
Российское акционерное общество энергетики и электрификации
«ЕЭС России»

Открытое акционерное общество
«Диагностика гидротехнических, энергетических и других ответственных сооружений»
АО «ДИГЭС»

(Участник ассоциации «Гидропроект»)


СОГЛАСОВАНО:

Зам. генерального директора
АО «ДИГЭС»
Д.Б.Радкевич
1996 г.
М.П.



УТВЕРЖДАЮ:

Зам. генерального директора
ГП «ВНИИФТРИ»
Ю.И.Брегадзе
1996 г.
М.П.



РЕКОМЕНДАЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

Перемещения линейные и угловые грунтового ядра

каменно-земляных плотин относительно их ложа

Методика выполнения измерений

измерительным преобразователем

смещений ядра типа ИПСЯ

МИ 2431-97

Москва 1996

Информационные данные

РАЗРАБОТАНА: Открытым акционерным обществом «ДИГЭС», отделом метрологии в строительстве ГП «ВНИИФТРИ»

УТВЕРЖДЕНА: Государственным предприятием «ВНИИФТРИ» 29 декабря 1996 г.

ИСПОЛНИТЕЛИ: Зиновьев Р.К. руководитель темы, Марков А.И., Халтурина А.М., Егорова Н.Н.

ЗАРЕГИСТРИРОВАНА:

Группа Т 86

Рекомендация

**Государственная система обеспечения единства измерений
Перемещения линейные и угловые грунтового ядра
каменно-земляных плотин относительно их ложа (основания) и бортов каньона.
Методика выполнения измерений
измерительным преобразователем
смещений ядра типа ИПСЯ**

Дата введения 01.07.1997 г.

Содержание

- [1. Нормы погрешности измерений](#)
- [2. Средства измерений и вспомогательное оборудование](#)
- [3. Метод измерения](#)
- [4. Требования безопасности и требования к квалификации операторов](#)
- [5. Условия измерений](#)
- [6. Подготовка к выполнению измерений](#)
- [7. Проведение измерений](#)
- [8. Обработка и оформление результатов измерений](#)
- [9. Контроль точности результатов измерений](#)

Приложения

Приложение 1. Конструктивная схема ИПСЯ

Приложение 2. Основные технические и метрологические характеристики измерительного преобразователя смещения ядра типа ИПСЯ

Приложение 3. Метрологические характеристики периодометров типа ПЦС

Настоящая рекомендация распространяется на методику выполнения измерений линейных и угловых перемещений ядра плотины (далее – грунта) относительно примыкающих естественных массивов (дна или бортов каньона) (далее – ложа) измерительным преобразователем смещения ядра типа ИПСЯ (далее – ИПСЯ), устанавливаемым на контакте ядра каменно-земляных плотин и ложа при контрольных наблюдениях и натурных исследованиях напряженно-деформированного состояния сооружений ГЭС.

1. НОРМЫ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

1.1. Методика выполнения измерений взаимных линейных перемещений грунта и ложа (далее – измерений преобразователем перемещений) обеспечивает выполнение измерений с абсолютной погрешностью Δ_A (м), не превышающей значений, которые вычисляют по формуле:

$$\Delta_A = \pm (\gamma_{л} + \gamma_{доп}) \cdot D_{л}, \quad (1)$$

где $D_{л}$ – диапазон измерений преобразователем ИПСЯ, м;

$$D_{л} = 1 \text{ м};$$

$\gamma_{л}$ – пределы основной погрешности преобразователя перемещений ИПСЯ, приведенной к диапазону измерений, $\gamma_{л} = \pm 0,05$;

$\gamma_{доп}$ – пределы дополнительной погрешности преобразователя перемещений ИПСЯ, приведенной к диапазону измерений, вызванной изменением температуры окружающей среды относительно нормальных условий, при которых $T_{окр} = (293 \pm 5) \text{ К}$, в свою очередь определяют по формуле:

$$\gamma_{доп} = |\Delta T| \cdot k_T \quad (2)$$

где ΔT – разность между значениями температуры окружающей ИПСЯ среды в процессе измерения и во время проведения градуировки, К;

k_T – коэффициент функции влияния температуры окружающей среды, $1/\text{К}$, $k_T = 0,001 \text{ К}^{-1}$.

1.2. Методика выполнения измерений угловых перемещений грунта и ложа (далее – измерений преобразователей угла) обеспечивает выполнение измерений с абсолютной погрешностью Δ_y (рад), не превышающих значений, которые вычисляют по формуле:

$$\Delta_y = \pm (\gamma_y + \gamma_{доп}) \cdot D_y, \quad (3)$$

где D_y – диапазон измерений преобразователя угла поворота ИПСЯ, рад;

$$D_y = 0,5 \text{ рад};$$

γ_y – пределы основной погрешности преобразователя угла поворота ИПСЯ, приведенной к диапазону измерений, $\gamma_y = \pm 0,05$;

$\gamma_{доп}$ – определяют аналогично изложенному в п.1.1. по формуле (2).

