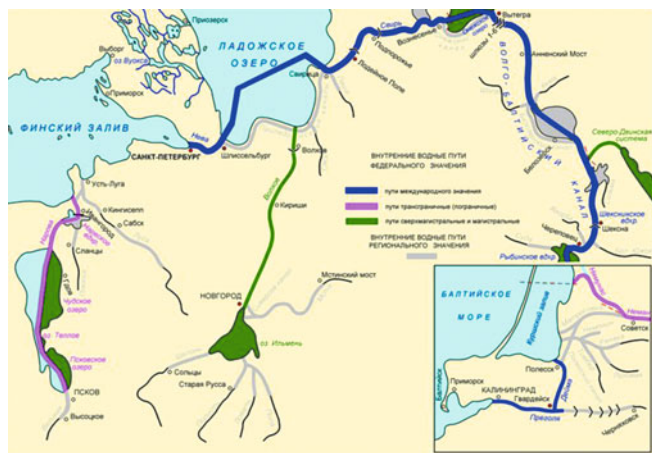


Схема расположения Волго-Балтийского водного пути

моря. Эти перевозки осуществляются крупнотоннажными судами смешанного типа “река-море”;

с точки зрения пассажирского движения на Волго-Балтийском водном пути значительно выросло число туристических теплоходов (маршруты из Санкт-Петербурга в Москву, Астрахань, Ростов-на-Дону, Пермь и др.). Волго-Балтийский водный путь — одна из интереснейших туристических трасс. На живописных берегах рек и озер расположены старинные русские города, монастыри и крепости, историко-архитектурные памятники: Санкт-Петербург, Новгород, Старая Ладога, Лодейное Поле, Вытегра, Белозерск, крепость Орешек, Горицкий, Кирилло-Белозерский, Валаамский монастыри, остров Киж и т.д.

С 2009 г. Ленгидропроект выполняет комплексный проект реконструкции Волго-Балтийского водного пути и проекты нового строительства объектов, являясь генеральным проектировщиком.

Каждый объект Волго-Балта уникален. Некоторые из них являются объектами культурного наследия.

В состав реконструируемых объектов вошли:

шлюзы Волховский, Верхне-Свирский и Нижне-Свирский;

Ковжская плотина;

гидроузлы (включающие в себя шлюзы, ГЭС, водосбросы, плотины, дамбы, переправы, причалы) Вытегорский, Белоусовский, Новинкинский, Пахомовский и Шекснинский;

системы навигационной обстановки, бассейновая речная информационная система, система централизованного управления движением судов.

Цель реконструкции — повышение надежности и безопасности эксплуатации транспортной системы. При выполнении реконструкции учитывается широкий ряд факторов, влияющих на надежность и удобство эксплуатации, конструктивные решения и технологические решения, системы.

К конструктивным решениям, повышающим надежность эксплуатации, относятся:

восстановление водонепроницаемости, прочности и несущей способности железобетонных конструкций шлюзов с приведением их в работоспособное техническое состояние;

уширение лимитирующих участков с целью увеличения габаритной ширины канала, обеспечивающей двустороннее прохождение судов (в настоящее время на лимитирующих участках одностороннее движение судов), что повысит пропускную способность;

реконструкция маяков;

модернизация средств навигационной обстановки.

К технологическим решениям, повышающим надежность эксплуатации, относятся:

замена механического оборудования;

реконструкция электротехнического оборудования;

система централизованного управления движением судов;

реконструкция бассейновой речной информационной службы.

На текущий момент Ленгидропроект продолжает проект комплексной реконструкции Волго-Балтийского водного пути и передает документацию заказчику и в Главгосэкспертизу. К настоящему времени по двум объектам получено положительное заключение.

Для ликвидации лимитирующего участка, увеличения транспортной пропускной способности и повышения надежности эксплуатации Волго-Балтийского водного пути Ленгидропроектору поручено проектирование новых объектов:

строительство второй нитки шлюза Нижне-Свирского гидроузла. Целью строительства второй нитки является ликвидация лимитирующего участка Волго-Балтийского водного пути с увеличением пропускной способности судоходных гидротехнических сооружений в створе Нижне-Свирского гидроузла. Полезные габариты второй нитки шлюза  $310 \times 21,5 \times 5,5$  м, расчетный напор 12,25 м. Проектирование разделено на четыре этапа, по двум из них получено положительное заключение экспертизы;

энергоснабжение Северного склона. На первом этапе предусматривается установка на шлюзах Северного склона 12 дизель-генераторных установок мощностью от 80 до 640 кВт с целью повышения надежности энергоснабжения. На втором этапе предусматривается реконструкция ГЭС-31, 32. На третьем этапе — строительство приплотинной Новинкинской и деривационной Пахомовской малых ГЭС с напором 15 м и установленной мощностью 1 МВт каждая. Строительство этих малых ГЭС повышает надежность энергоснабжения шлюзов Северного склона, а также покрывает дефицит как по мощности, так и по выработке электроэнергии Вытегорского района Вологодской области.

То, что Ленгидропроект выполняет комплексный проект реконструкции и модернизации сооружений и проекты нового строительства на Волго-Балтийском водном пути, является логическим продолжением исполнения функции генерального проектировщика. Ленгидропроект выполняет проекты с учетом современных решений и технологий ремонта и строительства, новых требований к безопасности, надежности и удобству эксплуатации гидротехнических сооружений.



# Ленинградская ГАЭС

Мишин Н. Н., главный инженер проекта (ОАО “Ленгидропроект”)

Приводятся данные о составе основных сооружений, объемах работ, конструкции здания ГАЭС, технических показателях, предназначении ГАЭС и реализации подготовительного этапа строительства.

**Ключевые слова:** основные сооружения, объемы работ, конструкция, технические показатели, предназначение, установленная мощность, насосный и генераторный режимы, дамба, плотина, здание ГАЭС, глубинный водосброс, патенты, изобретения.

Изучение возможности создания ГАЭС было начато в 1931 г. работой “Ленинградские пиковые станции” и продолжено в работах Ленгидропроекта “Инженерно-технические условия строительства ГАЭС в энергосистемах СССР” (1964 г.) и “Выбор площадки первоочередной Ленинградской ГАЭС” (1970 г.).

В 1973 – 1977 гг. Ленгидропроектом, по заданию Минэнерго СССР, было разработано ТЭО строительства Ленинградской ГАЭС, в котором на основании изучения и сопоставления топографических, геологических, гидрологических, экологических и производственных условий 30 площадок в Ленинградской, Псковской, Новгородской и Вологодской областях была выбрана и в 1979 г. утверждена приказом Минэнерго СССР площадка на берегу р. Шапша у п. Ратигора в Лодейнопольском районе Ленинградской области.

Разработанный Ленгидропроектом проект на строительство Ленинградской ГАЭС утвержден в 1987 г. приказом Минэнерго СССР со следующими основными техническими показателями:

установленная мощность в генераторном режиме — 1560 МВт;

установленная мощность в насосном режиме — 1760 МВт;

количество агрегатов — 8 шт.

Подготовительные работы по сооружениям ГАЭС были начаты в июле 1984 г. По состоянию на 31 декабря 1986 г. было освоено капитальных вложений 12,4 млн. руб., в том числе строительно-монтажных работ — 6,5 млн. руб. Был выполнен в полном объеме землеотвод стройплощадок площадью 2480 га, произведена свodka леса.

В районе основных сооружений ГАЭС на производственной базе были построены административный и бытовой корпуса, механические мастерские с блоками для автотранспортных механизмов, склад МТС, гараж. Во временном поселке построено два общежития и домики ПДЧ на 180 мест. Начаты строительство автодороги от г. Подпорожья до района основных сооружений и реконструкция существующей автодороги от пос. Алеховщина до пос. Ратигора. Подготовлены карьеры для гидронамыва дамбы верхнего бассейна и для шортных заполнителей бетона. Проложено 12 км металличе-

ских трубопроводов для гидронамыва, построены линия 110 кВ и подстанция 110/35/10 кВ в районе основных сооружений.

Однако в 1987 г. в связи с решением Совмина СССР о резком сокращении по стране строящихся объектов приказом Минэнерго “О консервации Ленинградской ГАЭС” ее строительство было приостановлено.

В 2007 г. ОАО “РусГидро” вновь вернулось к этому вопросу и объявило конкурс по разработке проектной документации строительства Ленинградской ГАЭС. ОАО “Ленгидропроект” приняло участие и было признано победителем конкурса, объявленного 15 февраля 2008 г., и генеральным проектировщиком на работы по теме “Проектная документация строительства Ленинградской ГАЭС”.

На первом этапе выполнения проектной документации ОАО “Ленгидропроект” на основании изучения и сопоставления топографических, геологических, гидрологических, экологических и производственных условий девяти основных площадок в Ленинградской, Псковской, Новгородской и Вологодской областях вновь подтвердило целесообразность строительства Ленинградской ГАЭС на берегу р. Шапша в Ленинградской области. В работе на следующих этапах проектирования было выполнено сопоставление вариантов компоновок и конструкций. В результате оптимизации и технико-экономического сопоставления были выбраны все параметры и конструкции.

В состав основных сооружений входят:

дамба верхнего бассейна протяженностью по гребню 10,1 км, высотой от 15 до 40 м, тело дамбы из песка карьера № 6 с ядром из глины полезных выемок;

водоприемник на восемь отверстий с анкерным понуром и перекрытием помещения гидроприводов из монолитного железобетона;

восемь монолитных сталежелезобетонных водоводов длиной от 632,5 до 633,5 м каждый, выполненных в засыпке с возможностью осмотра межсекционных швов и технического состояния компенсаторов между ними;

здание ГАЭС заглубленного типа, выполненное частично в четырех шахтах до отм. 55,0 м и выше в

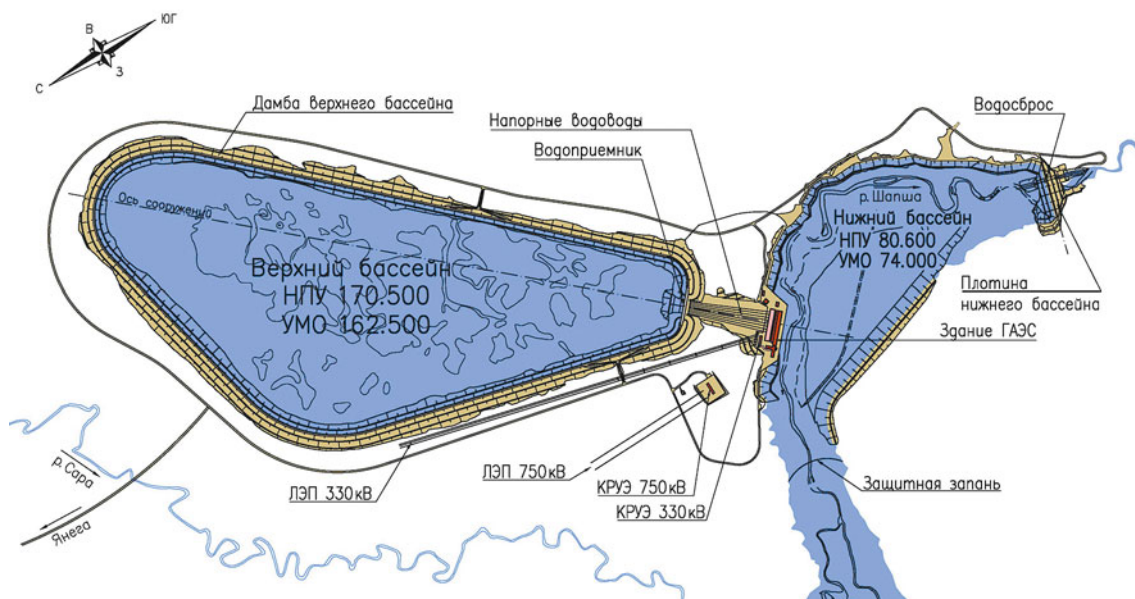


Рис. 1. Генплан гидроузла

открытом котловане с размещением восьми обратимых гидроагрегатов;

плотина нижнего бассейна на р. Шапша, расположенная в 2,5 км ниже от здания ГАЭС, длиной 0,48 км и максимальной высотой 36 м, тело плотины из песка карьера № 6 с ядром из глины полезных выемок, в основании плотины противофильтрационная “стена в грунте”;

эксплуатационный глубинный водосброс в теле плотины, обеспечивающий пропуск расхода 0,01 %-ной обеспеченности 294 м<sup>3</sup>/с при отм. УМО 74,0 м.

В нижнем бьефе предусмотрена расчистка правого берега напротив здания ГАЭС, расчистка и крепление левого берега на участках примыкания к зданию ГАЭС и от здания ГАЭС до плотины (рис. 1).

### Основные объемы работ

Наименование работ	Количество
Бетон монолитный, тыс. м <sup>3</sup>	810,21
Сборный железобетон, тыс. м <sup>3</sup>	15,70
Выемка мягкого грунта, тыс. м <sup>3</sup>	17 309,05
Металлоконструкции, т	5 223,60
Насыпь, тыс. м <sup>3</sup>	36 069,90
Механическое оборудование, т	5 034,60
Гидросиловое оборудование, т	17 780,00
Электротехническое оборудование, т	7 127,70

При проектировании Ленинградской ГАЭС разработаны и применены ряд инновационных решений, по которым получено три международных патента на изобретение. Одним из основных решений является конструкция самого здания ГАЭС, которая на верхних отметках располагается частично в открытом котловане, а на нижних — в 4 сдвинутых

между собой шахтах, что позволяет значительно снизить стоимость и сократить сроки строительства (рис. 2).

Разработана новая конструкция сталежелезобетонных засыпанных водоводов с учетом осмотра межсекционных швов и межсекционных компенсаторов. Ранее на Загорских ГАЭС водоводы проектировались только открытые и за счет разности температур их железобетонная облицовка подвергалась интенсивному трещинообразованию, в связи с чем возникала постоянная необходимость производить ремонтные работы. Конструкция железобетонной облицовки напорных водоводов, запроектированная для Ленинградской ГАЭС, может эксплуатироваться в засыпке при постоянной положительной температуре. При этом железобетонная облицовка не будет подвергаться растрескиванию. Кроме этого разработана совершенно новая конструкция компенсаторов для межсекционных швов, которая значительно отличается от конструкции межсекционных швов, принятых на Загорских ГАЭС. Эти и другие инновационные разработки направлены на повышение надежности, безопасности, экономической эффективности и технологичности будущего гидроузла.

При проектировании Ленинградской ГАЭС ОАО “Ленгидропроект” разработало новую конструкцию дамбы верхнего бассейна и плотины нижнего бассейна из песка с месторождения № 6 с ядром из глины. Главным преимуществом этой конструкции является то, что тело плотины из песка в условиях Севера-Запада можно возводить практически круглогодично.

Отдельным разделом представлен перечень мероприятий по охране окружающей среды, который

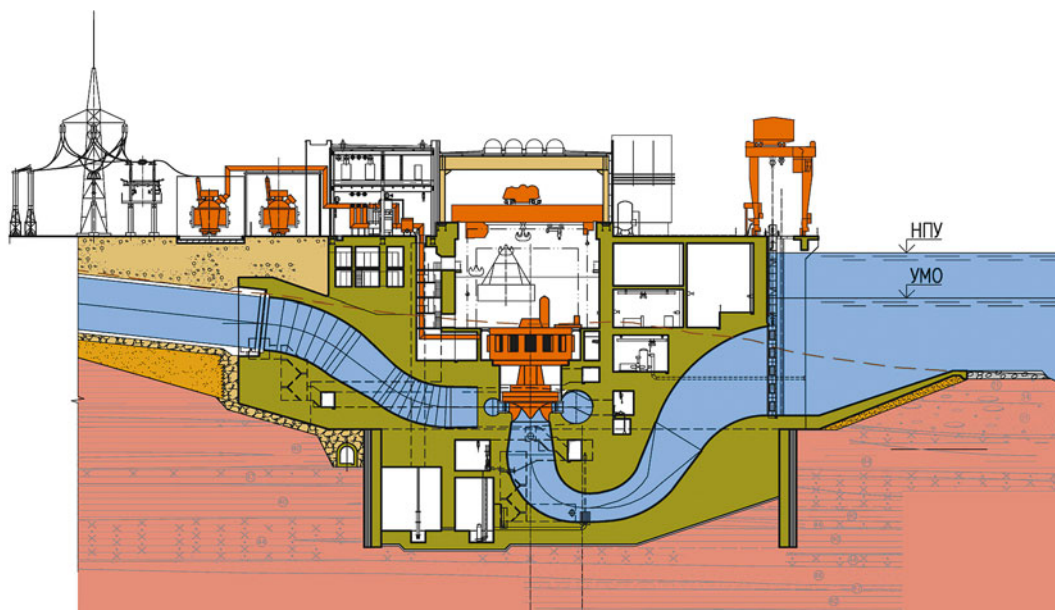


Рис. 2. Разрез по зданию ГАЭС

предусматривает создание системы локального комплексного социально-экологического мониторинга зоны влияния Ленинградской ГАЭС. Предусмотрено наблюдение за инженерно-геологическими и гидрогеологическими процессами и явлениями в строительный период Ленинградской ГАЭС (2014 – 2022 гг.). ОАО «Ленгидропроект» разработало рыбоводно-биологическое обоснование типа рыбозащитных устройств и доказало нецелесообразность строительства рыбопропускного сооружения. Северо-Западное территориальное управление Федерального агентства по рыболовству утвердило эти технические решения, а также конструкцию рыбозащитных устройств перед зданием ГАЭС.

Общий срок строительства в соответствии с календарным планом составляет 12 лет, в том числе продолжительность подготовительного периода 2,5 года.

Выдача мощности осуществляется от КРУЭ-330 кВ по трем ВЛ-330 кВ и от КРУЭ-750 кВ по двум ВЛ-750 кВ.

Проектная документация строительства Ленинградской ГАЭС в 2012 г. утверждена ФАУ «Главгосэкспертиза России» со следующими основными техническими показателями:

- установленная мощность в генераторном режиме — 1560 МВт;
- установленная мощность в насосном режиме — 1760 МВт;
- количество агрегатов — 8 шт.;
- годовая выработка электроэнергии — 2912 млн. кВт · ч;
- годовое потребление электроэнергии — 3789 млн. кВт · ч.

Ленинградская ГАЭС является крупным источником маневренной мощности общесистемного назначения и предназначена для покрытия дефицитов электроэнергии, возникающих в энергосистеме ОЭС Северо-Запада и Центра в пиковые и полупиковые периоды их потребления. Ленинградская ГАЭС улучшает режим работы тепловых и атомных электростанций Северо-Запада и Центра и оказывает важные системные услуги:

- регулирует частоту и активную мощность;
- предоставляет услуги оперативного резерва;
- регулирует напряжение и реактивную мощность.

В настоящее время на площадке Ленинградской ГАЭС ведутся работы по реализации подготовительного этапа строительства первой очереди. В состав работ входят: сплошная очистка территории строительства от взрывоопасных предметов, строительство линии электропередач напряжением 110 кВ с понижающей подстанцией, лесосводка и лесочистка территории в объеме 3030 га, вертикальная планировка территории гидроузла, строительство вахтовых поселков с производственными базами, устройство временных автодорог, инженерных сетей и пионерной базы строительства. ОАО «Ленгидропроект» в соответствии с графиками разрабатывает и выдает рабочую документацию и осуществляет постоянный авторский надзор за строительством объектов подготовительного периода.

В дальнейшем с разворотом работ по основным сооружениям ГАЭС специалисты ОАО «Ленгидропроект» готовы начать выполнение всего комплекса инженерных изысканий с выдачей рабочей документации и ведению авторского надзора по всем основным сооружениям Ленинградской ГАЭС.



# Усть-Среднеканская ГЭС

Ферингер А. Б., главный инженер проекта,

Кабанов Н. В., главный инженер проекта (ОАО “Ленгидропроект”)

Излагаются сведения об Усть-Среднеканской ГЭС, характеризующие положительные аспекты строительства гидроузла. Приводятся основные показатели, описание и характеристика основных сооружений.

**Ключевые слова:** компоновка и конструкции гидротехнических сооружений, земляная плотина, технология отсыпки временной земляной плотины.

**Общие сведения о гидроузле.** Усть-Среднеканская ГЭС на р. Колыме сооружается на территории Магаданской области РФ и располагается в нижнем бьефе действующей Колымской ГЭС, в 217 км от ее створа. Гидроэлектростанция предназначена для работы в каскаде с Колымской ГЭС для покрытия электрических нагрузок ЦЭУ “Магаданэнерго”.

Генеральный проектировщик Усть-Среднеканской ГЭС — Ленгидропроект, который в предшествующие годы выполнил целый ряд проектов для ГЭС, расположенных на Крайнем Севере. По документации, разработанной Ленгидропроект, Хантайская, Вилюйские 1 и 2, Светлинская, Колымская ГЭС запроектированы на вечномёрзлом основании в суровых, экстремальных климатических условиях с использованием особых технических приемов возведения грунтовых и бетонных сооружений, которые отличают гидроузлы северной климатической зоны от гидроузлов средних широт.

Усть-Среднеканская ГЭС имеет комплексное назначение, решая вопросы как энергетики, так и речного транспорта, работает на стоке, прошедшем агрегаты Колымской ГЭС, пропуская транзитом через свой водосброс её паводковые сбросы, а также боковую приточность. Наполнение водохранилища будет осуществляться в зимний период избыточным стоком Колымской ГЭС и сбрасываться осенью к концу навигации, способствуя сохранению соответствующего объема воды в водохранилище Колымской ГЭС. Такой режим наполнения позволит решить несколько важных задач:

увеличить в 1,5 раза зимнюю гарантированную мощность и энергоотдачу Колымской ГЭС;

открыть перспективу повышения зимней мощности каскада из двух станций до 430 МВт путем повышения НПУ на Колымской ГЭС на 1,5 м при минимальных затратах;

взять на Усть-Среднеканскую ГЭС функции регулирования судоходных пропусков и снижения влияния, оказываемого Колымской ГЭС на гидрологический режим в нижнем бьефе;

пропускать в летний период всю боковую приточность транзитом в нижний бьеф, не задерживая воду в Усть-Среднеканском водохранилище, что очень важно в экологическом отношении;

в зимний период Усть-Среднеканская ГЭС будет принимать участие в суточном и недельном регулировании нагрузки объединенного центрального энергоузла Магаданэнерго, поддерживать постоянную частоту и выполнять функции аварийного резерва в энергосистеме (рис. 1).

## Основные показатели Усть-Среднеканской ГЭС

Установленная мощность (четырёх г/а по 142,5 МВт) . . . . .	570 МВт
Пусковой комплекс (два г/а на сменных колесах) . . . . .	168 МВт
Гарантированная мощность . . . . .	132 МВт
Среднегодовая выработка электроэнергии . . . . .	2550 млн. кВт · ч
Максимальный напор . . . . .	62 м
Расчетный напор . . . . .	58,4 м
Отметка НПУ . . . . .	290 м
Пусковая отметка . . . . .	255,2 м
Объем водохранилища . . . . .	5,4 км <sup>3</sup>
в том числе полезный . . . . .	2,57 км <sup>3</sup>

**Компоновка и конструкции гидротехнических сооружений.** Гидроузел имеет прямолинейное построение. Напорный фронт протяженностью 2490 м создается бетонными и земляными плотинами и включает в направлении от правого берега к руслу следующие сооружения:

глухую бетонную плотину длиной 105 м гравитационного типа, которая сопрягает напорный фронт с правым берегом;

станционную плотину с водоприемником и приплотинным зданием ГЭС. Длина 96 м, высота 70 м. Включает четыре секции водоприемника с отверстиями 11,7 × 9 м, которые переходят в металлические напорные водоводы диаметром 7,6 м;

здание ГЭС, оборудованное четырьмя агрегатами мощностью по 142,5 МВт с радиально-осевыми турбинами;

водосбросную плотину гравитационного типа длиной 150 м и высотой 74 м, которая имеет 10 глубинных отверстий 6 × 12 м, пропускающих расходы и обеспеченностью 0,01 %  $Q = 17\,500\text{ м}^3/\text{с}$ . Гашение энергии потока производится в водобойном колодце шириной 147 м и длиной 168,5 м;

сопрягающий устой, выполненный в виде подпорных стенок вдоль потока. Он имеет выдвинутую в сторону земляной плотины шпору и служит конструктивным элементом для создания единого напорного фронта бетонных сооружений и земляной плотины;

земляную плотину длиной 2100 м, высотой 66 м из гравийно-галечникового грунта с противодиффузионным элементом из суглинистого грунта.

