



Некоммерческое партнерство
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ
Единой энергетической системы»



Российская Академия Наук
Секция по проблемам надежности и
безопасности больших систем
энергетики Научного совета РАН по
комплексным проблемам энергетики

УТВЕРЖДАЮ
Президент НП «НТС ЕЭС»,
д.т.н., профессор

Н. Д. Роголёв

ПРОТОКОЛ

совместного заседания Научно-технической коллегии НП «НТС ЕЭС» и Секции по проблемам надёжности и безопасности больших систем энергетики Научного совета РАН по комплексным проблемам энергетики на тему
«Проектная документация по Верхнебалкарской МГЭС»

г. Москва

№ 2/19

5 апреля 2019 г.

Присутствовало: 43 чел.

Вёл заседание д.т.н. **Е. О. Адамов** — научный руководитель ФГУП «НИКИЭТ им. Н. А. Доллежала»;

С докладом «Проектная документация по Верхнебалкарской МГЭС» выступил **А. С. Терликов** — заместитель главного инженера проекта АО «Институт Гидропроект».

1. Основные положения

Верхнебалкарская МГЭС располагается на р. Черек Балкарский в Черекском районе Кабардино-Балкарской Республики (КБР). Бассейн реки почти полностью расположен в высокогорной области, площадь водосбора располагается на высоте 2000 м. Водный режим реки определяется в основном таянием ледников и высокогорных снегов. Ход уровней воды характеризуется растянутым половодьем с апреля по октябрь и устойчивой меженью с ноября по март.

Основные сооружения МГЭС располагаются на террасах правого берега реки, в соответствии с требованиями нормативных документов отнесены к IV классу капитальности.

Расчётная сейсмичность района строительства МГЭС составляет 9 баллов.

В 2011–2012 гг. АО «Институт Гидропроект разработал проектную документацию по Верхнебалкарской МГЭС установленной мощностью 29,6 МВт, которая получила положительные заключения ГУ «Управление Госэкспертизы КБР». В Инвестиционную программу РусГидр на 2012–2014 гг. было включено решение о приостановке строительства Верхнебалкарской МГЭС. Работы по консервации объекта выполнены в 2014 г. Были построены и законсервированы следующие основные сооружения: деривационный туннель № 1 на головном узле, часть фундаментной плиты отстойника, деривационный лоток до ПК 8+83, входной оголовок холостого водосброса.

В апреле 2016 г. по поручению ПАО «РусГидро» была рассмотрена и обоснована возможность снижения установленной мощности Верхнебалкарской МГЭС до 10 МВт для достройки в рамках договора о предоставлении мощности (ДПМ) ВИА по Сенгеевской МГЭС путём извещения об изменении местоположения вводимой мощности.

В январе 2017 г. ПАО «РусГидро» приняло решение о возобновлении строительства Верхнебалкарской МГЭС установленной мощностью 10 МВт.

По месторасположению, функциональному назначению и объёмам достройки основные сооружения Верхнебалкарской МГЭС разделены на три участка: головной водоприёмный узел, деривацию и напорно-станционный узел.

Компоновка и конструкции основных сооружений Верхнебалкарская МГЭС определены исходя из следующих условий:

- технического задания к договору;
- директивно установленной мощности ГЭС;
- ранее выполненного выбора площадки строительства и объёма работ;
- высокой сейсмичности площадки;
- минимизации ущерба окружающей среде от строительства и эксплуатации МГЭС.

2. Конструкция основных сооружений

В состав основных сооружений Верхнебалкарской МГЭС входят следующие сооружения:

- водоприёмный узел;
- безнапорный туннель № 1;
- отстойник;
- холостой водосброс;
- деривационный лоток;
- безнапорный туннель № 2;
- аванкамера;
- напорный трубопровод;

- здание ГЭС.

3. Головной узел

3.1. Водоприёмный узел

В состав головного водоприёмного узла входят:

- водозаборная траншея;
- промывной лоток;
- бетонная плотина (автоматический водослив).

Водоприёмный узел расположен вдоль правого берега р. Черек-Балкарский и имеет отметку входа 1376,65 м. Далее отметка дна понижается с уклоном $i = 0,333$ до значения 1375,00 м. В плане входной портал водоприёмного узла имеет плавное сужение с 11,4 до 2,5 м. На участке с отметкой дна 1375,00 м устроена забральная балка на отметке 1377,000 м, на этой же отметке устроены горизонтальные водоприёмные отверстия.

Забор воды во входной участок деривации осуществляется через боковой водослив с отметкой переливной стенки 1377,4 м и отметкой дна 1375,00 м. В плане траншея деривации имеет расширение с 0,76 до 2,5 м. В конце траншеи расположена затворная камера, вход в которую ограничен по высоте забральной балкой образующей отверстие размером $b \times h$ равным $2,5 \times 1,0$ м, перекрываемое сегментным затвором для регулировки расхода воды, поступающей в деривацию. За затворной камерой находится плавно расширяющийся участок с 2,5 до 4,0 м с общим углом расширения 12° . Далее участок быстротока с уклоном $i = 0,25$, на котором устроена система гасителей трапецеидального сечения расположенных в шахматном порядке с шагом 1,8 м. Участок быстротока и безнапорный туннель сопряжены участком плавного поворота радиусом 20,0 м. Геометрические размеры, плановое расположение, шаг расстановки и количество гасителей рассчитывалось и корректировалось на основании результатов гидравлических исследований на 3D модели.

