

Глава 2. История проектирования, строительства, эксплуатации Саяно-Шушенской ГЭС и водохранилища до 17 августа 2009 года

2.1. Общее описание Саяно-Шушенской ГЭС. Основные технико-экономические показатели

Саяно-Шушенский гидроэнергетический комплекс расположен на реке Енисей на юго-востоке республики Хакасия в Саянском каньоне у выхода реки в Минусинскую котловину.

Река Енисей начинается после слияния Большого и Малого Енисея и, протекая с юга на север, впадает в Енисейский залив Карского моря. Длина реки от слияния Большого и Малого Енисея - 3 487 км, падение - 613 м, площадь водосбора - 2 580 км², среднемноголетний сток - 610 км³. Благодаря высокой водности Енисея, высоким напорам, созданным плотинами, и большой емкости водохранилищ.

Климат в районе плотины - резко континентальный: максимальная температура плюс 40°С, минимальная – минус 44°С. Продолжительность безморозного периода - 128 дней. Место расположения - узкая долина с крутыми берегами, возвышающимися над уровнем воды на 800-900м, имеет ширину на уровне поймы 360м, а на отметке гребня плотины – 900м. Створ сложен кристаллическими метаморфическими трещиноватыми сланцами.

Комплекс включает в себя Саяно-Шушенскую ГЭС и расположенный ниже по течению контррегулирующий Майнский гидроузел.

Саяно-Шушенская гидроэлектростанция расположена в п.Черемушки, в 32 км от г.Саяногорск.

Генеральным проектировщиком Саяно-Шушенской ГЭС являлся институт "Ленгидропроект" (г.Санкт-Петербург); главным инженером проекта - А.И.Ефименко. Строительство гидроузла осуществляла строительная организация ""Красноярскэнергострой". Основное энергетическое оборудование изготовлено Ленинградским металлическим заводом и заводом "Электросила".

Сроки строительства:

Начало строительства – 1968 год, окончание строительства – 1988 год; начало строительства нового берегового водосброса – 2005 год, планируемый срок окончания – 2010 год.

В настоящее время "Саяно-Шушенская ГЭС имени П. С. Непорожного" является филиалом ОАО "РусГидро". Директор филиала на момент аварии 17 августа 2009 года - Неволько Николай Иванович.

ГЭС присвоено имя крупнейшего энергетика страны, видного учёного, доктора технических наук П.С. Непорожного, возглавлявшего Министерство энергетики и электрификации СССР (1962-1985гг.), вдохновителя и организатора большой программы строительства гидроэлектростанций в стране.

Саяно-Шушенская ГЭС – верхняя в каскаде енисейских гидроэлектростанций, одна из крупнейших в мире: установленная мощность – 6,4 млн. кВт, расчетный напор – 194 м, максимальный статический напор на плотину — 220 м; среднегодовая выработка – 23,5 млрд. кВт.час электроэнергии, что равно выработке сразу нескольких ГЭС Волжского каскада.

Саяно-Шушенская ГЭС является самой мощной электростанцией в России и крупнейшим источником покрытия пиковых перепадов мощности в Единой энергосистеме России и Сибири. До событий 17 августа 2009 года ГЭС производила 15 процентов энергии, вырабатываемой на российских гидроэлектростанциях, и 2 процента общего объема электроэнергии.

В состав сооружений Саяно-Шушенской ГЭС входят бетонная арочно-гравитационная плотина, здание ГЭС приплотинного типа и строящийся береговой водосброс.

Создание плотины такого типа в условиях широкого створа Енисея и сурового климата Сибири не имело аналогов в мире.

Гигантское бетонное сооружение - плотина высотой 245 м и длиной по гребню 1066 м, с шириной по основанию 110 м и по гребню - 25 м, перекрывает Енисей, поднимая его уровень на 220 метров.

Плотина имеет форму арки, упираясь своими крыльями в две горы, образующие Карловский створ.

