

Тип крепления напорного откоса - каменная наброска, а в средней части крепление выполнено рядами нагруженными камнем. Толщина крепления-0,2 м. Заложение верхового и низового откосов 1:3.

Вдоль верхового откоса уложен глиняный экран с отметкой верха - 73,00 отметкой низа - 69,00 м, длиной - 1500 м. На низовом откосе расположен дренаж из трехслойного обратного фильтра длиной 1500 м.

Дамба находится в работоспособном состоянии. Выхода фильтрационных вод на низовой откос не наблюдается и заболачивание в нижнем бьефе отсутствует.

В связи с реконструкцией федеральной автодороги М18 «Кола», проходящей по гребню дамбы, ее фактические параметры значительно отличаются от проектных.

Дамба «Сопоха»

Дамба «Сопоха» (см. приложения 1, 13, 15) была возведена в 1926 году. В 1938 г. в связи со строительством второй очереди Кондопожской ГЭС была наращена. Существующий ранее холостой водосброс в реку Сандалка был засыпан. Вместо закрытого дренажа был выполнен наклонный дренаж.

Тип дамбы - насыпная, земляная. Материалом для дамбы являются разнородные пески и супесь. Грунты основания - супеси, разнородные пески, ленточные глины и песчано-валунная морена.

Максимальный напор на дамбу при НПУ=62,55 м - 3,75 м.

Основные размеры дамбы:

длина по гребню -	1427 м,
ширина по гребню -	3,50 м,
ширина по подошве - 33,0 м, наибольшая высота -	5,20 м,
отметка гребня -	64,00 м,
превышение гребня над НПУ -	1,45 м.

Тип крепления напорного откоса:

от ПК 0+00 до ПК 2+00 - отсутствует

от ПК 2+00 до ПК 8+43 одиночная мостовая,

от ПК 8+43 до ПК 9+09 двойная мостовая,

от ПК 9+09 до ПК 10+58 одиночная мостовая.

Толщина крепления одиночной мостовой - 0,2 м,

двойной мостовой-0,4 м.

Заложение верхового откоса от 1:2 до 1:4,

заложение низового откоса от 1:1,5 до 1:3.

Дамба находится в работоспособном состоянии. За период 1995 - 1998 г.г. произведена подсыпка грунта на гребень и откос в местах повреждения и просадок.

3. Физико-географические и климатические условия района расположения Кондопожской ГЭС

Кондопожская ГЭС расположена в южной части республики Карелия к северо-западу от Онежского озера (см. приложение 1). Она построена на реке Суна, в г. Кондопога, Кондопожского р-на.

Климат рассматриваемого района малоустойчивый, характеризуется продолжительной, относительно мягкой зимой и коротким прохладным летом, значительной облачностью, высокой влажностью и достаточным количеством осадков в течение 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 $+33^{\circ}\text{C}$, абсолютный минимум температур достигает -48°C . Среднегодовая температура от $+1,2^{\circ}\text{C}$ до $+2,6^{\circ}\text{C}$. 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 60 см. Начало ледостава: ранняя - 1.XI, поздняя - 30.XI, средняя - 6.XII. Шуговые явления наблюдаются при отсутствии льда на Нигозере, при наличии ветра и низких температур. 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 дней в году - 111.

4. Инженерно-геологическое строение участка расположения ГЭС

Сооружения Кондопожской ГЭС размещены на склоне коренного берега Кондопожской губы Онежского озера.

Район расположения Кондопожской 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, мореной. Геологическое строение оснований ГЭС показано в приложениях 3-13.

Геологическое строение на участке гидроузла представляет собой преимущественно интрузивные (диабазы) и осадочно-метаморфические (углисто-глинистые сланцы с прослоями песчаников и алевролитов) породы нижнего протерозоя.

Скальные породы прикрыты четвертичными отложениями различного генезиса: ледниковыми (морена), озерно-ледниковыми, озерными и болотными. Повсеместно имеются насыпные грунты.

Диабазы - мелкозернистые, серые и зеленовато серые породы. С поверхности (на глубину 2-4 м) они сильно трещиноватые, выветренные, пониженной прочности. Особенно выветривание появилось на участках трубопроводов и откосах холостого водосброса. На участке напорных трубопроводов имеется тектоническая зона, мощностью 3,8 м, расположенная в восточной части участка. Простирается её северо-восточное, падение северо-западное под углом 80°. Диабазы в этой зоне сильно раздроблены, перетерты, местами превращены в грубую бурую супесчаную массу.

Углистые и глинистые сланцы, местами с прослоями песчаников и алевролитов, представляют собой темные, тонкоплитчатые, сильно трещиноватые, часто озелененные, различной прочности породы.