На входе в промывной лоток расположена аналогичная затворная камера с перекрываемым сегментным затвором отверстием размером $b \times h$ равным $2,5 \times 1,0$ м с отметкой дна равной 1375,00 м. Длина промывного лотка составляет 40 м, в плане имеет плавный поворот радиусом $R = 54$ м и уклон дна $i = 0,001$. Отметка верха стен лотка составляет 1381,00 м.

Оставшуюся часть русла перекрывает бетонная плотина, выполненная в виде водослива практического профиля и предназначенная для работы в качестве автоматического водослива при пропуске расходов малой вероятности превышения. Водосливная грань автоматического водосброса очерчена из условий безотрывного течения потока, гребень очерчен по радиусу $R = 2,0$ м, наклон низовой грани к горизонту составляет 45° . Над гребнем плотины расположен пешеходный мост с центральным бычком в виде трубы диаметром 0,82 м, который делит водосливной фронт на два равных пролета шириною 17 м. Отметка гребня плотины принята 1378,650 м.

Вдоль правого и левого берегов предусмотрены подпорные стенки с отметкой верха 1381,00 м.

3.2 Безнапорный туннель № 1

Протяжённость безнапорного туннеля №1, включая входной портал 270 м, уклон – 0,00222. В плане туннель имеет три поворота. Поперечное сечение туннеля — корытообразное с полукруглым сводом шириной 4 м.

Для восприятия внешних и внутренних нагрузок, действующих в туннеле, предусмотрена монолитная железобетонная обделка.

Выходной портал туннеля расширяется в плане до 5 м для плавного сопряжения с входным участком отстойника.

3.3. Отстойник

Ниже туннеля головного узла за скальным выступом устраивается четырёхкамерный отстойник периодического действия, предназначенный для осаждения твёрдых частиц наносов крупностью более 0,2 мм.

Отстойник расположен на правом берегу р. Черек Балкарский напротив устья реки Сулдурсу. Вдоль отстойника со стороны реки возводиться защитная призма из крупнообломочного материала, содержащего не менее 50 % включений диаметром более 900 мм под дорогу с проездом на отм.1368,000 м. Для подъезда на площадку обслуживания отстойника (отм.1376,000 м) запроектирована служебная дорога длиной 200 м, отходящая от существующей автодороги.

Отстойник состоит из:

- верхней головы;
- четырех камер для осаждения расчётных фракций наносов;
- нижней головы с промывной галереей;
- входного и выходного сопрягающих участков.

Верхняя голова отстойника представляет собой многопролетный шлюз-регулятор, работающий как водослив с широким порогом. Отметка порога водослива 1371,500 м. Уклон низовой грани водослива 1:2,4. Водослив имеет 4 основных пролета по 5,5×4,0 м в свету каждый, разделённых бычками толщиной 1,7 м. Каждый пролёт верхней головы оборудован комплектом основного плоского колесного затвора (5,5 – 3,0 – 2,6 м), пазами с закладными частями плоского колесного ремонтного затвора (5, – 3,0 – 2,6 м).

Маневрирование затворами и обслуживание всего механического оборудования верхней головы отстойника осуществляется козловым электрическим краном грузоподъёмностью 2×5 т. Для передвижения козлового крана по верхней голове отстойника проложены пути крана.

Камеры отстойника. К верхней голове примыкают четыре камеры отстойника, выполненные единой доковой конструкцией с размерами в плане 30,50×75,00 м. Толщина днищевой плиты и внешних стенок составляет 1,7 м. Отметка верха внешних стенок равна 1376,000 м. Отстойник разделён бетонными переливными стенками на 4 камеры шириной 5,5 м каждая. Камеры выполнены с разделительной стенкой. Отметка верха переливных стенок составляет 1374,500 м. Отметка верха разделительных стенок равна 1370,00 м. Уклон камер

отстойника $i=0,033$. Отметка дна камер у верхней головы 1370,000 м, у нижней головы 1367,52 м.

Нижняя голова с промывной галереей. Для промывки камер отстойника используется промывная галерея с донными отверстиями в нижней голове отстойника.

Размеры отверстия каждой камеры и поперечное сечение промывной галереи позволяют при необходимости использовать промывную галерею для отвода расчётного расхода воды в реку. Для этого одно промывное отверстие должно быть всегда открыто.

Нижняя голова отстойника с размерами в плане 10,50×30,50 м имеет 4 водопропускных пролёта 5,5×3,0 м, оборудованных основными плоскими колесными затворами (5,5 – 3,0 – 2,6 м) двустороннего действия. Отметка порога водосливных пролётов 1371,500 м. Помимо основных затворов каждый пролёт нижней головы оборудуется плоским колесным глубинным основным ремонтным затвором (5,5 – 2,2 – 6,58 м) для перекрытия пролёта промывной галереи, а также пазами с закладными частями для плоского колёсного ремонтного затвора (5,5 – 3,0 – 2,6 м). Отметка порога промывных галерей равна 1367,52 м. Отвод воды и наносов в НБ гидроузла осуществляется по промывной галерее, расположенной под порогом водопропускных отверстий нижней головы, переменной шириной m и уклоном $i=0,00813$ куда поступает пульпа из рабочих камер через перекрываемые затворами входные отверстия (размером 2×5,5 м).

