

Отметка верхнего бьефа НПУ - 101,50 м, отметка нижнего бьефа (отметка оси рабочего колеса) - 76,10 м. Максимальный статический напор - 25,40 м.

Для защиты от затопления при разрыве трубопровода служит отводящий канал.

Напорные водоводы, согласно [2], имеют протечки и выщелачивание бетона. Наблюдается фильтрация воды из напорных водоводов в отключенный коллектор гехводоснабжения на отметке спиральной камеры.

Здание ГЭС

Здание гидроэлектростанции деривационного типа на скальном основании (диабазы). В нем установлено 2 гидроагрегата с металлическими спиральными камерами и отсасывающими трубами.

Подводная часть здания из массивного железобетона.

Основные размеры:

Длина	45,85 м,
ширина	20,50 м,
высота	16,07 м.

Подводная часть имеет два этажа: генераторный и турбинный. Фундаментом подводной части является железобетонная плита толщиной 1 м.

Для уплотнения деформационно-осадочных швов с верхнего и нижнего бьефа в здании ГЭС предусмотрены битумные шпонки. Отсасывающие трубы - железобетонные, конические, изогнутые. С нижнего бьефа отсасывающие трубы перекрываются затворами. Тип затвора - плоские шандорные двухсекционные заграждения. Подъемный механизм - подвесная электрическая тележка грузоподъемностью 10 т.

Надводная часть здания ГЭС - шатрового типа из железобетонного каркаса с кирпичным заполнением.

Основные размеры:

Длина	41,53 м,
ширина	16,10 м,
высота	18,28 м.

Согласно [2] в здании ГЭС, его массивной части, имеются разрушения в зоне переменного уровня до 10 - 15 см с оголением рабочей арматуры, наблюдаются выходы продуктов выщелачивания бетона бычков нижнего бьефа отсасывающих труб. В смотровых галереях наблюдается выщелачивание бетона и выход воды в строительные швы.

Отводящий канал.

Отводящий канал длиной 4 км, шириной от 12,5 до 50,0 метров. Канал имеет на начальном участке трапецеидальное сечение, далее полигональ-

ное. Пропускная способность — 87 м³/сек. и 200 м³/сек. добавляется от водосброса.

Грунты основания - на длине 100 м залегают диабазы, а на остальной длине песчаные грунты.

Основная часть канала, примерно 4 км, была выполнена саморазмывом и не имеет крепления. Начальный участок канала имеет бетонную облицовку стен и дна.

Подводящий канал водосброса

Пропускная способность подводящего канала холостого водосброса - 200 м³/сек. Канал открытого типа, трапецеидального сечения, длиной - 115 м. Ширина канала по дну - до 17,5 м, заложение верхового откоса правого берега -1:2 и 1:3, низового - 1:3. Крепление верхового откоса - одиночная мостовая толщиной 20 см и каменная наброска толщиной 40 см. Средняя глубина воды -5,50 м. Грунтами основания являются диабазы, а так же крупно и разнозернистые пески.

3. Физико-географические и климатические условия района расположения ПГЭС

Климат рассматриваемого района малоустойчивый, характеризуется продолжительной, относительно мягкой зимой и коротким прохладным летом, значительной облачностью, высокой влажностью и достаточным количеством осадков в течении всего года. Эти условия климата обусловлены географическим, главным образом широтным, положением района, близостью Балтийского, Белого и Баренцева морей и господством западного переноса воздушных масс.

Зимой относительно теплые воздушные массы с Атлантического океана приносят осадки и ветреную погоду, температура воздуха повышается, иногда наступают сильные оттепели. В то же время часты вторжения арктических масс воздуха, которые сопровождаются понижением температуры, выпадением осадков и усилением ветров.

Абсолютный максимум температуры достигает +33°С, абсолютный минимум - 48°С. Среднегодовая температура от +1,2°С до +2 6 °С. Продолжительность безморозного периода колеблется от 104 до 153 дней.

