

## Комплексная реконструкция и модернизация Кубанской ГАЭС

Малега А. А.<sup>1</sup>, заместитель главного инженера,  
Бородулин А. А.<sup>2</sup>, главный инженер проекта, начальник отдела,  
Панов В. Н.<sup>3</sup>, начальник отдела,  
Пастухов В. В.<sup>4</sup>, начальник отдела,  
Филатова О. В.<sup>5</sup>, главный специалист (АО “Мособлгидропроект”),  
Подвысоцкий А. А.<sup>6</sup>, кандидат техн. наук,  
начальник отдела (АО “Институт Гидропроект”)

Представлены сведения о местоположении и параметрах эксплуатируемой ГАЭС каскада Кубанских ГЭС. Изложены основные направления комплексной реконструкции и модернизации ГАЭС, инженерно-технические вопросы проектирования основных сооружений. Приведены данные по энергетическому эффекту реконструкции (прирост мощности и выработки).

**Ключевые слова:** каскад Кубанских ГЭС, гидроаккумулирующая электростанция, ГАЭС, комплексная реконструкция и модернизация, водохранилище, гидроагрегат, строительство, новое здание, напорные трубопроводы, подводящий канал, котлован.

## Complex reconstruction and modernization of Kuban PSPP

Malega A. A.<sup>1</sup>, deputy chief engineer,  
Borodulin A. A.<sup>2</sup>, chief engineer of the project, head of department,  
Panov V. N.<sup>3</sup>, head of department,  
Pastuhov V. V.<sup>4</sup>, head of department,  
Filatova O. V.<sup>5</sup>, chief specialist (JSC “Mosoblhydroproject”),  
Podvisotskiy A. A.<sup>6</sup>, candidate of technical sciences,  
head of department (JSC “Institute Hydroproject”)

General information and basic aspects of complex reconstruction and modernization of key object Kuban PSPP. Engineering and technical problems of design main constructions. The data on energy effect of reconstruction (increase of capacity and production).

**Keywords:** Kuban HPP Cascade, pumped storage power plant, PSPP, complex reconstruction and modernization, reservoir, hydraulic unit, construction, new building, pressure pipelines, inlet channel, foundation excavation.

Каскад Кубанских ГЭС включает девять гидроэлектрических станций (ГЭС) и одну гидроаккумулирующую станцию (ГАЭС), размещенных на территориях Карачаево-Черкесской Республики и Ставропольского края. В настоящее время филиалом ПАО “РусГидро” — “Каскад Кубанских ГЭС” ведется работа по комплексной реконструкции и модернизации объектов каскада Кубанских ГЭС, включая ГАЭС, в рамках программы технического перевооружения и реконструкции объектов ПАО “РусГидро” [1]. Генеральным проектировщиком

этой программы для каскада Кубанских ГЭС определен АО “Мособлгидропроект”.

Наиболее сложной задачей является реконструкция головного объекта каскада Кубанских ГЭС — гидроаккумулирующей электростанции (рис. 1). ГАЭС — уникальный гидроэнергетический объект, осуществляющий наполнение Кубанского водохранилища сезонного регулирования с полезной емкостью 500 млн. м<sup>3</sup>. Наполнение водохранилища с мая по сентябрь происходит в турбинном режиме, а его опорожнение, для подачи воды потребителям Большого Ставропольского канала, с сентября по май (в период малой водности) — в насосном режиме. При сработке водохранилища обеспечивается попутная выработка электроэнергии на всех ниже лежащих ГЭС каскада, создавая дополнительную выработку 350 млн. кВт · ч, поэтому ГАЭС по пра-

<sup>1</sup> malegaaa@hydroproject.com

<sup>2</sup> borodulinaa@hydroproject.com

<sup>3</sup> panovvn@hydroproject.com

<sup>4</sup> pastuhovvv@hydroproject.com

<sup>5</sup> filatovaov@hydroproject.com

<sup>6</sup> podvisotskiy\_aa@mail.ru



Рис. 1. Общий вид на здание существующей ГАЭС

ву можно назвать “сердцем” всего каскада Кубанских ГАЭС.

**Предпосылки к реконструкции.** ГАЭС каскада Кубанских ГАЭС построена в 1968 г. в рамках реализации схемы энергетического использования потенциала водных ресурсов Верхней Кубани. Таким образом, в данное время срок эксплуатации сооружений и технологического оборудования станции составляет более 50 лет.

Наливное Кубанское водохранилище расположено ниже магистрального канала. Изначально его заполнение планировалось производить через холостой водосброс в многоводный период года (май — август), а подачу воды из водохранилища обратно в магистральный канал в маловодный период (сентябрь — апрель) выполнять через насосную станцию.

С целью рационального использования холостых сбросов в период наполнения водохранилища при проектировании (генеральный проектировщик ОКБ “Гидропроект”) был выполнен комплекс научно-исследовательских, конструкторских и лабораторных работ по созданию на базе серийного центробежного насоса обратимой насос-турбины. Заводская марка обратимого гидроагрегата получила наименование 6ЗНТВ-30. Агрегат позволял получить 2,4 МВт в насосном режиме и 2,65 МВт в турбинном режиме [2]. Таким образом, оснащенная шестью данными агрегатами насосная станция стала первой в СССР гидроаккумулирующей электростанцией. При максимальной простоте конструкции насос-турбины полученная выработка позволяла за счет использования холостых сбросов компенсировать около 25 % потраченной электроэнергии за период работы станции в насосном режиме.

