

водосливной плотины необходимо установить 3 новых знака с гнездовыми центрами (см. конструкцию в приложении 22). Места установки знаков СП необходимо выбирать после установки знаков опорных пунктов створа Д и Е с минимальным отклонением СП от створа.

Знаки СП на водосбросе Гирвасской плотины планируются в виде отлитых по месту столбиков сечением 20x20 см высотой около 40 см из бетона с заделкой арматуры в тело бычков водосброса. В верхней грани столбиков будут вбетонированы гнездовые центры 1 (рис.1), имеющие центрировочные втулки 3 для принудительного центрирования геодезических марок. Чертежи типов центров КИА створов см. в приложении 22.

В потерне плотины вместо демонтированных двухосных щелемеров рекомендуется установить трехосные щелемеры. К таким щелемерам относится ЩП-1.00.000 конструкции ОАО «Карелэнергоремонт» (см. приложение 23), получивший широкое распространение на сооружениях Каскада Выгских ГЭС. Возможна установка трехосных щелемеров других конструкций.

В теле дамбы «Койкары» у низового откоса рекомендуется установить 5 грунтовых марок (см. схему в приложении 17). Грунтовые марки закладываются на участках: ПК0+80, ПК1+30, ПК2+10, ПК5+10 и ПК5+60. Грунтовые марки закрепляются центрами тип 5 с опознавательным столбом (см. приложение 21).

Основания грунтовых марок 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 «Койкары» определяются геометрическим нивелированием III класса по грунтовым маркам, установленным на сооружении. За исходные принимаются отметки опорных реперов, полученные в начальном цикле нивелированием II разряда от ближайшего репера Ск. Рп.24 государственной высотной сети (см. схему ходов в приложении 20).

Абсолютные вертикальные смещения водосброса, здания ГЭС и напорного бассейна рекомендуется определять способом гидротехнического нивелирования II разряда по поверхностным маркам, установленным на этих сооружениях. За исходные принимаются отметки опорных реперов Ск.м.21 и Фунд.рп.50 (см. приложение 15).

Абсолютные вертикальные смещения Гирвасской бетонной плотины определяются гидротехническим нивелированием II разряда по поверхност-

ным маркам установленным на сооружении. За исходные принимаются отметки вновь установленных опорных реперов. (см. приложение 18).

Абсолютные горизонтальные смещения бетонной плотины и напорного бассейна вдоль потока рекомендуется определять по сохранившимся и вновь установленным створным знакам на этих сооружениях. За исходные принимаются опорные пункты створов Б-Г и Д-Е. Контроль устойчивости опорного пункта «Б» осуществляется линейными измерениями на пункты «А» и «В».

Относительные взаимные горизонтальные смещения фундаментных блоков напорного бассейна рекомендуется определять по двухосному щелемеру, а смещения секций подпорных стенок подводящего канала по вновь установленным трехосным щелемерам (см. схему в приложении 18).

В отводящем канале и на дамбе «Ваган» ранее были установлены грунтовые марки, но со временем они были утрачены. Учитывая инженерно-геологическое строение и удовлетворительное текущее состояние канала, установка дополнительной КИА не планируется. Предлагается продолжить наблюдения за осадкой сохранившегося на правом берегу отводящего канала Гр.Рп 37 (см.приложение 15).

Рекомендуется проводить систематические визуальные наблюдения за состоянием дамбы «Ваган» и отводящим каналом в соответствии с инструкцией [37] по визуальным наблюдениям. Схема геологического строения дамбы «Ваган» приведена в приложении 13; отводящего канала - в приложении 10.

## 6.1. Проект опорной планово-высотной геодезической сети

### 6.1.1. Плановая опорная сеть

Плановая опорная сеть для контроля горизонтальных смещений Гирвасской плотины планируется из двух опорных пунктов оптического створа «Д» и Е» (см. схему в приложении 16). Контроль устойчивости вновь установленных знаков этих пунктов планируется производить путем нивелирования боковых марок, приваренных к трубам этих знаков и измерением расстояний между ними.