Годовая норма осадков колеблется в пределах 500 - 600 мм. В весенний период осадков выпадает меньше всего, летом, особенно в августе, выпадает много дождей. Для осенних месяцев (сентябрь, октябрь) характерны обложные морозящие дожди.

Снежный покров устанавливается в конце октября — ноября, но в некоторые годы нарушается оттепелями. Толщина снежного покрова составляет от 30 до 60см.

В рассматриваемом районе преобладают ветры юго-восточных, северных и южных направлений. Скорость ветра невелика, в среднем за год 2,8

м/сек. Дней с сильным ветром (15 м/сек и выше) очень мало, в среднем 6 дней в году. Среднее число ясных дней в году -79, пасмурных -111

4. Инженерно-геологическое строение участка расположения ГЭС

Основные орографические черты района гидросооружений определены тектоникой, ледниковым выпахиванием, озерной абразией и аккумуляцией. Геологическое строение оснований ГЭС показано в приложениях 3-7 и 9-14.

Тектоническими причинами определено наличие узких длинных вытянутых в меридиональном направлении кряжей, сложенных скальными породами и глубокими депрессий, заполненных четвертичными отложениями.

Главное сооружение, деривационный и водосбросной каналы и здание ГЭС расположены в верхней части древнеозерной террасы. Весь участок представляет собой впадину, заполненную четвертичными отложениями, ограниченную с запада и востока двумя прерывистыми параллельными скальными кряжами.

Район расположения Пальеозерской ГЭС характеризуется разнородностью рельефа, в котором холмы чередуются со значительными впадинами с разностью в высотах до 30,0 м. Гранитогнейсы и диабазы являются преобладающими породами и выходят зачастую на дневную поверхность, четвертичные отложения представлены, главным образом, моренной.

Геологическое строение на участке гидроузла представляет собой преимущественно интрузивные (диабазы) породы нижнего протерозоя.

Диабазы - очень плотные, мелкозернистые, серые и зеленовато серые породы. Трещиноватость породы не приурочена к определенным глубинам или высотным отметкам, за исключением верхней выветренной зоны толщиной 0,5-1,0м. Диабазы в этой зоне сильно раздроблены, перетерты, местами превращены в грубую бурую супесчаную массу.

Четвертичные отложения почти сплошь покрывают скальное ложе района сооружений. Они делятся на:

- ледниковые - морена;
- позднеледниковые озерные отложения;
- послеледниковые озерно-аллювиальные отложения;
- современные образования, а также торф, насыпной грунт.

Морена представляет собой четыре разновидности: супесчаная, песчаная и галечниковая с супесчаным и песчаным заполнителем, галечниковая морена является преобладающей. В ней количество валунов может достигать 25 - 30%. Галька и валуны представлены кварцитом, гранитом, гранитогнейсом и диабазом. Мощность морены от менее метра до 10 - 12 м.

Позднеледниковые озерные отложения представлены серыми в виде отдельных линз слоистых ленточных супесей и суглинков. Мощность их в основном не превышает 1-1,5 метра, местами, в заливах между скальными кряжами мощность ленточных отложений значительно увеличивается, достигая 6 метров.

Послеледниковые озерно-аллювиальные отложения получили в районе сооружений наибольшее развитие. Они представлены мощной толщей разнозернистых песков, заполняющих котловину в коренных породах.

К современным образованиям относятся аллювий ручьев и реки, торф и насыпной грунт. Аллювиальные отложения представлены разнозернистыми песками и галькой, имеют незначительное распространение и мощность.

Насыпной грунт представляет собой смесь в различных соотношениях моренного и озерно-ледникового грунта, местами с примесью щебня и дресвы коренных пород. Представлен он чаще всего песком мелкозернистым или супесью с содержанием гравия, гальки, дресвы, щебня валунов до 20 - 40%. Мощность насыпного грунта от 1 м до 10 м. В связи с давностью отсыпки этих грунтов, они слежались, сильно уплотнились.