Установленное в 1968 г. оборудование, в первую очередь гидросиловое, не удовлетворяет современным требованиям к его работе в режиме насос-турбины. Одной из серьезных проблем, с которой столкнулись изготовители оборудования и эксплуатирующий персонал уже в период натурных испы-

таний первых насос-турбин, были неблагоприятные по условиям пульсации потока и вибрации оборудования пуски и остановки агрегатов в турбинном режиме. Проблемы, связанные с кавитацией и вибрацией, проявлялись во время всего периода эксплуатации и наиболее злободневны в настоящее время с учетом существенного износа оборудования [3].

Основными целями комплексной реконструкции и модернизации ГАЭС являются:

обновление основных фондов на основе применения современного технологического оборудования, строительных материалов, конструкций и систем автоматики;

реконструкция гидротехнических сооружений в связи с заменой оборудования, а также с целью обеспечения нормативного уровня безопасности и надежности;

оптимизация использования водных ресурсов; увеличение мощности и выработки электроэнергии;

оптимизация эксплуатационных затрат;

повышение качества и эффективности систем управления.

Для выполнения этих целей требуется установка нового, современного гидросилового, механического, электротехнического и другого оборудования. В габаритах существующего здания станции установка данного оборудования оказалась невозможна, поэтому требуется сооружение нового здания ГАЭС.

**Выбор основного гидросилового оборудования.** Основной особенностью работы Кубанской ГАЭС, обусловившей сложность выбора основного гидросилового оборудования, является значительное изменение напоров во всем диапазоне работы гидроагрегата, как в турбинном, так и в насосном режимах. Изменение напора составляет порядка 50 %, от 15,6 до 31,0 м в турбинном и от 15,6 до 29,7 м в насосном режиме. Также было необходимо учитывать обеспечение минимального заглубления гидроагрегата относительно уровня нижнего бьефа. Техническим заданием на проектирование было определено подобрать гидроагрегат с высотой отсасывания 0...–1 м, что является проблематичным для обратимых гидроагрегатов. Выбор количества агрегатов определялся исходя из сложившихся условий эксплуатации Кубанского водохранилища и режимов водоподачи в Большом Ставропольском канале при работе станции в насосном режиме. Требование по ограничению высоты отсасывания гидроагрегатов обусловлено и тем, что новое здание ГАЭС должно возводиться в котловане глубиной более 20 м с использованием ограждающих конструкций типа “стена в грунте” в сложных инженерно-геологических условиях.