Плановая опорная сеть для контроля горизонтальных смещений напорного бассейна состоит из четырех пунктов. Двух пунктов оптического створа «Б» и «Г», расположенных по обоим берегам нового русла р. Суна, и двух вспомогательных пунктов «А» и «В», расположенных на правом берегу в плоскости, перпендикулярной створу Б-Г, и предназначенных для контроля устойчивости пункта «Б» (см. схему в приложении 15).

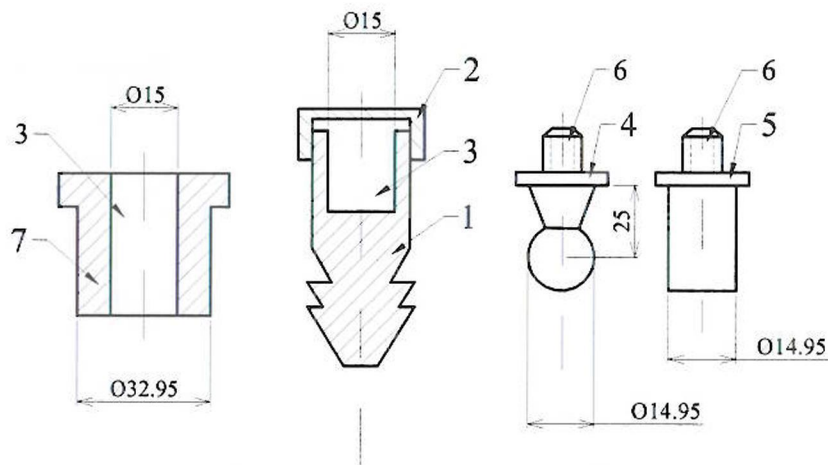
На пункте «Б» оптического створа выполняются измерения сторон на вспомогательные пункты «А» и «В». Центрирование приборов на всех пунктах – принудительное. Прибор и визирные цели обязательно выставляются в строго вертикальное положение.

## 6.2. Проект геодезических наблюдений за деформациями ГТС

### 6.2.1. Наблюдения по оптическим створам на напорном бассейне и бетонной плотине

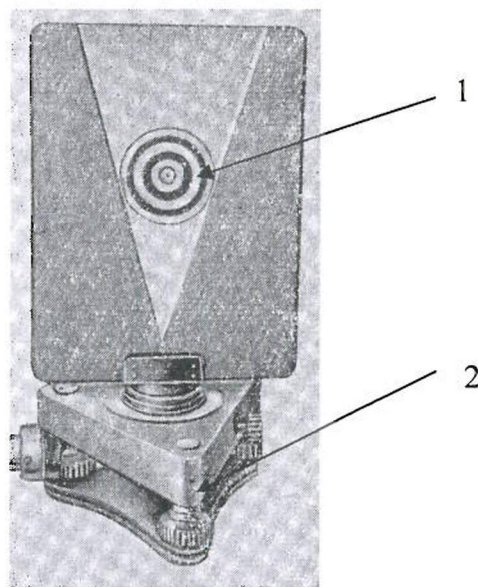
Геодезическая КИА створов. Оптический створ №1 (на напорном бассейне) закреплен на местности опорными пунктами (ОП) Б и Г. На стене напорного бассейна установлены знаки створных пунктов I, II, III.

Знаки СП на напорном бассейне представляют собой, выступающие из стены на 0,4м., металлические уголки. К верхним граням этих уголков, на расстоянии 0,3м. от стены, приварены гнездовые центры 1 (рис.1), имеющие центрировочные втулки 3 для принудительного центрирования геодезических приборов.



**Рис. 1. Центрировочные устройства.**

1 - гнездовой центр, устанавливается в верхнюю грань знака заподлицо; 2 - крышка; 3 - центрирующая втулка; 4 - установочный винт с посадочным шариком; 5 - установочный винт с посадочным цилиндром; 6 - хвостовик М16, ввинчивается в подставки приборов; 7 - переходный штуцер.