Нижняя голова оборудована козловым электрическим краном грузоподъёмностью 2×5 т для маневрирования затворами и для обеспечения обслуживания всего механического оборудования нижней головы. Для передвижения козлового крана по нижней голове отстойника проложены пути крана.

Осветленная от наносов вода через водопропускные пролёты нижней головы отстойника попадает в деривационный лоток.

Нижняя голова оборудована сороудерживающей решёткой (5,5 – 3,0 – 2,0 м).

Входной и выходной сопрягающие участки. Входной участок, сопрягающий выходной портал туннеля с верхней головой отстойника имеет длину 28,00 м и обеспечивает плавное расширение потока. Три струенаправляющие стенки равномерно распределяют поток по камерам отстойника.

За нижней головой отстойника расположен выходной участок длиной 23,00 м, сопрягающий отстойник с деривационным лотком.

4. Деривация

4.1. Холостой водосброс

Холостой водосброс расположен на ПК 7+02,56 и служит для сброса воды в реку в случае внезапной остановки МГЭС. Водосброс выполнен в виде бокового водослива с общей шириной водосливного фронта 63 м. Конструкция водосброса представляет собой две траншеи переменной ширины, несимметрично расположенные относительно его оси. Далее вода поступает на расширяющийся с

3 до 7,77 м быстроток. Быстроток завершается расширяющимся с 7,77 до 8,14 м консольным выходом на отн.1340,500 м.

4.2. Деривационный лоток

В объёмы достройки деривационного лотка входит его концевая часть от ПК 8+84,31 до входного портала безнапорного туннеля.

Трасса деривационного лотка выбрана с учётом топографических и инженерно-геологических условий строительства. На всем протяжении (242,2 м) деривационный железобетонный лоток с постоянным уклоном 0,00027. Ширина лотка в свету — 3 м, высота — 4 м, выполняется в виде закрытого короба (4,6×5,24 м) с последующей обратной засыпкой до проектных отметок.

Лоток разрезан на секции деформационно-осадочными швами толщиной 1 см. Длина типовых секций 25,0 м.

4.3. Безнапорный туннель

Безнапорный туннель длиной 536,3 м корытообразного сечения 4,0х4,6 м в проходке располагается в скальном массиве в правом борту долины реки Черек Балкарский. Трасса туннеля обходит болотистую местность у подножия склона, вмещающие породы представлены крепкими гранитами и гранито-гнейсами с коэффициент крепости 6–9.

Проходка туннеля выполняется буровзрывным способом на полное сечение двумя забоями. Временное крепление представлено:

- в крепких слаботрещиноватых породах в своде и стенах набрызг-бетоном толщиной 5 см в сочетании с ж/б анкерами Ø 16 мм, длиной 1,5 м и шагом 1,5х1,5 м;
- в сильнотрещиноватых породах в своде и стенах набрызг-бетон толщиной 10 см в сочетании с металлической сеткой и ж/б анкерами Ø 20 мм длиной 1,7 м и шагом 1,5 х 1,5 м.

Постоянная ж/б обделка применяется двух типов:

- тип 2а располагается на участке длиной 494,3 м в крепких мало-трещиноватых гранитах и представлен замкнутой ж/б обделкой толщиной 20 см с однорядной рабочей арматурой Ø16 мм раскрепленной к анкерам;
- тип 3а располагается на припортальных участках туннеля суммарной длиной 42,0 м в трещиноватых гранитах, представлен замкнутой ж/б обделкой толщиной 30 см с двухрядной рабочей арматурой Ø 16 мм, раскрепленной к анкерам. Бетонирование обделки выполняется двумя забоями в направлении от середины туннеля к порталам.

5. Напорно-станционный узел

Напорно-станционный узел состоит из аванкамеры, напорного металлического трубопровода, станционного узла — здание ГЭС, КРУМ-35 кВ.

5.1. Аванкамера

После выходного портала возводится аванкамера, сопрягающая безнапорный деривационный туннель с однопоточным напорным металлическим

трубопроводом. Перед входом в напорный трубопровод предусмотрена сороудерживающая решётка, аварийный и ремонтный затворы.

5.2. Напорный металлический трубопровод

Общая длина напорного трубопровода составляет 1778,00 м. Диаметр трубопровода $D_u=2000$ мм.

В соответствии с топографическими условиями и повышенной селевой опасностью размещения трассы, напорный трубопровод разбивается на участки различной конструкции.

На участке от аванкамеры до АО-2 прокладывается обетонированный трубопровод в выемке с последующей засыпкой до естественных отметок земной поверхности. Трубопровод представляет собой сварную стальную трубу с ребрами жёсткости, имеющий анкерные опоры. На участках возможного схода селевых потоков в верхний слой укладывается крупнообломочный грунт.

На участке от АО-2 до обетонированного участка прокладывается засыпанный трубопровод, представляющий собой сварную стальную трубу с ребрами жёсткости, имеющую анкерные опоры. На данном участке трубопровод укладывается на песчаный грунт и обсыпается гравийно-галечным грунтом с отсевом фракций более 50 мм, далее до проектных отметок отсыпается грунт с отсевом фракций более 350 мм.

Обетонированный участок трубопровода прокладывается в выемке с последующей засыпкой до естественных отметок земной поверхности.

В массивном железобетонном блоке здания МГЭС трубопровод переходит в развилку, представляющую собой коллектор с тремя отводами на гидроагрегаты МГЭС. Выходные сечения отводов имеют диаметр $D_u=1000$ мм.