Устойчивость плотины под напором воды (около 30 млн. тонн) обеспечивается не только собственным весом (60%), но и упором в берега (40%). Плотина врезана в здоровую скалу левого и правого берегов соответственно на глубину 15 м и 10 м. Сопряжение плотины с основанием в русле произведено врезкой до прочной скалы на глубину до 5 м. Плотина очерчена по напорной грани радиусом 600 м.

Арочно-гравитационная плотина состоит из водосбросной, стационарной и глухих береговых частей. Гашение энергии сбросного потока осуществляется в водобойном колодце.

Арочно-гравитационная плотина включает в себя левобережную глухую часть длиной 246,1 м, стационарную часть длиной 331,8 м, водосбросную часть длиной 189,6 м и правобережную глухую часть длиной 298,5 м.

В теле плотины вдоль верховой грани устроены продольные галереи, используемые для наблюдения за состоянием плотины, размещения контрольно-измерительной аппаратуры, сбора и отвода дренажных вод, выполнения цементационных и ремонтных работ. Всего в плотине размещены по высоте 10 галерей.

Водосбросная часть плотины расположена у правого берега, состоит из 12 секций. Водосброс имеет 11 заглубленных пролетов шириной по 5 м. Сечение водоводов на входе - 6х8 м, на выходе - 7х5 м. Водоводы оборудованы основными и ремонтными затворами. Четырехметровые носки-трамплины завершают водосбросы, на сходе с них скорость воды достигает 55 м/сек. Пропускная способность водосброса плотины – 13 600 м³/сек.

Энергия холостых сбросов гасится в водобойном колодце. В колодце поток теряет значительную часть своей энергии. За водобойной стенкой скорость потока - 6 м/сек. Для осушения водобойного колодца в отдельном устье размещена насосная станция. Производительность каждого из трех установленных насосов 1200 м³/час. Время осушения колодца - 55 часов.

В левобережной части русла реки располагается станционная часть плотины, состоящая из 21 секции. Со стороны нижнего бьефа к ней примыкает здание ГЭС, зона примыкания завершается трансформаторной площадкой.

Машинный зал длиной 287,97 м и шириной 36 м, монтажная площадка длиной 40,04 м. Расстояние между осями агрегатов 23,7 м. Машинный зал Саяно-Шушенской ГЭС построен на базе пространственной перекрестно-стержневой конструкции, состоящей из унифицированных металлических элементов системы Московского Архитектурного института (МАРХИ). Такая конструкция была впервые применена в практике строительства гидростанций.

При проектировании не учитывались нагрузки, связанные с действием гидравлических процессов при работе водосбросов и агрегатов, поэтому из-за повышенной вибрации раз в три года (после каждого холостого водосброса) производится обследование тысячи узлов конструкции с измерением зазоров в стыковочных узлах.

Саяно-Шушенская ГЭС имеет в составе 10 гидроагрегатов мощностью 640 МВт каждый.

Глухие береговые части плотины осуществляют сопряжение плотины с берегами.

Плотина ГЭС образует крупное Саяно-Шушенское водохранилище полным объемом 31,34 км³ (полезный объем составляет 15,34 км³) и площадью 621 км². При этом длина водохранилища составляет 312 км, ширина - до 10 км, глубина - до 113 м.

Вода водохранилища отличается высоким качеством, что позволило организовать в нижнем бьефе ГЭС рыбоводные хозяйства, специализирующиеся на выращивании форели. При создании водохранилища было затоплено 35,6 тысяч га сельхозугодий и перенесено 2717 строений. В районе водохранилища расположен Саяно-Шушенский биосферный заповедник.

В ходе регулирования энергосистемы расход воды Саяно-Шушенской ГЭС варьируется, порождая значительные колебания уровня Енисея, которые, в

свою очередь, негативно отражаются на судоходстве и ведении хозяйственной деятельности в долине ниже по течению. Для устранения этого негативного эффекта в 21,5 км севернее от Саяно-Шушенской ГЭС была построена низконапорная Майнская ГЭС мощностью не более 321 МВт, сглаживающая при помощи своей плотины побочные эффекты работы большой ГЭС, осуществляя так называемое контррегулирование.