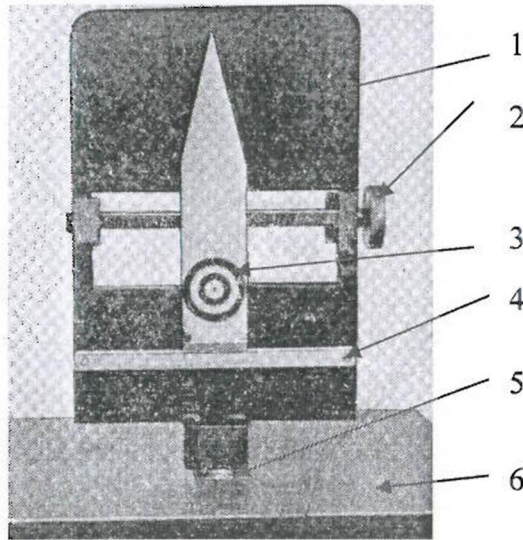


**Рис. 2. Неподвижная визирная марка оптического створа.**

1 - марка; 2 - подставка.

На водосбросе Гирвасской плотины вновь оборудуется утраченный оптический створ (см. раздел 5.5).

Геодезические наблюдения по оптическим створам производятся при помощи электронного тахеометра или теодолита, обеспечивающего  $m\alpha = \pm(1'' - 1.5'')$  и подвижной (рис.3) и неподвижной(рис.2) визирной марок. Для обеспечения установки визирных марок в вертикальное положение предлагается использование подставок (см. рис 2) и лотаппарата (см. рис 5).



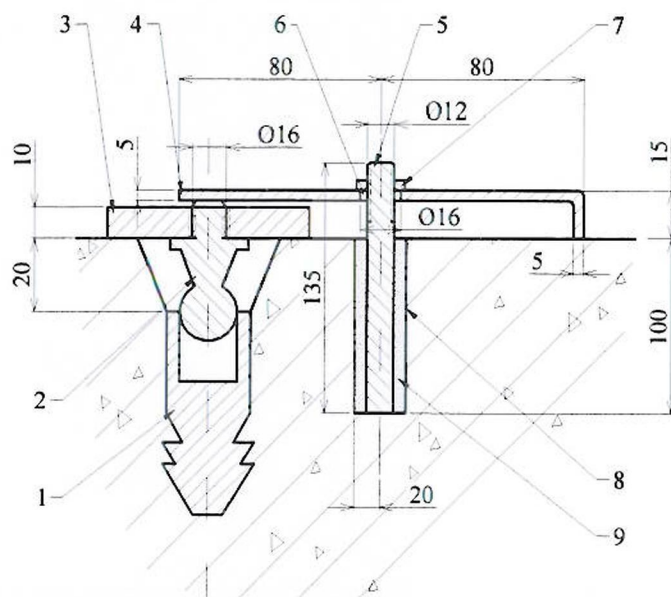
**Рис. 3. Подвижная марка оптического створа.**

*1 – корпус марки; 2 – микрометрический винт подвижной цели; 3 – цель; 4 – линейка с верньером; 5 – цилиндрический хвостовик марки, вставлен в центрировочную втулку знака; 6 – верхняя грань створного знака.*

Для обеспечения большей устойчивости подставок и марок предлагается использование прижимного устройства (рис.4).

Наблюдения по створам производятся в следующей последовательности.

Центрирование теодолита с применением дополнительного оборудования заключается в следующем (см. рис.4). В опорную пластину (треггер) подставки теодолита, в отверстие для станового винта, ввинчивается установочный винт 2. Шарик установочного винта вставляется в центрирующую втулку гнездового центра 1. Прижимная пластина 4 накладывается на треггер и заворачивается гайкой 7 на опорном болте 5. Теодолит отцентрирован и прижат к бетону знака.