5.3. Станционный комплекс

Здание МГЭС размещается на первой надпойменной террасе правого берега примерно в 3-х км. выше с. Верхняя Балкария.

Со стороны верхнего бьефа к зданию МГЭС примыкает блок служебно-производственных помещений (БСПП).

Для обеспечения подъезда к зданию МГЭС и БСПП отсыпается площадка с отметкой по верху покрытия 1238,500 м. Насыпь выполняется из гравийно-галечного грунта полезных выемок с заложением откосов 1:2.

Естественный склон, примыкающий к станционной площадке уполаживается до откоса 1:2.

Для предотвращения размыва пристанционной площадки предусмотрено берегоукрепление, представляющая собой защитную железобетонную стенку.

Силовые трансформаторы размещаются на открытой площадке около БСПП со стороны верхнего бьефа.

Рядом с трансформаторами предусмотрена ёмкость для стоков после пожаротушения трансформаторов.

В пределах пристанционной площадки расположены очистные сооружения бытовых и замасленных в случае пожара стоков.

Подъезд к зданию МГЭС осуществляется от существующей дорог Урвань (от автодороги М-29 «Кавказ») – Уштулу проходящей через п. Верхняя Балкария.

В 30 м от здания МГЭС вдоль дороги располагается площадка для КРУМ-35 кВ.

5.3.1. Здание МГЭС

Конструктивные и технические решения подземной части. Здание ГЭС заглублено в основание до отметки 1231,100 м. Выше неё до отм. 1238,500 м машинное здание представляет собой монолитную железобетонную конструкцию с фундаментной плитой толщиной 1,7 м.

В машинном зале на отм. 1233,200 размещаются 3 горизонтальных радиально-осевых агрегата единичной мощностью 3,419 МВт (общая установленная мощность МГЭС составляет 10,0 МВт). Турбины имеют диаметр рабочего колеса 770 мм и отметку оси 1235,500 м. Расстояние между осями равно 9,3 м назначено в соответствии с габаритами агрегатов. На подводящем к каждой турбине трубопроводе установлен дисковый затвор, который выполняет функции оперативного, ремонтного и аварийного закрытия.

Отвод воды, прошедшей через агрегаты, осуществляется через переливные стенки, с отметкой гребня 1237,000 м непосредственно в реку. Для защиты от размыва выполняется крепление железобетонными плитами.

На отметке 1233,200 м расположены помещения насосной пожаротушения, венткамера, резервуары противопожарного водоснабжения. Внутренние поверхности резервуаров покрыты полимерной гидроизоляцией.

Отметка пола монтажной площадки составляет 1238,500 м.

Габариты монтажной площадки назначены с учётом раскладки оборудования при монтаже и ремонте агрегата. Въезд на монтажную площадку — через распашные ворота, расположенные в торце здания.

Машинный зал и монтажная площадка обслуживаются мостовым краном грузоподъёмностью 32/5 т с пролётом 10,5 м.

5.3.2. Верхнее строение машинного зала

Верхнее строение машинного зала располагается на гидротехническом монолитном железобетонном блоке, который состоит из фундаментной плиты и системы продольных и поперечных стен. Отметка верха чистого пола машинного зала составляет 1238,500 м.

Верхнее строение машинного зала одноэтажное, каркасное с ограждающими конструкциями из сэндвич-панелей, прямоугольное в плане с размерами в осях 48x12,2 м со скатной кровлей, высота до низа верм 8,85 м.

Каркас машинного зала состоит из железобетонных одноступенчатых колонн, трапецевидных ферм покрытия, образующих поперечные рамы, прогонов покрытия, подкрановых балок с тормозными конструкциями и системы продольных вертикальных и горизонтальных связей. Шаг рам составляет 6 м. Подкрановая часть колонн сечением 85x40 см и надкрановая часть 45x40 см. Колонны здания имеют жесткую заделку на отм. 1238,400 в гидротехнический бетон. Подкрановые балки сварные, двутаврового сечения, разрезные с

тормозными конструкциями под кран. Фермы покрытия — из прокатных профилей, трапецевидного очертания. По фермам покрытия уложены прогоны из прокатных профилей. Шаг прогонов составляет 2,0 м. По прогонам укладывается оцинкованный профилированный лист. Фермы покрытия опираются на колонны шарнирно. Устойчивость каркаса здания обеспечивается поперечными рамами, жестким диском покрытия, подкрановыми балками и системой вертикальных и горизонтальных связей.

Ограждающие конструкции выполнены из сэндвич-панелей толщиной 120 мм.

5.3.3. Блок служебно-производственных помещений

Блок служебно-производственных помещений (БСПП) — трехэтажный, каркасный, размером в плане 9,0×41,4 м. Высота конструкции до верха со стороны оси В составляет 16,5 м.

Каркас выполнен из металлических конструкций и состоит из поперечных рам пролетом 9,0 м. Стойки рам на отметке 1238,400 м опираются на гидротехнический бетон шарнирно.

Соединение ригелей с колоннами жесткое. Шаг рам равен 6 м. На ригелях рам в продольном направлении расположены прогоны из прокатных двутавров. По рядам А и Б в осях 6 и 7 располагаются вертикальные связи. Перекрытия на отметках 1243,900 м и 1249,300 м монолитные железобетонные, выполненные в несъемной опалубке из оцинкованного профилированного листа, опирающегося на металлические прогоны. Несущим элементом покрытия является профилированный оцинкованный лист, по которому выполняется кровля. Устойчивость каркаса обеспечивается поперечными рамами с жесткими узлами, вертикальными связями и жестким диском перекрытий и покрытия.