2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

2.1. При выполнении измерений должен быть применен преобразователь типа ИПСЯ и работающий с ним совместно периодомер типа ПЦП-1, (ТУ 34-28 10946-89) или периодомер ПЦС (ТУ 34-28-11182-87).

2.2. В состав ИПСЯ конструктивная схема которого представлена в приложении 1, имеются два преобразователя линейных перемещений измерительных струнных составных типов ПЛПС-С-320 и ПЛПС-С-40 (ТУ 34-28-11234-87), которые как первичные приборы соответственно преобразователя перемещений и преобразователя угла поворота, поочередно подключают к вторичному прибору (периодомеру).

2.3. Технические и метрологические характеристики преобразователя ИПСЯ приведены в приложении 2, а периодомера ПЦС – в приложении 3.

2.4. Информативными параметрами выходных сигналов преобразователей ИПСЯ являются периоды затухающих гармонических колебаний э.д.с., которые измеряют вторичным измерительным прибором – периодомером.

2.5. Систему регистрации информативных параметров выходного сигнала в зависимости от уровня автоматизации выполняют в одном из двух вариантов исполнения:

- как дистанционную систему с выводом кабелей от преобразователей на ручные коммутаторы типа КП-24 и измерением частотно-модулированных сигналов с помощью портативного периодомера типа ПЦП-1;

- как автоматизированную информационно-измерительную систему со встроенным периодомером типа ПЦС на базе управляющих вычислительных комплексов, выполняющих обработку данных в масштабе реального времени.

2.6. Градуировочную характеристику преобразователя перемещений ИПСЯ аппроксимируют полиномом 2-ой степени:

$$L = \frac{A}{X^2} + \frac{B}{X} + C \quad (4)$$

где L – взаимное перемещение грунта и ограждающей конструкции, м;
 X – период выходного сигнала преобразователя перемещений ИПСЯ, мкс;

A , B , C – постоянные коэффициенты, вычисленные по результатам градуирования преобразователя перемещений, соответственно м·мкс², м·мкс, м.

2.7. Градуировочную характеристику преобразователя угла поворота ИПСЯ аппроксимируют полиномом 2-ой степени:

$$\varphi = \frac{D}{X^2} + \frac{F}{X} + G \quad (5)$$

где φ – угол взаимного поворота грунта и ограждающей конструкции, рад;
 X – период выходного сигнала преобразователя угла поворота ИПСЯ, мкс;

D , F и G – постоянные коэффициенты, вычисленные по результатам градуирования преобразователя угла поворота, соответственно рад·мкс², рад·мкс, рад.

2.8. Для измерений температуры окружающей ИПСЯ среды используют преобразователь температуры измерительный струнный типа ПТС-60 (ТУ 34-28-10338-89).

2.9. В качестве вспомогательных средств измерений в процессе установки ИПСЯ применяют:

- мегаомметр типа М4100/3 по ТУ 25-04-2137-72;

- омметр типа М41070/1, класс точности 1,5 по ГОСТ 23706-79.

2.10. В процессе установки ИПСЯ и преобразователя ПТС-60 на объекте эксплуатации в качестве вспомогательного оборудования применяют вулканизатор типа ВП-36.

2.11. Все средства измерений должны иметь действующие свидетельства о поверке. ИПСЯ должен пройти испытания с целью утверждения типа и быть занесен в Госреестр средств измерений.

3. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения относительных линейных перемещений грунта и ложа выполняют методом, основанным на измерении изменения первоначального расстояния между двумя точками. Одна из которых жестко связана с массивом грунта, а другая – с ложем. Изменение расстояния между указанными точками через масштабный преобразователь передается на вход преобразователя ПЛПС-С-320, который преобразует информацию о взаимном линейном перемещении в изменение периода свободных колебаний струны.

Измерения взаимных угловых перемещений грунта и ложа выполняют методом,

основанным на измерении изменения расстояния между кулисой ИПСЯ вблизи ее шарнирного закрепления и боковой стенкой корпуса при повороте кулисы, которое производят преобразователем ПЛПС-С-40, преобразующим информацию об угле поворота в изменение периода свободных колебаний струны.

4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ОПЕРАТОРОВ

4.1. ИПСЯ по степени защиты человека от поражения электрическим током должен соответствовать классу 0 по ГОСТ 17.2.007.0-75.