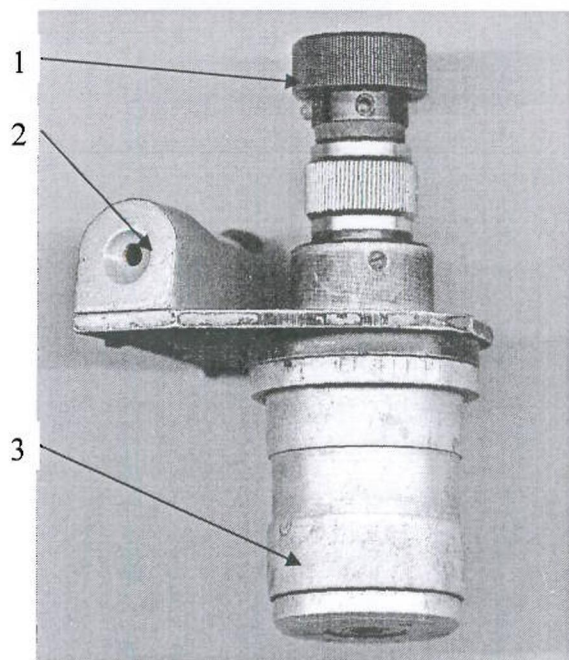


**Рис. 4. Схема крепления подставки геодезического прибора на створном знаке.**

1 - гнездовой центр в бетоне створного знака; 2 - установочный винт с посадочным шариком; 3 - опорная пластина подставки (треггер); 4 - прижимная Г-образная пластина (длина 160мм, ширина 40мм); 5 - опорный болт; 6 - отверстие в пластине; 7 - зажимная гайка; 8 - штур; 9 - цементный раствор.

**Центрирование марок.** В треггер подставки ввинчивается установочный винт с шариком. Шарик вставляется в центрирующую втулку гнездового центра. Треггер прижимается пластиной к бетону знака. В цилиндрическое посадочное гнездо подставки устанавливается лотаппарат. На лотаппарате имеется уровень, по которому гнездо подставки приводится в вертикальное положение. В гнездо подставки вставляется и закрепляется ее зажимным винтом переходный штуцер 7 (рис.1). В центрирующую втулку штуцера вставляется посадочный цилиндр установочного винта 5 (рис.1), который наглухо прикреплен к марке. Таким образом марка отцентрирована над гнездовым центром знака и приведена в вертикальное положение.

Створные наблюдения могут быть выполнены способом измерения малых (параллактических) углов или способом подвижной марки.



**Рис.5. Лотаппарат.**

1 - окуляр;  
2 - цилиндрический уровень;  
3 - посадочный хвостовик, вставляемый в гнездо подставки.

В обоих способах высокая точность определения смещений обеспечивается принудительным центрированием геодезических приборов при помощи оборудования показанного на рисунке №1.

### Способ подвижной марки

В способе подвижной марки измеряют непосредственно величину смещения. Измерения производят по следующей схеме:

**Створ №1 (наблюдения за горизонтальными смещениями напорного бассейна).**

#### **1-й прием.**

а). На пункте Б (правый берег) устанавливается теодолит (тахеометр). На пункте Г, при помощи лотаппарата (рис.4) неподвижная марка (рис.2), а на створном пункте подвижная марка конструкции Гидропроекта (рис.3).

б). Наблюдатель ориентирует теодолит при круге лево (КЛ) на неподвижную марку – по линии створа. По команде наблюдателя помощник перемещает цель подвижной марки в створ, 2 раза ввинчиванием микрометрического винта и 2 раза вывинчиванием, записывает 4 отсчета по шкале марки в журнал.

в). Наблюдатель ориентирует теодолит по створу при круге право (КП); выполняются операции по пунктам а) и б). Записывается также 4 отсчета.

г). Операции по пунктам б) и в) выполняются на всех СП.

д). Для всех СП вычисляются значения отсчетов  $k_{лев}$  - среднее из 8 отсчетов в 1-ом приеме.

#### **2-й прием**

е). Теодолит и неподвижную марку вынимают из подставок и меняют местами, теодолит устанавливают на пункт Г, а марка на пункт Б (при этом подставки местами не меняются).