Ограждающие конструкции выполнены из сэндвич-панелей толщиной 120 мм.

Верхнее строение машинного зала отделено от БСПП деформационным швом.

5.3.4. Комплектное распределительно устройство 35 кВ

На станционной площадке на отметке 1238,50 м расположена площадка КРУМ-35 кВ.

Комплектное распределительное устройство, устанавливаемое в модульном здании (КРУМ-35), представляет из себя оборудование шкафного исполнения полной заводской готовности. Здание снабжено всеми вспомогательными системами для обеспечения требуемого микроклимата, пожарной безопасности и электроснабжения.

6. Водно-энергетические и технико-экономические показатели

Основные водно-энергетические и технико-экономические показатели Верхнебалкарской МГЭС представлены в табл.1.

Таблица 1

Параметр	Значение
Установленная мощность, МВт	10
Среднемноголетняя выработка электроэнергии, ГВт·ч	61,4
Число часов использования установленной мощности, ч	6140
Средний за расчётный ряд КИУМ	0,70
Количество гидроагрегатов, шт.	3
Максимальный расход воды через турбины ГЭС, м ³ /с	8,9
Средневзвешенный по выработке напор-нетто, м	131,5
Средняя январская мощность 90 %-ой обеспеченности, МВт	2,7
Сметная стоимость строительства МГЭС в базовых ценах на 01.01.2000 г. (без НДС), тыс. руб.	450 833,59
Удельные капитальные вложения:	
- установленной мощности, тыс. руб/кВт	45,08
- среднемноголетней выработки, руб/кВт·ч	7,34

Средняя годовая выручка от продажи мощности и электроэнергии в период действия ДПМ с 2019 по 2032 гг. (14 лет) составляет 485,3 млн руб., в т. ч. от продажи мощности — 397,4 млн руб., от продажи электроэнергии — 87,9 млн руб.

В среднем за следующие 10 лет эксплуатации (2033 – 2042 гг.) выручка составит 142,1 млн руб. в год, в т. ч. от мощности — 27,3 млн руб., от электроэнергии — 114,8 млн руб.

С докладом «По результатам технологического и ценового аудита инвестиционного проекта Верхнебалкарская МГЭС на р. Черек-Балкарский в Кабардино-Балкарской Республике для нужд ООО «Верхнебалкарская МГЭС» выступил В. И. Виноградов — главный инженер проекта ООО «ЭФ-Инжиниринг».

Основанием для оказания услуг публичного технологического и ценового аудита инвестиционного проекта Верхнебалкарская МГЭС на р. Черек-Балкарский в Кабардино-Балкарской Республике (далее – Услуги) являются:

- решение совета директоров ООО «Верхнебалкарская МГЭС» (протокол от 19.06.2017 № 1/2017) о проведении публичного технологического и ценового аудита инвестиционных проектов;
- техническое задание к договору от 20.09.2017 № 19/17 (далее Договор).

В целях исполнения Договора Исполнитель проводит публичный технологический и ценовой аудит Инвестиционного проекта.

Следует сразу отметить, что изначально по техническому заданию предполагалось в процессе технического и ценового аудита рассмотреть документацию на стадии инвестиционного замысла. Однако позже Заказчиком была поставлена задача рассмотреть конкретную проектную документацию

скорректированного проекта Верхнебалкарской МГЭС установленной мощностью 10 МВт.

1. Краткое описание объекта

Все сооружения Верхнебалкарской МГЭС располагаются на правом берегу р. Черек на участке с перепадом высот 145 м. По месторасположению и функциональному назначению основные сооружения МГЭС разделены на три участка: головной узел, деривацию и стационарный комплекс.

Конструкция и компоновка основных сооружений Верхнебалкарской МГЭС определены с учётом следующего:

- повышенная селевая опасность участка как выше створа водозаборных сооружений, так и по трассе деривации;
- наличие большого количества влекомых и взвешенных наносов;
- расположение части сооружений в зоне природного заказника федерального значения — «Кабардино-Балкарский Государственный заповедник»;
- расчётная сейсмичность площадки строительства 9 баллов;
- максимальное использование местных строительных материалов;
- минимизация ущерба окружающей среде от строительства и эксплуатации МГЭС.

В состав основных сооружений Верхнебалкарской МГЭС входят следующие сооружения:

- водоприёмный узел;
- отстойник;
- холостой водосброс;
- деривационный лоток;
- безнапорный туннель № 2;
- аванкамера;
- напорный трубопровод;
- здание ГЭС.

Водоприёмный узел расположен вдоль правого берега р. Черек-Балкарский и имеет отметку 1367,65 м. Забор воды во входной участок деривации осуществляется через боковой водослив с отметкой переливной стенки 1377,4 м. Часть русла перекрывает бетонная плотина высотой 4,65 м.

Ниже туннеля головного узла устраивается четырехкамерный отстойник, предназначенный для осаждения твердых частиц наносов крупностью более 0,2 мм.

Холостой водосброс служит для сброса воды в реку в случае внезапной остановки МГЭС. Водосброс выполнен в виде бокового водослива с общей шириной водосливного фронта 63 м.