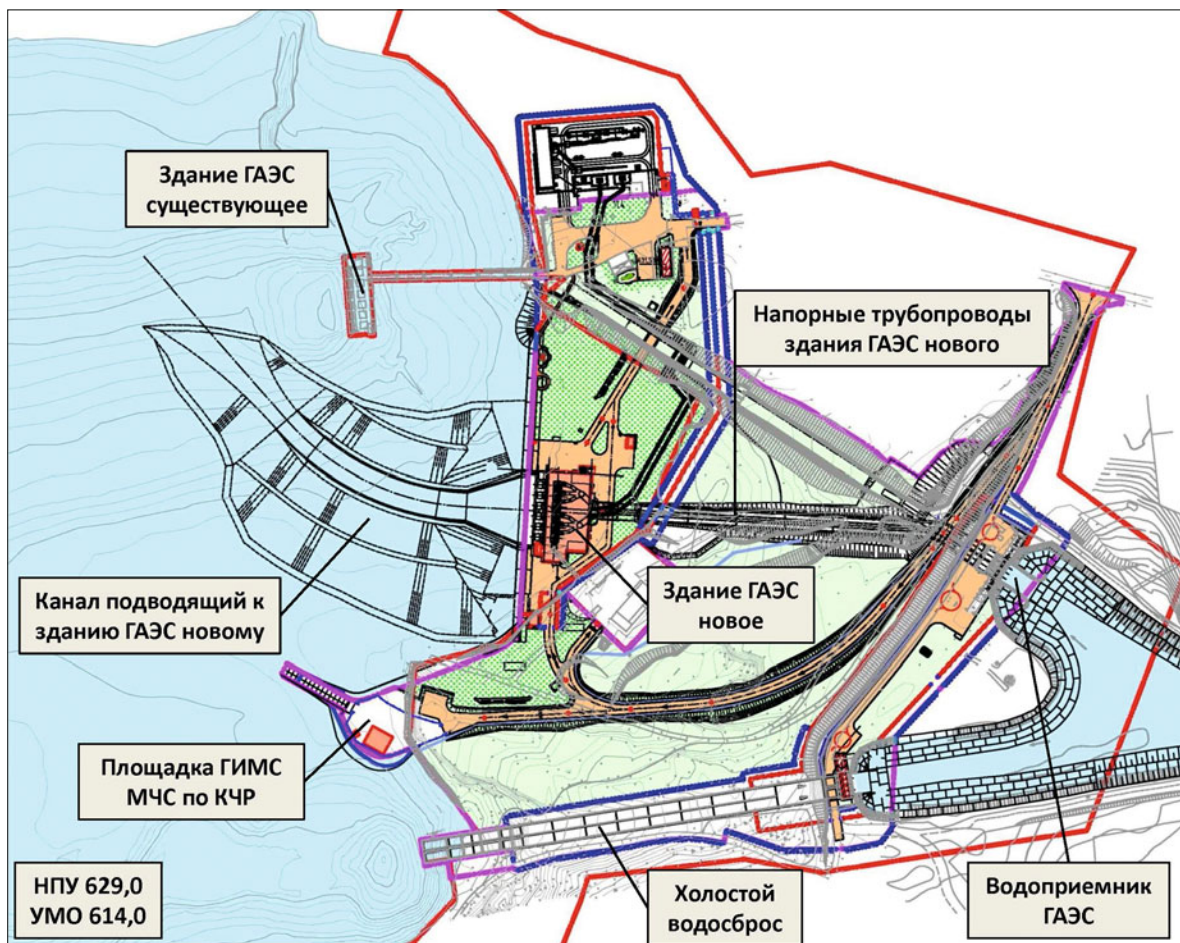


Рис. 2. План основных сооружений реконструируемого станционного узла ГАЭС

При выборе оборудования рассматривались ведущие российские производители гидросилового оборудования (ПАО “Силовые Машины”, АО “Тяжмаш”) и зарубежные производители (фирмы “Alstom”, “Voith” и “Kolektor”, на базе предприятия “Turboinstitut d.o.o.”). В процессе проектирования выяснилось, что в условиях работы Кубанской ГАЭС применение классического оборудования с постоянной синхронной частотой вращения невозможно, так как требует заглубления агрегата более 4 м, что не соответствует требованиям технического задания. Также прорабатывалось применение разнотипного оборудования, обеспечивающего выполнение поставленной задачи, но такое решение являлось неоптимальным с точки зрения последующей эксплуатации.

Дальнейшее рассмотрение этих вариантов было остановлено, и поэтому АО “Мособлгидропроект” приступил к рассмотрению альтернативных современных технологических решений, таких как применение асинхронизированных синхронных гидрогенераторов и гидроагрегатов, работающих с переменной частотой вращения. Предоставленные заводами-изготовителями гидросилового оборудования параметры и характеристики гидроагрегатов позво-

лили обеспечить выполнение заявленных в техническом задании требований по режимам работы с удовлетворяющими действующим стандартам энергетическими характеристиками (КПД в турбинном и насосном режимах не менее 90 %), что значительно превышает значение аналогичных показателей для действующих гидроагрегатов ГАЭС. В процессе технико-экономического сравнения гидроагрегатов с переменной частотой вращения и асинхронизированных было отдано предпочтение использованию синхронных гидроагрегатов, работающих с переменной частотой вращения, как более надежное и апробированное решение.

Конструктивно данные агрегаты представляют собой синхронные гидроагрегаты со статическими тиристорными преобразователями частоты вращения, позволяющими регулировать частоту вращения гидроагрегата и обеспечить временную работоспособность станции даже при выходе из строя частотного преобразователя (предусмотрена возможность “закорачивания” преобразователя и включения агрегата в сеть (минуя преобразователь) — работа с фиксированными оборотами). Установка данного типа машин позволит обеспечить на-

дежную работу без вибрации и кавитации во всем диапазоне напоров и расходов Кубанской ГАЭС.

В турбинном и насосном режимах обратимые агрегаты будут способны работать во всем рабочем диапазоне напоров и расходов при оптимальных гидравлических условиях. Во время работы агрегата частота его вращения будет устанавливаться в соответствии с текущим значением напора и расхода.

**Основные компоновочные и конструктивные решения.** Разработанная генеральным проектировщиком АО «Мособлгидропроект» проектная документация предусматривает создание новых гидротехнических сооружений: здания ГАЭС берегового типа (действующее здание размещается в акватории Кубанского водохранилища), подводящего канала и напорных трубопроводов, при сохранении существующего водоприемника (рис. 2), который подключается в период кратковременной останковки станции. Одним из самых важных факторов, учитываемых в проекте реконструкции, является необходимость выполнения строительно-монтажных работ в условиях сохранения функционирования существующих сооружений и режима наполнения-сработки водохранилища.

Т а б л и ц а 1

Основные параметры новых насос-турбин ГАЭС

Параметры	Значение	
	Турбинный режим	Насосный режим
Количество насос-турбин	6	
Тип насос-турбины	Вертикальная, радиально-осевая	
Диаметр рабочего колеса, м	1,864	
Диапазон напоров нетто, м:		
максимальный	31	31,6
минимальный	15,5	14,6
Частота вращения, об/мин:	Переменная: от 180 до 273	
номинальная	526	
угонная		
Мощность насос-турбины, МВт	3,15	3,25
Диапазон расходов воды, м <sup>3</sup> /с:		
максимальный	12	10
минимальный	5,2	6
Располагаемая высота отсасывания (при номинальной мощности), м	– 1,0	
КПД, %:		
максимальный	92,2	91,8
номинальный	89,4	91,5

В составе проектной документации, в соответствии с техническим заданием, разработаны технические решения по созданию новых сооружений и по реконструкции существующих сооружений, связанные с износом конструкций, модернизацией технологического оборудования, необходимостью замены верхних строений и другими причинами. Для решения этих проектных задач был выполнен большой комплекс работ по инженерным изысканиям и обследованию находящегося в эксплуатации оборудования и сооружений.

Класс существующих гидротехнических сооружений ГАЭС, согласно действующим техническому паспорту, декларации безопасности гидротехнических сооружений и техническому заданию на проектирование, – второй. Разработанные в проекте мероприятия по комплексной реконструкции объекта не меняют критериев классификации, определяющих класс гидротехнических сооружений [4], таким образом, второй класс, гидротехнические сооружения высокой опасности, для ГАЭС сохраняется.