В верховой клин плотины вписана первоочередная временная земляная плотина высотой 33,5 м с отметкой



**Рис. 1.** Строительство Усть-Среднеканской ГЭС на р. Колыме. Перекрытие русла реки (сентябрь 2011 г.)

гребня 260,5 м, которая создает минимальный напор для пуска первых двух агрегатов ГЭС на сменных рабочих колесах (рис. 2, 3).

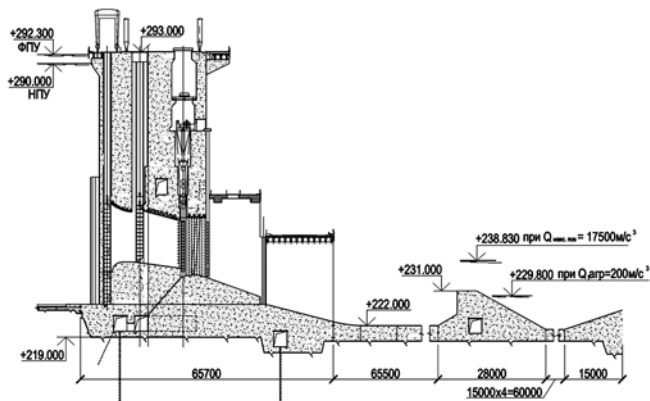
#### Организация строительства и эксплуатации ГЭС.

Начало строительства Усть-Среднеканской ГЭС совпало с завершением работ по головной станции каскада — Колымской ГЭС, высвободились опытные строительные кадры и производственные мощности КолымаГЭС-строя. Для строительства Колымской ГЭС был построен современный пос. Синегорье, обеспеченный всеми элементами социальной инфраструктуры.

Створ Усть-Среднеканской ГЭС расположен в 140 км от створа Колымской ГЭС по связывающей их автодороге. Это обстоятельство не осталось без внимания при проектировании Усть-Среднеканской ГЭС. На совещании с заказчиком совместно с проектировщиками было принято решение о строительстве вахтовым методом с базой в пос. Синегорье, что позволило снизить стоимость гидроузла за счет отказа от постоянного поселения, обеспеченного необходимой инфраструктурой.

Для проживания строителей проектом учтено и построено 5 пятиэтажных общежитий на 800 человек с обеспечением необходимыми условиями для проживания. Эксплуатация станции также осуществляется вахтовым методом. Предусмотрено здание эксплуатационных служб гостиничного типа на 120 человек, в котором предусмотрены максимальные удобства для временного проживания персонала станции.

**Текущее состояние строительства.** К настоящему времени обеспечена высокая готовность сооружений Усть-Среднеканской ГЭС к пуску первых двух агрегатов. Продолжаются работы по монтажу гидросилового, гидромеханического и электротехнического оборудования. Для оперативного решения текущих вопросов на строительстве Усть-Среднеканской ГЭС сформирована группа специалистов ОАО «Ленгидропроект» по различным направлениям производственной деятельности, которая выполняет функции авторского надзора. Учитывая, что строительство Усть-Среднеканской ГЭС ведется



**Рис. 2.** Водосбросная плотина

круглосуточно, работа авторского надзора также организована круглосуточно.

**Конструкция и технология отсыпки временной земляной плотины.** Временная и постоянная плотины имеют суглинистое ядро, которое в левобережной части базируется на едином развитом суглинистом понуре. В русловой части каждая плотина имеет собственный понур ограниченных размеров. Это объясняется различными фильтрационными характеристиками скального основания в береговой и русловой части плотины, а также технологическими соображениями.

На первом этапе проектом предусмотрена укладка суглинка на левом берегу и в правобережной части в примыкании к бетону сопрягающего устоя.

Понур левобережной плотины укладывался на разрушенное скальное основание, при этом разнонаправленность трещин и соответственно неоднородные фильтрационные параметры основания нивелируются благодаря большой площади понура.

Разработка рыхлых грунтов котлована левобережного понура велась традиционными методами в летнее время без применения БВР. Зачистка котлована производилась экскаватором с обратной лопатой с ковшом, оснащенным сплошной режущей кромкой. Дополнительная зачистка основания вручную производилась под дамбочками обвалования, формирующими прудок. В сформированные прудки площадью от 4000 до 8000 м<sup>2</sup> закидывалась вода из реки, при этом глубина воды по фронту отсыпки составляла 1,5 м. Далее в прудки отсыпалась приготовленная в буртах смесь суглинистого и гравийно-галечникового грунта слоем, превышающим уровень воды в прудке на 1 м. Учитывая специфику работ, на строительной площадке постоянно осуществлялся контроль за проведением земляных работ специалистами Ленгидропроекта.

На втором этапе проектом предусмотрена укладка понура в русловой части, которая выполняется после перекрытия русла за год до пуска агрегатов № 1 и 2.

Ведущими специалистами Ленгидропроекта были подготовлены и проанализированы два варианта возведения понура постоянной и временной земляной плотины в русле р. Колымы. Первый вариант возведения — котлованный способ, основанный на отсыпке суглинка понура насухо. Второй вариант — бескотлованный ме-

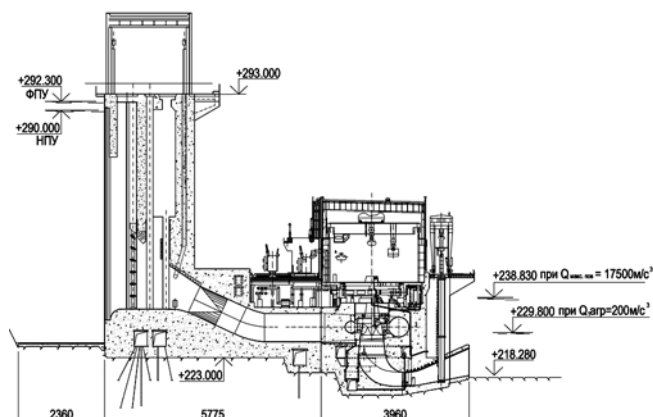


Рис. 3. Станционная плотина и здание ГЭС

год с отсыпкой суглинка понура непосредственно в воду. По результатам анализа выбран второй вариант как более экономичный и позволяющий выполнить работы в более короткий срок по сравнению с первым вариантом.

Поскольку вариант отсыпки в воду исключает зачистку основания плотины в русле реки, которое фрагментарно представлено слоем аллювия и имеет ряд тектонических трещин, специалистами комплексного отдела изысканий института были разработаны программа изыскательских работ до начала возведения временной плотины и программа наблюдений за фильтрационными процессами в основании временной земляной плотины в процессе ее эксплуатации. В случае проявления повышенной фильтрации в сжатые сроки потребуется выполнение цементационных работ в основании с гребня плотины. Учитывая короткий срок выполнения возможных цементационных работ, специалисты ОАО «Ленгидропроект» совместно с ООО «СПИИ Гидроспецпроект» заранее разработали рабочую документацию по цементации коренных пород в основании.

На сегодня работы по отсыпке суглинка понура в воду завершены и дальнейшее наращивание временной земляной плотины осуществляется в соответствии с графиком производства работ и до наполнения Усть-Среднеканского водохранилища. В сентябре 2012 г. временная земляная плотина должна быть выполнена в полном объеме.

**Пропуск весеннего ледохода.** Пропуск ледохода всегда является тревожным моментом в период строительства гидротехнических сооружений. В 2001 г. при ледоходе образовался ледяной затор в створе строящегося гидроузла, что привело к нерасчетному подъему уровня воды и затоплению котлована. Перед затоплением из котлована были выведены строительная техника и люди, поэтому ущерб был сведен к минимуму. После этого Ленгидропроект были разработаны мероприятия для предотвращения возможных заторов. Они заключались в упреждающих ледоход попусках из Колымского водохранилища, цель которых — размыть ледяной покров реки на участке между створами гидростанций и обеспечить свободный пропуск льда, поступающего из притоков Колымы. Сроки проведения попусков, их величина и скорость наращивания были обоснованы расчетами.



Рис. 4. Вид со смотровой площадки

Объем и расходы попусков должны были обеспечить размыв льда, но не допускать его взламывания. Для обеспечения описанной подготовки русла по расчету требовалось  $2 \text{ км}^3$  воды из водохранилища Колымской ГЭС, что в условиях приближающегося весеннего половодья не оказывало влияния на энергетические возможности гидроузла. После 2001 г. весенние половодья пропускались по методике Ленгидропроекта без образования заторов. Однако к половодью 2011 г. водохранилище Колымской ГЭС было опорожнено и располагало возможностью сбросить для промывки русла реки только  $1 \text{ км}^3$ .

В 2011 г. на оперативном пусковом штабе по строительству Усть-Среднеканской ГЭС перед Ленгидропроект была поставлена задача провести уточняющие расчеты по пропуску льда через отверстия водосброса размером  $6 \times 12 \text{ м}$ . Опасения заказчика были вызваны возможным перекрытием льдом отверстий, подъемом уровня воды верхнего бьефа и дальнейшим переливом воды через недостроенную временную земляную плотину. Ленгидропроект были выполнены дополнительные расчеты, по результатам которых уточнены мероприятия по промывке русла реки конкретно для данного случая.

Для организации, контроля и принятия оперативных решений в процессе реализации мероприятий по пропуску льда через сооружения Усть-Среднеканской ГЭС на площадку строительства выехала группа гидрологов института под руководством главного гидролога В. Е. Беликова. В результате успешно проведенной организации работ русло реки перед Усть-Среднеканской ГЭС было своевременно очищено ото льда и пропуск расходов весеннего паводка осуществлен без каких-либо негативных последствий.

Ввод гидроагрегатов № 1 и 2 на сменных рабочих колесах, предназначенных для работы на пониженных напорах от 24 до 46 м, намечен на IV квартал 2012 г. Ленгидропроект разработан и согласован с Заказчиком пусковой комплекс Усть-Среднеканской ГЭС, которому в настоящее время ведется строительство (рис. 4).



## Зарамагские ГЭС

Касаткин Н. В., главный специалист,

Коних Г. С., главный инженер проекта,

Петров В. В., начальник отдела (ОАО “Ленгидропроект”)

Расположенные в Республике Северная Осетия – Алания на р. Ардон Зарамагские ГЭС (рис. 1), состоящие из двух частей: головного узла, сооружений с Головной ГЭС (рис. 2) проектной мощностью 10 МВт и сооружения Зарамагской ГЭС-1 (установленной мощностью 342 МВт — являются первым, самым верхним элементом Ардонского каскада ГЭС.

Утвержденная Минэнерго СССР схема комплексного использования р. Ардон, разработанная в 1968 г., предусматривала строительство трех гидроэлектростанций: Зарамагской ГЭС-1 в составе головного гасительного узла (впоследствии в гасительный узел был интегрирован гидроагрегат и сооружение переименовано в Головную ГЭС) и ГЭС-1, Зарамагской ГЭС-2 и Унальской ГЭС.

История проектирования и строительства Зарамагских ГЭС началась, когда в 1975 г. было утверждено ТЭО объекта и в 1978 г. утвержден технический проект с открытием титула на строительство основных сооружений.

Первый этап строительства длился с конца 70-х до конца 80-х гг. XX в. Необходимо отметить особенности технического проекта, разработанного Армгидропроектом. Для гидроузла был выбран самый благоприятный в энергетическом отношении участок течения р. Ардон, на котором естественные уклоны русла максимальные и достигают приращения по высоте 36 м на 1 км длины. Реализация столь высокого уклона реки в энергетическом отношении заведомо выгодна с помощью деривационной схемы. В связи с резкокосогорным рельефом деривация возможна только туннельная. При этом рекордная длина туннельной деривации (14,2 км) была назначена ввиду ожидаемого расцвета технологии проходческих работ — внедрения механиз-

рованного способа проходки с помощью горнопроходческих комплексов. Полезная емкость водохранилища составляла (при отметке НПУ 1730 м и УМО 1690 м) 63 млн. м<sup>3</sup>, что благоприятно для зимних условий эксплуатации гидроузла из-за низких зимних расходов реки. Сочетание сравнительно невысокой плотины (70 м) с туннельной деривацией решало многие экологические проблемы, так как удалось запроектировать высоконапорный гидроузел (напор до 618 м) без создания сверхглубокого водохранилища. Энергетические параметры гидроузла были назначены с учетом существующей на тот момент обширной программы строительства атомных электростанций, т.е. Зарамагская ГЭС была запроектирована пиковой.

Однако реализация проекта на первом этапе столкнулась с некоторыми трудностями. Тем не менее, к 1990 г. была выполнена значительная часть строительного туннеля, вскрыт котлован БСР, осуществлена проходка деривационного туннеля (ДТ-2) с частичным возведением обделки.

Второй этап строительства (1990 – 1994 гг.) характеризуется как период стагнации. Строительство было полностью деморализовано нападками “зеленых”, отсутствием финансирования, разрушением всех звеньев управления. Окончательная дезорганизация управления проектом наступила с распадом СССР в конце 1991 г. В 1993 г. закончилась экологическая дискуссия вокруг объекта перепровержением проекта со снижением отметки НПУ на 40 м. В конце 1994 г. руководство РАО “ЕЭС России” предприняло ряд организационных мер по упорядочению управления строительством, в том числе функции генпроектировщика Армгидропроекта с 1995 г. были переданы ОАО “Ленгидропроект”. С этого момента начинается третий этап



Рис. 1. Схема расположения сооружений Зарамагских ГЭС



Рис. 2. Вид на сооружения головного узла

(1995 – 2000 гг.) — период стабилизации и подготовки к повторному развороту строительных работ.

Когда Ленгидропроект в 1995 г. стал генпроектировщиком Зарамагских ГЭС, перед специалистами института возник комплекс сложнейших задач по приведению проектных решений в соответствие с современными требованиями к гидроэлектростанциям без остановки строительства. Период долгостроя объекта оставил тяжелое наследие. Скальное основание многочисленных вскрытых выработок (открытых и подземных), подверженное природным воздействиям, интенсивно разрушалось. Необходимо было менять многие проектные решения в соответствии с рекомендациями экспертного заключения Минтопэнерго РФ по проекту 1993 г. Особого внимания заслуживала проблема повышения расчетной сейсмичности Кавказского региона и территории Северной Осетии, в частности.

Несмотря на то, что интенсификации проектных работ мешало крайне ограниченное их финансирование, специалисты Ленгидропроекта в кратчайшие сроки разработали принципиально важные для успешного развития строительства проектные решения:

- изменена конструкция верховой перемычки плотины на единственно реально выполнимую в условиях р. Ардон перемычку с экраном;

- оптимизирована система водосбросных сооружений путем введения холостого водовыпуска из энергетического туннеля № 1;

- изменена конфигурация в плане здания Головной ГЭС с тем, чтобы оно целиком располагалось на скале;

- укорочен деривационный туннель № 1, что, наряду с экономией, повысило его надежность. Водоприемник представлен на рис. 3;

- разработана конструкция грунтовой плотины, имеющая повышенную надежность при пропуске пиков паводка, возможных крупномасштабных склоновых процессах в зоне водохранилища и позволяющая ее наращивание в случае положительного решения о подъеме НПУ;

- с учетом опыта аварии на турбинном водоводе Шамбской ГЭС разработана новая конструкция подземных турбинных водоводов, исключающая повторение подобного инцидента.

Разработка принципиальных проектных решений сопровождалась выпуском рабочей документации, так что строительство всегда было обеспечено задельным пакетом рабочих чертежей и смет. Была организована группа рабочего проектирования (ГРП), укомплектованная специалистами, имеющими опыт работ в Дагестане на стройплощадках со сходными природными условиями.

В этот период под руководством Ленгидропроекта был сформирован круг научно-исследовательских и специализированных проектных организаций: ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева, ЦСГНЭО, Гидроспецпроект, СПКТБ “Ленгидросталь” и др., которые принимали участие в решении текущих, порой нестандартных вопросов строительства Зарамагских ГЭС.

Осложняло проектирование отсутствие на площадке строительства привычной изыскательской экспедиции Ленгидропроекта. Задачу получения необходимых материалов изысканий помогло решить сотрудничество между специалистами института и местными изыскательскими организациями, а также привлечение специализированных организаций из Санкт-Петербурга и Москвы.

В это же время непосредственно на площадке строительно-монтажные работы развивались крайне медленно, что было вызвано предельно ограниченным финансированием середины 90-х гг. Выполняемые объемы СМР были невелики; основными направлениями были формирование структур управления, повышение качества работ, повышение квалификации кадрового состава. Оставалась проблема сохранности вскрытых выемок.

Из заметных событий этого периода можно выделить перекрытие русла реки и перевод реки в строительный туннель. К началу 2000 г. строительство было готово к развороту, а нестандартные формы платежей (взаимозачеты, бартер) были изжиты усилиями руководства РАО “ЕЭС России”.

Четвертый этап (2001 – 2009 гг.) — это оживление строительства. При непосредственном участии Ленгидропроекта была выработана концепция РАО “ЕЭС России” опережающего пуска Головной ГЭС, поэтому львиная доля финансирования объекта направлялась на строительство сооружений головного узла. При этом до 2007 – 2009 гг. само финансирование было хотя и несколько выше, чем в предыдущие годы, но все же ограничено.

В этот период главными задачами Ленгидропроекта были обеспечение бесперебойного выпуска чертежей и смет по головному узлу и формирование задельного пакета рабочей документации по сооружениям ГЭС-1.

Низкое качество бетонных работ прежних лет стало первоочередной проблемой. Был разработан проект ремонта обделки строительного туннеля и





Рис. 3. Водоприемник Головной ГЭС

туннеля № 1. При проведении ремонта подтвердилась правильность проектного подхода Ленгидропроекта в необходимости второго водосброса (холостой водовыпуск из туннеля № 1), что позволило переключать расходы реки по мере необходимости работ в том или ином водосбросе. Еще одной задачей стало обеспечение долговечности бетонной отделки туннеля строительного водосброса. Из-за затянувшихся сроков строительства проектный срок службы водосброса был превышен более чем в 1,5 раза, возникла проблема абразивного износа бетона. Однако проектом была предусмотрена простая и эффективная мера борьбы с износом — устройство прилива из высокопрочного бетона по дну водосброса, которая полностью оправдала себя.

Реальное осуществление проекта часто требует внесения серьезных изменений в проект, так получилось и на головном узле. Уточненные данные по сочетанию гидрологических и геологических условий потребовали принципиального изменения конструкции входного оголовка эксплуатационного водосброса по проекту Армгидропроекта на наклонную башню с заглубленным под НПУ глубинным отверстием, что обеспечило устойчивость скального склона в целом, повысило устойчивость и управляемость водосброса (рис. 4). В самый напряженный пусковой период строительства основной состав ГРП был усилен командированными инженерами из Ленгидропроекта. Постоянно присутствующие на стройплощадке в предпусковой год специалисты института оказывали инжиниринговые услуги и совместно с техническими службами Зарамагских ГЭС контролировали процесс подготовки к вводу в эксплуатацию Головной ГЭС. В сентябре 2009 г. состоялся пуск гидроагрегата.

Необходимо отметить удачное проектное решение Ленгидропроекта по Головной ГЭС, когда на



Рис. 4. Строительно-эксплуатационный водосброс головного узла сооружений

период её изолированной работы (до пуска ГЭС-1) мощность Головной ГЭС была повышена вместо проектных 10 до 15 МВт. Этот результат достигнут простым решением — недостройкой порога водослива в русло реки за отсасывающей трубой гидроагрегата до проектной отметки, за счет чего расчетный напор на турбине возрастает в 1,5 раза.

Пятый этап (с 2009 г. и по настоящее время) можно назвать пиком работоспособности всех участников строительства Зарамагской ГЭС. Полностью сформированы структуры управления строительством. На строительстве работают опытные профессиональные подрядчики: ЧиркейГЭСстрой, “РУСЬ”, трест “Гидромонтаж”, Даггидроспецстрой, Кавказская тоннельностроительная компания и др. Нарботано взаимное доверие между участниками строительства, а также доверие руководства ОАО “РусГидро” к объекту.

Несмотря на то что достройка ГЭС-1 осуществляется в исключительно сложных инженерно-геологических и гидрологических условиях высокогорья, Ленгидропроекту удастся оперативно и эффективно решать возникающие задачи. Так, в декабре 2010 г. после вскрытия котлована бассейна суточного регулирования по геологическим причинам возникла необходимость принципиального изменения его конструкции. В кратчайшие сроки без остановки строительства была разработана новая концепция конструкции БСР, которая реализуется на основании вновь выпущенных рабочих чертежей.

Специалисты Ленгидропроекта продолжают выпускать рабочую проектную документацию, курировать научно-исследовательские организации, осуществлять авторский надзор и геологический инжиниринг. Пуск ГЭС-1 намечен на 2014 – 2015 г.г.



# Майнский гидроузел

Макаров А. Л., главный инженер проекта,

Мильцин В. Л., начальник отдела; Рябинцев А. Н., инженер (ОАО “Ленгидропроект”)

Приводятся основные направления разработки проекта комплексной реконструкции Майнского гидроузла.

**Ключевые слова:** реконструкция ГЭС, надежность и безопасность сооружений, пропуск расходов, дополнительный водосброс, Майнский гидроузел

Майнский гидроузел, входящий в состав Саяно-Шушенского гидроэнергетического комплекса, расположен на выходе из Саянских гор р. Енисея в Минусинскую котловину на 3,5 км выше пос. Майна, на расстоянии 22,1 км ниже створа Саяно-Шушенской ГЭС по течению реки (рис. 1). Гидроузел предназначен для перерегулирования расходов Саяно-Шушенской ГЭС и призван сгладить на нижележащем участке реки колебания расходов и уровней, вызванных суточной и недельной неравномерностью энергоотдачи Саяно-Шушенской ГЭС.

Генеральной проектной организацией Майнского гидроузла на протяжении уже многих лет является Ленгидропроект. Проект Майнского гидроузла выполнен в 1974–1978 гг., строительство велось в 1978–1985 гг. Гидроузел сдан в эксплуатацию в составе Саяно-Шушенского гидроэнергетического комплекса в 2000 г.

За годы эксплуатации выявились следующие особенности работы Майнского гидроузла:

из-за отсутствия защитных сооружений пос. Черемушки (предусмотренных первоначальным проектом) было принято решение о снижении утвержденной техническим проектом отметки НПУ 326,0 м Майнского водохранилища до отметки 324,0 м и введены специальные правила на случай пропуска паводков обеспеченностью 0,01 и 0,001 %. Это понизило выработку электроэнергии на ГЭС, уменьшило полезную емкость водохранилища и, соответственно, его способность по перерегулированию речного стока;

на Майнской ГЭС установлены гидротурбины типа ПЛ 20/811-В-1000, рабочие колеса которых осна-

щены механизмом разворота лопастей “экологически чистого” типа, без использования масляной смазки подшипников цапф лопастей. Опыт эксплуатации подобных гидротурбин как на Майнской, так и на некоторых других ГЭС показал ненадежную работу механизма разворота, выражающуюся в частом заклинивании лопастей с последующим трудоемким ремонтом. В результате было принято решение перевести гидротурбины в пропеллерный режим, зафиксировав лопасти в определенном положении, тем самым исключив из работы механизм разворота. Угол разворота был выбран из условия максимального КПД и минимальных вибраций гидротурбины. Располагаемая мощность ГЭС после перевода в пропеллерный режим составила 249 МВт против 321 МВт в проектном варианте;

для предотвращения зимних подтоплений ряда населенных пунктов в нижнем бьефе Саяно-Шушенского комплекса до полного выполнения их защитных сооружений (предусмотренных в первоначальном проекте) через поверхностный водосброс Майнского гидроузла с ноября по май пропускаются расходы 1200–1450 м<sup>3</sup>/с. Льдообразование на гидромеханическом оборудовании и конструкциях водосбросной части плотины приводит к нештатным условиям работы в зимний период.