5. Обследование геодезической КИА и анализ документации по геодезическим наблюдениям за деформациями ГТС

5.1. Анализ ранее составленной проектной документации по геодезическим наблюдениям за деформациями ГТС ПГЭС

Ранее программы натуральных геодезических наблюдений за деформациями ГТС Пальеозерской ГЭС не составлялись.

5.2. Полевое обследование геодезической КИА

В апреле 2007 года работниками ООО «Карелгеоцентр» было произведено полевое обследование геодезической КИА для установления степени её сохранности и возможности дальнейшего использования.

Полевое обследование включало в себя осмотр всех расположенных на объекте опорных и контрольных геодезических пунктов:

- опорных пунктов для створных наблюдений;
- опорных реперов высотной сети;
- контрольных пунктов для створных наблюдений;
- поверхностных марок;
- грунтовых марок;
- щелемеров.

Особое внимание уделялось контролю надежности крепления марок и знаков на опорных конструкциях и сооружениях, а также наличию защитных элементов на геодезической КИА.

5.2.1. Планово-высотная геодезическая основа

Плановая геодезическая основа наблюдений за абсолютными горизонтальными смещениями напорного бассейна ГЭС, см. схему в приложении 15, состоит из 2-х опорных пунктов оптического створа Б-Г. Контроль устойчивости опорных пунктов створа на напорном бассейне осуществляется при

Примечание: Сведения о конструкции и местоположении геодезической КИА приведены в приложениях №№ 15, 16

В результате полевого обследования было выявлено, что утрачены следующие геодезические пункты:

- подводящий канал: грунтовый репер Рп.1;
- отводящий канал: грунтовые реперы Рп. 37 и Рп.38;
- Гирвасская плотина: поверхностная марка М.34, контрольные знаки створа КП IV, КП V, КП VI, опорные пункты створа Д, Е, исходный скальный репер Ск.м. 35;
- территория ГЭС: исходный репер марка 22;
- дамба «Ваган»: грунтовые реперы Гр.рп.48, Гр.рп.49.

Вся остальная КИА находится в работоспособном состоянии.

5.3. Краткий анализ результатов наблюдений за смещениями

5.3.1. Наблюдения в опорных геодезических сетях

Плановая опорная сеть для обеспечения определения абсолютных горизонтальных смещений ГТС состоит из 4 опорных пунктов (см. приложение 9). Сведения о наблюдениях в плановой опорной сети приведены в таблице №2.

Таблица 2

Год	Наименование организации	Примечания
1957г.	«Гидроэнергопроект»	1-й цикл;
1958г.	«Гидроэнергопроект»	2-й цикл;
1991г.	Фирма «ОГРЭС»	4-й цикл;
2002г.	ОАО «Карелэнерго»	5-й цикл;

В 1957 году Ленинградским отделением «Гидроэнергопроекта» была установлена геодезическая КИА и проведен первый цикл геодезических наблюдений. В 1958 году был проведен второй цикл.

В 3-м цикле геодезических наблюдений, выполненном гидротехнической службой РЭУ Карелэнерго, измерения проводились только в высотной сети.

Четвертый цикл наблюдений за горизонтальными смещениями был проведен фирмой «ОГРЭС». Наблюдения проводились только за контрольными пунктами, установленными на стенке напорного бассейна. Опорные пункты «Д» и «Б», установленные на Гирвасской плотине, к моменту проведения цикла были уничтожены.

Пятый цикл наблюдений за горизонтальными смещениями был проведен гидротехнической службой ОАО «Карелэнерго». Наблюдения проводились только по оптическому створу на напорном бассейне.

Во всех отчетах по проведенным циклам геодезических наблюдений отсутствуют результаты линейных измерений для оценки устойчивости опорных пунктов.

Высотная опорная сеть для обеспечения определения абсолютных вертикальных смещений (осадок) ГЭС на объекте изначально состояла из 4-х реперов. К моменту проведения 4-го цикла в 1991 г. был утрачен исходный репер марка 22, к моменту проведения 5-го цикла в 2002 г. утрачен единственный исходный репер для определения осадок на Гирвасской плотине – Ск.м. 35.