Размещение новых сооружений определялось с учетом границ земельного отвода, анализа близости новых гидротехнических сооружений к существующим сооружениям и возможного их взаимовлияния, границ и объемов ведения земляных, бетонных и специальных работ. Для минимизации объемов реконструкции принято решение о сохранении существующего водоприемника и его под-

Т а б л и ц а 2

Основные показатели ГАЭС после реконструкции

Параметры	Значение
Установленная мощность, МВт:	
в турбинном режиме	18,6
в насосном режиме	19,7
Количество насос-турбин, шт.	6
Максимальные расходы воды через ГАЭС, м <sup>3</sup> /с:	
в турбинном режиме	72
в насосном режиме	60
Статические напоры:	
максимальный (турбинный режим)	31,0
максимальный (насосный режим)	29,7
минимальный (турбинный режим)	15,6
минимальный (насосный режим)	14,5
Средняя многолетняя выработка электроэнергии, ГВт · ч	18,6
Среднее многолетнее потребление электроэнергии, ГВт · ч	26,8

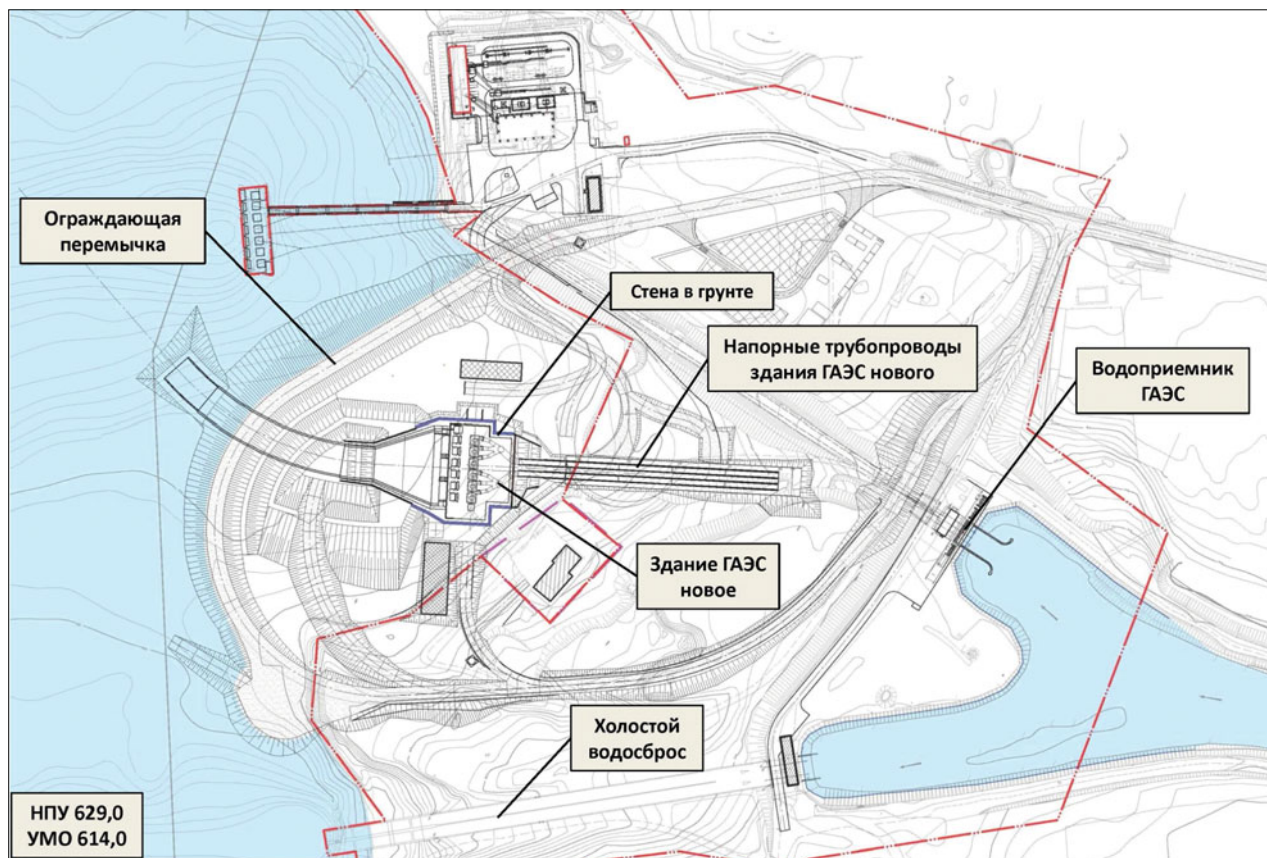


Рис. 3. План-схема строительства новых гидротехнических сооружений ГАЭС под защитой ограждающей перемычки

ключения на новые трубопроводы на завершающем этапе работ.

Анализ данных ограничений показал, что новые сооружения могут располагаться на участке между существующими напорными трубопроводами и лотком холодного водосброса. При этом отдаление вновь строящегося здания ГАЭС от водоприемника в сторону Кубанского водохранилища ограничивается площадкой размещения Центра ГИМС МЧС по Карачаево-Черкесской Республике с одной стороны и возможностью создания ограждающей перемычки для обеспечения ведения работ в сухом котловане с другой стороны. Таким образом, предусмотренная в проекте береговая компоновка нового здания ГАЭС деривационного типа, с новыми напорными трубопроводами, при сохранении существующего водоприемника, позволяет реализовать СМР по реконструкции и модернизации объекта, независимо от режима работы Кубанского водохранилища и существующего здания с учетом ограничений по землеотводу (рис. 3). Такое техническое решение обеспечивает гарантированное бесперебойное водоснабжение Большого Ставропольского канала и нижележащих объектов каскада Кубанских ГАЭС в период реконструкции ГАЭС.