В связи с длительным сроком эксплуатации и сложившимся неоптимальным режимом работы Майнского гидроузла, а также появлением новой нормативной базы, диктующей более жесткие требования к безопасности гидроузла, ОАО “РусГидро” принял решение о проведении его комплексной реконструкции.

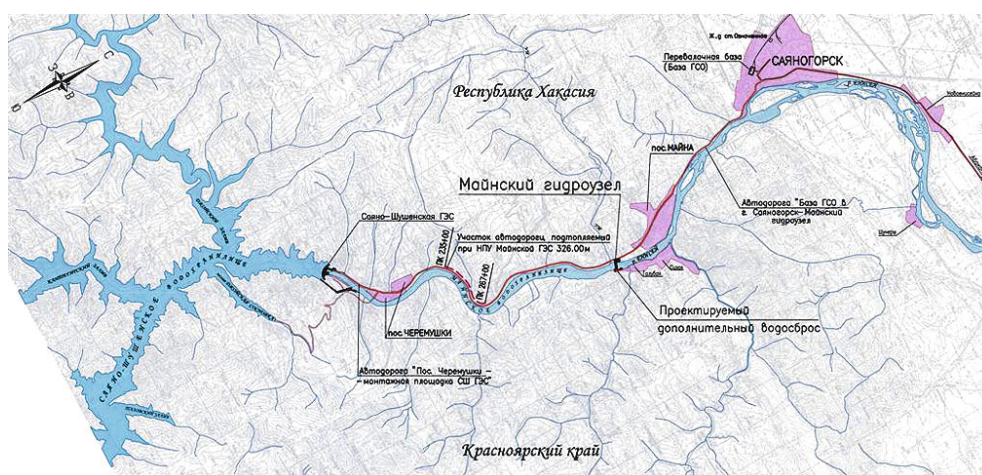


Рис. 1. Ситуационная схема

В июне 2011 г. Ленгидропроект, имеющий огромный опыт проектных работ в области реконструкции гидротехнических сооружений, приступил к разработке проектной документации для комплексной реконструкции Майнского гидроузла. Основными целями разработки проекта комплексной реконструкции являются:

приведение сооружений в соответствие с действующей нормативной базой и повышение безопасности эксплуатации;

увеличение энергоотдачи;

оптимизация использования водноэнергетического потенциала.

С июня 2011 по апрель 2012 г. ОАО “Ленгидропроект” обследовало оборудование, строительные конструкции и сооружения Майнского гидроузла. В ноябре 2011 г. ОАО “Ленгидропроект” выполнило технико-экономический расчет обоснования целесообразности повышения отметки НПУ водохранилища Майнского гидроузла, в котором на основании тщательных водохозяйственных и энергетических расчетов сделало вывод о целесообразности сохранения НПУ на отметке 324,0 м. В апреле 2012 г. это решение было одобрено на НТС филиала ОАО “РусГидро” — “Саяно-Шушенская ГЭС имени П. С. Непорожного”.

В составе разрабатываемой проектной документации для комплексной реконструкции была создана электронная 3D модель действующего Майнского гидроузла на основе лазерного сканирования.

Особое внимание уделено решению по повышению пропускной способности гидроузла путем строительства дополнительного водосброса. Действующий и проектируемый дополнительный водосброс (без учета пропускной способности ГЭС) должны обеспечить пропуск следующих расходов:

поверочного зарегулированного расхода  $Q_{0,01+г.п.} = 13\ 300\ \text{м}^3/\text{с}$  при отметке ФПУ 326,7 м;

расчетного расхода  $Q_{0,1\%} = 7000\ \text{м}^3/\text{с}$  при отметке верхнего бьефа 322,0 м в створе гидроузла, принятого из условий неподтопления пос. Черемушки.

Кроме того, в зимний период дополнительный водосброс будет иметь возможность пропуска расходов при УМО 319,0 м под минимальный уровень нижнего бьефа 306,5 м.

В проекте комплексной реконструкции Майнского гидроузла рассмотрено два принципиально возможных варианта дополнительного водосброса:

с дополнительным водосбросом в русле;

с дополнительным туннельным водосбросом (рис. 2).

При сопоставлении двух вариантов ОАО “Ленгидропроект” остановилось на дополнительном туннельном водосбросе как на наиболее надежном и наиболее удобно возводимом сооружении.

Общее количество отверстий определено из условия пропуска расхода  $2100\ \text{м}^3/\text{с}$  по подводящему каналу с порогом на отметке 316,0 м при УМО 319,0 м.

Подвод воды от входного блока к магистральному туннелю осуществляется по туннелю с коленом под

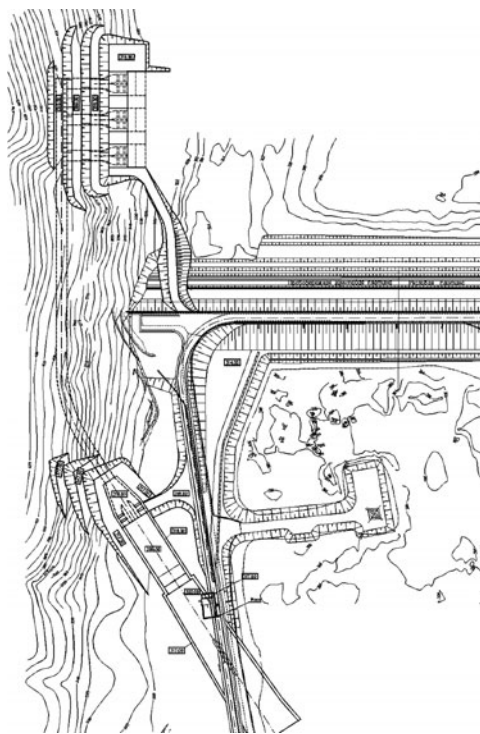


Рис. 2. Дополнительный туннельный водосброс

45° и с перепадом отметок: 316,0 м на входе в водозабор и 304,0 м на входе в магистральный туннель.

Магистральный туннель работает в напорном режиме. Сечение туннеля  $12 \times 14\ \text{м}^2$ , длина 450 м. Выбранное поперечное сечение туннеля позволяет использовать опалубку горнопроходческого комплекса, примененного на строительстве берегового водосброса Саяно-Шушенской ГЭС. Толщина бетонной облицовки туннеля 1 м.

На входных оголовках предусмотрена установка аварийно-ремонтных и ремонтных затворов, перекрывающих отверстия  $8 \times 10\ \text{м}^2$  с отметки порога 316,0 м.

На выходном портале магистрального туннеля предусматривается установка основных и аварийно-ремонтных затворов, перекрывающих отверстия  $7 \times 7\ \text{м}^2$  с отметки порога 297,5 м.

Все предлагаемые ОАО “Ленгидропроект” варианты дополнительного водосброса не только повысят пропускную способность, но и, благодаря своим конструктивным особенностям, позволят осуществлять холостые сбросы в зимний период года.

Разрабатываемая проектная документация комплексной реконструкции Майнского гидроузла полностью соответствует технической политике ОАО “РусГидро”. Полученный ОАО “Ленгидропроект” опыт в ходе разработки проекта комплексной реконструкции Майнского гидроузла будет применен на других гидротехнических сооружениях.



## Организация проектных работ по восстановлению Саяно-Шушенской ГЭС

Юркевич Б. Н., первый зам. генерального директора —  
главный инженер, кандидат техн. наук,

Быков Д. С., главный инженер проекта, Васильев А. В., главный инженер проекта,  
Киселёв В. Н., зам. главного инженера (ОАО “Ленгидропроект”)

Приведена организация всего комплекса проектных работ по восстановлению Саяно-Шушенской ГЭС в хронологическом порядке.

**Ключевые слова:** Саяно-Шушенская ГЭС, восстановительные работы, проектная и рабочая документация, авторский надзор, отдел рабочего проектирования, Ростехнадзор, МЧС, машзал, монтажная площадка, гидроагрегат.

17 августа 2009 г. на Саяно-Шушенской ГЭС в результате срыва крышки турбины гидроагрегата № 2 произошла авария. В момент аварии в работе находилось девять гидроагрегатов (ГА-6 находился в резерве). В результате аварии серьёзно пострадали здание ГЭС и основное гидроэнергетическое оборудование (рис. 1).

разрушены строительные конструкции перекрытия в зоне гидроагрегатов (ГА) № 2, 7–9 и верхнее строение машинного зала гидроагрегатов № 1–4;

повреждены однофазные трансформаторы энергоблоков 1 и 2;

затоплены все помещения здания ГЭС и монтажной площадки с отметки машзала и ниже, цокольный и подвальные этажи СТК-А и СТК-Б;

вышли из строя всё электротехническое оборудование и системы управления;

наблюдалось значительное растекание масла в нижнем бьефе гидроузла.

17 августа 2009 г. с первым рейсом МЧС на Саяно-Шушенскую ГЭС для оценки обстановки и выработки первоочередных решений на месте прибыли генеральный директор ОАО “Ленгидропро-

ект” Воскресенский С. М. и заместитель генерального директора, первый заместитель главного инженера ОАО “Ленгидропроект” Соловьёв А. Н. Уже в первый день пребывания были приняты решения о создании отдела рабочего проектирования на СШГЭС и мобильной инженерной группы из числа ведущих специалистов Ленгидропроекта.

19 августа 2009 г. оперативно сформированная мобильная инженерная группа Ленгидропроекта в составе: Воскресенский С. М., Юркевич Б. Н., Соловьёв А. Н., Стоцкий А. Д., Киселёв В. Н., Корныльев Л. А., Быков Д. С. — сходу включилась в работу по организации и выполнению первоочередных проектных работ, обследованию состояния конструкций и оборудования здания ГЭС и монтажной площадки (рис. 2). На оперативных совещаниях группы, проходивших под руководством Воскресенского С. М. был определен круг первоочередных и перспективных задач по ликвидации последствий аварии и восстановлению СШГЭС, определены основные методы их решения и сроки реализации, произведена экспертная оценка стоимости восстановительных работ.

Специалисты ОАО “Ленгидропроект” Юркевич Б. Н., Корныльев Л. А., Стоцкий А. Д. принимали участие в работе комиссии Ростехнадзора и МЧС по обследованию состояния разрушенного гидроагрегата № 2, авария которого привела к катастрофическим последствиям для здания ГЭС. Часть из этих специалистов вошла в состав экспертной группы, созданной Ростехнадзором для определения причин аварии и их анализа.

Одновременно приказом ОАО “Ленгидропроект” был организован отдел рабочего проектирования и создан штаб ОАО “Ленгидропроект” по установлению причин аварии, организации и контролю разработки проектно-испытательской документации для ликвидации последствий аварии и восстановления Саяно-Шушенской ГЭС во главе с первым заместителем генерального директора — главным инженером Юркевичем Б. Н. Соответствующе-



**Рис. 1.** Разрушенный машинный зал Саяно-Шушенской ГЭС (17 августа 2009 г.)





**Рис. 2.** Мобильная рабочая группа проводит совещание на площадке Саяно-Шушенской ГЭС (19 августа 2009 г.)

шими приказами ОАО «Ленгидропроект» были также назначены Васильев А. В. — заместителем главного инженера Ленгидропроекта по восстановлению СШГЭС и Быков Д. С. — главным инженером проекта восстановления СШГЭС.

Организация всего комплекса восстановительных работ на начальном этапе, в том числе и выпуск проектно-сметной документации, постоянно находилась под контролем МЧС, Минэнерго, РусГидро и других вышестоящих организаций. Это достигалось путём участия руководящего состава ОАО «Ленгидропроект» в работе штабов различного уровня и обязательной отчётности по выполнению их решений.

Придавая большое значение своевременному выпуску технической документации, 22 августа 2009 г. министр Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС) Шойгу С. К. лично ознакомился с работой отдела рабочего проектирования, провел совещание со специалистами Ленгидропроекта в пос. Черёмушки и отметил их оперативную работу (рис. 3).

К 23 августа 2009 г. из Санкт-Петербурга прибыла большая группа специалистов Ленгидропроекта для выпуска первоочередной рабочей документации по обеспечению безопасного ведения аварийно-восстановительных работ в машинном зале СШГЭС, подготовке мероприятий, связанных с пропуском воды через водосброс в зимних условиях. Работа проектировщиков была организована по вахтовому методу с осуществлением ротации специалистов в соответствии с графиком командирования. Средний срок пребывания специалистов на площадке СШГЭС составлял 1,5 – 2 месяца.

Для организации проектных работ на месте, координации работы отделов Ленгидропроекта в за-



**Рис. 3.** Министр МЧС РФ Шойгу С. К. в отделе рабочего проектирования ОАО «Ленгидропроект» (19 августа 2009 г, п. Черёмушки)

висимости от ситуации, складывающейся на площадке СШГЭС, для контроля выполнения решений штабов различного уровня был разработан график командировок представителей руководства Ленгидропроекта на СШГЭС по вахтовому методу. С учётом того, что работа на станции велась круглосуточно и без выходных, командированным на площадку СШГЭС представителям руководства Ленгидропроекта зачастую приходилось работать по 15 – 16 часов в сутки.

В период наиболее напряжённой работы восстановления и ввода первоочередных гидроагрегатов № 6 и 5 на СШГЭС находились: заместитель главного инженера Ленгидропроекта по восстановлению СШГЭС Васильев А. В., начальник отдела организации строительства и архитектуры Киселёв В. Н., начальник отдела объектов Дальнего Востока и Сибири Мильцин В. Л., начальник отдела рабочего проектирования на строительстве Бурейской ГЭС Макаров А. Л. и др.

Следует отметить, что в процессе восстановления СШГЭС на первых этапах выполнения проектных работ на объекте от Ленгидропроекта в разные периоды работали практически все сотрудники института, значительная часть которых — молодые специалисты. Приобретённый ими опыт организации и ведения проектных и строительно-монтажных работ в экстремальных условиях чрезвычайной ситуации на сооружениях и оборудовании, в предельно сжатые сроки восстановительных работ бесценен.

На начальных этапах восстановления и ликвидации последствий аварии на СШГЭС в наибольшей степени отличились следующие сотрудники Ленгидропроекта: Агеев В. М., Антонов А. А., Бобков С. Ф., Быков-Выговский А. Д., Гара В. С., Гороховский В. А., Дегтярев О. М., Шитов В. И., Иванова Г. Е., Ибраев А. В., Куренкова Е. Ф., Мильцин В. Л., Моденов Н. В., Натальина Н. Г., Пашенных Н. М., Рябинцев А. Н., Семёко Г. А., Тихо-

миров А. А., Улумбеков В. Н., Турунин В. И., Тяркина Т. Л., Щипанова М. В., Челнокова В. Л., Юлинская Т. В., Вышенкова О. Д., Ильинская А. И.

Для обеспечения ускорения работ по разработке проектно-сметной документации, ведению авторского надзора на завершающем этапе строительного-монтажных работ и досрочному вводу в эксплуатацию берегового водосброса СШГЭС генеральным директором ОАО “Ленгидропроект” было принято решение о принятии на работу в отдел рабочего проектирования Ленгидропроекта большой группы специалистов из местного подразделения ООО “Комплексная изыскательская экспедиция № 13”. Начальником вновь созданного обособленного подразделения — отдела рабочего проектирования ОАО “Ленгидропроект” на СШГЭС был назначен Шабанов Е. Е., главным инженером — Ибраев А. В. (в настоящее время главный инженер ОП ОРП Ленгидропроекта — Изотов В. И.)

Несмотря на большие сложности с обеспечением производственными помещениями для размещения сотрудников, часть специалистов удалось разместить непосредственно на СШГЭС. Помощь в обеспечении необходимым оборудованием оказал филиал ОАО “РусГидро” — “Саяно-Шушенская ГЭС имени П. С. Непорожного”. Часть специалистов разместились в административном здании в пос. Черемушки.

Для создания производственных условий, а также нормализации быта командированных специалистов на Саяно-Шушенскую ГЭС была направлена группа работников Ленгидропроекта: Екимов Ю. Ф., Янушевич С. В., Токарев Д. В. и Фомищев П. В. За короткое время за счёт средств института были заключены договора аренды жилых помещений, приобретены необходимая мебель и бытовая утварь. В служебных помещениях отдела рабочего проектирования в пос. Черёмушки была установлена необходимая компьютерная и множительная техника, устроена локальная компьютерная сеть с выходом в Интернет. Эти работы были проведены под руководством и контролем (с выездом на площадку СШГЭС) исполнительного директора ОАО “Ленгидропроект” Васильева А. В.

Отношения с заказчиком строились на договорной основе. Первым был заключён договор на разработку рабочей документации по обеспечению ввода первоочередных восстановленных гидроагрегатов № 6 – 3 в директивные сроки и проектной документации комплексного восстановления СШГЭС. Во вторую очередь был заключён договор на разработку рабочей документации по вводу десяти новых гидроагрегатов станции по постоянной схеме к концу 2014 г. Также на договорной основе Ленгидропроект осуществляет авторский надзор за ведением строительного-монтажных работ и качеством

их выполнения на всех этапах восстановления СШГЭС. Контроль за заключением договоров по восстановлению СШГЭС и ходом их выполнения на всех этапах разработки технической документации осуществлял заместитель генерального директора по организации проектно-изыскательских работ Танхилевич Ю. В.

Работа ОАО “Ленгидропроект” по разработке технической документации ведётся по различным направлениям и организована в несколько этапов.

На первом этапе (разбор завалов и первоочередные аварийно-восстановительные работы) были выполнены:

- разработка рабочей документации питания СН ГЭС по временной схеме, схемы электроснабжения зоны восстановительных работ;

- с целью выяснения потенциально опасных участков производилось предварительное визуальное и выборочное инструментальное обследование конструкций и основного оборудования с привлечением специализированных организаций и составлением дефектных ведомостей, выдача оперативных проектных решений по усилению или ограничению нагрузок строительных конструкций для немедленного выполнения на месте;

- выдача проектных решений для обеспечения безопасной работы спасателей МЧС по разбору завалов;

- разработка зимних мероприятий, связанных с пропуском воды через водосброс плотины;

- составление графиков разработки рабочей документации для обеспечения ввода первоочередных гидроагрегатов станции по временной схеме и детального инструментального обследования.

На втором этапе восстановительных работ были выполнены:

- разработка основных технических решений и технических заданий для восстановления гидроагрегатов № 6 – 3 (по временной схеме);

- рабочая документация восстановления СН переменного и постоянного тока на период временной эксплуатации;

- разработка пусковых комплексов гидроагрегатов № 6, 5 и 4, 3;

- разработка заказных спецификаций и заданий заводу на изготовление нестандартизированного оборудования для восстанавливаемых гидроагрегатов;

- разработка рабочей проектно-сметной документации для обеспечения ввода восстановленных гидроагрегатов СШГЭС (№ 6 – 3) по временной схеме;

- разработка проектной документации проекта комплексного восстановления Саяно-Шушенской ГЭС;

работы по детальному обследованию конструкций и оборудования здания ГЭС и водопроводящего тракта с привлечением специализированных организаций;

поверочные расчеты прочности и устойчивости агрегатного блока;

реновация инженерных изысканий в скальном основании здания ГЭС для использования в проектной документации и гидрологические работы в нижнем бьефе гидроэнергокомплекса;

разработка “Временных правил использования водных ресурсов водохранилищ Саяно-Шушенского гидроэнергокомплекса на р. Енисей”;

разработка деклараций безопасности гидротехнических сооружений и берегового водосброса СШГЭС;

завершение разработки проектно-сметной документации и пускового комплекса берегового водосброса СШГЭС;

транспортная схема доставки негабаритного и тяжеловесного оборудования.

На третьем этапе восстановительных работ были выполнены:

корректировка графиков выдачи рабочей документации в связи с завершением разработки проектной документации и прохождением экспертизы в ФГУ “Главгосэкспертиза России” технической части проекта и проверки достоверности определения сметной стоимости;

разработка рабочей проектно-сметной документации для обеспечения ввода агрегатов СШГЭС по постоянной схеме.

На всех этапах производства строительно-монтажных работ специалистами Ленгидропроекта параллельно с выпуском проектно-сметной документации осуществлялся авторский надзор за ходом и качеством восстановительных работ.

В период разборки завалов в очень сложных условиях специалистами ОАО “Ленгидропроект” (Дегтярёв О. М., Дорогов В. И., Быков-Выговский А. Д.) были проведены первоочередные визуальные обследования состояния строительных конструкций и шатра машзала с составлением дефектных ведомостей и фотофиксацией.

Большую помощь в обследовании несущих конструкций шатра машзала МАРХИ оказал их автор — Файбишенко В. К., который оперативно разработал предложения по ремонту и восстановлению конструкций машзала. В течение четырех дней была разработана необходимая техническая документация и выдана на завод в г. Нижний Новгород для изготовления и поставки. Благодаря оперативной работе проектировщиков, завода-изготовителя и монтажников шатер машзала СШГЭС был смонтирован в установленные сроки до наступления холодов.

При ведении восстановительных работ в первые дни ликвидации последствий аварии специалистами Ленгидропроекта был предложен ряд нетиповых решений, направленных на обеспечение безопасности производства работ по разборке завалов силами МЧС и сокращение сроков восстановительных работ.

Особенно следует отметить восстановление секции шатра машзала над гидроагрегатом № 1. Секция несущей конструкции кровли типа МАРХИ находилась в аварийном состоянии – Ростехнадзор выдал предписание о запрете работ на ней до ликвидации аварийного состояния. По предложению специалистов ОАО “Ленгидропроект” было принято нестандартное решение по выполнению требования Ростехнадзора: полукозловой кран машзала был установлен под аварийную секцию, рабочие занесли брус на площадку крана и, уложив их на барабаны лебедок, обеспечили дополнительные опоры, при наличии которых можно было производить ремонтные работы.

Для обеспечения дополнительного фронта работ при вывозе разрушенных строительных конструкций и оборудования, а также доставке необходимых строительных материалов и негабаритной строительной техники в зону обслуживания крана машзала в торцевой железобетонной монолитной стене толщиной 800 мм с помощью канатных пил был вырезан проем размером 3,6 × 4,2 м и устроены ворота. В целях въезда автомобилей в зону действия крана машзала по проекту ОАО “Ленгидропроект” была построена эстакада.

Специалистами ОАО “Ленгидропроект” был разработан проект организации работ, который включал календарный график ведения ремонтно-восстановительных работ, стройгенплан и план машзала и монтажной площадки с зонированием перекрытий по допустимым нагрузкам.

В этот же период возникла необходимость решения задачи восстановления работоспособности крановой эстакады, получившей серьезные разрушения в зоне гидроагрегата № 2. Были выполнены необходимые геодезические измерения с целью определения возможных отклонений конструкции эстакады и подкранового пути, взяты пробы арматуры в растянутой зоне. По результатам анализа проб выполнен проект восстановления.

Инструментальные обследования состояния строительных конструкций в связи с огромным фронтом работ и предельно сжатыми сроками выполняли сразу несколько организаций: НИИЖБ им. А. А. Гвоздева (железобетонные строительные конструкции), ОАО “ВНИИГ им. Б. Е. Веденева” (массивные железобетонные конструкции и напорные трубопроводы), ООО “Виктория” и ЗАО “Проектстальконструкция” (металлические конструк-





**Рис. 4.** Обледенение водосбросной части плотины и эстакады Саяно-Шушенской ГЭС при работе в зимних условиях (12 января 2010 г.)

ции). Работы выполнялись по согласованным с ОАО «Ленгидропроект» техническим заданиям.

На аварийных гидроагрегатах № 2, 7 и 9 по заданию Ленгидропроекта ООО «Навгеоком» провёл трехмерное лазерное сканирование конструкций и оборудования. Полученная трехмерная модель аварийного гидроагрегата № 2 позволила определить центр тяжести аварийного агрегата и выполнить проект производства его демонтажа.