Трасса деривационного лотка выбрана с учётом топографических условий строительства. На всём протяжении 242,2 м деривационный лоток имеет постоянный уклон 0,00027.

Безнапорный туннель длиной 536,3 м располагается в скальном массиве в правом борту долины р. Черек-Балкарский.

После входного портала находится аванкамера, сопрягающая безнапорный деривационный туннель с напорным металлическим трубопроводом.

Общая длина напорного трубопровода составляет 1778,00 м. Диаметр трубопровода равен 2000 мм.

Здание ГЭС размещается на первой надпойменной террасе правого берега в 3-х км выше с. Верхняя Балкария.

В машинном зале здания МГЭС размещаются 3 горизонтальных радиально-осевых агрегата монтируемых на валах трех генераторов единичной мощностью 3,34 МВт (общая установленная мощность МГЭС 10 МВт). На подводящем к каждой турбине трубопроводе установлен дисковый затвор, который выполняет функции оперативного, ремонтного и аварийного закрытия. Силовые трансформаторы размещаются на открытой площадке. На станционной площадке расположено КРУМ-35 кВ и представляет из себя оборудование шкафного исполнения, устанавливаемое в модульном здании полной заводской готовности.

Основные водно-энергетические показатели МГЭС приведены в табл. 2.

Таблица 2

Основные энергетические параметры	Значения
Установленная мощность, МВт	10
Среднегодовая выработка электроэнергии, ГВт·ч	61,4
Число часов использования установленной мощности, ч	6140
Количество гидроагрегатов, шт.	3
Максимальный расход воды через турбины ГЭС, м ³ /с	8,9
Средневзвешенный по выработке напор на ГЭС, м	131,5

С трех гидрогенераторов каждый номинальной мощностью 3,334 МВт электроэнергия выдается на генераторное распределительное устройство номинальным напряжением 6,3кВ (ГРУ 6,3кВ). К ГРУ 6,3кВ подключены два силовых блочных трансформатора, мощностью 16000 кВА и напряжением ВН/НН 35/6,3кВ, которые обеспечивают дальнейший транзит электроэнергии в комплектное распределительное устройство КРУМ 35кВ. Выдача мощности Верхнебалкарской МГЭС в энергосистему осуществляется по одной линии электропередач 35 кВ протяженностью 40 км на ПС 110/35/10кВ «Кашхатау».

В представленном заключении приведен подробный анализ проектной документации, переданной для проведения технологического и ценового аудита. Здесь предлагается ограничиться выводами, сделанными Исполнителем по разделам переданной проектной документации.

2. Анализ проектной документации.

2.1. Инженерные изыскания.

По итогам проведённого анализа проектной документации раздела инженерные изыскания, можно сделать заключение, что работы выполнены в соответствии с требованиями Федерального закона от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и другой нормативной документацией по проектированию. Инженерные изыскания выполнены в объёме, достаточном для принятия технических решений при разработке проектной документации.

2.2. Проект организации строительства

В представленном к аудиту проекту организации строительства (ПОС) разработана общая организация строительства Верхнебалкарской МГЭС, а именно:

- дана оценка развитости транспортной инфраструктуры и представлена организация движения на время строительства;
- разработан календарный график строительства;
- обоснована принятая продолжительность строительства;
- разработана технологическая последовательность работ;
- разработан строительный генеральный план;
- обоснована потребность строительства в кадрах, в строительных машинах и механизмах, во временных зданиях и сооружениях;
- разработаны предложения по обеспечению контроля качества строительных и монтажных работ, а также поставляемых на площадку и монтируемых оборудования, конструкций и материалов;
- разработаны предложения по организации службы геодезического и лабораторного контроля;
- разработаны мероприятия и решения по определению технических средств и методов работы, обеспечивающих выполнение нормативных требований охраны труда;
- разработаны мероприятия по охране окружающей среды в период строительства.

Основные положения организации строительства разработаны с учётом:

- директивных сроков строительства;
- климатических, гидрологических и геологических условий строительства;
- использования существующей транспортной сети.

По итогам проведённого анализа можно сделать заключение, что ПОС выполнен в соответствии с требованиями п. 23 «Положения о составе разделов проектной документации и требования к их содержанию». Содержания ПОС достаточно для успешной организации и эффективного ведения процесса строительства при наименьших затратах на выполнение строительного-монтажных работ и без потери их качества.

2.3. Гидросиловое оборудование

Технические требования на гидросиловое оборудование составлены на высоком уровне с учётом современных технических решений и требований. Актуальные требования для надёжной и эффективной эксплуатации приведены в соответствии с действующими отраслевыми нормативными документами и стандартами ПАО «РусГидро».

Отраженные при экспертизе вопросы направлены в основном на уточнение требований и возможное совершенствование документов. Замечания по гидросиловому оборудованию не имеют критического значения для реализации проекта и сведены в общую таблицу замечаний в содержании заключения по аудиту.

2.4. Электротехническая часть

По итогам рассмотрения электротехнической части проекта строительства Верхнебалкарской МГЭС Исполнитель делает следующие выводы:

принятые технические решения являются обоснованными и достаточными для обеспечения надёжной работы;

отклонения от требований действующей нормативно-технической документации Исполнителем не выявлены. Примененные в проектной и рабочей документации решения соответствуют требованиям действующей НТД, положениям задания на проектирование;

технические решения, предусматриваемые проектной и рабочей документацией, по мнению Исполнителя, являются оптимальным и соответствуют общепринятой практике проектирования ГЭС и современному уровню развития технологий;

Схема выдачи электрической мощности Верхнебалкарской МГЭС обеспечивает выдачу всей установленной мощности станции без ограничений.