Здание ГАЭС спроектировано для установки основного гидросилового оборудования — обратных гидроагрегатов и их вспомогательных систем,

электротехнического и механического оборудования. Габариты здания ГАЭС определялись из условия размещения основного и вспомогательного технологического оборудования и составляют: длина (по току воды) 35,6 м, ширина (поперек тока воды) 56,0 м (рис. 4). Подземная часть здания станции спроектирована в виде жесткой неразрезной железобетонной конструкции. Жесткость обеспечивается массивной железобетонной фундаментной плитой, напорной стенкой толщиной 1,4 м, разделительными бычками, бетонным массивом со стороны верхнего бьефа и плитами перекрытий, замоноличенными в вертикальные стены.

Ввиду низких прочностных показателей грунтов основания, ограничений по площади ведения земляных работ, а также для сокращения объемов работ возведение основных гидротехнических сооружений предусматривается в котловане под защитой ограждающей конструкций типа “стена в грунте”. Основанием здания станции является массив грунта майкопских глин, закрепленный с помощью современной технологии струйной цементации “Jet Grouting”, положительно зарекомендовавшей себя на многих объектах промышленно-гражданского строительства как в РФ, так и за рубежом [5], а также на ряде гидротехнических объектов. Применение данной технологии первично обусловлено тем, что в связи с низкими характе-

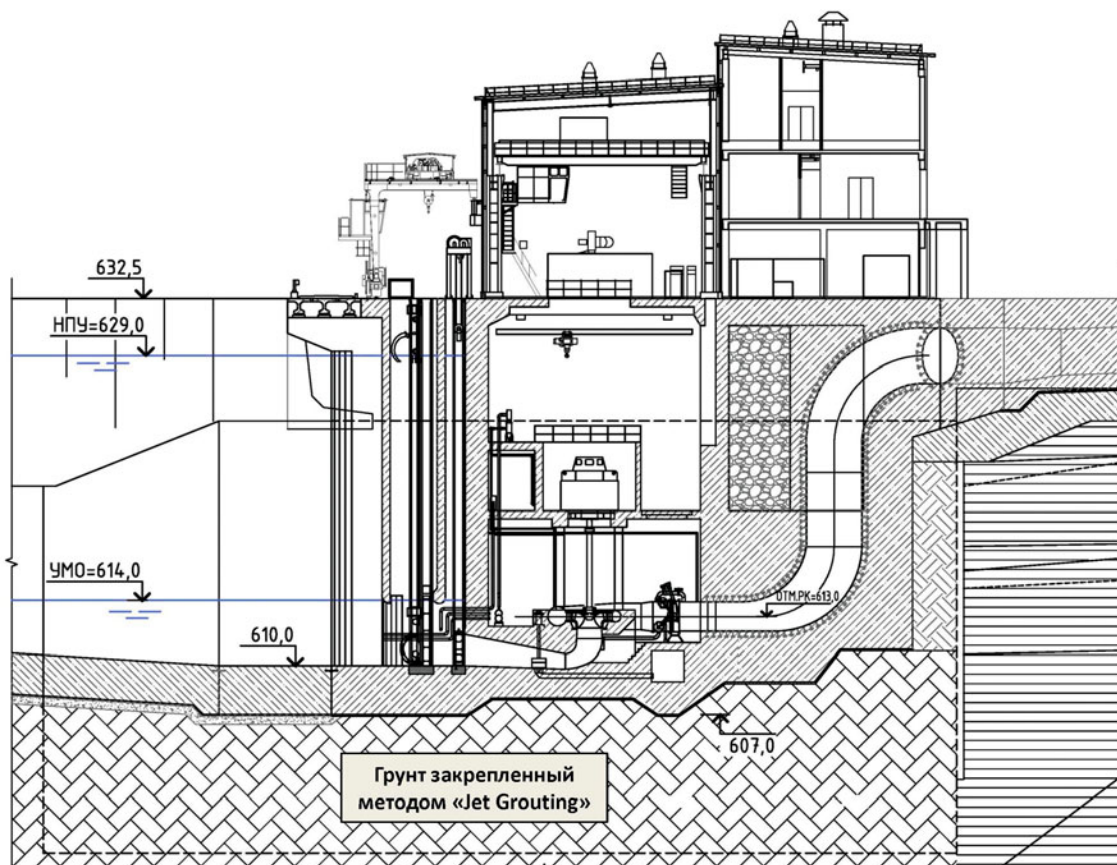


Рис. 4. Разрез по новому зданию ГАЭС вдоль потока

ристикami грунтов основания устойчивость “стены в грунте” в качестве ограждающей конструкции котлована здания ГАЭС обеспечивалась только при её заглублении ниже дна котлована на 25 – 30 м при устройстве четырех ярусов распорных систем. При этом в конструкции “стены в грунте” возникает изгибающий момент до  $6\,700 \text{ кН} \cdot \text{м}$ . Очевидно, что при толщине в 1,0 м выполнить армирование этой конструкции при таких усилиях практически невозможно. На основании проведенных расчетов был сделан вывод, что необходимо улучшить физико-механические характеристики грунтов для обеспечения устойчивости стенок котлована. Для плотных глин, которые залегают в основании сооружений ГАЭС, струйная цементация грунтов “Jet Grouting” является практически единственным способом закрепления. Проектом предусмотрено сплошное закрепление грунтов ниже дна котлованов сооружений ГАЭС между рядами конструкций ограждений котлована, с шагом скважин 800 мм. Созданная грунтоцементная конструкция позволяет обеспечить устойчивость “стены в грунте” при заглублении ниже дна котлована на 8,5 м. При этом потребуется устройство трех ярусов распорных систем в конструкции. Закрепление грунта основания здания ГАЭС также позволяет избежать необходимости принятия отдельных конструктивных

решений, обусловленных такими свойствами подстилающих майкопских глин, как набухаемость, трещиноватость и склонность к выветриванию.