ж). Выполняются операции по пунктам б) - г). Для всех СП вычисляются значения отсчетов  $k_{прав}$  - среднее из 8 отсчетов во втором приеме.

Наблюдения в створе №2 выполняются по такой же схеме, как и в створе №1. Опорными здесь служат пункты Д и Е.

На этом полевые измерения завершаются. Камеральная обработка измерений для каждого СП выполняется по следующим формулам.

1. Вычисляются отклонения  $d_{лев}$  от створа по измерениям в 1-м приеме (с левого берега) и  $d_{прав}$  во 2-ом приеме (с правого берега):

$$\begin{aligned}d_{лев} &= k_{лев} - MO; \\d_{прав} &= MO - k_{прав},\end{aligned}$$

где  $MO$  – место нуля подвижной марки. Способ определения  $MO$  изложен в разделе 6.4.

2. Вычисляются веса  $P_{лев}$  и  $P_{прав}$  отклонений  $d_{лев}$  и  $d_{прав}$  для каждого СП:

$$P_{лев} = \frac{1}{S_{лев}}; \quad P_{прав} = \frac{1}{S_{прав}},$$

где  $S_{лев}$  – расстояние от пункта Д (Б) до СП в километрах;  $S_{прав}$  – то же, от пункта Е(Г).

3. Вычисляется  $d$  - средневзвешенное отклонение от створа для каждого СП:

$$d = \frac{d_{лев} \times P_{лев} + d_{прав} \times P_{прав}}{P_{лев} + P_{прав}}.$$

В начальном цикле для каждого СП определяются  $d_0$ , в очередном цикле -  $d_i$ . Смещения СП от створа в  $i$ -том цикле составит

$$C_i = d_i - d_0.$$

Положительные значения  $C_i$  будут свидетельствовать о смещениях в нижний бьеф, а отрицательные – в верхний.

Примерная точность этого способа может быть подсчитана по формуле

$$m_{\Delta} = \frac{s}{\rho''} \sqrt{m_{op}^2 + m_n^2},$$

где  $m_{op}$  - угловая ошибка ориентирования створа, т.е. ошибка визирования на неподвижную марку;  $m_n$  - угловая ошибка введения подвижной марки с микрометра в створ;  $s$  – расстояние от инструмента до наблюдаемой точки.

Достоинство способа заключается в возможности почти сразу же получить искомую нестворность. Недостаток – разобщенность наблюдателя и помощника.

### Способ малых (параллактических) углов

Установив тахеометр (или оптический теодолит) в наблюдаемом пункте «Б», а неподвижную визирную цель в пункте «Г», измеряют несколькими приемами угловое отклонение от створа Б-Г каждой из наблюдаемых точек I, II, III. Затем тахеометр (или оптический теодолит) переносят на пункт «Г» и измеряют несколькими приемами угловое отклонение от створа Г-Б наблюдаемых точек I, II, III. По найденным угловым отклонениям  $\beta_i$  и расстояниям до наблюдаемых точек  $s_i$  определяют величину линейного смещения от створа («нестворности»)

$$\Delta_i = \frac{s_i \beta_i''}{\rho''}.$$

Так как величина смещения  $\Delta_i$  обычно небольшая, даже при измерении расстояния  $s_i$  нитяным дальномером влияние ошибки этого измерения на точность определения смещений можно пренебречь и, следовательно,

$$m_{\Delta} = \frac{s m_{\beta}''}{\rho''},$$

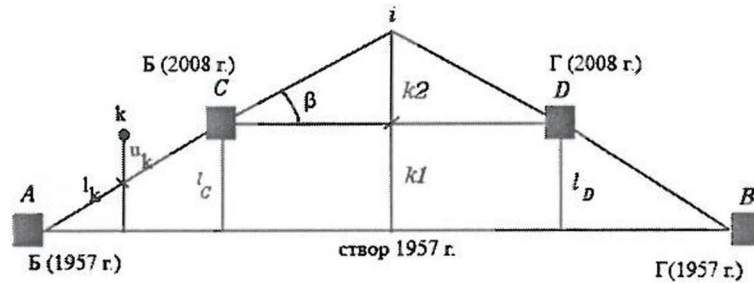
где  $m_{\Delta}$  - средняя квадратическая ошибка определения нестворности;  $m_{\beta}$  - ошибка измерения параллактического угла.