За прошедшие годы Саяно-Шушенская ГЭС за счет малой себестоимости произведенной электроэнергии полностью окупилась своим строительством. В 2006 г., сбрасывая переполненное очередным паводком водохранилище, станция выдала в сеть 26,8 млрд кВт.ч электроэнергии, поставив тем самым рекорд. В полноводные годы в связи с ограниченной пропускной способностью ЛЭП ГЭС вынуждена сбрасывать часть воды мимо турбин, что приводит к недовыработке 1,6-2 млрд. кВт.ч.

При строительстве Саяно-Шушенского гидроузла выполнено 11,5 млн. м³ земельно-скальных работ и уложено 9,7 млн. м³ бетона и железобетона.

Сметная стоимость строительства в ценах 1969 года составила 1 243,6 млн. руб., из них на строительство гидротехнических сооружений было выделено 1 168,2 млн. руб.

Капиталовложения в энергетику составили 1 009 млн. руб.

Удельные капиталовложения

на 1 уст. кВт - 161 руб.,

на 1 кВт.ч – 4,4 коп.

Себестоимость 1 кВт.ч электроэнергии в 2001 г. Саяно-Шушенской и Майнской ГЭС составила 1,62 коп.

Основными региональными потребителями электроэнергии ГЭС являются Саяногорский алюминиевый завод (Русал), Хакасский алюминиевый завод, Красноярский алюминиевый завод, Новокузнецкий алюминиевый завод, Кузнецкий ферросплавный завод.

Показатели деятельности Саяно-Шушенской ГЭС

Таблица 1

Выработано электроэнергии за год, млн. кВт.ч			
2006	2007	2008	на 15.08.2009
26 817,7	20 764,53	19 983,90	16772,0

2.2. Строительство Саяно-Шушенской ГЭС и Саяно-Шушенского водохранилища

В конце декабря 1960 года специалисты отдела перспективного проектирования института "Ленгидроэнергопроект" под руководством Г.А.Претро закончили эскизное проектирование Саянской ГЭС.

В июле 1962 года Государственная комиссия, возглавляемая известным гидротехником, академиком А.А. Беляковым, по материалам изысканий из трех рассматриваемых вариантов створов утвердила окончательный вариант – Карловский створ.

Из возможных конструкций плотин предпочтение было отдано арочно-гравитационной, как наиболее отвечающей топографическим и инженерно-геологическим условиям створа. Проектное задание разрабатывалось под руководством главного инженера проекта Г.А. Претро. Начальником отдела и главным инженером проектов был назначен Я.Б. Марголин (1965 г.). Начатые при нем разработки технического проекта были продолжены Л.К. Доманским (1968-72 гг.) и А.И. Ефименко (1972-91 гг.).

12 сентября 1968 года начаты работы по сооружению фундамента плотины.

В октябре 1969 года образовано управление основных сооружений для строительства бетонной плотины Саяно-Шушенской ГЭС.

В 1970 году силами инженеров енисейского отдела "Ленгидропроекта" была закончена разработка технического проекта основных сооружений ГЭС. Первый кубометр бетона в основные сооружения ГЭС был уложен в октябре этого же года.

В 1971 году Коллегия Минэнерго СССР согласовала с Госпланом доводы "Гидропроекта" о необходимости одновременного строительства с Саяно-Шушенской ГЭС контррегулирующего Майнского гидроузла. В декабре 1972 года был уложен первый кубометр гидротехнического бетона в плотину Саяно-Шушенской ГЭС.

11 октября 1975 года в Карловском створе после ввода в действие донных водотоков в основании будущей плотины русло Енисея было полностью перекрыто. К концу года была завершена проходка 1149 метрового туннеля к левобережной врезке плотины Саяно-Шушенской ГЭС.