Опорная высотная сеть не восстанавливалась и в настоящее время состоит из 2-х исходных пунктов: грунтового репера Фунд. рп. 50 и марки 22, расположенных в районе здания ГЭС. Контроль устойчивости исходных высотных пунктов в опорной сети в циклах 3-5 не проводился.

5.3.2. Измерения смещений, выполняемые специализированными организациями

Оптические створы. Смещения створных знаков в направлении вдоль потока относительно опорных пунктов Б-Г на напорном бассейне и Д-Е на водосбросе Гирвасской плотины определялись различными организациями с 1957г. по 2002г. Список циклов наблюдений приведен в таблице 3.

Таблица 3

№№ци- клов	Даты	УВБ (м)	Организация исполнитель	Марка теодолита	Примечания
1	1957г.		«Гидроэнергопроект»	Вильд	
2	1958г.		«Гидроэнергопроект»	Вильд	
3	1985г.		Гидротехническая служба ОАО «Карелэнерго»	-	Измерения не проводились
4	1991г.		Фирма «ОГРЭС»	2Т2	Только на напорном бассейне
5	2002г.		Гидротехническая служба ОАО «Карелэнерго»	ОТ-02М	Только на напорном бассейне

Наблюдения за горизонтальными смещениями напорного бассейна выполнены створным методом по подвижной марке конструкции Лэнгидэпа двумя полными приемами при шести введениях целика марки в створ Б-Г в каждом полуприеме. Подвижная марка устанавливалась в гнездовые центры, установленные в стенке напорного бассейна со стороны нижнего бьефа. Наблюдения производились в прямом направлении с пункта Б на пункт Г, и обратном направлении - с пункта Г на пункт Б.

Наблюдения за устойчивостью опорного пункта створа Б, велись методом непосредственных линейных измерений с этого пункта на пункты А и В, расположенных в плоскости, перпендикулярной створу и нивелированием опорных пунктов.

С пункта Б на правом берегу измерялась сторона Б-А и Б-В. Измерения велись стальной 20 метровой рулеткой с многократным смещением штрихов рулетки. Натяжение 10 килограмм придавалось с помощью динамометра.

При вычислении смещений контрольных пунктов створа поправки за смещение опорных пунктов не вводились.

Суммарные величины горизонтальных смещений напорного бассейна за весь период измерений (1957-2002гг.) находились в пределах 0.5 – 3.9 мм, а их прирост между последними циклами от +2.5 до +3.9 мм.

С 2002 г. наблюдения по оптическому створу на напорном бассейне Пальеозерской ГЭС не проводились.

Определение горизонтальных смещений контрольных пунктов, установленных в бычках водосброса Гирвасской плотины, проводились только в 1957-58 гг. Наблюдения проводились с опорных пунктов створа Д-Е в прямом и обратном направлении, аналогично измерениям на напорном бассейне. Контроль устойчивости опорных пунктов створа проводился нивелированием. Суммарные величины за год находились в пределах точности измерений от -0.44 до +0.65 мм.

С 1958 г. наблюдения по оптическому створу Гирвасской бетонной плотины не проводились.

Наблюдения за абсолютными осадками ГТС способом гидротехнического нивелирования II разряда выполнялись Гидроэнергопроектом (1957г., 1958г.), гидротехнической службой ОАО «Карелэнерго» (1985г., 2002г.) и фирмой «ОРГРЭС» (1991г.).

Для определения величин осадок на объекте было развито две сети нивелирования. Одна для определения осадок на бетонной Гирвасской плотине, другая на напорно-станционном узле. В качестве исходных пунктов использовались скальные марки, заложенные в 1938 г. Лэнгидэпом, и фундаментальный грунтовый репер Фунд. рп. 50, установленный Гидроэнергопроектом в 1957 г.