Одной из самых сложных задач был пропуск воды через эксплуатационный водосброс в зимних условиях. Ленгидропроекту было поручено разработать зимние мероприятия, обеспечивающие безаварийную работу водосброса Саяно-Шушенской ГЭС в условиях отрицательных температур. Специалисты института под руководством заместителя начальника отдела по организации строительства и архитектуре Моденова Н. В. разработали прогноз льдообразования на отдельных частях сооружения и мероприятия по борьбе с ним и, как показала практика, прогнозы полностью были подтверждены жизнью. Так, интенсивное льдообразование на кровле машзала прогнозировалось с ГА-10 по ГА-6, что было учтено в проекте обогрева кровли и подтвердилось на практике. Прогнозировалось и получило подтверждение обледенение верха пера раздельного устоя, эстакады над водобойным колодцем. (рис. 4).

На основе прогноза льдообразования ОАО «Ленгидропроект» с привлечением субподрядной организации разработало мероприятия по обогреву кровли; были подобраны экологически чистые материалы для борьбы со льдом, выполнены теплотехнические расчеты и проведено утепление аэрационных отверстий в плотине. Следует отметить, что заказчик в лице филиала ОАО «РусГидро» — «Саяно-Шушенская ГЭС имени П. С. Непорожнего» и подрядные организации давали ценные предложения по борьбе со льдом.

При подготовке материалов проектной документации комплексного восстановления СШГЭС потребовалось выполнение реновации изысканий. Так, в период 2009 – 2011 гг. были проведены гидрологические работы (Алексеев А. С., Лочаков Р. В., Астафьев И. В.) и геологические изыскания (Гурина С. В., Баскова Е. В. и Лисянская О. А.). Общий контроль выполнения изыскательских работ осуществляли Толмачева Е. А., Беликов В. Е. и Кунцевич С. П. под руководством начальника комплексного отдела изысканий Комарова Ю. С.

Специалисты Ленгидропроекта под руководством главного специалиста Бобкова С. Ф. выполнили значительный объём водохозяйственных расчетов и дали предложение по работе всех водосливных отверстий с учётом их открытия на половину 1-й ступени. ОАО «Трест Гидромонтаж» оперативно разработал проект реконструкции затворов и выполнил монтажные работы. Это позволило создать условия для щадящего режима эксплуатации водобойного колодца без зимнего маневрирования, обеспечить нормальные условия для выработки электроэнергии на Майнском гидроузле в условиях дефицита электроэнергии в энергосистеме Сибири в зимний период 2009 – 2010 гг.

Состояние водобойного колодца, который практически не получил разрушений, несмотря на рекордное число часов работы, после его обследования в 2010 г. подтвердило правильность принятых решений по обеспечению его безаварийной работы.

В это же время под руководством начальников отделов Ленгидропроекта Мильцина В. Л., Булина А. Г., Корныльева Л. А., Киселёва В. Н. были составлены графики разработки проектной и рабочей документации по восстановлению СШГЭС и пересмотрен календарный график выпуска рабочей документации по береговому водосбросу в связи с принятым Минэнерго России решением по ускорению его ввода в эксплуатацию.

Разработка рабочей документации пусковых комплексов гидроагрегатов № 6 – 5 и 4 – 3 и проектной документации комплексного восстановления СШГЭС, проходившая под руководством главного инженера проекта восстановления СШГЭС Быкова Д. С., потребовала полной мобилизации сотрудников ОАО «Ленгидропроект» (отзыв из отпусков, продленный рабочий день, работа в выходные и праздничные дни).

Ко второму этапу был сформирован директивный график работ по восстановлению, в котором решением оперативного штаба Минэнерго России по координации работ, проводимых в целях ликвидации последствий аварии и восстановления Саяно-Шушенской ГЭС, были определены сроки ввода агрегатов и разработки проектной документации. Времени практически не было, учитывая слож-

ность, новизну и уникальность поставленной перед Ленгидропроектом задачи, а также необходимость параллельно вести выпуск рабочей документации, обеспечивающей ввод гидроагрегатов № 6 и 5 по временной схеме.

Контроль за вводом первоочередных гидроагрегатов осуществлялся руководством ОАО “РусГидро”, Минэнерго и лично заместителем председателя правительства Российской Федерации Сечиным И. И. (рис. 5).

В кратчайшие сроки институт разработал и передал заказчику рабочую документацию пусковых комплексов гидроагрегатов № 6 – 5 и 4 – 3, ввод которых по временной схеме исключал необходимость зимней эксплуатации водосброса и в значительной мере снижал дефицит электроэнергии в регионе. Большая работа по подготовке, сбору материалов и выпуску пусковых комплексов была выполнена под руководством Борзунова В. В.

В ходе разработки проектной документации были приняты объемно-планировочные и технологические решения с учётом рекомендаций Ростехнадзора, приведённых в Акте технического расследования причин аварии, произошедшей 17 августа 2009 г. в филиале ОАО “РусГидро” — “Саяно-Шушенская ГЭС имени П. С. Непорожного”.

Для обоснования принятых в период восстановительных работ технических решений в Ленгидропроекте под руководством начальника отдела расчётных обоснований, кандидата техн. наук Козинца Г. Л. и заместителя начальника отдела, кандидата техн. наук Вульфовича Н. А. был выполнен большой объём поверочных расчётов по проверке несущей способности конструкций здания ГЭС. Принимая во внимание непроектные условия эксплуатации плотины СШГЭС в зиму 2009 – 2010 гг., специалисты выполнили значительный объём расчётов по оценке напряжённо-деформированного состояния плотины с учётом данных натурных наблюдений и прогнозу её состояния на последующих этапах эксплуатации.

Под руководством заместителя главного инженера по технологическому оборудованию Стоцкого А. Д. были разработаны специальные технические условия (СТУ) на проектирование технологической части СШГЭС, устанавливающие требования в части обеспечения надежности и безопасности работы технологического оборудования в аварийных ситуациях, в связи с недостаточностью таких требований в действующей нормативной базе федерального значения. При разработке СТУ учтены рекомендации и мероприятия, содержащиеся



Рис. 5. Обсуждение с Сечиным И. И. архитектурной части проекта машинного зала Саяно-Шушенской ГЭС

ся в Акте “Ростехнадзора” о техническом расследовании причин аварии на СШГЭС 17 августа 2009 г. СТУ прошли экспертизу НТЦ “Промбезопасность” и были утверждены в Министерстве регионального развития Российской Федерации.

В результате разработки сметной документации пусковых комплексов и проектной документации комплексного восстановления СШГЭС специалистами Ленгидропроекта обоснована стоимость работ по ликвидации последствий аварии и по восстановлению. Активное участие в этом принимали работники сметного отдела Александрова О. В., Кожанова В. Б, Никулина Л. Е. под руководством начальника отдела Илюхина Ю. С.

В рамках проектной документации также разработана схема доставки негабаритных и тяжеловесных грузов, которая была рассмотрена на совещании при заместителе министра транспорта РФ Лямова Н. С. и утверждена в предложенном Ленгидропроектом виде.

На третьем этапе были завершены работы по выполнению проектной документации, сдаче проектной документации на экспертизу в ФГУ “Главгосэкспертиза России”, прохождению экспертизы и снятию замечаний экспертов, получению положительного заключения.

В настоящее время ОАО “Ленгидропроект” работает над выпуском рабочей документации по вводу гидроагрегатов СШГЭС по постоянной схеме.

Ход выполнения проектных работ по обеспечению рабочей и проектной документацией восстановления Саяно-Шушенской ГЭС на всех этапах продемонстрировал высокий профессионализм руководства и коллектива ОАО “Ленгидропроект” и умение эффективно вести работы в критической ситуации на пределе возможностей.

# Проектирование электротехнической части гидроэлектростанций

Булин А. Г., начальник отдела;

Стоцкий А. Д., зам. главного инженера (ОАО “Ленгидропроект”)

Обобщен опыт проектирования в ОАО “Ленгидропроект” электрической части ГЭС. Приведены технические решения при создании и применении электротехнического оборудования гидрогенераторов, генераторных выключателей, высоковольтного оборудования, комплектных элегазовых распределительных устройств — КРУЭ 110 – 500 кВ, кабелей высокого напряжения, средств АСУТП и защиты.

**Ключевые слова:** гидрогенератор, система возбуждения, выключатель, высоковольтный кабель, комплектное элегазовое распределительное устройство – КРУЭ, средства управления и защиты.

В комплексных проектах гидроэнергетических объектов, разрабатываемых ОАО “Ленгидропроект”, значительное место занимает разработка электротехнической части. Ленгидропроект имеет большой опыт проектирования генераторного и электротехнического оборудования для гидроэлектростанций разной мощности — от малых ГЭС до таких мощных, как Красноярская и Саяно-Шушенская, — и располагает необходимым для проведения этих работ составом квалифицированных специалистов.

На всех гидроэлектростанциях, построенных по проектам Ленгидропроекта, особенно с начала 1950-х гг., в период интенсивного развития гидроэнергетики, установлены гидрогенераторы отечественного производства. Сегодня ведущими российскими заводами — изготовителями гидрогенераторов являются “Электросила” (ОАО “Силовые машины”, г. Санкт-Петербург), НПО “ЭЛСИБ” (г. Новосибирск), ПО “ЛЭЗ” (г. Санкт-Петербург), “Привод — АЗТПА” (г. Лысьва). При разработке проектов Ленгидропроект тесно сотрудничает с указанными заводами и стремится сделать выбор как генераторного оборудования, так и гидроагрегата в целом оптимальным и отвечающим требованиям максимальной эффективности конкретных ГЭС.

На строящихся в настоящее время пусковых объектах, проекты которых разрабатывает Ленгидропроект, устанавливаются гидрогенераторы: на Усть-Среднеканской ГЭС — типа СВ 1260/153 – 60 УХЛ4, поставка которых выполнена ОАО “Силовые машины” — филиалом “Электросила” с параметрами 167,65/142,50 МВА/МВт, 100 об/мин, 15,75 кВ; на Зарамагской ГЭС-1 — типа СВ 685/243 – 20 УХЛ4 завода “ЭЛСИБ” с параметрами 203,5/173 МВА/МВт, 300 об/мин, 15,75 кВ; на Гочатлинской ГЭС — типа СВ 40/140 – 30 УХЛ4 изготовителя “Привод АЗТПА” с параметрами 58,82/50 МВА/МВт, 200 об/мин, 10,5 кВ.

В рамках реконструкции и техпереворужения успешно идет замена гидроагрегатов (с генераторами типа СВ 800/95 – 60 УХЛ4, 35/31,5 МВА/МВт, 100 об/мин, 10,5 кВ) на Лесогорской и Светогорской гидроэлектростанциях каскада Вуоксинских

ГЭС, комплексную поставку которых выполняет ОАО “Силовые машины”, включая системы управления и контроля.

Участвуя в восстановлении Саяно-Шушенской ГЭС после аварии 2009 г., ОАО “Силовые машины” разработало и изготовило новый гидроагрегат со значительно улучшенными характеристиками, а также новую автоматизированную систему управления АСУТП. К концу 2012 г. на Саяно-Шушенской ГЭС должны быть введены в работу четыре новых гидроагрегата.

В последние годы выбор изготовителя гидрогенераторов производится на конкурсной основе с проведением торгов. Участие в торгах как отечественных, так и зарубежных производителей гидрогенераторов создает здоровую конкуренцию в борьбе за заказы. В итоге побеждают те производители, которые смогли не только предложить надежную и простую в эксплуатации конструкцию гидрогенератора, выполненную с применением новых материалов и современных технологий, но и обеспечить лучшие значения параметров, а также больший срок службы генераторного оборудования. При этом производитель должен осуществлять комплектную поставку генератора согласно требованиям конкурса с включением в объем поставки системы возбуждения, датчиков и устройств вибро- и теплоконтроля и др.

Техническую часть конкурсной документации по проектируемым объектам Ленгидропроект разрабатывает собственными силами. В нее наряду с привычными требованиями к параметрам и характеристикам гидрогенераторов включаются такие требования, как применение негорючей высокопрочной изоляции обмоток, эластичного металлопластикового покрытия сегментов подпятника, электрического торможения агрегата при остановке, бесстыковой сборки железа статора в кольцо и т.п.

Следует отметить, что для отечественных производителей зачастую слабым местом является комплектация генераторов качественными, надежными датчиками и приборами (расхода охлаждающей воды, уровней масла, обнаружения пожара,



контроля вибрации, термосигнализаторов и др.), а также устройствами контроля и диагностики, отвечающими современным требованиям мониторинга, включая интеграцию их в автоматизированную систему управления на базе микропроцессорной техники.

Что касается систем возбуждения гидрогенераторов, то их дальнейшее развитие связывается с применением микропроцессорной техники в регуляторах и системах управления возбуждением, а также использованием тиристорных преобразователей с естественным и принудительным воздушным охлаждением. На всех вновь вводимых гидрогенераторах применяются тиристорные системы параллельного самовозбуждения, параметры которых для конкретных ГЭС определяются на основании результатов расчетов и анализа динамической устойчивости работы ГЭС в энергосистеме.

Индивидуальный подход при проектировании любой гидроэлектростанции, связанный с конкретными водноэнергетическими, топографическими и геологическими условиями, особенностью компоновки, ролью и значением ее в энергосистеме, всегда вызывает необходимость тщательной проработки варианта типа высоковольтного распределительного устройства, его напряжения и местоположения. Для гидроэлектростанций, размещаемых в районах с суровым климатом и строящихся в сложных геолого-топографических условиях, в соответствии с технической политикой ОАО «РусГидро» при проектировании высоковольтных распределительных устройств напряжением 110 кВ и выше следует применять закрытые распределительные устройства на базе комплектного элегазового оборудования (КРУЭ).

Ленгидропроект имеет опыт проектирования ЗРУ-220 кВ с использованием традиционного высоковольтного оборудования в северных регионах России (Вилуйские ГЭС 1 и 2, Колымская ГЭС). В последние годы Ленгидропроект активно применяет КРУЭ при проектировании распределительных устройств различных классов напряжения. Впервые в своей практике Ленгидропроект применил КРУЭ-220 кВ на Вилуйской ГЭС-3.

Применение КРУЭ-220 кВ позволило существенно повысить надежность схемы выдачи мощности и упростить главную электрическую схему Вилуйской ГЭС-3, т.е. отказаться от выдачи мощности одиночных энергоблоков на подстанцию «Районная», находящуюся в 70 км от ГЭС. Во изменение принятых проектных решений в здании ранее запроектированного ЗРУ с использованием только одного этажа по высоте установлено оборудование КРУЭ для двух одиночных секций 220 кВ с межсекционной связью. От каждой секции отходит по одной ВЛ к ПС «Районная» и по одной ВЛ к

распределительной подстанции 220/35/6 кВ, схема соединений которой была упрощена и принята в виде «мостика». Проблемы, связанные с эксплуатационным обслуживанием и проведением ремонтов традиционного высоковольтного оборудования в стесненных условиях ЗРУ, автоматически отпали при установке современного надежного оборудования КРУЭ.

Выбор фирмы-производителя КРУЭ-220 кВ производился на конкурсной основе. По итогам конкурса заказчик отдал предпочтение фирме «АВВ» (Швейцария), отклонив предложение отечественного производителя — Энергомеханического завода (г. Санкт-Петербург), несмотря на более низкую стоимость поставки по сравнению с «АВВ». Преимуществами зарубежной поставки КРУЭ-220 кВ были многолетний опыт производства КРУЭ и большое количество введенных в эксплуатацию устройств 220 кВ, срок службы которых составляет более 30 лет, высокие показатели безаварийной работы (надежность, интенсивность отказов) и высокий уровень комплектности.

На Бурейской ГЭС, где выдача мощности в энергосистему осуществляется на напряжениях 220 и 500 кВ, два гидрогенератора единичной мощностью 372/335 МВА/МВт одиночными блоками присоединены к системе шин 220 кВ, а четыре гидрогенератора той же мощности объединены попарно на высокой стороне блочных трансформаторов и присоединены к системе шин распределительного устройства 500 кВ. Шины распределительных устройств 220 и 500 кВ связаны через группу однофазных автотрансформаторов.

ОРУ-220 кВ Бурейской ГЭС выполнено по схеме две секции шин с обходной. В 2001 г. были проведены подрядные торги на комплектную поставку высоковольтного оборудования для ОРУ-220 кВ. Конкурс проводил Департамент капитального строительства РАО «ЕЭС России», а тендерную документацию составляла фирма «ОРГРЭС» совместно с Ленгидропроект.

В технико-коммерческих предложениях, поданных участниками конкурса — зарубежными и отечественными фирмами, предлагались баковые и колонковые элегазовые выключатели, масляные и элегазовые трансформаторы тока, индуктивные и емкостные трансформаторы напряжения, разъединители различной конструкции. Бурейская ГЭС расположена в районе с суровыми климатическими условиями, где температура воздуха зимой опускается до  $-57^{\circ}\text{C}$ . Опыта работы выключателей с использованием элегаза (или смеси элегаза с другими газами) в таких условиях внешней среды в то время еще не существовало. Экспертная комиссия в этой связи в своем решении рекомендовала выбор бакового элегазового выключателя с электрическим по-



Рис. 1. Бурейская ГЭС. КРУЭ-500 кВ на шесть присоединений

догревом, как более надежного по сравнению с колонковым элегазовым выключателем.

По итогам конкурса поставку высоковольтного оборудования 220 кВ выиграла корпорация “Союз”, объединившая ряд российских изготовителей.

В итоге на Бурейскую ГЭС были поставлены баковые выключатели типа ВГБУ 220 Энергомеханического завода (г. Санкт-Петербург) со встроенными трансформаторами тока, разъединители типа РГН-220 объединения “ЭЛВО” (г. Великие Луки), индуктивные антирезонансные трансформаторы напряжения типа НАМИ Раменского электротехнического завода “Энергия” (г. Раменское).

При выборе типа распределительного устройства 500 кВ и анализе существующего на рынке элегазового высоковольтного оборудования 500 кВ стало очевидно, что существовавшее на тот момент высоковольтное оборудование 500 кВ наружной установки для условий Бурейской ГЭС не обладает высокой надежностью и его эксплуатация может быть связана со значительными затратами. После сопоставления возможных вариантов исполнения распределительного устройства совместно с заказчиком было принято решение о целесообразности установки на Бурейской ГЭС КРУЭ-500 кВ. Хотя этот вариант оказался дороже традиционного варианта ОРУ-500 кВ, следует отметить, что существующие на тот момент методики определения эффективности подобных решений не могли количественно учесть все сопутствующие факторы, такие, как повышение надежности, снижение эксплуатационных затрат, повышение качества эксплуатации и уменьшение ошибок оперативного персонала.

В результате впервые в российской энергетике сооружено и введено в эксплуатацию качественно новое распределительное устройство, созданное на базе КРУЭ-500 кВ (рис. 1).

Успешное применение КРУЭ на Вилюйской ГЭС-3 и Бурейской ГЭС, а также введение новой

технической политики ОАО “РусГидро” явились основой для широкого использования оборудования КРУЭ 110 – 750 кВ в разрабатываемых в настоящее время проектах строящихся и реконструируемых гидроэлектростанций. Так, на строящихся по проектам Ленидропроекта гидроэлектростанциях предусмотрено сооружение: на Усть-Среднеканской ГЭС (Дальний Восток) — КРУЭ 220 кВ, на Гочатлинской ГЭС (Дагестан) — КРУЭ 110 кВ, на Нижне-Бурейской ГЭС (Амурская область) — КРУЭ 220 кВ, на Зарамагской ГЭС-1 (Северная Осетия) — КРУЭ-330 кВ. В проекте Ленинградской ГАЭС применено КРУЭ для распределительных устройств 330 и 750 кВ, а в проекте Канкунской ГЭС предусматривается КРУЭ 220 и 500 кВ.

На реконструируемых по проектам Ленгидропроекта ОРУ-500 кВ Саяно-Шушенской ГЭС и ОРУ-220 кВ Майнской ГЭС также используются КРУЭ соответствующих классов напряжения. На этих ГЭС ведется монтаж оборудования КРУЭ.

Внедрение распределительных устройств с использованием современных элегазовых КРУЭ позволяет сократить площади и упростить компоновку распределительных устройств и гидроузлов в целом, значительно повысить надежность выдачи мощности и создать качественно новые условия эксплуатации силового оборудования.

На Бурейской ГЭС из-за особенностей технологии возведения основных сооружений, в частности плотины, на пусковых этапах не представлялось возможным смонтировать в ходе строительства традиционные воздушные переходы для передачи электроэнергии от станционных блоков на распределительное устройство 500 кВ. В связи с этим было применено нестандартное техническое решение — использование современных высоковольтных кабелей с сухой изоляцией.

Решение этой проблемы стало возможным в результате появления на международном рынке высоковольтных кабелей нового поколения с изоляцией из сшитого полиэтилена. После всестороннего изучения технических характеристик этого кабеля Ленидропроектом была выбрана оптимальная кабельная трасса (длиной 950 м с общим перепадом высот 140 м) с использованием построенных туннеля и шахты, что позволило обеспечить как высокую надежность выдачи мощности, так и минимальные затраты на ее сооружение.

В результате торгов поставщиком кабеля 500 кВ была выбрана германская фирма “Зюдкабель”, которая обеспечила своевременную комплектную поставку и необходимый шеф-монтаж для двух объединенных блоков 500 кВ Бурейской ГЭС. Таким образом, впервые в российской гидроэнергетике для выдачи мощности использованы высоковольтные кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена на на-

пряжении 500 кВ. Прошедшие с этого времени 7 лет показали их высокую надежность, низкий уровень эксплуатационных затрат и практическое отсутствие вредных воздействий на окружающую среду.

При проектировании генераторных распределительных до последнего десятилетия в цепь генераторов встраивались коммутационные аппараты на основе масляных, маломасляных или воздушных выключателей. К сожалению, эти аппараты не обладали высокой надежностью и необходимым эксплуатационным ресурсом. Кроме того, для мощных гидрогенераторов (например, на Саяно-Шушенской ГЭС) полноценные выключатели с требуемой отключающей способностью вообще отсутствовали, и вынужденным решением была установка в цепи генераторов выключателей нагрузки типа КАГ-15,75, которые не были рассчитаны на отключение токов короткого замыкания.

Появление в последние годы на мировом рынке комплексов выключателей позволило по-новому проектировать генераторные распределительные устройства, сделать их более надежными, компактными и многофункциональными. Такие комплексы генераторных выключателей поставляются в общем кожухе и могут встраиваться непосредственно в систему экранированных токопроводов, обеспечивая тем самым электрическую непрерывность экранов, что особенно важно для компенсации электромагнитных полей, возникающих при протекании токов большой величины (8000 – 28 000 А). Это позволяет практически избежать негативного влияния этих полей как на расположенное вокруг электротехническое оборудование, так и на нагрев строительных конструкций, включая арматуру железобетона.

В качестве изоляционной и дугогасящей среды в этих комплексах используется элегаз (шестифтористая сера), обладающий исключительными изоляционными свойствами. Такие элегазовые комплексы выключателей успешно эксплуатируются в генераторных цепях Бурейской и Саяно-Шушенской ГЭС, применены в проектах строящихся Усть-Среднеканской, Нижне-Бурейской и Зарамагской ГЭС, а также предусмотрены в проектах новых Канкунской ГЭС и Ленинградской ГАЭС.

Установленный на Саяно-Шушенской ГЭС элегазовый генераторный комплекс типа НЕС 8С позволяет теперь отключать расчетные токи трехфазного короткого замыкания величиной до 210 кА (рис. 2).

Наряду с экранированными токопроводами для генераторного и среднего напряжения все шире применяются токопроводы нового поколения с литой изоляцией на номинальные токи до 7000 – 9000 А. Такие токопроводы могут использоваться в главной цепи гидрогенераторов номиналь-



Рис. 2. Саяно-Шушенская ГЭС. Генераторный комплекс выключателя НЕС-8С (ток отключения 210 кА)

ной мощностью до 200 МВт, а также в системе собственных нужд.