Постановлением Совета Министров РСФСР № 179 от 17 марта 1976г. был образован государственный заповедник "Саяно-Шушенский", который раскинулся на территории правобережья выше плотины. Заповедник расположен в Красноярском крае на площади 390368 га и входит в международную систему биосферных резерватов ЮНЕСКО.

В декабре 1978 года осуществлен пуск первого гидроагрегата Саяно-Шушенской ГЭС.

Строительство Саяно-Шушенской ГЭС велось с поэтапным освоением.

Каждая из десяти турбин ГЭС, снабженная рабочим колесом из нержавеющей кавитационностойкой стали 6,77 метров в диаметре и весом 156 тонн, способна развивать мощность 650 000 кВт при расчетном напоре 194 метров. Первые два генератора Саяно-Шушенской ГЭС были введены в эксплуатацию с временными рабочими колесами гидротурбин, способными работать на низких напорах. Это позволило уже при частичном напоре, начиная с 60 метров, вырабатывать электроэнергию.

Для обеспечения пуска первого гидроагрегата в назначенный срок было спешно начато наполнение водохранилища. В нижний бьеф сбрасывался лишь санитарный пропуск. При этом не была предусмотрена возможность сброса воды из водохранилища на случай каких-либо непредвиденных обстоятельств.

На полную проектную мощность Саяно-Шушенская ГЭС вышла только 25 декабря 1985 года, когда был запущен десятый гидроагрегат. После ряда доделок, в 1988 году станция была принята в постоянную эксплуатацию.

Юридически Саяно-Шушенская ГЭС как гидроэнергетический комплекс была принята в эксплуатацию в 2000 г. на основании Приказа РАО "ЕЭС России" от 13.12.2000г. № 690 "Об утверждении Акта приемки в эксплуатацию Саяно-Шушенского гидроэнергетического комплекса".

Более детальное рассмотрение вопроса требует упоминания следующих фактов.

При советской власти, согласно Постановлению Совмина № 105 от 23.01.1981 "О приеме в эксплуатацию законченных строительством объектов" (далее - Постановление Совмина № 105), объекты, законченные строительством, предъявлялись к приемке государственным приемочным комиссиям. При этом приемка в эксплуатацию последнего пускового комплекса производилась одновременно с приемкой объекта в целом (пункт 6 указанного Постановления). Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов государственными приемочными комиссиями оформлялась специальными актами, подписываемыми председателем и всеми членами комиссии.

Последний пусковой комплекс СШГЭС - пусковой комплекс гидроагрегата № 10, вводился в эксплуатацию в декабре 1985 г. Указанный гидроагрегат был принят в эксплуатацию государственной приемочной комиссией 25.12.1985г., акт приемки гидроагрегата № 10 был утвержден Министром энергетики СССР Майорцем А.И. 29.12.1985г. Одновременно акт о приемке СШГЭС в эксплуатацию в целом не был утвержден Министерством энергетики. Вместе с тем, начиная с 1985 года, Минэнерго СССР включало СШГЭС в энергобаланс ЕЭС страны и эксплуатировало ее гидроагрегаты в соответствии с проектной мощностью.

Постановление Совмина № 105, а в дальнейшем и СНиП 3.01.04-87, утвержденные Постановлением государственного строительного комитета

СССР от 21.04.1987 № 84, регламентировали порядок ввода в эксплуатацию законченных строительством объектов вплоть до вступления в действие Градостроительного кодекса Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ.

Следует отметить, что в период с 1985 по 2000гг. СШГЭС неоднократно проверялась контрольными и надзорными органами.

В дальнейшем, в период 2001-2009гг., СШГЭС также неоднократно проверялась государственными контрольными и надзорными органами, в том числе на предмет соблюдения требований законодательства о промышленной безопасности, безопасности гидротехнических сооружений, своевременного выполнения всех необходимых мероприятий по обеспечению безопасного функционирования гидроэлектростанции. Фактов существенных нарушений нормативно-технических требований по безопасной эксплуатации гидроагрегатов СШГЭС указанными органами выявлено не было.