Спроектированное верхнее строение здания ГАЭС (рис. 4) представляет собой multifunctional сооружение, состоящее из двух блоков:

машинного зала с закрытой монтажной площадкой с опиранием колонн каркаса на нижележащие массивные железобетонные гидротехнические конструкции;

трёхэтажного административно-производственного корпуса (АПК) с опиранием колонн каркаса на нижележащие массивные железобетонные гидротехнические конструкции.

Компоновочные решения верхнего строения здания приняты из условия размещения шести обратимых гидроагрегатов, кранового и вспомогательного оборудования, необходимого для обслуживания основного технологического оборудования, а также наличия монтажной площадки для размещения оборудования при ремонте с учетом допустимых проходов между оборудованием. Компонировка пристройки АПК выполнена из условий обустройства помещений: технических, производственных, электротехнических, санитарно-бытовых, для обслуживающего персонала.

Новые напорные трубопроводы соединяют вновь возводимое здание ГАЭС с существующим

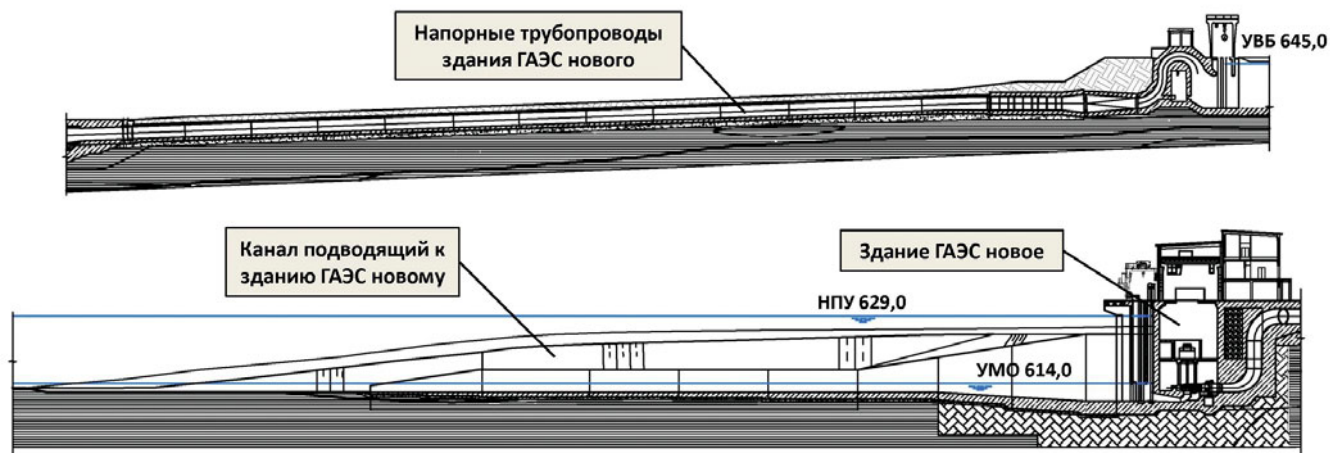


Рис. 5. Разрез по энергетическому тракту новых гидротехнических сооружений ГАЭС

водоприемником (рис. 5) и предназначены для пропуска воды при всех режимах эксплуатации ГАЭС как в насосном, так и в турбинном режиме. Сохранение существующего водоприемника для дальнейшей эксплуатации в составе гидравлического тракта новых сооружений определило сохранение схемы, при которой подача воды к зданию ГАЭС осуществляется по двум напорным деривационным водоводам с последующим их разделением на три агрегатных водовода.

Трасса новых трубопроводов определялась с учетом плановой привязки нового здания ГАЭС, сохранения отметки присоединения к переходному участку существующего водоприемника и минимизации объемов земляных работ. Сокращение длины напорных деривационных трубопроводов по сравнению с существующими трубопроводами с 420 до 206 м позволило уменьшить их внутренний диаметр при сохранении расчетных напоров для гидроагрегатов. Выбор величины внутреннего диаметра осуществлялся на основании технико-экономического сопоставления вариантов для 2,6; 2,8; 3,0; 3,2 м. Значение внутреннего диаметра 3,0 м принято оптимальным с учетом возможного ухудшения в процессе эксплуатации гидравлических показателей внутренней поверхности трубопроводов.

В проектной документации рассматривалось два варианта конструктивного исполнения напорных трубопроводов: 1 — открытые металлические, 2 — железобетонные в грунтовой засыпке. Вариант инновационного применения в проекте напорных трубопроводов из полимерных материалов был отклонен ввиду отсутствия в РФ действующих нормативных документов по обоснованию их технических параметров и опыта эксплуатации в гидроэнергетическом строительстве. Для обоих вариантов общими условиями являлись начальные и конечные отметки по трассе. Выполненное технико-экономическое сопоставление позволило оста-

новиться на варианте железобетонных трубопроводов (вариант 2) по причинам отсутствия необходимости устройства:

- постоянных глубоких выемок (до 9,5 м) для выполнения ложа трубопроводов;
- защитных конструкций, предохраняющих здание ГАЭС от затопления в случае разрыва трубопровода и дифференциальных защит;
- системы водоотведения атмосферных осадков из ложа трубопроводов;
- температурных компенсаторов;

а также по условиям эксплуатации, не требующим постоянного обслуживания, связанного с антикоррозийной обработкой (для варианта металлических водоводов); по причинам лучшей конструктивной надежности и долговечности.