2.5. Анализ проекта в части системы обмена технологической информацией с автоматизированной системой Системного оператора

По результатам проведённого анализа указанной выше проектной документации Аудитор сообщает.

1. Предусмотренные проектной документацией объёмы создания системы обмена технологической информацией с автоматизированной системой Системного оператора (СОТИАССО) Верхнебалкарской МГЭС обоснованы задачами реализации Инвестиционного проекта и необходимы для обеспечения измерения параметров электрооборудования главной схемы МГЭС, а также сбора и передачи телемеханической информации в рамках исполнения требований, предъявляемым к участникам балансирующего рынка в части обмена технологической информацией с автоматизированной системой Системного оператора.

2. Принятые проектные решения по созданию СОТИАССО в части надёжности, защищённости, функциональной полноты, безопасности и удобства эксплуатации как отдельных компонентов, так и системы в целом соответствуют

требованиям действующей НТД РФ, регламентов оптового рынка и корпоративных стандартов ПАО «РусГидро».

2.6. Решения в части систем управления и регулирования

Проектные решения по АСУ ТП Верхнебалкарской МГЭС в основном отвечают существующим нормам требованиям. Однако следует отметить, что для реализации требований по защите автоматизированной системы управления технологическими процессами Верхнебалкарской МГЭС от внешних угроз необходимо дополнительно выполнить раздел проекта автоматизированной системы управления в защищенном исполнении на основании действующих требований.

3. Ценовая часть

В ходе анализа представленной сметной документации Исполнитель установил следующее.

1. Представленная в рамках договора подряда «Проведение технологического и ценового аудита инвестиционного проекта «Верхнебалкарская МГЭС на р. Черек-Балкарский в Кабардино-Балкарской Республике» сметная документация:

- соответствует требованиям Методических указаний по определению стоимости строительной продукции на территории РФ (МДС 81-35.2004);
- составлена в соответствии с ПД с применением нормативной базы ФЕР-2001 и ФЕРм-2001, ФЕРп-2001 в редакции 2017 г. в соответствии с приказом Минстроя России от 30.12.2016 № 1039/пр.

2. Оценить правильность определения стоимости проектных работ не предоставляется возможным, так как сметные расчёты на проектно-изыскательские работы к рассмотрению представлены не были.

3. Сводный сметный расчёт (ССР) стоимости строительства составлен по форме №1 МДС 81-35.2004.

4. Состав глав ССР соответствует действовавшим на дату разработки проекта нормативным документам и соответствует составу глав, приведённому в постановлении Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 в редакции от 02.08.2012 № 788.

5. Рассмотрев представленную ему сметную документацию, Исполнитель выявил частичное несоответствие объёмов работ между проектной документацией (ПД) и сметной документацией (СД). Учитывая тот факт, что на рассмотрение Исполнителю не были представлены в полном объёме прайс-листы и технико-коммерческие предложения, Исполнитель не считает возможным произвести итоговую оценку возможного снижения (повышения) стоимости реализации данного Проекта.

6. Плановая величина капитальных затрат на 1 кВт установленной мощности объекта ВИЭ в руб/кВт для Верхнебалкарской МГЭС в 1,8–2,0 раза выше, чем по всем рассмотренным объектам-аналогам.

Причина такого расхождения, по мнению Исполнителя, заключается в том, что проект станции был существенно переделан уже после начала её строительства: вместо изначально планировавшихся 29,6 МВт, установленная мощность станции в итоге была снижена почти в 3 раза до 10 МВт. При этом строительную часть объекта изменить уже было нельзя (она оказалась переразмеренной), а цены на оборудование в рассмотренном диапазоне единичных мощностей (3–10 МВт) практически не зависят от этого параметра.

7. По результатам расчётов Проектировщик сделал вывод, что «показатели экономической эффективности инвестиций в строительство Верхнебалкарской МГЭС не удовлетворяют критериям эффективности». Исполнитель самостоятельно выполнил оценку экономической эффективности проекта строительства Верхнебалкарской МГЭС и получил следующие результаты:

- чистый дисконтированный доход (ЧДД) составляет 953,673 млн руб.;
- внутренняя норма доходности (ВНД) равна 5,69 % (ниже принятой в расчёте ставки дисконтирования в 13,42%);
- индекс доходности (ИД) 0,67;
- срок окупаемости недисконтированный ($T_{ок}$) 14 лет;
- срок окупаемости дисконтированный ($T_{ок}$): за горизонтом рассмотрения.

Таким образом, по оценке Исполнителя, проект также не окупится.

8. Исполнителем рассмотрены риски: инвестиционный, операционный, финансовый, инфляционный, налоговый, рыночный, изменения сбыта, удорожания проекта, недофинансирования, недостижения запланированной рентабельности. Все перечисленные риски, за исключением инвестиционного и налогового, оценены как низкие. Источник налогового риска — вероятность введения новых видов налогов и сборов, увеличение уровня ставок по существующим налогам и сборам. С учётом последних тенденций в экономике страны этот вид риска оценивается как высокий. Инвестиционный риск Проекта оценивается Исполнителем как чрезвычайно высокий, так как Проект, по мнению Исполнителя, не окупится.