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 и более.

Насыпной грунт распространен почти повсеместно, 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. Глинистые сланцы залегают в основании ГЭС первой очереди, в отводящем канале. Граница диабазов и сланцев проходит почти вдоль верховой грани здания ГЭС. Четвертичные отложения на участке водоприемника представлены мореной, озерными отложениями, а также насыпными грунтами. В основании водоприемника залегают диабазы слабо трещиноватые.

Расчетная глубина промерзания грунта, не покрытого снегом, для средних температурных условий зимы составляет до 160 см.

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 КГЭС

Ранее программы натурных геодезических наблюдений за деформациями ГТС Кондопожской 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 реперов высотной сети;
- поверхностных марок;
- боковых марок.

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. Высотная геодезическая основа

Высотная геодезическая основа по [2] состоит из куста №1 реперов, состоящего из трех скальных марок (Ск.рп I, Ск.рп. II, Ск.рп. III) - см. приложение 14, одна из этих марок утрачена. Куст реперов расположен на правом берегу, на расстоянии около 400 метров от основных гидротехнических сооружений. Исходные реперы охранных табличек и защитных колодцев не имеют.

5.2.2. Геодезическая КИА на ГТС Кондопожской ГЭС

В процессе полевого обследования в натуре была осмотрена вся геодезическая КИА, установленная на ГТС Кондопожской ГЭС в прежние годы (см. схемы в приложении 14). Сведения об оснащённости гидротехнических сооружений Кондопожской ГЭС контрольно-измерительной аппаратурой приведены в таблице 1.

Таблица 1

№ № пп	Наименование КИА	Места установки	Кол-во
1.	Боковая марка	В здании ГЭС	6
		В здании напорного бассейна	4

2.	Грунтовый репер	В нижнем бьефе ГЭС	1
3.	Поверхностная марка	В правобережном устье напорного бассейна	1
4.	Опорные реперы высотной сети	В верхнем бьефе ГЭС	2

Примечание: сведения о конструкции и местоположении геодезической КИА приведены в приложениях 14 и 18.

Контрольно-измерительная аппаратура на зданиях и сооружениях Кондопожской ГЭС впервые была установлена в 1929 году. Последняя реконструкция сети КИА была произведена фирмой «ОРГРЭС» в 1991 году. Сохранившиеся до 1991 года, и установленные в 1991 году деформационные марки находятся в работоспособном состоянии.

5.3. Краткий анализ результатов наблюдений за смещениями

5.3.1. Измерения смещений, выполняемые специализированными организациями

Наблюдения за осадками ГТС в разные годы выполнялись различными организациями: Ленгидропроектом (1957-1958г.г.), фирмой «ОРГРЭС» (1991г.) и гидротехнической службой ОАО «Карелэнерго» (2002 г.). На данный момент сохранились технические отчеты о проведенных циклах геодезических наблюдений только за 1991 и 2002г, а также «Технический отчет по оценке контрольно-измерительной аппаратуры Каскада Сунских ГЭС» - 1975г. В технических отчетах 1991 и 2002 гг. данные о величинах осадок за период с 1957 по 1991 год отсутствуют.

Учитывая, что фактически Кондопожская ГЭС была восстановлена и вновь запущена в эксплуатацию в 1947-1951г., а также в связи с тем, что сведения о проведенных ранее 1957 года циклах геодезических наблюдений отсутствуют, будем считать, что на данный момент было проведено 4 полноценных цикла геодезических наблюдений:

- 1-й и 2-ой циклы, выполнены «Ленгидропроектом» в 1957-1958 гг. Согласно отчету 1957 года осадки сооружений находятся в пределах точности измерений (1-3 мм). Данные об исходной основе и высотных отметках по этим циклам отсутствуют.
- 3-й цикл выполнен фирмой «ОРГРЭС» в 1991 г. Состав высотной сети был следующий. В качестве исходной основы были использованы Ст.Рп.І, установленный в водонапорной башне и Марка 2, установленная в жилом доме. В нивелирную сеть вошли 1 поверхностная марка, 1 грунтовый репер и 10 боковых марок, установленных в здании ГЭС и напорном бассейне.
- 4-й цикл выполнен гидротехнической службой ОАО «Карелэнерго» в 2002 г. Опорная сеть претерпела изменения: реперы Ст.Рп.І и Марка 2, использовавшиеся в качестве исходных в предыдущем цикле, оказались утрачены.