Наблюдения за осадкой бетонной плотины проводились методом нивелирования гнездовых центров оптического створа - Кп.IV, Кп.V, Кп.VI, установленных в бычках водоспуска и поверхностных марок 29 - 34, установленных в тело плотины. В качестве исходного использовался опорный высотный репер Ск.м.35. В четвертом цикле наблюдений выяснилось, что все заложенные на плотине марки имеют подъем от 1 до 3 мм, кроме марки 29, величина осадки которой составила 8 мм. К моменту проведения пятого цикла был утрачен исходный репер, и между контрольными пунктами были измерены только превышения. Анализ превышений между циклами показал, что относительные смещения деформационных марок находятся в пределах 1-3 мм, кроме марки 29, у которой разность превышений между циклами по сравнению с 1-м циклом составила 7мм.

Наблюдения за осадкой гидротехнических сооружений напорно-станционного узла осуществлялось по поверхностным маркам, установленным в полу машзала здания ГЭС, осадочным маркам в мосту (11,12,2704), водосбросе (8,9,10), подстанции 110 кВ (13-27) и грунтовыми реперами, установленными в тела дамб подводящего и отводящего каналов (Гр.рп.1-4 и 37-39). Марки, установленные в бетонное основание, изменили свое высотное положение от -2.5 до 3.6 мм. Марка 2701, установленная в мосту просела на -17.6 мм по отношению к начальному циклу и на -5.6 мм к последнему циклу. Скорее всего, это вызвано динамической нагрузкой - движением автотранспорта. По остальным маркам приращения осадок между последними циклами находились в пределах точности определения ± 1 мм. Грунтовые реперы сохранили свое высотное положение.

С 2002 года наблюдения за осадками ГТС Пальеозерской ГЭС не проводились.

5.3.3. Геодезические наблюдения за горизонтальными смещениями выполняемые сотрудниками Пальеозерской ГЭС

Сотрудниками гидроцеха ПГЭС ведутся регулярные наблюдения за относительными взаимными смещениями секций Гирвасской плотины и смещениями фундаментных блоков напорного бассейна по двухосным щелемерам, установленным на температурных швах вышеуказанных сооружений.

На Гирвасской плотине в потерне установлено 5 двухосных щелемеров; в напорном бассейне – 1 щелемер (см. приложения 15 и 16). На момент издания настоящей «Программы» выяснилось, что в связи с ремонтом Гирвасской плотины щелемеры в потерне демонтированы.

Наблюдения выполняются с цикличностью 1 раз в месяц. Результаты наблюдений отражаются в ежегодных отчетах. Для обеспечения наблюдений по щелемеру на ПГЭС имеется штангенциркуль.

По двухосным щелемерам определяется только изменение ширины шва и перемещение соседних блоков вдоль потока.

Средняя квадратическая ошибка (СКО) определения смещений штангенциркулем составляет около $m \approx \pm 0.2$ мм.

Смещения по щелемерам незначительные. Максимальное раскрытие швов составило около 3 мм.

Из анализа смещений, определяемых по щелемерам, можно сделать вывод, что остаточные деформации в течение последних 20 лет наблюдений отсутствуют. В акте обследования ГТС, проведенного в сентябре 2006 г. [2], сделан вывод о том, что бетонная плотина и напорный бассейн работают в проектном режиме и находятся в работоспособном состоянии.

Другие геодезические наблюдения сотрудниками ГЭС не проводятся.

5.4. Уточнение концепции наблюдений геодезическими методами за деформациями ГТС

5.4.1 Цели, основные задачи и состав натуральных наблюдений

Гидротехнические сооружения подвержены постоянному воздействию изменяющейся гидростатической нагрузки и возможной обходной фильтрации, подвержены смещениям, вызванным сезонными колебаниями температуры.

Натурные геодезические наблюдения в период эксплуатации ГТС должны обеспечивать получение систематических данных о горизонтальных и вертикальных смещениях ГТС, с целью своевременного назначения ремонтных работ, и разработки мероприятий по усовершенствованию и реконструкции ГТС и повышению их надежности и безопасности эксплуатации.