В 1993 году зарегистрировано акционерное общество открытого типа "Саяно-Шушенская ГЭС" с уставным капиталом 676 206 511 тыс. рублей и 3 095 акционерами.

В 2005 году ОАО "Саяно-Шушенская ГЭС" вошло в состав ОАО "ГидроОГК".

2.3. Эксплуатация Саяно-Шушенской ГЭС. Аварийные ситуации

23 мая 1979 года катастрофический паводок послужил причиной аварии, повлекшей за собой аварийный сброс воды через недостроенные водосбросы плотины; сильнейшим образом пострадало здание ГЭС, где во временном режиме работал один гидроагрегат (гидроагрегат был залит), смыт грузоподъемный кран и другое оборудование.

В ходе восстановительных работ, был сооружен бетонный барьер вокруг гидрогенератора, произведена герметизация ограждающих конструкций.

Только через 112 дней после высвобождения гидрогенератора из воды, 20 сентября 1979 года, он был включен в сеть.

В 1985 году во время мощного половодья произошло разрушение 80 % площади дна водобойного колодца. Были полностью разрушены плиты крепления (толщиной более 2м), бетонная подготовка под ними и скалы ниже подошвы на глубину до 7м. Анкера диаметром 50 мм были разорваны с характерными следами наступления предела текучести металла. Были проведены работы по реконструкции водобойного колодца (1991г.).

В 1988 году паводок привёл к разрушению отремонтированного колодца. Было принято решение об эксплуатации ГЭС в щадящем режиме на пониженной отметке максимального напора воды - не более 240 метров вместо проектных 245. Кроме того, было принято решение построить дополнительный водосброс для уменьшения воздействия потока на конструкцию колодца.

В 1993 году, во время текущего ремонта гидроагрегата №10, на его рабочем колесе обнаружены множественные сквозные трещины на ободке и лопастях и значительного размера кавитационные явления. Для расследования причин, разработки технологии и участия в процессе устранения разрушения рабочего колеса были вызваны специалисты завода-изготовителя "Ленинградский металлический завод".

В марте 1994 года измерительные приборы плотины Саяно-Шушенской ГЭС зарегистрировали землетрясение, происшедшее в результате движения земной коры во время взрывов на Изыхском угольном разрезе. Результаты исследований отдельного устоя Саяно-Шушенской ГЭС, которые провели ученые Всероссийского научно-исследовательского института имени Б.Е.Веденеева, подтвердили надежность состояния устоя.

Одной из главных проблем строительства было обнаружение увеличивающейся фильтрации тела плотины.

В мае 1996 года в основании плотины и береговых примыканий Саяно-Шушенской ГЭС фильтрационные расходы достигли 549 м/сек против 190

м/сек по проекту. Попытки снизить фильтрационные расходы в основании путем его цементации в 1989, 1992, 1993 и 1996 годах оказались неэффективными.

В 1996 году специалисты фирмы "Солетанш Баши" успешно выполнили ремонт разуплотненной зоны бетона с использованием специальных полимерных материалов и нетрадиционных технологий. Положительный эффект по снижению водопроявлений в бетоне плотины выразился в снижении фильтрационного расхода с 485 м/сек до 5,2 м/сек.

24 октября 1997 года наполнение водохранилища Саяно-Шушенской ГЭС поднято до отметки 539м. 29 и 31 октября того же года проведены испытания в водобойном колодце. Нарушений основания водобойного колодца не обнаружено.

17 августа 2009 года на Саяно-Шушенской ГЭС произошла крупнейшая авария с человеческими жертвами. В результате аварии был разрушен и затоплен водой машинный зал гидроэлектростанции. Начаты восстановительные работы.