Исполнение трубопроводов — монолитное с применением переставной металлической инвентарной опалубки.

Подводящий канал к новому зданию ГАЭС расположен в береговой зоне Кубанского водохранилища, предназначен для организованного подвода воды из водохранилища к гидроагрегатам ГАЭС при работе в насосном режиме и отвода воды от гидроагрегатов при работе станции в генераторном режиме. Канал спроектирован в выемке и состоит из трех характерных конструктивных участков: аванкамеры, магистрального и сопряжения с существующим каналом (рис. 5).

Аванкамера сопрягает магистральный участок канала с новым зданием ГАЭС и выполняется в виде пространственно изменяемой доковой конструкции. Внутренняя ширина дока у здания 40,8 м, ширина у магистрального участка канала 17 м. Максимальная высота консольной части стенки 15 м, минимальная — 7 м. Сопрягающиеся с бетонными стенками дока грунтовые откосы канала, в том числе площадка перед подпорными стенками нового здания ГАЭС, закрепляются от размывов

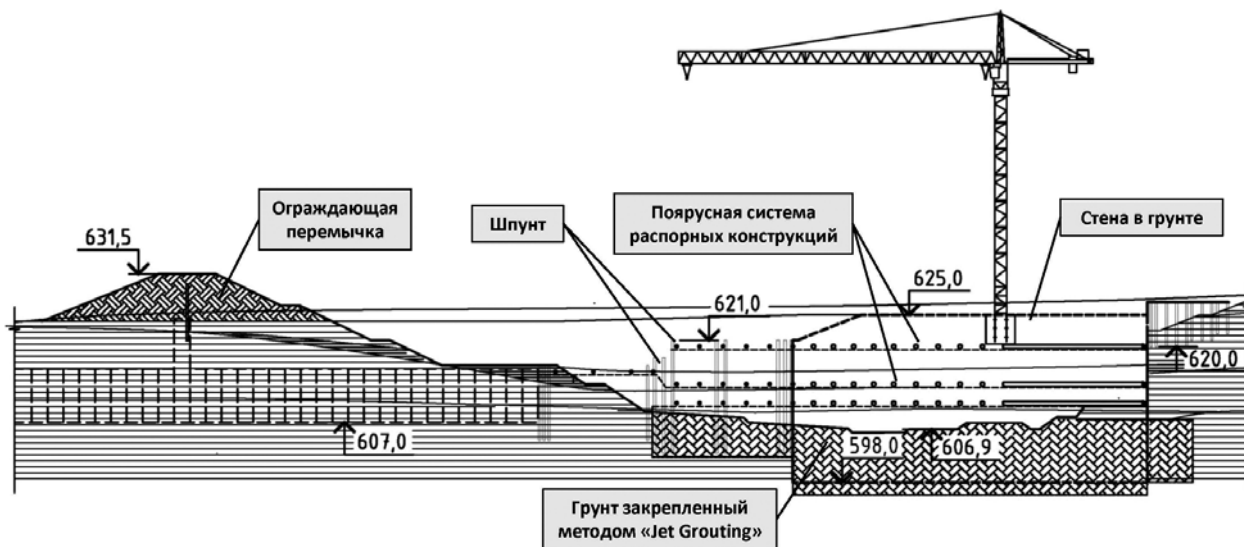


Рис. 6. Разрез по котловану в ходе строительства нового здания ГАЭС

матрацами “Рено”. Примыкание подводящего канала к площадке здания спроектировано с применением монолитных подпорных стен высотой от 6 до 7,5 м. Длина секций подпорных стен 15 м.

Магистральный участок подводящего канала по высоте выполняется частично в открытой выемке с заложением откосов 1:5,6 до верхней кромки “стены в грунте”, ниже данной отметки формируется прямоугольное внутреннее сечение в виде лотка с применением технологии “стена в грунте”. Внутренняя ширина лотка 17 м, высота консольной части 5 м.

#### Организация строительного-монтажных работ.

Строительство новой станции ГАЭС должно осуществляться без вывода из эксплуатации действующей станции. Организация выполнения СМР привязана к режиму работы существующей ГАЭС и соответственно к изменению уровня воды в Кубанском водохранилище, составляющему 15 м.

Наиболее сложным участком работ, находящимся на критическом пути строительства, является новое здание ГАЭС, которое имеет заглубление 17 – 18 м. Строительство здания выполняется под защитой ограждающей перемычки. Для его возведения устраивается котлован с ограждением “стена в грунте” толщиной 1,0 м с тремя ярусами распорных систем из труб диаметром 630 × 12 мм и распределительного пояса из двух двутавров. Для котлована аванкамеры подводящего канала ограждением является шпунт из труб диаметром 426 × 10 и 325 × 8 мм с распорными системами. Разработка грунта в котловане выполняется поярусно до проектных отметок с постепенным монтажом распорных конструкций. Для повышения физико-механических характеристик глин, которые служат основанием сооружений, с отметки пионерного котлова-

на выполняется закрепление грунтов методом струйной цементации “Jet Grouting” (рис. 6).

Земляные и бетонные работы в котловане нового здания ГАЭС и аванкамеры подводящего канала выполняются с использованием двух башенных кранов, автобетононасоса, экскаваторов с различной емкостью ковша.