В обсуждении доклада приняли участие

Член-корр. РАН **Г. Г. Ольховский** — президент ОАО «ВТИ»; д.т.н. **Е. О. Адамов** — научный руководитель ФГУП «НИКИЭТ им. Н. А. Доллежала»; к.т.н. **Р. М. Хазиахметов** — и. о. зав. Кафедрой гидроэнергетики и ВЭИ НИУ «МЭИ»; действительный член АЭН РФ к.э.н. **В. А. Джангиров** — заместитель председателя комитета Торгово-промышленной палаты РФ по энергетической стратегии и развитию ТЭК; **Е. А. Гетманов** — председатель подсекции «Тепломеханическое оборудование» НП «НТС ЕЭС»; **М. И. Мирзоев** — главный инженер ООО «Верхнебалкарская Малая ГЭС» ПАО «РусГидро»; к.т.н. **С. Я. Лащенко** — начальник управления департамента эксплуатации ПАО «РусГидро», председатель секции «Гидроэлектростанции и гидротехнические сооружения» НП «НТС ЕЭС»; д.т.н. **В. А. Барин** — заведующий отделением ОАО «ЭНИН»,

учёный секретарь секции Научного совета по системным исследованиям надежности в энергетике РАН, председатель секции «Стратегия развития, надежности и безопасности электроэнергетики» НП «НТС ЕЭС»; к.э.н. **В. И. Чемоданов** — НП «Энергоэффективный город»; к.т.н. **А. Э. Голодницкий** — генеральный директор ООО «Керамические Технологии»; **К. Е. Фролов** — заместитель генерального директора по научно-проектной деятельности ПАО «РусГидро»; **Ю. Г. Фёдоров** — начальник отдела стандартизации Департамента параллельной работы и стандартизации АО «СО ЕЭС», председатель секции «Стандартизация в электроэнергетике «НП «НТС ЕЭС».

Совместное заседание отмечает

1. Необходимость строительства Верхнебалкарской МГЭС в Кабардино-Балкарской республике для обеспечения надёжного энергоснабжения потребителей на территории Кабардино-Балкарской республики. Строительство Верхнебалкарской МГЭС обеспечивает решение социальных задач в Кабардино-Балкарской республике, служит хорошей экспериментальной площадкой для отработки решений по строительству и эксплуатации малых ГЭС, поддержанию строительных и монтажных компетенций по гидротехническому строительству.

2. Проекты строительства электростанций на заседаниях Научно-технического совета НП «НТС ЕЭС» в будущем необходимо рассматривать до их направления на заключение в ФАУ «Главгосэкспертиза России» и проведения публичного технологического и ценового аудита, т. е. ещё на стадии инвестиционного замысла и технического задания, поскольку после проведения технологического и ценового аудита и получения положительного заключения ФАУ «Главгосэкспертиза России» вносить корректировки в представленный на рассмотрение Научно-технического совета проект представляется затруднительным.

3. Совместное заседание отмечает высокую стоимость строительства Верхнебалкарской МГЭС. Удорожанию строительства Верхнебалкарской МГЭС способствует использование технических норм проектирования, которые применимы при проектировании и строительстве крупных ГЭС. Использование же данных норм при проектировании малых ГЭС приводит к их необоснованному удорожанию.

4. Плановая величина капитальных затрат на 1 кВт установленной мощности объекта ВИЭ в руб/кВт для Верхнебалкарской МГЭС в 1,8–2,0 раза выше, чем по всем рассмотренным объектам-аналогам. Причина такого расхождения, по мнению Аудитора, заключается в том, что основные гидротехнические сооружения станции (безнапорный подводный тракт и др.) рассчитаны и построены на станцию начальной мощностью в 29,6 МВт при реализуемой установленной мощности станции 10 МВт. Целесообразно указать, какие объекты использовались в качестве аналогов в расчёте сравнительной стоимости, а также привести стоимости МГЭС, реализованных и реализуемых ПАО «РусГидро» в 2017 – 2019 гг.

Совместное заседание решило

1. Одобрить принятые в разработанной АО «Институт Гидропроект» проектной документации технические решения и компоновку основных сооружений Верхнебалкарской МГЭС в Кабардино-Балкарской Республике.

2. Одобрить результаты технологического и ценового аудита ООО «ЭФ-Инжиниринг», выполнившего технологический и ценовой аудит по объекту Верхнебалкарская МГЭС.


3. Рекомендовать АО «Институт Гидропроект» учесть предложения ООО «ЭФ-Инжиниринг», представленные при публичном рассмотрении технологического и ценового аудита по объекту Верхнебалкарская МГЭС, а также предложения, высказанные на заседании.

4. Рекомендовать Минэнерго России, Минстрою России, ПАО «РусГидро» актуализировать нормативные документы, используемые для строительства ГЭС, с целью возможности их применения для строительства малых ГЭС.

Первый заместитель Председателя
Научно-технической коллегии
НП «НТС ЕЭС»,
д.т.н., профессор

 В. В. Молодюк

Учёный секретарь
Научно-технической коллегии
НП «НТС ЕЭС»,
к.т.н.


Я. Ш. Исамухамедов

Учёный секретарь Секции по проблемам
надёжности и безопасности больших
систем энергетики Научного совета РАН
по комплексным проблемам энергетики,
заведующий отделением АО
«Энергетический институт им. Г.М.
Кржижановского», д.т.н., академик АЭН

 В.А. Баринов