Вместо них на удалении около 400 метров от объекта был заложен куст исходных реперов, состоящий из 3 скальных марок (Ск.рп.І, Ск.рп.ІІ и Ск.рп.ІІІ). Высотное положение реперов куста определено гидротехническим нивелированием ІІ разряда от Ст.рп.21 (пункт нивелирной сети г. Кондопоги ІV класса). Остальная КИА в том же объеме вошла в нивелирную сеть. Из-за привязки по высоте к различным исходным реперам, отметки в абсолютной мере расходятся на величины от 18 до 65 мм. В относительной мере величины осадок реперов, установленных на напорном бассейне, составляют около 1 мм, поверхностная марка 9 - 47.1 мм. Величины относительных смещений реперов, установленных на здании ГЭС, достигают 7 мм.

С 2002 года геодезические наблюдения за деформациями зданий и сооружений Кондопожской ГЭС не проводились.

5.3.2. Наблюдения за смещениями, выполняемые сотрудниками Кондопожской ГЭС

Сотрудниками гидротехнической службы Кондопожской ГЭС выполняются визуальные наблюдения за рабочим состоянием основных гидротехнических сооружений. Геодезические наблюдения сотрудниками гидроцеха Кондопожской 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 принятый ранее состав натуральных наблюдений за деформациями ГТС КГЭС геодезическими методами:

- реконструкция высотной опорной геодезической сети;
- наблюдения за вертикальными смещениями (осадками) здания ГЭС, напорного бассейна, водосброса, головного сооружения, напорных трубопроводов, здания управления, дамбы «Сопоха».

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 смещений бетонных сооружений.

В соответствии с [5, пункт 1] для зданий и сооружений, возведенных на скальных и полускальных грунтах, назначается I класс точности измерений. Здания ГЭС, напорный бассейн, водосброс, головной сооружение, трубопроводы 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: $m_g = \pm 1 \text{ мм}$.

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

$$m_{gi} = m_{ci} = m_g : \sqrt{2} \approx \pm 0.7 \text{ мм}$$

В [7 пункт 1.6] для относительных смещений рекомендуется точность 0.2-0.3мм, а для абсолютных смещений $m_g = \pm 1.0 \text{ мм}$. 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 измерений относительно опорных геодезических пунктов, только на начальном этапе наблюдений за деформациями сооружений, возводимых на скальных грунтах:

$$m_{gi} \approx 1.0 \div 2.0 \text{ мм}.$$

Исходя из выше изложенного, для бетонных сооружений III категории КГЭС назначим:

- СКО для измерений при определении абсолютных вертикальных смещений

$$m_{gi} = \pm 1.5 \text{ мм};$$

- СКО для измерений при определении относительных вертикальных смещений

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

Назначенные СКО измерений для определения смещений обеспечиваются проложением ходов гидротехнического нивелирования II разряда, по методике, изложенной в [7].

Назначение точности определения 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: $m_g = \pm 10 \text{ мм}$.

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

$$m_{g_i} = m_g : \sqrt{2} \approx \pm 7.1 \text{ мм}, \quad | 3 |$$

В [7, пункт 1.6 табл. 1.3] для определения осадок земляных сооружений в эксплуатационный период рекомендуется принимать СКО: $m_g = 5 \text{ мм}$.

Такую точность для земляных сооружений большой протяженности выдержать затруднительно.

Исходя из этого, для дамбы Сопоха, для определения абсолютных вертикальных смещений относительно опорных пунктов назначим СКО измерений, указанную в | 3 |.

Назначенная СКО обеспечивается проложением ходов геометрического нивелирования III класса [30].

5.5. Установка дополнительной геодезической КИА

- *Опорная высотная сеть.*

В кусте №1 опорных реперов один репер утрачен, а превышение между двумя сохранившимися реперами составляет более 3-х метров, что делает невозможным проведение контроля устойчивости реперов в кусте. В этой связи рекомендуется в дополнение к одному из сохранившихся реперов установить два новых репера на расстоянии 20-50м., с таким расчетом, чтобы контроль устойчивости реперов в кусте можно было проводить с одной станции нивелирования. Также рекомендуется установить дополнительный куст исходных реперов на расстоянии до 500 метров от основных гидротехнических сооружений Кондопожской ГЭС на левом берегу. Реперы необходимо закрепить скальными марками типа б. (см. приложение 18). У каждого репера следует установить опознавательный столб с охранной табличкой с маркировкой наименования пункта краской. Места закладки согласовать с геодезической службой специализированной организации. Расстояния между реперами в

кусте должны составлять 20-50м. Ориентировочные места расположения опорных пунктов показаны в приложении 14.

В напорном бассейне недостаточно существующей КИА. Рекомендуется установить в левой части здания со стороны нижнего бьефа 1 боковую марку (см. приложение 14). Также рекомендуется установить в полу сеть осадочных марок в количестве 8 штук вдоль температурных швов согласно схеме (см. приложение 14). Рекомендуется подписать наименования марок краской на мет. или ж/б конструкциях.