Первоочередной работой по подводящему каналу является устройство ограждения будущего котлована типа “стена в грунте” на магистральном участке канала до возведения ограждающей перемычки. Данные работы выполняются одновременно с устройством “стены в грунте” нового здания ГАЭС. Разработка грунта до проектных отметок между бетонными стенами на магистральном участке подводящего канала выполняется по окончании возведения здания станции и разборки перемычки при низких отметках сработки водохранилища. После разработки грунта между стенами магистрального участка производится бетонирование дна и крепление откосов канала матрацами “Рено”. Сопряжение подводящего канала с Кубанским водохранилищем выполняется в период сработки водохранилища до отметок УМО.

Строительство напорных водоводов ведется в направлении от здания станции к водоприемнику и завершается возведением верхней анкерной опоры. В период отключения работы ГАЭС (ориентировочно три месяца) выполняется демонтаж участка существующих напорных трубопроводов и монтаж новых секций в примыкании к верхней анкерной опоре. Пуск агрегатов производится поэтапно. Запланированный срок комплексной реконструкции и модернизации Кубанской ГАЭС — 5 лет.

После пуска агрегатов выполняется частичный демонтаж оборудования старого здания и его консервация.



**Схема выдачи мощности.** Выдача мощности ГАЭС в энергосистему в режиме генерации и потребление мощности в насосном режиме осуществляются на напряжении 110 кВ по двум воздушным линиям электропередачи ВЛ 110 кВ.

На ГАЭС устанавливаются шесть двигателей-генераторов напряжением 6,3 кВ по 3,5/3,2 МВА, которые компонуются в укрупненные блоки “три генератора-двигателя — трансформатор”. Для выдачи мощности в сеть и потребления мощности из сети используются два трансформатора: Т-1 и Т-2 — напряжением 110/6,3 кВ, мощностью по 25 МВА. Двигатель-генератор напряжением 6,3 кВ подключается к ГРУ через преобразователь частоты и напряжения (ПЧН). Используемые в ПЧН алгоритмы управления обеспечивают частотное управление синхронной машиной в двигательном режиме, а также параллельную работу преобразователя с питающей сетью 6,3 кВ 50 Гц и передачу энергии от турбины через ПЧН в питающую сеть.

Для выдачи мощности в энергосистему на территории демонтируемого ОРУ-110 кВ строится здание КРУЭ-110 кВ (разрабатывается по отдельному проекту).

Следует отметить, что в ходе выполнения АО “Мособлгидропроект” проектных работ технические решения по реконструкции и модернизации основных сооружений ГАЭС дважды рассматривались на заседаниях Бюро научно-технического совета (НТС) ПАО “РусГидро” в части возможности сохранения существующих гидротехнических сооружений (с учетом результатов дополнительных обследований их конструкций), а также вариантов исполнения основного гидросилового оборудования ГАЭС, в том числе только насосного.

Учитывая все аспекты многофакторного анализа различных вариантов, по результатам проведения НТС, рекомендован к дальнейшей реализации комплексной реконструкции Кубанской ГАЭС вариант со строительством новых гидротехнических сооружений: здания станции, подводящего канала, турбинных водоводов, с сохранением существующего водоприемника, и применения обратимых гидравлических машин.

Проектная документация и результаты инженерных изысканий должны быть переданы на государственную экспертизу в ФАУ “Главгосэкспертиза России” в 2020 г. Начало строительных работ намечено на конец 2021 г.

В конечном итоге комплексная реконструкция и модернизация Кубанской ГАЭС со строительством новых основных сооружений позволят увеличить установленную мощность на 2,7 МВт (+ 17 %), повысить выработку электроэнергии в 1,5 раза, на 6,3 ГВт · ч, снизить энергопотребление на 7,3 ГВт · ч (– 22 %), обеспечить надежную дальнейшую эксплуатацию не только сооружений ГАЭС, но и всех нижележащих гидроэлектростанций Кубанского каскада.

## Выводы

1. АО “Мособлгидропроект”, генеральным проектировщиком реконструкции ГАЭС каскада Кубанских ГЭС, выполнен значительный объем работ по инженерным изысканиям, обследованию состояния технологического оборудования, инженерных систем, зданий и сооружений, конструкций этой станции; проведены гидравлические исследования, водохозяйственные и прочностные расчеты. Разработана проектная документация комплексной реконструкции и модернизации Кубанской ГАЭС.

2. Проектные решения позволяют выполнять СМР по реконструкции, практически не влияя на режим эксплуатации действующих сооружений ГАЭС, сохраняя гарантированную водоподачу из Кубанского водохранилища в Большой Ставропольский канал для ответственных водопотребителей и других станций каскада Кубанских ГЭС.

3. Результатом реализации проекта станет повышение установленной мощности и выработки головной станции — Кубанской ГАЭС и создание условий по обеспечению надежной эксплуатации всех гидроэлектростанций Кубанского каскада.

## Список литературы

1. *Модернизация Кубанской ГАЭС // Гидротехническое строительство. 2019. № 6.*
2. *Конвиз В. С. Гидроэлектростанции в головной части Кубань-Калаусской обводнительно-оросительной системы. — М.: Энергия, 1974.*
3. *Малега А. А., Мишинева Е. В., Козлов С. П., Паринков И. И., Подвысоцкий А. А. Реконструкция каскада Кубанских ГЭС // Гидротехническое строительство. 2015. № 9.*
4. *О классификации гидротехнических сооружений: Постановление Правительства РФ от 02.11.2013 № 986.*
5. *Малинин А. Г. Струйная цементация грунтов. — 3-е издание. — М: ОАО “Издательство Стройиздат”, 2010.*