Литые токопроводы обладают рядом преимуществ: компактностью, высокой надежностью, защищенностью от внешних воздействий, простой модульной сборкой при любой конфигурации, минимальными затратами на эксплуатацию и низкими потерями. В своих проектах для строящихся объектов, а особенно для реконструируемых действующих ГЭС, Ленгидропроект успешно применяет этот новый тип токопроводов. При реконструкции генераторных распределительных устройств действующих гидроэлектростанций, где были использованы открытые шины, применение экранированных токопроводов зачастую невозможно по условиям стесненной компоновки, поэтому на таких объектах требования повышения уровня эксплуатации и надежности при модернизации оборудования могут быть успешно выполнены путем применения компактных литых токопроводов.

В последние годы значительно изменился перечень производителей электротехнической продукции, а также номенклатура заводов-изготовителей. Если раньше существовала определенная специализация отечественных заводов, на которую проектная организация могла ориентироваться ещё на стадии разработки проекта, то за последнее время профильная деятельность многих заводов и их номенклатура сильно изменились. В результате этого на рынке производителей электротехнического оборудования появились заводы прежде не работавшие на энергетику, но уже получившие в последние годы достаточный опыт производства оборудования для объектов энергетики. Некоторые заводы имеют высокий уровень оснащённости станочным оборудованием с использованием современных технологий, поэтому они способны выполнять заказы с учетом любых специфических особенностей и требований заказчика.



Проведение торгов и выбор поставщиков оборудования на конкурсной основе имеют целью оснастить гидроэлектростанции наиболее совершенным и оптимальным по соотношению цена — качество технологическим оборудованием. Проведение таких конкурсов, составление технической части тендерной документации, анализ и ответы на замечания участников конкурса и пр. требуют участия проектной организации и дополнительных трудозатрат. При этом разработка рабочей документации может быть начата только после проведения конкурсов и подведения его итогов (выбора поставщика). В результате достаточно длительных процедур, связанных с проведением конкурсов, и учета в графиках работ времени, необходимого поставщику на разработку конструкторской документации, являющейся исходным материалом для рабочего проектирования, значительно сокращается время как на рабочее проектирование, так и на проведение монтажных и пусконаладочных работ. В итоге под угрозу ставятся директивные сроки ввода агрегатов. Поэтому конкурсы должны быть своевременно организованы и проведены заказчиком в сроки, которые не создают цейтнота на завершающем этапе проектирования, поставки и монтажа оборудования для своевременного ввода агрегатов.

Гидроэлектростанции отличаются высокой степенью автоматизации, что позволяет эксплуатировать их минимальным количеством персонала и даже осуществлять управление малоагрегатными ГЭС с упрощенной главной электрической схемой без непосредственного участия оперативного дежурного персонала. Современными средствами управления ГЭС являются автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУТП) на базе микропроцессорной техники, а также цифровые системы релейной защиты. Применение АСУТП в проектах строящихся и реконструируемых ГЭС дает возможность в первую очередь повысить надежность и ресурс работы технологического оборудования, оптимизировать внутростанционные режимы, повысить оперативность управления в нормальных и аварийных режимах, а также снизить ущерб от недоотпуска электроэнергии и улучшить условия эксплуатации.

АСУТП строятся как многоуровневые распределенные системы, выполненные по иерархическому принципу и обеспечивающие на верхнем уровне интеграцию автономно работающих систем, средств управления и защиты, таких, как система

учета электроэнергии АИИС КУЭ, система диагностики основного энергетического оборудования, включая системы вибро- и теплоконтроля, система цифровой релейной защиты, система противоаварийной автоматики, системы промышленной и пожарной безопасности и др.

Ленгидропроект привлекает к созданию АСУТП отечественные и зарубежные фирмы, имеющие опыт разработки, изготовления и внедрения систем управления в гидроэнергетике. В последние годы в качестве разработчика и поставщика АСУТП выступает объединение ОАО “Силовые машины”, которое выполняет работы по созданию АСУТП “под ключ”, в том числе монтажные и наладочные работы. Средствами АСУТП в исполнении ОАО “Силовые машины” оснащены новые энергоблоки и технологические системы Саяно-Шушенской ГЭС, а также гидроагрегаты Светогорской и Лесогорской ГЭС каскада Вуоксинских ГЭС (ОАО “ТГК-1”).

В настоящее время на рынке появилось большое количество программируемых контроллеров отечественного и зарубежного производства, что привело к их широкому использованию в автономных устройствах автоматики, регулирования, обработки информации и т.п. Накоплен большой опыт применения контроллеров не только в системах автоматики и сигнализации гидроагрегатов, но и в устройствах управления вспомогательными механизмами ГЭС. Такие устройства могут работать как автономно, так и объединяться в локальную сеть управления, а также осуществлять обмен информации с рабочей и операторской станцией станционного уровня.

Релейная защита основного и вспомогательного оборудования строящихся и реконструируемых объектов проектируется с использованием современных цифровых защит. Ленгидропроект применяет в своих проектах главным образом продукцию двух фирм: “АББ Реле-Чебоксары” и НПП “ЭКРА” (г. Чебоксары). НПП “ЭКРА” разработало отечественную серию цифровых защит, которые находят все более широкое применение не только для генераторов и трансформаторов, но и для защит ЛЭП высокого напряжения.

ОАО “Ленгидропроект” в своей работе постоянно стремится к созданию проектов электрической части гидроэлектростанций, отвечающих всем современным нормативным требованиям эффективности, надежности и промышленной безопасности.

# Гидросиловое оборудование в проектах ОАО “Ленгидропроект”

Корныльев Л. А., начальник отдела, Мизонова О. Д., главный специалист,  
Стоцкий А. Д., зам. главного инженера (ОАО “Ленгидропроект”)

Даны основные параметры и описание гидросилового оборудования — турбин и генераторов — для Зарамагской ГЭС-1 и Ленинградской ГАЭС.

**Ключевые слова:** гидросиловое оборудование, ковшовая турбина, шаровый затвор, гидрогенератор, насос-турбина, генератор-двигатель, мощность, напор, частота вращения.

Одним из важных направлений деятельности ОАО “Ленгидропроект” является проектирование технологической части гидроэлектростанций, включая участие в разработке документации для уникального турбинного и электромеханического оборудования и его установки на объекте. Работа по созданию и внедрению нового гидросилового оборудования ведется в тесном сотрудничестве с заводами-изготовителями оборудования: ОАО “Силовые машины” (ЛМЗ и “Электросила”), ОАО “Турбоатом”, НПО “ЭЛСИБ”, ПО “ЛЭЗ”.

В последние годы ОАО “Ленгидропроект” разработал проектную документацию для нескольких гидроэлектростанций, имеющих гидросиловое оборудование различного типа. К ним можно отнести Зарамагскую ГЭС-1 с ковшовыми турбинами и Ленинградскую ГАЭС с обратимыми насос-турбинами.

**Зарамагская ГЭС-1.** Зарамагская ГЭС-1 является уникальной деривационной гидроэлектростанцией с напором 630 м и самыми мощными в России гидроагрегатами с ковшовыми турбинами. На ГЭС устанавливается два гидроагрегата.

Выполненная Ленгидропроектом компактная компоновка гидросилового оборудования позволила расположить здание ГЭС на небольшой площадке у реки. Здание ГЭС состоит из блока агрегатов и блока монтажной площадки. Монтажная площадка располагается на уровне пристанционной площадки ГЭС. Пол машинного зала расположен выше монтажной площадки. В здании ГЭС для обслуживания оборудования устанавливается мостовой электрический кран грузоподъемностью 500/80 т.

По разработанным специалистами Ленгидропроекта техническим требованиям в 2008 г. был проведен конкурс на поставку гидросилового оборудования.

В состав гидросилового оборудования входят:

ковшовая шестисопловая турбина с вертикальным валом мощностью 176,5 МВт, поставщик — фирма “Фойт” (Австрия);

гидрогенератор синхронный вертикальный мощностью 173 МВт подвешенного исполнения, поставщик — ОАО “Элсиб”.

На рис. 1 представлен поперечный разрез по агрегату.

## Основные параметры гидротурбины

Тип . . . . . Ковшовая, вертикальная  
K600-B6-341,2

Максимальная мощность турбины, МВт . . . . 176,5  
Напор нетто, м:  
максимальный . . . . . 626,3  
средний . . . . . 614,1  
расчетный . . . . . 609,4  
минимальный . . . . . 600,6  
Диаметр рабочего колеса, м . . . . . 3,412  
Количество сопел . . . . . 6  
Максимальный расход турбины, м<sup>3</sup>/с . . . . . 32,5  
Частота вращения номинальная, об/мин . . . . . 300  
Масса гидротурбины, т . . . . . 365

Проточная часть ковшовой турбины состоит из распределителя, кожуха и отводящего канала агрегата. Распределитель и кожух турбины являются закладными узлами и после сборки бетонизируются.

Распределитель представляет собой кольцевую трубу переменного сечения с шестью патрубками для установки сопел. На площадке сборочные узлы свариваются в единую конструкцию и испытываются давлением воды, в 1,5 раза превышающим максимальное проектное давление до бетонирования распределителя.

Кожух турбины формирует камеру, в которой располагаются сопла и рабочее колесо. Кожух имеет в плане шестигранную форму и изготавливается из листовой углеродистой стали. Со стороны верхнего бьефа в нижней части кожуха выполняются водонепроницаемые ворота для транспортировки рабочего колеса и сопел. Кожух турбины оснащен вентиляционными каналами и трубопроводами для подачи воздуха во время работы агрегата.

На рис. 2 приведен план по турбине.

Для доступа к рабочему колесу (РК), соплам и дефлекторам под рабочим колесом устанавливается постоянная стальная ремонтная платформа шестигранной формы с решетчатой поверхностью для снижения турбулентности водовоздушной смеси в кожухе турбины.

РК с наружным диаметром 4,224 м имеет 22 ковша и выполняется из высокопрочной нержавеющей стали. РК состоит из монолитного ковшевого диска со встроенными обработанными основаниями ковшей и внешних частей ковшей, приваренных к центральному диску.

Вал турбины выполняется из ковшевой стали, имеет юбку для направляющего подшипника, внешние

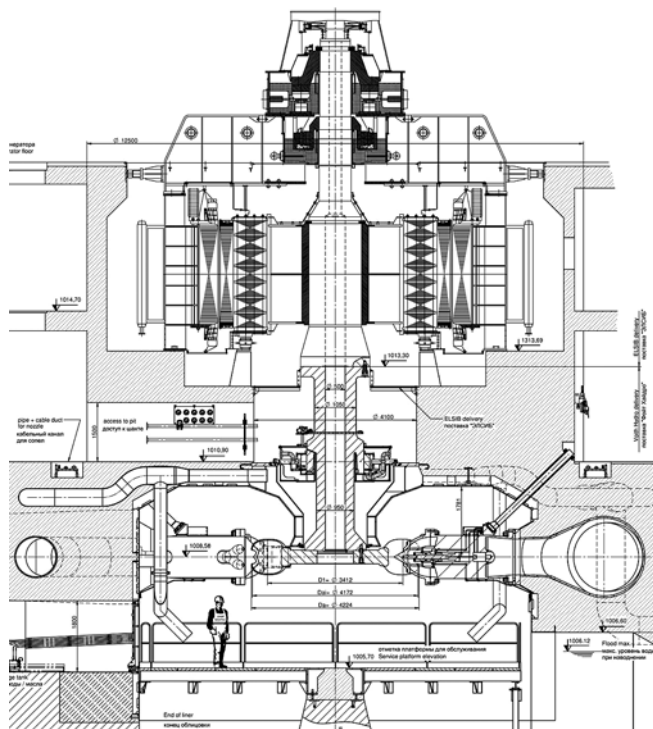


Рис. 1. Поперечный разрез по агрегату

фланцы с обеих сторон для соединения с валом генератора и рабочим колесом турбины.

Внутри кожуха на распределителе устанавливаются шесть сопел с отсекателями (дефлекторами) с индивидуальным регулированием как иглы, так и дефлектора. Сопло состоит из корпуса с фланцем, вкладыша наконечника и подвижной иглы.

Игла сопла двигается вдоль оси с помощью встроенного сервомотора, приводимого в действие давлением масла. Если давление масла падает ниже минимальной величины, игла автоматически закрывается. Закрытие иглы при неисправности в системе маслоподдачи сервомотора обеспечивается действием давления воды внутри сопла.

Дефлектор отражает струи от рабочего колеса с одновременным медленным закрытием сопел для ограничения повышения давления в водоводе и частоты вращения ротора агрегата.

В турбине предусматривается два тормозных сопла, струи из которых направляются в тыльные поверхности ковшей. Вода для тормозных сопел по трубопроводам подается из входного патрубка шарового затвора.

Направляющий подшипник турбины самосмазывающийся сегментного типа на жидкой масляной смазке с сегментами с баббитовым покрытием. Подшипник турбины оснащен датчиками абсолютной и относительной вибрации.

Гидрогенератор — подвесного исполнения с подпятником, расположенным над верхней крестовиной, с направляющим подшипником, расположенным в центральной части верхней крестовины. Для подпятника и подшипника выполнены отдельные масляные ванны.

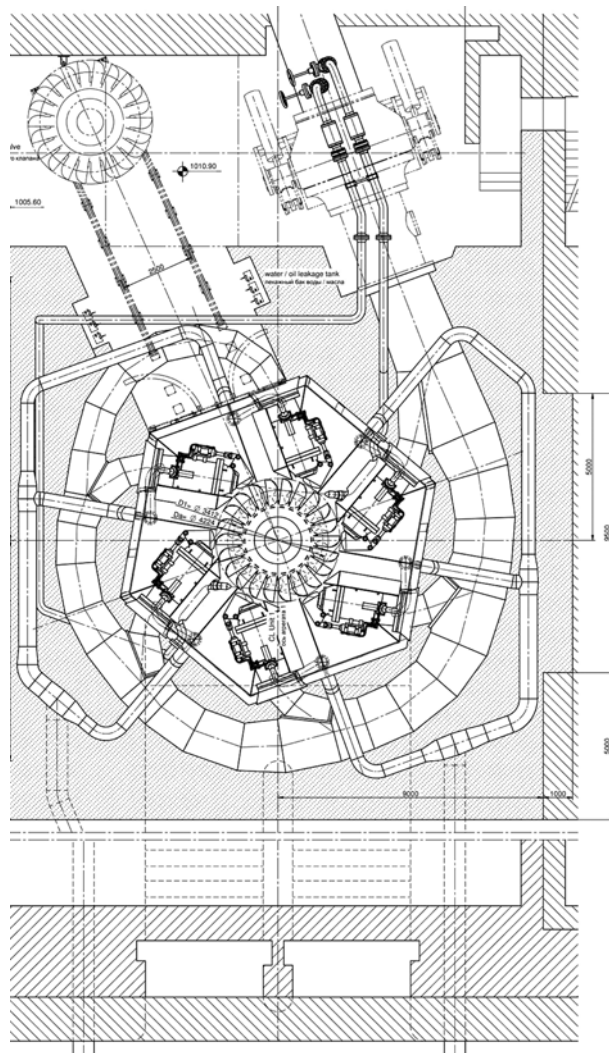


Рис. 2. План по турбине

### Основные параметры гидрогенератора

Тип . . . . .	Синхронный, вертикальный
	СВ 685/243-20 УХЛ4
Максимальная мощность гидрогенератора, МВт/МВА . . . . .	173,0/203,5
Напряжение, кВ . . . . .	15,75
Коэффициент мощности . . . . .	0,85
Частота вращения, об/мин:	
номинальная . . . . .	300
угонная . . . . .	540
Маховой момент, тм <sup>2</sup> . . . . .	7000
КПД максимальный гидрогенератора, % . . . . .	98,3
Масса гидрогенератора, т . . . . .	825
Масса ротора с валом, т . . . . .	444

Поставка гидрогенератора осуществляется укрупненными узлами. Статор по условиям транспортировки разделен на четыре сектора по окружности.

Обмотка статора гидрогенератора — стержневая, петлевая, двухслойная с четырьмя параллельными ветвями на фазу, имеет три главных и шесть нейтральных выводов. Изоляция обмоток статора и ротора класса F.



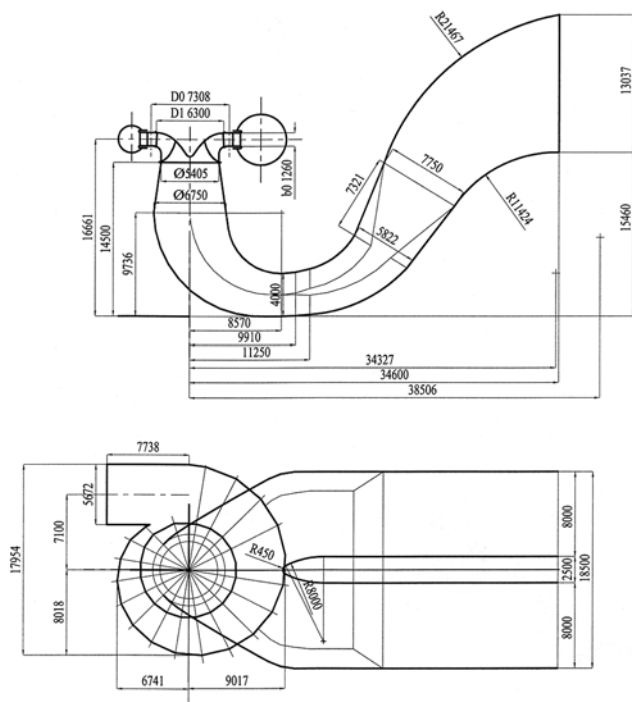


Рис. 3. Проточная часть обратимой насос-турбины

Ротор гидрогенератора состоит из вала с втулками подпятника и направляющего подшипника, остова ротора с втулкой и двумя кольцевыми дисками, обода с тормозным диском, полюсов с обмотками возбуждения и демпферной, а также контактных колец с токоподводами.

Из-за ограничения габаритных размеров и веса узлов генератора при провозке по существующим и строящимся дорогам на ГЭС вал и остов ротора транспортируются раздельно. Сборка вала с остовом ротора производится на монтажной площадке над ямой с бетонным фундаментом. Вал устанавливается в предварительно разогретый остов.

Подпятник — однорядный с самоустанавливающимися сегментами на винтовых регулируемых опорах. Поверхности трения сегментов подпятника и подшипника имеют эластичное металлопластмассовое покрытие. Система маслоснабжения — без внешней циркуляции масла.

Система охлаждения генератора — косвенная воздушная, замкнутая с отбором части воздуха на отопление машзала ГЭС.

При нормальных остановках агрегата предусматривается использование электрической системы торможения гидрогенератора. В аварийных режимах и при отказе системы электроторможения остановка гидрогенератора осуществляется с помощью тормозов-домкратов, устанавливаемых под ободом ротора. При торможении агрегата к тормозам подается сжатый воздух от общестанционной магистрали.

Узлы гидрогенератора оснащены датчиками абсолютной и относительной вибрации. На верхней части вала гидрогенератора размещается датчик фазы агрегата (частоты вращения), используемый в системе

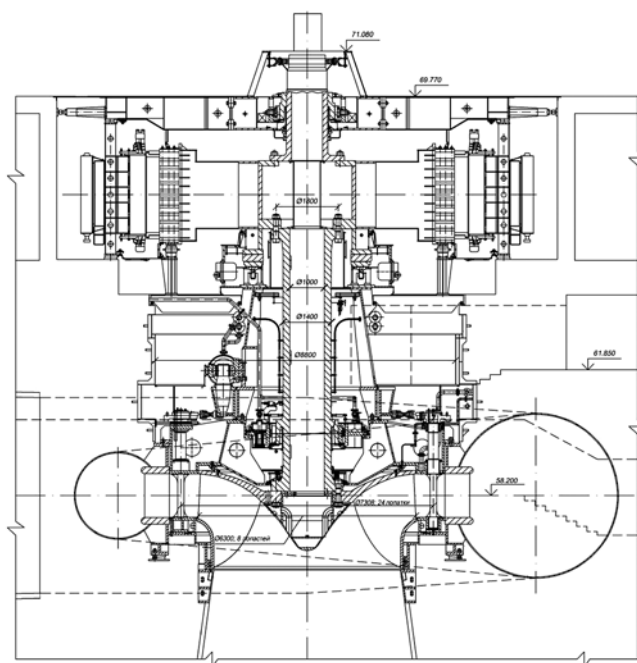


Рис. 4. Разрез по агрегату

виброконтроля агрегата. Контроль за температурой и вибрацией осуществляется средствами АСУ ТП ГЭС.

**Ленинградская ГАЭС.** На Ленинградской ГАЭС предусматривается восемь обратимых гидроагрегатов с установленной мощностью в генераторном режиме 1560 МВт и в насосном — 1760 МВт.

Насос-турбина (табл. 1) предназначена для соединения с вертикальным синхронным генератором-двигателем. Насос-турбина служит в турбинном режиме приводом синхронного генератора-двигателя, работающего в режиме генератора; в насосном режиме — насосом для подачи воды из нижнего бассейна в верхний аккумулирующий бассейн ГАЭС, приводимым в действие генератором-двигателем, работающим в режиме двигателя. Предусматривается работа агрегата в режиме синхронного компенсатора.

Особенностью проекта является предложение Ленгидропроекта выполнить здание ГАЭС полушахтного типа: два агрегатных блока нижней частью (проточной частью насос-турбин) располагаются в шахте диаметром 58 м. В связи с этим отсасывающие трубы изогнуты как в колене, так и в диффузоре для сопряжения с бьефом. На рис. 3 представлена проточная часть обратимой насос-турбины, а на рис. 4 — разрез по агрегату.

Спиральная камера — с круглыми сечениями, металлическая, сварная, выполняется из конструкционной стали. Спиральная камера рассчитана на максимальное давление с учетом повышения его при гидроударе.

Статор — сварная конструкция, состоящая из верхнего и нижнего поясов, соединенных между собой приваренными колоннами, включая зуб спиральной камеры.

Направляющий аппарат — цилиндрический с поворотными лопатками. Направляющий аппарат вклю-

Т а б л и ц а 1

## Параметры гидротурбинного оборудования

Параметры	Режим		
	турбинный	насосный	
Тип насос-турбины	Вертикальная радиально-осевая обратимая РОНТ 120-В-630		
Диаметр рабочего колеса, м	6,3		
Частота вращения, об/мин:	142,8		
	номинальная	угонная	
	230,0		
Направление вращения, если смотреть со стороны генератора-двигателя	Правое	Левое	
Напоры, м:			
	максимальный	94,1	98,5
	расчетный (средний)	84,0	91,6
минимальный	79,0	84,1	
Мощность, МВт:			
	при максимальном напоре	220,0	219,6
	при расчетном (среднем) напоре	200,0	224,5
при минимальном напоре	180,0	230,0	
Максимальный расход, м <sup>3</sup> /с:			
	при максимальном напоре	253,8	208,2
	при расчетном (среднем) напоре	263,9	227,8
при минимальном напоре	252,7	249,9	
Высота отсасывания, м	Минус 15,0		
Масса насоса-турбины, т	1012		

чает механизм поворота лопаток, крышку турбины, опору подпятника и нижнее кольцо.

Лопатки направляющего аппарата — трехпорные, литые из нержавеющей стали. Привод механизма поворота лопаток осуществляется прямоосными сдвоенными сервомоторами поршневого типа. Крышка насос-турбины — сварная конструкция из углеродистой стали, по условиям транспортировки выполняется из частей, которые собираются в кольцо при монтаже.

Рабочее колесо изготавливается цельносварным из кавитационностойкой нержавеющей стали. При работе агрегата в режиме СК к верхнему лабиринтному уплотнению подается вода из системы технического водоснабжения.

Вал турбины — сваркокованный трубчатого сечения из низколегированной стали. Нижним фланцем вал соединяется с рабочим колесом, верхним — со ступицей ротора генератора-двигателя.