На водосбросе по обеим сторонам от пазов затворов рекомендуется заложить 2 поверхностные марки (см. приложение 14).

На здании ГЭС согласно схеме (см. приложение 14) рекомендуется дополнительно установить 7 боковых марок. В бычках отсасывающих труб на бетонных подушках рельсов козлового крана рекомендуется установить по 1 поверхностной марке – всего 6 штук.

На здании управления рекомендуется заложить 8 боковых марок (см. приложение 14).

На трубопроводах 2-ой очереди во внутренних опорах лаг в каждую 4-ю опору обеих труб рекомендуется заложить стенные марки – всего 12 штук (см. приложение 14).

На трубопроводах 1-ой очереди на 2-х аэрационных колодцах рекомендуется заложить по 1 поверхностной марке (см. приложение 14).

На береговых устоях головного сооружения рекомендуется установить по 2 поверхностные марки на левом и правом берегах. Их следует приварить к верхней двутавровой балке (см. приложение 14).

Типы центров боковых и поверхностных марок приведены в приложении 18.

На дамбе «Сопоха» рекомендуется установить ряд из 8-ми грунтовых марок. Для использования в качестве опорных необходимо установить в районах примыканий дамбы к береговым массивам по 1 грунтовому реперу. Грунтовые марки устанавливаются на ПК 0+50, 2+00, 4+00, 6+00, 8+00, 10+00, 12+00, 14+50. (см. приложение 15). Места закладки необходимо согласовать с геодезической службой специализированной организации. Грунтовые марки и реперы закрепляются центрами тип 5 с опознавательным столбом (см. приложение 18). Основания грунтовых марок и реперов закладываются на 0.5 м ниже глубины сезонного промерзания грунта. Допускается закладка грунтовых марок бурением в скважины диаметром 300мм.

6. Проектируемый комплекс геодезических наблюдений

Методика наблюдений за смещениями ГТС выбирается с учетом анализа источников [1-3] и требований [5-37], а также обязательного достижения необходимой точности измерений, назначенной в разделе 5.3.2 (см. выражения ; | 1 |, | 2 | и | 3 |).

Абсолютные вертикальные смещения дамбы «Сопоха» определяются геометрическим нивелированием III класса по грунтовым маркам, установленным на этом сооружении. В первом цикле наблюдений осуществляется привязка грунтовых реперов, установленных в районах примыканий дамбы, к пунктам государственной высотной сети, которые будут служить в качестве исходной основы для определения высотного положения грунтовых марок (см. приложение 17). Допускается привязка грунтового репера, расположенного в районе поселка к реперам государственной сети при помощи 2-х частотных GPS-станций, с точностью нивелирования IV класса.

Относительные вертикальные смещения здания ГЭС, напорного бассейна, водосброса, напорных трубопроводов, здания управления рекомендуется определять способом гидротехнического нивелирования II разряда по поверхностным и боковым маркам, установленным на этих сооружениях. За исходные принимаются отметки реперов в кусте №1 и 2 (см. Приложение 16)

Относительные вертикальные смещения головного сооружения рекомендуется определять способом гидротехнического нивелирования II разряда по осадочным маркам, установленным на этом сооружении (см. приложение 16).

В отводящем канале ранее геодезическая КИА не устанавливалась и наблюдения не проводились. Учитывая его инженерно-геологическое строение см. схему в приложении 11, и удовлетворительное техническое состояние проведение каких либо наблюдений геодезическими методами не планируется. Рекомендуется проводить систематические визуальные наблюдения за его состоянием в соответствии с инструкцией [37] по визуальным наблюдениям.

На подводящем канале ранее геодезическая КИА не устанавливалась и наблюдения не проводились. Учитывая инженерно-геологическое строение основания и текущее состояние канала, проведение каких-либо наблюдений геодезическими методами не планируется. Рекомендуется проводить систематические визуальные наблюдения за его состоянием в соответствии с инструкцией [37] по визуальным наблюдениям.

Схемы геологического строения подводящего канала приведены в приложениях 3 и 4.

Дамба «Навда» расположена в нижнем бьефе новой дамбы, по которой проложена федеральная автомобильная дорога «Кола». Новая дамба на данный момент является ограждающей. Учитывая текущее состояние дамбы «Навда» проведение каких-либо наблюдений геодезическими методами не планируется. Рекомендуется проводить систематические визуальные наблюдения за состоянием новой дамбы в соответствии с инструкцией [37] по визуальным наблюдениям.