Вертикальные и горизонтальные смещения сооружений и их оснований определяются как абсолютные (относительно исходных пунктов, расположенных на незатопляемых отметках в точках, удаленных от оползневых и карстовых участков, мест тектонических разломов и грунтов, склонных к пучению или осадкам [13]), так и относительные (взаимные смещения между контрольными точками, расположенными на сооружениях).

Геодезические методы натуральных наблюдений позволяют не только получить наиболее точную и полную информацию об устойчивости сооружений, сигнализировать о развитии нежелательных процессов, но и уточнять допустимые величины показателей по данным рядов измерений в характерные периоды работы этих сооружений.

Исходя из конкретных задач, предусматривается сохранить и дополнить ранее принятый состав натуральных наблюдений за деформациями ГТС ПГЭС геодезическими методами:

- наблюдения за вертикальными смещениями (осадками) дамб подводящего канала, здания ГЭС, напорного бассейна, водосброса, бетонной плотины, дамбы «Койкары»;
- наблюдения за горизонтальными смещениями напорного бассейна и водосброса бетонной плотины вдоль потока;
- наблюдения за относительными взаимными смещениями фундаментных блоков напорного бассейна, секций подпорных стенок подводящего канала и секций бетонной плотины по температурно-осадочным швам.

5.4.2. О необходимой точности геодезических наблюдений за смещениями ГТС

При изучении смещений сооружений геодезическими методами большое значение имеет установление надлежащей точности их определения.

Точность геодезических наблюдений за деформациями ГТС регламентируется в [5] и в [6].

Назначение точности определения вертикальных и горизонтальных смещений бетонных сооружений.

В соответствии с [5, пункт 1] для зданий и сооружений, возведенных на скальных и полускальных грунтах, назначается I класс точности измерений. Здание ГЭС, водосброс, напорный бассейн и Гирвасская плотина относятся к таким сооружениям. Поэтому для определения точности геодезических наблюдений воспользуемся указаниями [5, табл.2]. Допускаемая средняя квадратическая ошибка (СКО) определения вертикальных смещений должна составлять: $m_g = \pm 1 \text{ мм.}$, для горизонтальных смещений $m_z = \pm 1 \text{ мм}$

Следовательно, точность измерений в начальном и очередном циклах для вертикальных и горизонтальных смещений должна быть:

$$m_{vi} = m_{zi} = m_g : \sqrt{2} \approx \pm 0.7 \text{ мм}$$

Такую высокую точность измерений при определении горизонтальных смещений можно обеспечить только способом измерений по щелемерам. Этот высокоточный способ позволяет определить не абсолютные, а относительные смещения.

В [7 пункт 1.6] для относительных смещений рекомендуется точность 0.2-0.3мм, а для абсолютных смещений $m_z = m_g = \pm 1.0 \text{ мм.}$ Т.е., измерения для определения относительных смещений выполняются с СКО $m_{изм} \approx \pm 0.14 \div 0.21 \text{ мм.}$

В [6, пункт 10.95] даны СКО горизонтальных и вертикальных измерений относительно опорных геодезических пунктов, только на начальном этапе наблюдений за деформациями сооружений, возводимых на скальных грунтах:

$$m_{zi} = m_{vi} \approx 1.0 \div 2.0 \text{ мм.}$$

Исходя из вышеизложенного, для бетонных сооружений III класса ПГЭС назначим:

- СКО для измерений при определении абсолютных горизонтальных и вертикальных смещений

$$m_{zi} = \pm 1.0 \text{ мм; } m_{vi} = \pm 1.5 \text{ мм; } | 1 |$$

- СКО для измерений при определении относительных горизонтальных и вертикальных смещений

$$m_{изм} = \pm 0.2 \text{ мм. } | 2 |$$

Назначенные СКО измерений для определения смещений обеспечиваются методиками, изложенными в [5], [7].

Назначение точности определения вертикальных смещений земляных сооружений.

В соответствии с [5, пункт 1] для земляных сооружений назначается IV класс точности. Воспользовавшись указаниями, отраженными в [5, табл.2], определяем допускаемую СКО определения смещений. Для вертикальных смещений она должна составлять: $m_g = \pm 10 \text{ мм.}$