На валу предусмотрено два уплотнения — рабочее и ремонтное. Уплотнение вала — торцевого типа

с уплотнительными кольцами. Ремонтное уплотнение выполнено в виде резинового шнура, в который подается сжатый воздух из воздушной системы ГАЭС давлением 0,5 – 0,6 МПа.

Направляющий подшипник турбины выполняется сегментным, самосмазывающимся на жидкой масляной смазке. Охлаждение масла направляющего подшипника производится в маслоохладителях, к которым подводится охлаждающая вода из системы охлаждения агрегата.

Ниже приведен вариант исполнения обратимого генератора-двигателя, принятый в проекте в качестве основного (табл. 2).

Обратимый генератор — зонтичного исполнения с расположением подпятника на крышке турбины, с одним направляющим подшипником в центральной части верхней крестовины, опирающейся на корпус статора. Верхней крестовиной через распорные домкраты непосредственно на фундамент передаются все радиальные усилия, воспринимаемые направляющим подшипником.

Корпус статора для возможности транспортировки выполняется из шести секторов, свариваемых на месте монтажа в кольцо. Сборку сердечника статора планируется выполнить в шахте генератора.

Обмотка статора гидрогенератора — стержневая, волновая, двухслойная, имеет шесть главных и девять нейтральных выводов. Соединение фаз обмотки — звезда. Изоляция обмоток статора и ротора класса F не содержит асбеста.

Ротор гидрогенератора безвальной конструкции: к центральной части остова ротора непосредственно присоединяется снизу вал турбины, а сверху — надставка вала с втулкой направляющего подшипника и контактными кольцами.

Подпятник — реверсивный с самоустанавливающимися сегментами на винтовых регулируемых опорах. Поверхность трения сегментов подпятника и подшипника имеет эластичное металлопластмассовое покрытие. Подпятник и подшипник размещаются в масляных ваннах.

Система охлаждения генератора-двигателя — косвенное воздушное. Вентиляция генератора — по замкнутому циклу. Для охлаждения воздуха предусматриваются охладители.

При нормальном останове агрегата используется метод электроторможения с рекуперацией энергии в энергосистему с использованием тиристорного пускового устройства (ТПУ). В аварийных ситуациях и отказе ТПУ для торможения агрегата предусмотрена механическая система с использованием тормозов-домкратов, устанавливаемых под ободом ротора.

В настоящее время Ленгидропроектом прорабатывается альтернативный вариант применения на Ленинградской ГАЭС асинхронизированных генераторов-двигателей с переменной частотой вращения (АСГД). Применение АСДГ позволяет гидротурбине работать с максимальным КПД как в турбинном, так и в насосном режиме во всем диапазоне напоров и

Основные параметры генератора-двигателя

Параметры	Режим	
	генераторный	двигательный
Тип	СВО 1026/230 – 42	
Исполнение	Зонтичное	
Мощность, МВА/МВт:		
номинальная	229,4 /195,0	
максимальная	258,8/220,0	242,1/230,0
Напряжение номинальное, кВ	15,75	
Коэффициент мощности, о.е.	0,85	0,95
Частота электрического тока, Гц	50	
Частота вращения, об/мин:		
номинальная	142,8	
угольная	230	
Максимальное относительное повышение частоты вращения ротора агрегата при сбросе номинальной нагрузки, %	160	
Нагрузка осевая на подпятник от турбины (гидравлическое усилие и масса вращающихся частей), т	1 378	
Маховой момент $GD^2$ , тм <sup>2</sup>	30 000	
Масса генератора, т	990	
Масса ротора, т	520	

обеспечивать возможность работы агрегата с различными напорами. Кроме того, асинхронизированный генератор-двигатель имеет ряд преимуществ перед синхронной машиной (позволяет повысить динамическую устойчивость агрегата во всех диапазонах его работы в сети, снизить объем противоаварийных мероприятий), однако применение АСДГ приводит к увеличению стоимости гидрогенераторного оборудования.

АСДГ представляет собой сложный электромеханический комплекс, состоящий из собственно электрической машины, возбудителя, автоматического регулятора возбуждения, устройства пуска в двигательный режим. Различия между традиционным синхронным генератором-двигателем и АСДГ по основным параметрам значительны, особенно в части ротора и возбудителя в целом, а именно:

значительно увеличивается мощность возбудителя и, соответственно, ротора, что потребует дополнительных мероприятий по отводу потерь;

конструкция ротора значительно отличается от конструкции синхронного генератора, что потребует соответствующей подготовки при его изготовлении;

потолок возбуждения или предельное напряжение на роторе асинхронизированного генератора являются величиной, зависящей от величины скольжения и конструкции гидрогенератора. При скольжении + 10 % (абсолютное изменение скольжения 20 %) напряжение ротора может оказаться достаточно большим, а испытательное напряжение ротора, соответственно, высоким. Конструкция обмотки ротора АСДГ значительно сложнее, чем у обычного синхронного генератора;

для передачи мощности возбудителя в ротор (статический вариант возбудителя) потребуется мощный щёточный аппарат, размещение которого вызовет удлинение вала генератора;

должен быть специально разработан статический возбудитель — преобразователь частоты, а также автоматический регулятор возбуждения;

свойства и характеристики АСДГ определяются характером изменения напряжения ротора. Поскольку ротор имеет не одну, а две или три обмотки, то, в отличие от обычного синхронного генератора, необходимо управлять не только амплитудой, но и фазой вектора напряжения ротора. Автоматический регулятор возбуждения в этом случае должен не только поддерживать заданное напряжение на шинах генераторного напряжения, но и обеспечивать работу АСДГ во всех установившихся и переходных режимах с заданными статическими и динамическими характеристиками, а также обеспечивать оптимальную величину скольжения ротора при заданном напоре.

Пуск в двигательный режим АСДГ, имеющего в качестве возбудителя статический преобразователь,

должен осуществляться с помощью статического пускового устройства (СПУ), мощность которого составляет 12 – 15 % от мощности АСДГ.

При использовании АСДГ (по сравнению с СГ) происходит значительное удорожание стоимости гидрогенератора, появляется дополнительная аппаратура, требуются дополнительные помещения для размещения возбудителя-преобразователя частоты, а также увеличение высоты машинного зала в связи с удлинением ротора. По экспертным оценкам увеличение стоимости комплектной поставки генераторного оборудования может составлять 50 – 60 %.

Окончательный выбор типа генераторного оборудования для Ленинградской ГАЭС может быть сделан только после выполнения заводом-изготовителем эскизного проекта АСДГ и технико-экономического сопоставления вариантов строительства ГАЭС в целом.

Технологи ОАО «Ленгидропроект» готовы успешно выполнять задачи, стоящие перед организацией, создавать проекты нового гидросилового оборудования, отвечающие современным требованиям.



## Об инженерных изысканиях в современных условиях

Комаров Ю. С., начальник  
отдела (ОАО “Ленгидропроект”)

Освещается организация изыскательского производства в процессе исторического развития для гидротехнического строительства и в современных экономических условиях.

**Ключевые слова:** инженерные изыскания, полевые подразделения, специализированные организации, выполнение изысканий, современная техника и методика, курирование полевых работ, организация изыскательского производства.

Инженерные изыскания для гидротехнических сооружений как комплекс работ по изучению гидроэнергетического потенциала водотоков с определением их гидрологического режима, инженерно-геологических условий района и площадок проектируемых гидроузлов, с топографо-геодезическим и геофизическим обеспечением работ начали складываться в отдельную отрасль инженерного искусства после 1917 г. в результате развития отечественного гидроэнергетического строительства.

Практическое осуществление задачи по электрификации всей страны началось прежде всего с изучения водноэнергетической способности отечественных рек. Были созданы изыскательские партии по исследованию водных сил севера России, Урала, Сибири, Казахстана и др.

Изыскательская партия по исследованию водных сил севера России была в 1920 г. реорганизована в Управление по водному хозяйству и водным силам Северо-Запада России, а в 1922 г. в Государственное северное водное бюро (ГСВБ). Эта партия, а затем ГСВБ являются родоначальниками изысканий ОАО “Ленгидропроект” [1].

На протяжении 95-летней истории Ленгидропроекта происходили становление и развитие службы инженерных изысканий. К концу 80-х гг. XX в. изыскательская служба Ленгидропроекта имела в своем штате более 1100 сотрудников работающих в семи полевых стационарных экспедициях, и 420 специалистов — в изыскательских отделах.

В начале 90-х гг. прошлого столетия в условиях общего спада промышленного производства резко сократились объемы изысканий для обоснования проектов перспективного проектирования, снизились объемы изысканий на площадках строящихся ГЭС. Все это потребовало реорганизации изыскательского производства, свертывания деятельности отдельных полевых подразделений, приведения численности работников в соответствие с выполняемыми объемами изысканий. В 1997 г. на базе оставшегося коллектива изыскателей был сформирован комплексный отдел изысканий, что позволило оптимизировать загрузку специалистов, сократить численность управленческих и сопутствующих звеньев, централизовать распределение финансирования по тематике камеральных работ. В отделе были выделены секторы: по инженерной гидромете-

теорологии, инженерной геодезии и топографии, инженерной геологии и геофизике, испытательная аккредитованная лаборатория.

В начале XXI в. стали внедрять и широко использовать новые методы исследований на основе электронной аппаратуры при выполнении отдельных видов изысканий для строительства. Появились приборы спутникового позиционирования, дающие возможность высокоточной плановой привязки точек, объектов; внедрен метод лазерного сканирования местности, позволяющий получать рельеф местности в 3Д формате. В геофизических исследованиях появились приборы, основанные на методе отраженной волны — георадары. Использование этих методов существенно сокращает сроки выполнения и повышает точность изысканий.

Производственный, организационный и профессиональный опыт изыскателей ОАО “Ленгидропроект” позволил быстро адаптироваться в новых условиях рыночной экономики. Специалисты комплексного отдела изысканий освоили новые методы и технологии проведения полевых и камеральных работ, что позволило привлекать к производству полевых изысканий специализированные организации, контролировать выполняемые ими работы, осуществлять приемку материалов, на базе полученных результатов полевых работ выдавать исходные данные для проектирования.

В новых экономических условиях ОАО “Ленгидропроект” выполнил ряд полевых работ для обоснования ТЭО Мотыгинской, Эвенкийской, Нижне-Курейской ГЭС и др. с привлечением специализированных организаций, расположенных в Сибирском регионе. Привлекаемые организации обладали новым оборудованием и технологиями, позволившими сократить сроки выполнения работ, повысить их точность и качество.

Применение новых технологий и компьютерных программ в камеральной обработке полевых материалов дало возможность оптимизировать численность изыскателей ОАО “Ленгидропроект” до 60 специалистов. Рабочее место каждого специалиста было укомплектовано компьютерной техникой с комплексом программного обеспечения, позволяющего сократить сроки камеральной обработки.

В испытательной лаборатории был обновлен ряд приборов для лабораторных исследований



Рис. 1. Геотехническая лаборатория ОАО «Ленгидропроект»

грунтов. Это позволило все контрольные пробы керна по объектам, выполняемым субподрядными организациями, исследовать в лаборатории ОАО «Ленгидропроект», что обеспечило оперативный геотехнический контроль и корректировку материалов привлекаемых субподрядчиков (рис. 1).

К основным особенностям выполнения изысканий ОАО «Ленгидропроект» в современных производственных условиях следует отнести:

создание оперативных и мобильных групп из специалистов комплексного отдела изысканий для выполнения конкретных полевых работ. Это в основном гидрологические изыскания для линейных объектов и гидрологические работы в районе проектируемых гидроузлов;

в камеральной обработке полевых материалов применение современного программного обеспечения на базе компьютерной техники по тематике изысканий для гидротехнического и промышленно-строительства.

Привлечение для выполнения топографо-геодезических полевых изысканий специализированных организаций, имеющих современную электронную технику и обладающих возможностью проводить полевые работы методами высокопроизводительной новейшей технологии, региональных специализированных организаций (ТИСИЗы; Росстройизыскания; подразделения ГУГКа; бывшие, ставшие самостоятельными организациями подразделения Гидропроекта и т.п.), располагающих в районах изысканий тяжелой буровой техникой, оборудованием, транспортом и полевыми базами для производства инженерно-геологических, геофизических работ, позволяет, при наличии четко налаженного технического и методического курирования специалистами ОАО «Ленгидропроект», в короткие сроки и качественно выполнять изыскания.

Ярким примером нового подхода к организации комплекса изыскательских работ в современных экономических условиях является выполнение в 2010 – 2012 гг. изысканий для обоснования проектной документации строительства Канкунской ГЭС на р. Тимптон в Республике Саха (Якутия). В каче-



Рис. 2. Буровые работы на участке месторождения № 2 Канкунской ГЭС

стве исполнителей полевых изыскательских работ были привлечены специализированные организации-субподрядчики, выполняющие отдельные виды изыскательских работ для строительства в Республике Саха (Якутия). По итогам отбора в соответствии с опытом работ организации, наличием документа о членстве в СРО и возможности выполнять изыскания для опасных и технически сложных объектов, наличием парка буровой техники, современного оборудования, сертифицированной грунтовой лаборатории, квалификации специалистов и т.п. было привлечено более 20 изыскательских организаций различного профиля. Каждой организации был поручен конкретный участок работ (рис. 2). За ходом выполнения, правильностью методического обеспечения работ на объекте постоянно наблюдали и находились на участках работ специалисты ОАО «Ленгидропроект», которые осуществляли курирование работ, оперативные изменения тематических задач при согласовании с главным инженером проекта и заказчиком. Такой комплексный оперативный подход позволил в короткий период (1,5 года) выполнить объем изысканий до 12 000 пог. м бурения в горно-таежных и суровых климатических условиях, который в 80-х гг. прошлого столетия выполнялся за 2,5 – 3 года. Наличие в отделе изысканий ОАО «Ленгидропроект» современного программного компьютерного обеспечения способствовало оперативной камеральной обработке материалов и обеспечению проектирования исходными данными в кратчайшие сроки.

Положительный опыт выполнения изысканий на Канкунской ГЭС по сжатости сроков и по качеству итоговых материалов подтверждает правильность подхода к организации изыскательского производства в новых экономических условиях.

## Литература

1. История Ленгидропроекта 1917 – 2007 гг. — С.-Пб.: Гуманитарика, 2007.

## О некоторых особенностях разработки проекта организации строительства современных объектов

Киселёв В. Н., зам. главного инженера, Петров В. В., начальник отдела, Кузнецов Р. Я., главный инженер проекта (ОАО “Ленгидропроект”)

Рассматриваются актуальные проблемы и решения вопросов современных проектов организации строительства.

**Ключевые слова:** проект организации строительства, градостроительный план, публичный сервитут, охрана окружающей среды, четырёхмерная модель объекта.

Проект организации строительства сегодня, как и ранее, имеет весомое значение при формировании концепции строительства гидротехнических объектов. В результате разработки проекта организации строительства (ПОС) появляется обоснование стоимости и сроков строительства, выделяются этапы строительства, определяется потребность в трудовых и материальных ресурсах, разрабатываются проектные решения по использованию местных полезных ископаемых, определяется состав вспомогательных зданий и сооружений, разрабатывается технологическая схема строительства с увязкой календарного графика, а также транспортное сообщение строительного периода.

Строительство ГЭС можно разделить на несколько основных этапов:

подъездные транспортные коммуникации и перевалочные базы;

инженерное обеспечение строительства;

временные сооружения (автодороги, причалы, мосты, карьеры, поселки, производственные и складские предприятия);

организация котлована основных сооружений и сооружения для пропуска строительных расходов, перемычки, водоотлив;

пусковой комплекс в целом по ГЭС, включая пусковые комплексы по отдельным сооружениям, в том числе водохранилищу и нижнему бьефу;

завершение строительства, в том числе благоустройство и рекультивация.

Инженерные решения при разработке проектов организации строительства, особенно крупных гидротехнических объектов, отличаются нетиповым подходом к реализации большинства задач проекта. Каждый объект, такой, например, как Зарамагская, Нижне-Бурейская, Канкунская ГЭС, Ленинградская ГАЭС и др., уникален по климатическим и географическим условиям, компоновочным решениям.

Особняком от реализованных и разрабатываемых в последние несколько лет проектов стоит решение правовых земельных вопросов. Необходимость согласования строительного-монтажных работ в водоохранной зоне, использование под строительство земель лесного фонда, частных владений, земель сельхозугодий и муниципальных образований стали важной частью проекта. В ходе разработки данных вопросов Ленгидропроект пришёл к комплексному решению

подготовки документации для заказчика на оформление землеотвода строительного и эксплуатационного периодов, а также установления границ публичных сервитутов для предоставления заказчику. Разработкой генплана раздела 2 “Схема планировочной организации земельного участка” и стройгенплана раздела 6 “Проект организации строительства” проектной документации занимается группа инженеров под руководством главного инженера проекта организации строительства и производства работ. Эффективность данной схемы работы доказана защищёнными проектами и согласованными градостроительными планами земельных участков, которые Ленгидропроект разработал по отдельным заданиям заказчика. Стоит отметить, что даже в решении земельных вопросов, для которых существует мощная правовая и законодательная база, нельзя применить типовое решение, поскольку алгоритм прохождения инстанций в каждом регионе и субъекте Федерации разный.

Отличие современного проекта организации строительства также состоит в значительном объёме согласований с организациями, эксплуатирующими дорожные сети, линии электропередач, сети водопровода и канализации, линии связи, в том числе мобильные, предприятиями приёмки и переработки отходов, экологическими службами. Так, проект организации строительства входит в пакет технической документации, передаваемой на согласование в органы экологического контроля. А параметры ПОС служат исходными данными для разработки мероприятий по охране окружающей среды.

Проекты организации строительства на настоящем этапе разрабатываются с учётом разбивки комплекса строительного-монтажных работ на лоты, задавая их граничные условия. Эта же логика закладывается и при составлении смет.

При разработке ПОС наряду с безопасным ведением работ, минимизацией сроков и стоимости строительства отдельное внимание уделяется возможности привлечения местных трудовых ресурсов, использования прогрессивных отечественных и зарубежных технологий. В ПОС крупных удалённых объектов обосновывается вахтовый метод строительства, при котором минимизированы затраты на бытовые расходы и социальное строительство. Примером может служить Канкунская ГЭС, где применён вахтовый метод



строительства, а также впервые в практике Ленгидропроекта вахтовый способ эксплуатации гидроузла.

На Канкунской ГЭС применен метод объёмной системы обеспечения взаимной транспортной доступности всех основных сооружений с объектами инфраструктуры (карьеры, бетонные и обогатительные хозяйства, производственные и складские предприятия, временный и постоянный поселки). Всего запроектировано 97 км автомобильных дорог в районе основных работ. Сложные условия рельефа местности продиктовали необходимость создания для проекта строительства Канкунской ГЭС трёх стройгенпланов для чёткой увязки готовности основных сооружений и инфраструктурной сети с календарным графиком строительства (рис. 1).

Современные экономические условия диктуют тщательный, детальный подход к определению сроков и стоимости строительства. С целью реализации данного подхода в Ленгидропроекте впервые разработана 4D модель возведения основных сооружений Канкунской ГЭС (рис. 2). Декомпозиция работ при построении модели выполнена до значения примерно в 9 тыс. позиций. В результате данной работы получена визуализация строительного процесса с возможностью контроля и при необходимости корректировки временных и физических параметров модели, а также получено детальное обоснование сроков и объёмов работ. При разработке 4D модели сооружения сводятся к минимуму нестыковки и ошибки, которые невозможно обнаружить при традиционном подходе к разработке проекта организации строительства. Четырёхмерная модель объекта живёт и используется от своего создания до сдачи объекта в эксплуатацию. Возможность управления параметрами модели в строительный период позволяет осуществлять контроль строительно-монтажных работ, контроль закупок, прогнозировать риски строительного периода и объём вложений в проект.

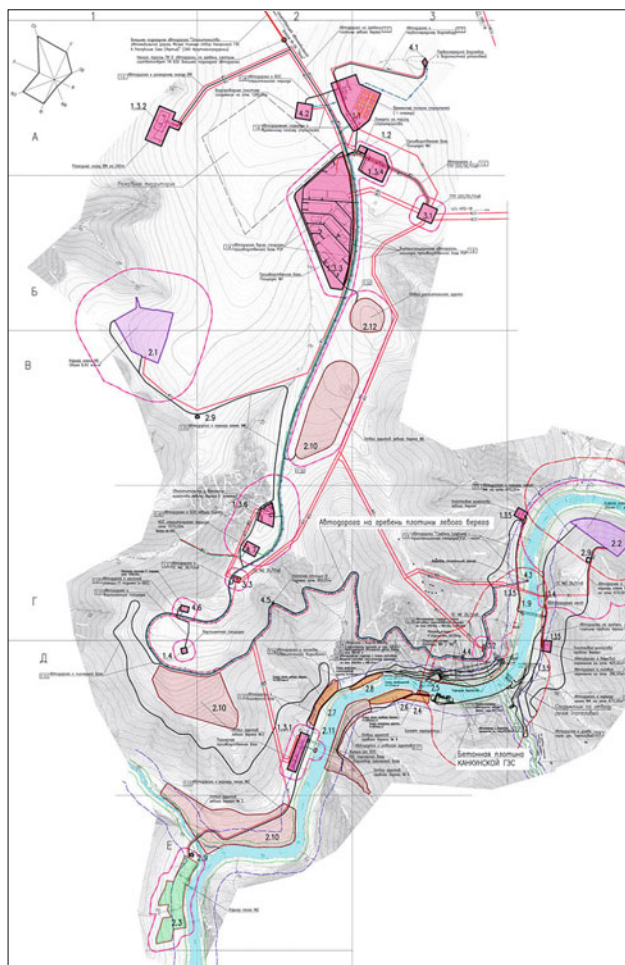


Рис. 1. Стройгенплан подготовительного периода

Построение четырёхмерной модели объекта является перспективным направлением проектирования крупных объектов, в частности гидротехнических. Дополнительные трудозатраты на создание модели окупаются как на этапе разработке проекта, так и на этапе его реализации.

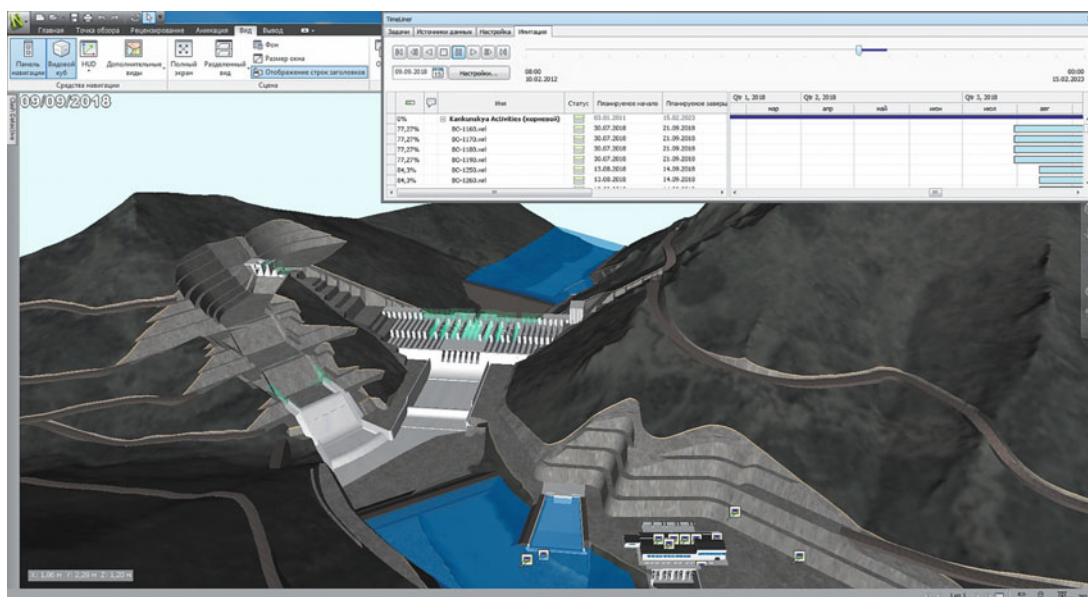


Рис. 2. Четырёхмерная модель возведения основных сооружений Канкунской ГЭС

# Проектирование водохранилищ в современных условиях

Иванов В. М., начальник отдела (ОАО «Ленгидропроект»)

Освещаются вопросы, связанные с проектированием водохранилищ и нижних бьефов ГЭС, а также инженерной защиты селитебных территорий и хозяйственных объектов от негативного воздействия вод.