Ошибки измерения параллактического угла будут небольшими, если отсчеты направлений на опорный и створный пункты будут выполняться по одному и тому же штриху микроскопа-микрометра теодолита. Это положение не всегда выполнимо. Поэтому при выборе прибора для измерения малых углов следует отдавать предпочтение электронным тахеометрам, обеспечивающим точность по выражению  $|4|$  во всем диапазоне измерений ( $360^{\circ}$ ).

На створе Д-Е проводят аналогичные измерения.

Достоинства способа – высокая производительность, особенно при возможности измерить направления сразу на несколько створных пунктов по способу круговых приемов.

В случае выявления смещения опорных пунктов створа возникает необходимость введения поправок в измеренные нестворности.



Приведение измеренных нестворностей к начальному (до смещения) положению створа осуществляется по следующим формулам:

а) если сместился один из опорных пунктов, то частная нестворность

$l_k$ :

$$l_k = u_k + l_c \frac{S_{ak}}{S_{ac}};$$

б) если в створе сместились оба опорных пункта, то вычисления выполняются по формуле:

отклонение створов 2007-1957г.:

$$k1 = l_C * \left( 1 - \frac{S_{Ci}}{S_{CD}} \right) + l_D \frac{S_{Ci}}{S_{CD}}$$

отклонение от створа 2007 г.:



$$d_C = \frac{S_{Ci} * \beta_C''}{\rho''}, \quad d_D = \frac{S_{Di} * \beta_D''}{\rho''}$$

вес отклонений от створа:

$$P_C = \frac{300}{S_{Ci}}, \quad P_D = \frac{300}{S_{Di}}$$

средневзвешенное отклонение от створа 2007 г.:

$$k_2 = \frac{d_C \times P_C + d_D \times P_D}{P_C + P_D}$$

отклонение точки  $i$  от створа 1957 г.:

$$X_{i2007} = k_1 + k_2$$

смещение точки  $i$ :

$$\Delta i = X_{i2007} - X_{i1957}$$

### 6.2.2. Геодезические наблюдения за вертикальными смещениями (осадками) ГТС

Абсолютные вертикальные смещения земляной дамбы «Койкары» определяются по программе геометрического нивелирования III класса в соответствии с рекомендациями [30] способом совмещения. Применяются нивелиры, пригодные для нивелирования I-II классов [30] и трехметровые инварные или цельные деревянные рейки. На грунтовом покрытии для закрепления реечных точек применяются металлические костыли (стандартные пики от пневматического отбойного молотка), а на бетонном – только осадочные марки. Средняя длина визирного луча (плеча) составляет 75 м при максимальной длине 100 м. Его высота над поверхностью земли – до 0,3 м, неравенство плеч на станции – до 2 м, а накопление неравенства плеч по ходу – до 5 м. Превышения по ходу определяются нивелированием в прямом и обратном направлениях, при одном горизонте инструмента, по методике регламентированной в [30]. Разность превышений, измеренных по основной и дополнительной шкалам реек не должна превышать 1,5 мм.

Предельная невязка прямого и обратного ходов не должна превышать

$$\Delta = 1,5 \text{ мм} \sqrt{n},$$

где  $n$  – количество станций. Средняя квадратическая погрешность определения превышения на станции по результатам уравнивания должна быть не более 0,75 мм.

Предлагаемая методика нивелирования позволит определить отметки контрольных пунктов (грунтовых марок и реперов) с точностью около  $\pm 5$  мм при допуске  $\pm 7,1$  мм (см. | 3 |).