**Ключевые слова:** гидроэнергетическое строительство, инженерная защита, мероприятия по подготовке территорий водохранилищ, социально-экологический мониторинг, оценка воздействия на окружающую среду, общественное обсуждение.

Ленгидропроект — это организация, которая способна организовать и реализовать весь комплекс проектно-изыскательских и научно-исследовательских работ по гидроузлам энергетического и комплексного назначения, включая подготовку зон затопления и решение социально-экономических и экологических вопросов, связанных с созданием и эксплуатацией водохранилищ.

Если в первые годы строительства гидроэлектростанций в нашей стране вопросы подготовки зон затопления решались при минимальном участии проектировщиков-гидроэнергетиков, то уже с 30-х гг. прошлого века специалисты принимали активное участие в рассмотрении вопросов подготовки территорий под водохранилища как по конкретным объектам гидроэнергетики, так и в составе работ по оценке гидроэнергетического потенциала и разработке схем использования рек.

Создание водохранилищ, образуемых подпорными сооружениями ГЭС, осуществляется в увязке со схемами территориального развития субъектов, в административных границах которых размещается водный объект. При этом параметры водохранилища и мероприятия, связанные с его созданием, должны обеспечить требования законодательства по безопасности, социально-экономическому и санитарно-эпидемиологическому благополучию населения, по охране окружающей природной среды, по водохозяйственному регулированию стока для деятельности неэнергетических участников водохозяйственного комплекса (водоснабжение, транспорт, ирригация, рыбное хозяйство и др.), по предотвращению ущерба от наводнений. В перечень мероприятий по подготовке территорий водохранилищ, а также нижних бьефов ГЭС, наряду с объектами капитального строительства, предназначенными для организации эксплуатации водохранилища и восстановления нарушаемых элементов инфраструктуры, входят компенсационные выплаты собственникам объектов недвижимости (строения и земельные участки) и мероприятия природоохранного назначения (перустройство особо охраняемых природных территорий, биотехнические и иные мероприятия по объектам животного мира и растительности).

Следует отметить, что параметры водохранилища (площади затопления, подтопления и берегопереработки, отметки уровня воды, режим использования водных ресурсов) определяют объем и стоимость реализации проектируемых мероприятий и при этом имеют обоюдозначимую связь с параметрами гидроэнергетического комплекса, эффективность строительства которого определяется водноэнергетическими параметрами ГЭС.

За прошедшие десятилетия Ленгидропроект разработаны и реализованы десятки проектов по подготовке водохранилищ и инженерным защитам селитебных территорий, по другим мероприятиям, связанным с подготовкой водохранилищ и нижних бьефов ГЭС. Кроме того, наряду с участием в разработке схем комплексного использования рек на территории Российской Федера-

ции и республик Советского Союза Ленгидропроект принимал активное участие в разработке нормативно-методических материалов по проектированию водохранилищ и инженерных защит территорий от негативных воздействий вод.

Комплексный подход к решению задач гидроэнергетического строительства и наличие высококвалифицированных специалистов позволили Ленгидропроекту своевременно реагировать на изменения, происходящие в экономике страны. От небольших гидроузлов энергетического и водотранспортного назначения на реках европейской части страны проектировщики в кратчайшие сроки переключились на работы по оценке использования гидроэнергоресурсов рек Кавказа, Сибири и Дальнего Востока. Повышения эффективности объектов удалось достигнуть за счет выбора оптимальных с социально-экономической точки зрения параметров водохранилищ и комплексного подхода к использованию водных ресурсов.

В 80 – 90-х гг. прошлого века в стране и мире резко повысилось внимание к социально-экологическим проблемам, связанным с созданием водохранилищ. Появились международные конвенции, новые законодательные и нормативно-методические требования к проектированию и реализации мероприятий по подготовке зон влияния водохранилищ. Соответственно возросли трудоемкость и стоимость проектируемых мероприятий. Анализ ранее выполненных проработок показал, что по отдельным гидроузлам стоимость подготовки территории в разы превышает расчетные затраты на строительство основных сооружений ГЭС.

Одним из перспективных направлений использования создаваемых водохранилищ в 1960-е гг. стала защита территорий нижнего бьефа от наводнений. В регионах Дальнего Востока, особенно сильно подверженных воздействию муссонов, был выполнен огромный объем изыскательских и проектных проработок по оценке перспективных гидротехнических объектов и водохранилищ противопаводкового и комплексного назначения. По результатам выполненных работ в число приоритетных объектов вошел Зейский гидроузел с водохранилищем комплексного назначения. Водные ресурсы Зейского водохранилища, помимо гидроэнергетики, используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения населенных пунктов Амурской области и поддержания условий судоходства на реках Зее и Амуре. Созданная в водохранилище резервная противопаводковая емкость уже на начальном этапе эксплуатации (1984 г.) спасла от катастрофического наводнения г. Благовещенск и десятки других населенных пунктов нижнего бьефа Зейской ГЭС. Объективный анализ многоводного 2007 года также подтверждает, что Амурская область и соседние регионы понесли от экстремально высокого паводка минимальный экономический ущерб исключительно благода-



ря наличие в Зейском водохранилище противопаводковой емкости.

Следует отметить, что состав вопросов, требующих решения при проектировании водохранилищ, постоянно расширяется. Все реки с высоким гидроэнергетическим потенциалом включены в перечень внутренних водных путей страны и имеют высокое рыбохозяйственное значение. Кроме того, под воздействия создаваемых объектов стали попадать территории лесного фонда, используемые для традиционного природопользования коренных малочисленных народов. В соответствии с действующими нормами в главу 13 “Сводного сметного расчета строительства ГЭС” включается до 15 отраслевых разделов, связанных с подготовкой водохранилища. Для решения всего многообразия задач, возникающих при проектировании и организации эксплуатации водохранилищ, специалисты Ленгидропроекта привлекают коллег из ведущих отраслевых и региональных научно-исследовательских и проектных институтов. По каждому крупному и среднему объекту в изыскательских и проектных работах участвуют не менее десяти организаций.

При подготовке территорий водохранилищ в Сибири и на Дальнем Востоке одним из наиболее капиталоемких мероприятий является уборка древесно-кустарниковой растительности, которую необходимо реализовывать в условиях отсутствия лесохозяйственной инфраструктуры. Коммерческая цена леса, заготавливаемого в пределах зоны затопления, как правило, не покрывает и половины расходов подрядной организации по лесосводке и лесочистке, поэтому специалисты института вместе со специалистами лесной отрасли и учеными-экологами по каждому объекту вырабатывают оптимальную схему организации работ по уборке древесины.

Одним из сложнейших мероприятий при подготовке территорий водохранилищ и нижних бьефов ГЭС являются проектирование и реализация инженерной защиты селитебных территорий, населенных пунктов и хозяйственных объектов. По составу и условиям решения задач обеспечения безопасного и комфортного проживания населения это мероприятие немногим уступает строительству гидроузла. Институтом “Ленгидропроект” осуществлялись проектирование и строительство комплексов инженерных защит г. Абакана и п. Усть-Абакана, г. Минусинска, совхоза им. Ленина, с. Подсинее, п. Нижняя Согра в бассейне р. Енисей, п.г.т. Новобурейский, с. Малиновка, с. Казановка в бассейне р. Буреи, райцентра Калевала на оз. Куйто, промплощадки Кизеловской ГРЭС, берегоукрепления и системы водопонижения Новый Ирганай (Республика Дагестан), берегоукрепления в зоне влияния водохранилища Богучанской ГЭС (Красноярский край и Иркутская область), мероприятия по сохранению гидрогеологического режима территории д. Юшкозеро (Республика Карелия).

Опыт технико-экономического обоснования и проектирования инженерных защит крупных населенных пунктов был использован специалистами института в ходе проектирования и реализации Комплекса защитных сооружений Ленинграда — Санкт-Петербурга от наводнений. По поводу необходимости и возможности его реализации было много споров среди отечественных и иностранных специалистов. На протяжении всего периода проектирования и строительства объект находился под пристальным вниманием экологических общественных организаций, включая международные. Предложенные специалистами института мероприятия послужили основой для изменения всей городской системы

организации очистки промышленных и бытовых стоков, современное состояние которой приближается к лучшим мировым аналогам. Организованные в Невской губе и восточной части Финского залива систематические наблюдения показателей качества воды с учетом гидрометеорологических условий позволили не только выявить наиболее значимые источники загрязнения акватории, но и определить комплекс необходимых мероприятий.

Наряду с мероприятиями по хозяйственному переустройству территорий, отводимых под размещение водохранилищ, и их санитарной подготовке важными являются мероприятия по охране окружающей природной среды. Специалисты, занимающиеся разработкой природоохранных мероприятий, появились в Ленгидропроекте в начале 1970-х гг., когда специальность инженера-эколога отсутствовала в профессиональной классификации.

Наличие в институте высококвалифицированных специалистов позволило оперативно отреагировать на изменения законодательства, связанные с принятием закона “Об охране окружающей природной среды”. Выполненная на высоком уровне, с привлечением ведущих институтов, разработка отечественных образцов оценки воздействия на окружающую среду и разделов по охране окружающей среды, проектированию и организации реализации проектов социально-экологического мониторинга стала неотъемлемым звеном совместной работы заказчиков и проектировщиков, которая позволила ввести в эксплуатацию гидроагрегаты на строящихся ГЭС: Бурейской на р. Бурее, Ирганайской на р. Аварское Койсу, Колымской на р. Колыме, Вилойской-3 (Светлинская) на р. Вилое, а также на десятках реконструируемых ГЭС, генеральным проектировщиком которых является Ленгидропроект.

С конца XX века в соответствии с международными нормами в России введена процедура “Оценки воздействия на окружающую среду” (ОВОС), неотъемлемой частью которой является информирование общественности и заинтересованных сторон о характере намечаемой хозяйственной деятельности. Создание гидроузлов с водохранилищами прямо или косвенно затрагивает интересы населения, органов исполнительной власти и местного самоуправления, хозяйствующих субъектов. Нередко в обсуждении материалов ОВОС принимают участие представители международных экологических организаций и движений, объединения коренных малочисленных народов.

Специалистами Ленгидропроекта нарабатан большой опыт организации общественных обсуждений, включая организацию работы общественных приемных и проведение общественных слушаний в Республике Северная Осетия-Алания, Красноярском крае, Амурской, Ленинградской, Магаданской областях, в ряде других субъектов Российской Федерации.

Большую роль в оценке воздействия проектируемых объектов на окружающую среду и аргументации социально-экологической безопасности принятых технических решений играют материалы систематических исследований на строящихся и действующих объектах. Наблюдения и оценка влияния по объектам гидроэнергетики проводятся на протяжении десятилетий. Современный системный подход к организации регулярных наблюдений воздействия на окружающую среду строящихся ГЭС был сформирован специалистами Ленгидропроекта в начале 90-х гг. прошлого века примени-



тельно к объектам Саяно-Шушенского гидроэнергокомплекса и нижнего бьефа Красноярской ГЭС на р. Енисее.

На основе накопленного опыта наблюдений и имеющихся фоновых данных по компонентам окружающей среды территорий размещения проектируемых и строящихся объектов гидроэнергетики были определены основные направления (блоки наблюдений) и сформированы базы данных, собираемых и систематизируемых в процессе регулярных наблюдений в зоне ожидаемого воздействия с использованием компьютерных программ и возможностью интеграции с Единой государственной системой мониторинга (ЕГСМ). В настоящее время наиболее продолжительными по периоду наблюдений (более 10 лет) являются рыбохозяйственный мониторинг на объектах каскада Толмачевских малых ГЭС на Камчатке и экологический мониторинг Усть-Среднеканской ГЭС на р. Колыме. Наиболее комплексным по объему исследований и передовым по используемому программному и методическому обеспечению (применение ГИС технологий, удаленного доступа к базе данных и т.д.) является социально-экологический мониторинг Бурейской ГЭС на р. Бурее, логическим продолжением которого будет мониторинг строящейся Нижне-Бурейской ГЭС, начатый во второй половине 2011 г.

С выходом в 1997 г. Федерального закона “О безопасности гидротехнических сооружений” специалисты Ленгидропроекта активно включились в работу по оценке социальной и экологической составляющих размера вероятного вреда в периоды строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений гидравлических, тепловых и атомных электростанций, а также инженерных защит населенных пунктов десятков регионов России. Данные рекогносцировочных обследований, выполненных на этапах проектирования и организации экологического мониторинга влияния ГЭС и водохранилищ, послужили надежной основой для выполнения расчетов с высокой степенью достоверности, подтвержденной мнением экспертов и представителей уполномоченных органов исполнительной власти.

За последние 5 лет в природоохранном законодательстве РФ произошли существенные изменения:

введены новые Лесной и Водный кодексы РФ, коренным образом изменены положения ранее принятых Градостроительного, Земельного и Гражданского кодексов; реформированы основные положения законов, определяющих полномочия органов Роспотребнадзора, Росрыболовства, лесного и охотничьего хозяйства;

практически полностью изменилась методическая база, в соответствии с которой определяются условия использования водных ресурсов водохранилищ, расчет вероятного ущерба компонентам окружающей среды и стоимости компенсационных мероприятий.

В отличие от неотмененного, но фактически утраченного силу Постановления Совмина СССР № 76 от 02.02.1976 г. “Об утверждении Положения о порядке проведения мероприятий по подготовке зон затопления водохранилищ в связи со строительством гидроэлектростанций и водохранилищ”, введенные за последние 5 лет законодательные нормы не обеспечивают заказчикам, разработчикам проектной документации и органам экспертизы выработки единого подхода к проектированию, экспертизе, строительству и приемке в эксплуатацию гидроэнергетических объектов (ГЭС и водохранилищ).

Введенный в 2010 г. стандарт организации “Гидроэлектростанции. Водоохранилища ГЭС. Основные правила проектирования и строительства. Нормы и требова-

ния” СТО 17330282.27.140.036 – 2009 не может в полной мере заменить Постановление правительства РФ, так как является ведомственным документом, а в определении объемов и реализации мероприятий по подготовке водохранилищ задействованы органы исполнительной власти и собственники, для которых требования такого документа носят информационный характер.

Таким образом, при проектировании мероприятий по подготовке водохранилищ специалисты Ленгидропроекта разрабатывают по каждому из объектов индивидуальные проектные решения, для которых, наряду с требованиями задания заказчика и действующей нормативно-методической базы, активно используется накопленный практический опыт.

Специалистами ОАО “Ленгидропроект” накоплен большой опыт взаимоувязывания этапов реализации строительства основных сооружений ГЭС с этапами подготовки водохранилищ до соответствующих пусковых отметок. При условии согласованных действий заказчика-застройщика ГЭС с территориальными заказчиками субъектов РФ, на территории которых размещается создаваемый водный объект, как правило, удается избежать задержки пуска агрегатов ГЭС из-за неготовности зоны затопления или обострения негативного отношения к объекту со стороны местного населения. Наиболее яркими примерами успешного решения вопросов подготовки зон затопления в последние 10 лет являются Бурейская ГЭС на р. Бурее, подготовка водохранилища которой осуществлялась заказчиками от Хабаровского края и Амурской области, и Ирганайская ГЭС на р. Аварское Койсу, мероприятия по водохранилищу которой осуществлены уполномоченными подразделениями Правительства Республики Дагестан.

Улучшению качества выпускаемой проектной продукции в части соответствия современным требованиям охраны окружающей среды содействует внедренная в 2011 г. система экологического менеджмента ISO 14001:2004, аттестация на соответствие требований которой успешно пройдена подразделениями ОАО “Ленгидропроект”.

Примерами успешного взаимодействия с заказчиками и прохождения установленных законодательством процедур является получение положительных экспертных заключений по мероприятиям, связанным с подготовкой Гочатлинского водохранилища на р. Аварское Койсу (Республика Дагестан), а также получение положительных заключений Главгосэкспертизы России по проектам подготовки Нижне-Курейского водохранилища в Красноярском крае, Нижне-Бурейского водохранилища в Амурской области, бассейнов-водохранилищ Ленинградской ГАЭС.

В настоящее время специалисты отдела водохранилищ и охраны окружающей среды ОАО “Ленгидропроект” ведут рабочее проектирование по водохранилищам Ленинградской ГАЭС, Усть-Среднеканской и Нижнебурейской ГЭС, участвуют в инженеринговом сопровождении государственной экспертизы проектной документации по Зарамагской ГЭС-1 на р. Ардон (Республика Северная Осетия — Алания), Канкунской ГЭС на р. Тимптон (Республика Саха (Якутия)), водохранилищу Богучанской ГЭС на р. Ангаре (Красноярский край и Иркутская область), а также по целому ряду реконструируемых объектов гидроэнергетики.

## Социально-экологический мониторинг на объектах гидроэнергетики

Чумаков В. В., зам. главного инженера, Ханов И. К.,  
зам. главного инженера проекта (ОАО “Ленгидропроект”)

Приводится опыт ОАО “Ленгидропроект” по разработке проектов, организации и проведению локальных комплексных социально-экологических мониторингов на гидроэнергетических объектах, включая Бурейский гидроузел.

**Ключевые слова:** гидроэнергетическое строительство, локальный комплексный социально-экологический мониторинг.

С середины 80-х — начала 90-х гг. прошлого века проблемы социально-экологического характера в гидротехническом строительстве находятся в зоне пристального внимания общественности. В то время в Ленгидропроекте и возникла идея разработки проекта создания и проведения социально-экологический мониторинга, которая в разной степени была реализована на ряде строящихся гидротехнических объектов. Социально-экологические проблемы не потеряли актуальности и в настоящее время, они играют существенную роль при принятии решений о строительстве объектов.

Еще в 80-х гг. прошлого века по разработкам Ленгидропроекта проводился мониторинг р. Енисей на участке нижнего бьефа Красноярской ГЭС в районе Красноярской агломерации с целью изучения влияния полыньи на условия проживания населения и разработки мероприятий по возможному ее сокращению. А с начала 90-х гг. Ленгидропроект в обязательном порядке разрабатывает проекты и ведет комплексный экологический мониторинг параметров состояния природной среды в зоне влияния строящихся гидроэнергетических объектов (малые ГЭС на р. Толмачева, Саяно-Шушенская ГЭС на р. Енисее, Усть-Среднеканская ГЭС на р. Колыме, Бурейская ГЭС на р. Бурее, Светлинская ГЭС на р. Вилое и др.).

Примером полномасштабных работ по мониторингу экологических и социальных процессов в зоне влияния крупных гидроэнергетических объектов является разработка и реализация по инициативе Ленгидропроекта проекта “Социально-экологический мониторинг и базы данных зоны влияния Бурейского гидроузла”. Научное обоснование мониторинга по заданию Ленгидропроекта выполнил Институт водных и экологических проблем ДВО РАН. Заказчиком проекта мониторинга и инвестором мониторинговых исследований выступил филиал ОАО “РусГидро” — “Бурейская ГЭС”. В ходе выполнения работ была разработана двухэтапная долгосрочная программа наблюдений:

I этап — 2003 – 2008 гг. — завершающий период строительства Бурейской ГЭС с наполнением водохранилища до проектной отметки, итог кото-

рому подведен Ленгидропроектом в многотомном Сводном отчете;

II этап — 2008 – 2017 гг. — период постоянной эксплуатации гидроузла и водохранилища в проектном режиме, который реализуется в комплексе с мониторингом зоны влияния Нижне-Бурейской ГЭС, второй ГЭС Бурейского каскада.

В соответствии с проектом мониторинг состоит из семи блоков одинаковой важности, имеющих свою природную и социальную сферу для изучения: метеорологический, геологический, водная среда, почвы, растительность, животный мир, социальная среда. Социальная направленность мониторинга реализуется во всех указанных блоках.

Мониторинг Бурейского гидроузла проводится на территории двух субъектов Российской Федерации с 2003 г.:

в Амурской области (в Бурейском районе), где производится непосредственное строительство Бурейской ГЭС, располагаются половина водохранилища и нижний бьеф;

в Хабаровском крае (в Верхнебурейском районе), где располагается верховая часть водохранилища.

Главной целью мониторинга является проведение наблюдений на рассматриваемой территории за экологическими и социально-экономическими процессами, вызываемыми строительством Бурейского гидроузла, временной и постоянной эксплуатацией водохранилища для предотвращения возможных негативных социально-экологических последствий гидростроительства.

Под руководством Ленгидропроекта в мониторинге участвуют больше десятка различных научных организаций Дальневосточного региона. Специалисты Ленгидропроекта ежегодно проводят анализ полученных результатов натурных наблюдений, выполняемых соисполнителями, и при необходимости корректируют программу работ.

С целью организации единой системы мониторинга на всех этапах его проведения (унификации накопления информации по пунктам и направлениям мониторинга) Ленгидропроект разработал базу данных, включающую следующие составляющие:

фактографическая база содержит данные натуральных наблюдений;

картографическая база содержит наборы карт, выполненные с использованием геоинформационных систем (ArcView и MapInfo).

Для наполнения базы данных, оптимизации процесса обработки информации Ленгидропроектом разрабатывается автоматизированная система экологического мониторинга (АСЭМ) Бурейского гидроузла, которая является практически универсальной и может использоваться и на других объектах гидроэнергетики.

Уже на начальном этапе участниками мониторинга была создана масс-балансовая модель первичной продуктивности наземных и водных экосистем и предложены новые методики исследований, в том числе:

методика экономической оценки ресурсно-экологического потенциала природных экосистем;

методика оценки влияния водохранилища на рост и развитие леса по изменению таксационных показателей, выраженных через текущий прирост объема ствола дерева и запаса насаждения на 1 га, в сравнении с данными нормального насаждения по таблицам хода роста.

На первом этапе мониторинга Ленгидропроектом решены следующие актуальные задачи:

проведено моделирование процессов, имеющее целью определить, как влияет лесосводка и лесочистка на качество воды. На репрезентативном фактическом материале установлено, что сокращение объемов лесосводки и лесочистки существенно не ухудшит качество воды Бурейского водохранилища;

по результатам работ в рамках ихтиологического блока мониторинга ФГУ “Амуррыбвод” принято решение о нецелесообразности установки рыбозащитных устройств в период временной эксплуатации ГЭС. В настоящее время продолжают исследования целесообразности установки РЗУ на постоянных водоводах гидроагрегатов Бурейской ГЭС.

Социально-экологический мониторинг зоны влияния Бурейского гидроузла ведется с небольшо-

ми организационными перерывами почти 10 лет. За этот период накоплен колоссальный банк данных по всем блокам мониторинга и постепенно уничтожаются “белые пятна” в изучении экосистемы бассейна р. Буреи.

Результаты исследований на первом этапе мониторинга показали, что при заполнении Бурейского водохранилища экологическая обстановка в бассейне р. Буреи соответствует прогнозным показателям, обозначенным Ленгидропроектом при проектировании станции. Так, в частности, изменения качества воды находятся в пределах прогнозных показателей и соответствуют природному фону, характерному для этой местности.

Данные мониторинга используют местные исполнительные власти, контролирующие государственные органы и филиал ОАО “РусГидро” — “Бурейская ГЭС” (заказчик мониторинга) при принятии решений по экологическим и социальным вопросам в ходе строительства и эксплуатации Бурейской ГЭС. В частности, материалы наблюдений широко привлекались при проведении общественных обсуждений, связанных с проектированием и строительством Нижне-Бурейской ГЭС.

## **Выводы**

1. Опыт, накопленный Ленгидропроектом за прошедшие 5 лет при разработке проектов, организации и проведении локальных комплексных социально-экологических мониторингов на гидроэнергетических объектах, включая Бурейский гидроузел, позволяет нашим специалистам разрабатывать наиболее точные прогнозные оценки изменения водных и наземных экосистем, а также микроклимата при текущем проектировании и строительстве новых гидроэнергетических объектов в Дальневосточном регионе.

2. Фактические систематизированные данные по всем видам влияния Бурейского гидроузла на окружающую среду в верхнем и нижнем бьефах дают Ленгидропроекту основу для объективного анализа проблем, возникающих в природной и социальной сферах, и в конструктивном плане позволяют находить эффективные пути их решения.



## Молодежная политика ОАО “Ленгидропроект”

Григоренко Р. И., зам. начальника отдела,  
Минина А. А., инженер (ОАО “Ленгидропроект”)

Молодые специалисты — это будущее любой организации. Именно молодым в ближайшем будущем предстоит решать долгосрочные задачи и реализовывать перспективные проекты. Понимая значимость адаптации, развития и мотивации молодых специалистов, руководство ОАО “Ленгидропроект” в 2007 г. приняло решение о создании общественной организации молодежи, которая была названа “Совет молодых специалистов”. В её состав вошли работники организации в возрасте до 33 лет.

Весной 2011 г. по инициативе молодых специалистов была учреждена региональная общественная организация “Совет молодых специалистов ОАО “Ленгидропроект” в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации. Сегодня Совет молодых специалистов — это самостоятельная общественная организация, имеющая статус юридического лица и насчитывающая около 200 членов. Основными ее задачами являются содействие в адаптации и закреплении молодых специалистов в ОАО “Ленгидропроект”, создание условий для повышения инициативы молодых специалистов, привлечение их к участию в перспективных разработках. Необходимы содействие росту высококвалифицированных кадров из состава молодых специалистов, укрепление профессиональных и деловых связей между ними, расширение взаимодействия и обмен опытом между различными структурными подразделениями.

Молодые специалисты, попадая в ОАО “Ленгидропроект”, чувствуют постоянную заботу и участие организации в их судьбе. Еще будучи студентами, некоторые из нас проходили обучение в стенах института на производственной практике или на базовой кафедре “Гидротехническое строительство” от Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, созданной на базе Ленгидропроекта. Обучение на базовой кафедре и прохождение практики предоставляют возможность студентам познакомиться с институтом и его инженерами, получить новые знания на примере объектов Ленгидропроекта и еще на этапе обучения в университете сделать правильный выбор. Студенты, демонстрирующие хорошие результаты, приглашаются на постоянную работу в ОАО “Ленгидропроект”. Возможность такого начала карьеры очень мотивирует на дальнейшие успехи.

После поступления на работу в одну из крупнейших проектных организаций по проектированию ГЭС молодые специалисты проходят специальную техническую учебу, организованную руководством ОАО “Ленгидропроект” для скорейшей

адаптации в производственный процесс. В ходе занятий рассказывается об истории Ленгидропроекта, современных проектируемых и строящихся объектах, стадиях проектирования и взаимодействии между отделами. Этот цикл лекций ведет старейший сотрудник Ленгидропроекта и хорошо знакомый всем студентам профессор Политехнического университета В. М. Боярский. По окончании лекций новые сотрудники имеют возможность сравнить традиционные и новые подходы к проектированию, оценить необходимость новых технологий.

Совет молодых специалистов совместно с руководством Ленгидропроекта организует регулярные технические выездные семинары на действующие гидротехнические объекты. Только за последний год молодые специалисты Ленгидропроекта посетили Лесогорскую, Светогорскую, Нарвскую, Волховскую и Нижне-Свирскую ГЭС, а также Комплекс защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений. Участники выездных семинаров смогли ознакомиться с сооружениями гидроузлов и их устройствами, задать вопросы работникам станции. Наличие хорошей инженерной подготовки и квалификации позволяет молодым специалистам быстро понять устройство сооружений, принципы работы и управления производственным процессом.

Для полного поэтапного погружения молодого специалиста в профессию и планирования его профессионального роста ОАО “Ленгидропроект” разработана, внедрена и успешно функционирует программа формирования кадрового резерва. Руководство организации заботится о наиболее эффективном развитии молодых специалистов, не допуская свободного плавания молодых в большой и сложной системе проектирования гидротехнических объектов. Для этих целей организовано наставничество, в котором принимают участие самые опытные работники Ленгидропроекта. За каждым молодым инженером закрепляется свой наставник, с которым составляется индивидуальный план развития молодого специалиста на следующую (плановую) должность. В процессе реализации индивидуального плана и наставник, и сам молодой специалист объективно оценивают конечный результат работы. По итогам выполнения плана развития молодые специалисты направляются на аттестацию на соответствие плановой должности. Передавая молодым работникам накопленный опыт и обеспечивая социальными гарантиями, Ленгидропроект закладывает основу для их участия в реализации перспективных проектов, формируя таким образом кадровый резерв организации.



Технический семинар — каскад Вуоксинских ГЭС

Для эффективного развития профессиональных компетенций молодых специалистов в Ленгидропроекте организуются научно-технические конференции и семинары, а также направляют группы молодых специалистов на ежегодные международные научно-технические конференции, где им представляется возможность изложить свои доклады. Дипломы I, II, III степени молодые специалисты ежегодно привозят в Ленгидропроект. Конференции подобного масштаба укрепляют позиции молодых специалистов в профессии, позволяют сравнить свои знания со знаниями молодых специалистов из других проектных институтов, поделиться своими идеями, тем самым поднимая свой инженерный уровень работы. Участие в конференциях также помогает молодым специалистам Ленгидропроекта овладеть навыками научных выступлений и в дальнейшем отстаивать и обосновывать свою позицию в технических вопросах.

Для дальнейшего поддержания необходимого инженерного уровня работы молодые специалисты проходят курсы повышения квалификации. Примечательно, что молодым самим предоставляется возможность предложить руководству Ленгидропроекта курсы по специальности, которые мы хотели бы посетить. С учетом нашего мнения в этом вопросе формируется план обучения персонала.

Отдельного внимания заслуживает стремление руководства Ленгидропроекта вывести своих работников на международный уровень квалификации. В 2012 г. была организована стажировка более 100 перспективных специалистов института в канадской корпорации “SNC Lavalin” (Монреаль), которая является одной из ведущих международных инжиниринговых компаний.

Говоря о развитии молодых специалистов в ОАО “Ленгидропроект”, нельзя не затронуть вопрос практической реализации проектных решений института. Наиболее ценный опыт практической работы молодым специалистам удается приобрести на строящихся объектах при выезде на длительные сроки в группы рабочего проектирования. На месте



XXIV Международная молодежная научно-техническая конференция исполнительного комитета Электроэнергетического Совета СНГ и ассоциации “Гидропроект” “Инновации в энергетике” (сентябрь 2011 г.)

становятся понятны собственные силы, знания предмета, развивается оперативное мышление и тренируется способность держать удар.

Для всестороннего развития молодых работников в Ленгидропроекте большое внимание уделяется социальной работе, участию в организации досуга, физического развития, занятости и отдыха молодых специалистов, что мотивирует молодых специалистов и способствует их профессиональному росту. Социальная политика Ленгидропроекта направлена на сплочение коллектива, повышение культурного уровня работников, улучшение их физической формы, ведь грамотное чередование труда и отдыха — это залог успеха. Молодые инженеры ОАО “Ленгидропроект” постоянно участвуют в районных и городских спартакиадах. Каждое соревнование пополняет коллекцию побед новыми наградами, кубками, грамотами. Кроме того, молодые специалисты ведут активную культурную жизнь: посещают театры, концерты, музеи, экскурсии, городские фестивали и многое другое. Необходимо отметить, что все проводимые мероприятия являются льготными для молодых работников ОАО “Ленгидропроект”.

Сейчас благодаря поддержке генерального директора ОАО “Ленгидропроект” С. М. Воскресенского, совместной целенаправленной работе руководства Ленгидропроекта и Совета молодых специалистов инженерный уровень молодых работников существенно возрос, перед ними ставятся серьезные задачи (среди молодых специалистов есть главные инженеры проектов, заместители и начальники отделов).

2012 г. — юбилейный для Ленгидропроекта. Институту исполняется 95 лет. Это целая эпоха в истории российской гидроэнергетики. Мы уверены, что энергия, знания и потенциал нашей молодежи помогут осуществить планы и цели, которые поставил ОАО “Ленгидропроект”.

## Новости гидроэнергетики и гидротехники

### Богучанская ГЭС

В течение июня 2012 г. на строительстве Богучанской ГЭС продолжались общестроительные, монтажные и пусконаладочные работы. В здания и сооружения ГЭС уложено 8332 м<sup>3</sup> бетона, смонтировано 63 м<sup>3</sup> сборного железобетона и 565 т металлоконструкций, гидромеханического и гидросилового оборудования. Всего в первом полугодии 2012 г. уложено более 29 тыс. м<sup>3</sup> бетона и сборного железобетона. С момента возобновления работ по достройке станции в объекты и сооружения Богучанской ГЭС должно быть уложено 1240 тыс. м<sup>3</sup> бетона. В период с 2006 по 2011 гг. уже уложено 1170 тыс. м<sup>3</sup>. По состоянию на 1 июля 2012 г. трансформаторные пазухи агрегатных секций № 1, 2 и 3 готовы на 100%, секции № 4 на 98%, секции № 5 на 93%, секций № 6, 7 и 8 на 89 ... 64%. В июне 2012 г. было завершено строительство до проектной отметки 214,0 м секции №14 бетонной плотины. Таким образом, на сегодняшний день уже двадцать семь секций из тридцати четырех возведены до проектного уровня. Полностью построены секции № 0, 1 – 3, 6 – 14, 20 – 29, 31 – 34.

В СПК за первое полугодие уложено свыше 655 м<sup>3</sup> бетона, смонтировано 24 т металлоконструкций.

Монтаж гидромеханического оборудования, металлоконструкций и кранового оборудования в первом полугодии 2012 г. выполнен в объеме 891,9 т.

*Первые два гидроагрегата Богучанской ГЭС на 100% готовы к проведению индивидуальных пусконаладочных испытаний. Испытания начнутся после подъёма водохранилища до отметки 179,0 м. По состоянию на 24 июля с.г. уровень воды в водохранилище составляет 169,48 м. На ГА № 3 и 4 завершён монтаж основного оборудования, ведётся сборка вспомогательных систем. В процессе строительства машинного зала временная торцевая стенка была передвинута к границе между ГА №7 и 8. Над ГА №7 на площади 482 м<sup>2</sup> выполнена кровля. Это позволило вернуть монтажные работы на ГА №7 вне зависимости от погодных условий. В июле на монтажной площадке велась подготовка к монтажу рабочего колеса агрегата № 7 и сборка ротора агрегата № 6. Всего за шесть месяцев 2012 г. на Богучанской ГЭС смонтировано 4,3 тыс. т гидросилового оборудования.*

В ближайшее время завершится монтаж схемы выдачи мощности Богучанской ГЭС.

При наполнении водохранилища выполнен большой объем работ по корректировке береговой линии.

Выполнены: цементация карт транспортного тоннеля на отметках 157,3 и 161,2 м в объеме 1103 м<sup>2</sup>, устройство охранного контура ГЭС на протяжении

577 м, отделочные работы в СПК на площади 15144 м<sup>2</sup>.

Всего в работах на станции принимали участие более 2750 человек из числа работников ОАО «Богучанская ГЭС», ЗАО «Организатор строительства Богучанской ГЭС» и подрядных организаций.

ОАО «Институт Гидропроект» продолжает осуществлять функции авторского надзора при строительстве. В связи с наполнением водохранилища специалисты института и его филиала - ЦСГНЭО выполняют оценку надежности и безопасности гидротехнических сооружений гидроузла. Они производят расчеты напряженного деформированного состояния каменно-набросной (КНП) и бетонной плотин. Ведутся наблюдения за фильтрационным режимом в основании, теле и береговых примыканиях бетонной плотины и КНП. Специалисты ЦСГНЭО для контроля за состоянием КНП во время наполнения водохранилища предложили метод электротомографии, который успешно применяется в инженерной геофизике. Особое внимание уделяется сопряжению КНП с вертикальным устоем и правобережному примыканию. На сегодняшний момент по результатам инструментальных и визуальных наблюдений за состоянием гидротехнических сооружений Богучанской ГЭС каких-либо процессов или явлений, снижающих надежность и безопасность сооружений, не выявлено.

### Усть-Среднеканская ГЭС

По состоянию на 15 июня с.г. временная земляная плотина строящейся Усть-Среднеканской ГЭС отсыпана до отметки 255,0 м при пусковой отметке 260,5 м. Ведутся цементационные работы в основании плотины. Бетонная плотина возведена до отметок пускового комплекса. Выполнены монтаж и пусконаладка основных рабочих колесных затворов в пролетах 8, 9 и 10, ведётся монтаж затвора в пролете 7 и эстакады для грузоподъемных механизмов в пролете 10.

Смонтированы два генераторных элегазовых выключателя 15,75 кВ, ведётся монтаж ротора ГА №1. Установлен основной трансформатор Т-1 и два трансформатора собственных нужд. Завершены отделочные работы в здании КРУЭ, ожидается поставка его оборудования.

### Зарагижская малая ГЭС

Проект Зарагижской малой ГЭС, разработанный специалистами ОАО «Институт Гидропроект», получил положительные экспертные заключения ГУ «Управление госэкспертизы КБР» по проектной,



сметной документации и результатам инженерных изысканий.

В состав сооружений Зарагижской МГЭС войдут деривационный канал, напорный бассейн с холостым водосбросом, водоприемник, напорный водовод, станционный узел, отводящий канал. Здание ГЭС будет состоять из агрегатной зоны, блока монтажной площадки, помещений служебно-производственного корпуса (СПК). Рядом со зданием ГЭС будет располагаться площадка ОРУ-110 кВ. Впервые в российской гидроэнергетике на Зарагижской МГЭС в решениях по электрической части гидроагрегатов предусматривается использование индукторного генератора, позволяющего гидроагрегату работать с переменной частотой вращения, что увеличивает КПД турбины, снижает вибрацию и кавитацию, то есть существенно улучшает технические показатели.

ОАО «Институт Гидропроект» является генеральным проектировщиком Зарагижской МГЭС с 2010 года. Параллельно с разработкой проектной документации ведется рабочее проектирование. Первые работы на стройплощадке начались в октябре 2011 г., в сооружения станции уже уложено более 13 тыс. м<sup>3</sup> бетона. Ввести станцию в эксплуатацию планируется в конце 2013 г.

### **Восстановление и реконструкция Саяно-Шушенской ГЭС**

В июне 2012 г. введен в эксплуатацию ГА № 8 Саяно-Шушенской ГЭС. Это уже третий полностью новый гидроагрегат, возвращенный в строй в рамках программы восстановления и комплексной реконструкции станции. В ходе реконструкции гидроагрегата № 8 выполнено полное обследование проточной части турбины и напорного водовода, монтаж и наладка основного и вспомогательного оборудования, систем автоматического управления и защит, возбуждения, вибрационного и теплового контроля, технического водоснабжения, пожаротушения, вентиляции, масла и воздушоснабжения, монтаж элегазового генераторного комплекса НЕС-8С, необходимого для коммутации гидрогенератора с электрической сетью. После этого были проведены высоковольтные испытания генератора, необходимые для определения возможных скрытых дефектов изоляции, а также испытания маслonaпорной установки. Проведен комплекс предпусковых испытаний, включающий в себя индивидуальные испытания оборудования и систем гидроагрегата, в том числе испытания на холостом ходу турбины, испытания в сети и ступенчатый набор нагрузки.

Комплексное опробование ГА № 8 под нагрузкой в течение 72 часов завершилось 15 июня, после чего начался период его подконтрольной эксплуатации, продолжавшийся 30 суток. В этот период специалисты станции проводили регулярный детальный анализ и контроль работы основного и вспомогательного оборудования ГА № 8 на всех режимах. Испытания проходили по утверждённой заводом-изготовителем про-

грамме с непрерывным контролем электрических параметров, температурного и вибрационного состояния гидроагрегата. По завершении испытаний рабочей комиссией, включающей представителей ОАО «РусГидро», концерна «Силловые машины» и Ростехнадзора был подписан акт, разрешающий ввод гидроагрегата в эксплуатацию.

ГА № 8, также как новые гидроагрегаты под станционными номерами 1 и 7, введенные в работу в 2011 – 2012 гг., участвует в суточном регулировании нагрузки в соответствии с заданными диспетчерскими графиками ОДУ Сибири. Регулирование мощности ГА № 8 устанавливается суточным графиком с почасовым изменением, либо отключением агрегата. На данный момент для гидроагрегатов №№ 1, 7, 8 разрешено суточное регулирование активной мощности в диапазоне, согласованном с изготовителем оборудования.

В настоящее время рабочая мощность Саяно-Шушенской ГЭС составляет 3200 МВт (половину проектной - 6400 МВт). В эксплуатации находятся гидроагрегаты №1,3,4,7,8. Восстановленные первыми ГА №5 и 6 выведены из работы с целью замены их оборудования. Ведется монтаж ГА № 9. На данный момент завершено обследование проточной части турбины и напорного водовода, смонтировано опорное кольцо турбины и собран статор генератора. Продолжается сборка ротора главного генератора, монтаж системы водяного охлаждения генератора и регулирования агрегата. Планируется, что ГА № 9 будет введен в эксплуатацию в декабре 2012 г.

### **Восстановление и реконструкция Баксанской ГЭС**

На Баксанской ГЭС после завершения всех монтажных работ проведены индивидуальные испытания напорных трубопроводов №1, 2 и 3. Для проведения испытаний каждый трубопровод в соответствии с программой испытаний, разработанной АО «Запорожгидросталь» и согласованной с ОАО «Мособлгидропроект», был наполнен водой насосами из р. Баксан. Заполнение проводилось в два этапа. Первый этап - закачка воды из русла реки до ковша отсасывающей трубы. Второй этап - закачка воды в напорный трубопровод. После заполнения и визуального осмотра трубопровода отдельным насосом, установленным на напорной камере, создавалось давление 13,8 МПа при рабочем давлении 9 МПа. В ходе испытаний установлено, что все параметры смонтированного оборудования соответствуют нормативно-технической документации.

В соответствии с программой комплексной реконструкции Баксанской ГЭС выполнена полная замена трех ниток трубопровода №1, 2 и 3 диаметром 1820 мм, и общей протяженностью 570 м. Проект на реконструкцию напорных трубопроводов был разработан АО «Запорожгидросталь». Замену металлоконструкций напорного трубопровода выполнили специалисты ОАО «Трест Гидромонтаж».

## Закончена разработка технического проекта гидроузла Лай Чау во Вьетнаме

Специалисты ОАО «Институт Гидропроект» завершили разработку проекта гидроузла Лай Чау на реке Да во Вьетнаме. Проект успешно прошел государственную экспертизу и был утвержден заказчиком. 25 мая 2012 г. на совместном совещании представителей правительства Социалистической Республики Вьетнам, государственной экспертной комиссии, Заказчика, Power Engineering Consulting Company 1 (PECC-1), и ОАО «Институт Гидропроект» были рассмотрены и рекомендованы к утверждению откорректированные в связи с уточнением геологических условий решения по левобережной плотине и сооружениям энергетического тракта. Начало разработки рабочей документации специалистами ОАО «Институт Гидропроект» планируется в июле 2012 г.

К настоящему моменту в створе гидроузла Лай Чау завершилось перекрытие русла реки Да, что означает начало строительства основных сооружений гидроузла. Котлован в отметках от уреза воды и выше разработан полностью. Объем вынутого грунта на сегодняшний день составил около 13 млн. м<sup>3</sup>. В июне планируется завершить цементацию аллювиальных отложений в основании плотины, выполнить осушение и приступить к разработке нового котлована под здание ГЭС и водосбросную плотину. В соответствии с общим графиком строительства пуск первого агрегата намечен на первый квартал 2016 г., а ввод ГЭС на полную мощность – в декабре 2016 г.

Гидроузел Лай Чау является последним верхним объектом каскада гидроузлов на реке Да и проектируется в составе гравитационной бетонной плотины из укатанного бетона (RCC) максимальной высотой 137 м, водосбросной плотины, рассчитанной на пропуск максимального расхода (PMF) 24 260 м<sup>3</sup>/с, приплотинного здания ГЭС с тремя гидроагрегатами общей установленной мощностью 1200 МВт.

## ОАО «Институт Гидропроект» проведет экспертизу проекта гидроузла в Непале

ОАО «Институт Гидропроект» приступил к экспертизе проекта гидроузла Верхний Тамор в Непале. Экспертиза включает оценку гидрологических данных, выбора основных параметров гидроузла и установленной мощности, оценку геологических условий, компоновки сооружений гидроузла, параметров основного технологического оборудования, сроков строительства и других разделов проекта.

Бассейн реки Тамор расположен в восточном регионе Непала на главном притоке реки Саптакоши. В бассейне реки Тамор находится горный массив Канчанганга, вершина которого является третьей по высоте точкой в мире. Более 80% водосборной площади бассейна лежит в Высоких Гималаях и регионах Высоких гор, а оставшаяся часть в Средних горах. Предполагается, что часть электроэнергии, вырабатываемой гидроузлом Верхний Тамор установленной мощностью 415 МВт, будет экспортироваться в Индию.

Компоновка гидроузла – деривационная, с подземным зданием ГЭС. Головные сооружения расположены на левом берегу реки Тамор. В состав головного узла входят: водосбросная плотина, переливная водосбросная плотина, водоприемные сооружения с гравиеуловителем, отстойник, бассейн суточного регулирования. Вода к зданию станции подается туннелем длиной 8730 м. В подземном здании ГЭС устанавливаются 5 гидроагрегатов. Холостой сброс в реку Тамор предусмотрен через отводящий канал длиной 2050 м. Отводящий тракт предусматривает отвод воды непосредственно к сооружениям ГЭС Средний Тамор. Дополнительно на участке открытой деривации устраивается здание ГЭС-1, использующее перепад 13,5 м между отстойником и бассейном суточного регулирования. В ГЭС-1 устанавливаются шесть агрегатов капсульного типа общей установленной мощностью 12,5 МВт. Проект разработан компанией «SANIMA HYDRO AND ENGINEERING (P.) LIMITED» (Катманду, Непал) в декабре 2011 г.

*Материалы подготовлены пресс-службой ОАО «РусГидро»:  
И. Слива, В. Скращук, Ю. Попов, В. Вишневская, А. Балкизов*

---

Сдано в набор 26.06.2012. Подписано в печать 07.08.2012. Формат 60×84 1/8.

Печать офсетная. Печ. л. 19,0. 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”

---

## СПРАВКА

(предоставляется в редакцию каждым автором/соавтором статьи)

В соответствии с Законом Российской Федерации об авторских правах, сообщаю, что я, \_\_\_\_\_

автор (соавтор) статьи \_\_\_\_\_

уведомлён об ответственности за использование в статье таких материалов, защищённых авторским правом, как цитаты, воспроизведённые данные, иллюстрации и иные материалы, и о том, что ответственность за нарушение авторских прав ложится на автора статьи.

Я сообщаю, что данная статья не опубликована и не представлена для опубликования в другие периодические издания.

В связи с тем, что издательство “Springer” издаёт новый журнал на английском языке “Power Technology and Engineering”, статьи для которого будут отбираться из журналов “Электрические станции” и “Гидротехническое строительство”, я подтверждаю передачу прав издательству “Springer” на перевод статьи на английский язык и опубликование в печатном и электронном виде названной статьи в журнале “Power Technology and Engineering”, а также распространение её во всех странах мира в случае, если статья будет выбрана для печати в этом издании, и сообщаю, что такая передача указанных прав не нарушает авторских прав других лиц и организаций.

Подпись автора \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ г.

**Ф.И.О.** \_\_\_\_\_

**Адрес** \_\_\_\_\_

**Место работы** \_\_\_\_\_

**Тел.** \_\_\_\_\_

**Факс** \_\_\_\_\_

**E-mail**, который может быть размещён в свободном доступе на сайте журнала для общения читателя с автором статьи \_\_\_\_\_

**E-mail** для переписки с редакцией \_\_\_\_\_