4.2. При работе с преобразователем необходимо соблюдать требования «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», а также «Правил устройства электроустановок».

4.3. К работе с ИПСЯ допускаются лица, изучившие его техническое описание и инструкцию по эксплуатации, знающие правила техники безопасности при работе с напряжением до 1000 В, а также прошедшие местный инструктаж по безопасности труда и знакомые с проектом размещения контрольно-измерительной аппаратуры на объекте.

5. УСЛОВИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

При выполнении измерений соблюдают следующие условия:

- показатель рН контактирующей с ИПСЯ среды должен быть не более 11;
- температура окружающей среды должна находиться в пределах 273 - 313 К;
- внешнее давление не должно превышать
- 3 МПа.

6. ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ

6.1. Перед установкой ИПСЯ на объекте эксплуатации производят следующие работы:

6.1.1. После распаковки и непосредственно перед установкой производят внешний осмотр ИПСЯ, при этом проверяют его комплектность, надежность закрепления всех его элементов, возможность свободного вращения кулисы в цилиндрическом шарнире, устанавливают отсутствие видимых повреждений, коррозии и т.п.

6.1.2. С помощью омметра типа М41070/1 проверяют целостность электрических цепей преобразователей перемещения и угла поворота.

6.1.3. С помощью мегаомметра типа М4100/3 проверяют электрическое сопротивление изоляции между электрическими цепями преобразователей перемещений и угла поворота и корпусом ИПСЯ. Изоляция электрических цепей от корпуса должна выдерживать в течение 1 мин действие испытательного напряжения 500В практически синусоидальной формы, частотой от 45 до 65 Гц, а измеренное при этом электрическое сопротивление должно быть не менее 1,0 МОм.

6.2. По рабочему чертежу ИПСЯ 20.000СБ изготавливают и доставляют на место установки ИПСЯ его первичный преобразовательный элемент в виде плиты с цапфой.

6.3. В соответствии с проектом размещения КИА на сооружении до отсыпки ядра размечают на поверхности основания или борта каньона места установки ИПСЯ, а затем выполняют выборку горной породы для корпуса ИПСЯ таким образом, чтобы верхние части швеллеров рамы выступали выше поверхности каньона на 1 – 2 см. Щели между контуром выработки и корпусом заливают раствором М300, при этом принимают меры, чтобы раствор не попал внутрь корпуса.

6.4. Устанавливают первичный преобразовательный элемент (плиту) на верхние части швеллеров рамы так, чтобы цапфа пришла в зацепление с ползуном ИПСЯ. Плиту устанавливают в начальное положение (относительно корпуса ИПСЯ), исходя из ожидаемых линейных и угловых взаимных смещений плиты, жестко связанной с грунтовым ядром, и корпуса ИПСЯ.

6.5. При установке плиты в наклонном положении ее дополнительно раскрепляют тросами, которые снимают после засыпки плиты при формировании ядра.

6.6. После окончательной засыпки плиты с помощью периодомера типа ПЦП-1 определяют начальные значения периодов выходного сигнала преобразователей перемещений и угла поворота и соответствующие их градуировочным характеристикам значения L_0 и φ_0 .

6.7. Преобразователь температуры типа ПТС-60 устанавливают в корпусе ИПСЯ в месте, где его нахождение не препятствует работе движущихся частей ИПСЯ.

6.8. Присоединение трех кабелей связи проектной длины к преобразователям перемещений, угла поворота и ПТС-60 осуществляют сваркой или пайкой жил и горячей вулканизацией полевым вулканизатором ВП-36. С целью исключения обрыва кабелей связи, их прокладывают в грунте «змейкой» с увеличением длины на 5 % по сравнению с прямолинейной прокладкой.

6.9. Средства измерений и регистрирующую аппаратуру подготавливают к работе согласно их технической документации, утвержденной в установленном порядке.

7. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

7.1. При проведении измерений относительных линейных и угловых перемещений грунта и ложа выполняют следующие операции.

7.1.1. В зависимости от варианта исполнения системы регистрации (п.2.5) последовательное подключение периодомера к первичным преобразователям перемещений, угла поворота, а также ПТС-60 производят вручную или автоматически (по программе).

7.1.2. Во время каждого подключения периодомера к соответствующему преобразователю производят измерение информативного параметра выходного сигнала этого преобразователя и его регистрацию вручную (в журнале наблюдений) или автоматически (на магнитном носителе).

8. ОБРАБОТКА И ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

8.1. Обработку результатов измерений при помощи ИПСЯ выполняют следующим образом.

8.1.1. Наблюдаемые значения относительного линейного перемещения L , угла поворота φ и температуры окружающей ИПСЯ среды определяют по соответствующим градуировочным характеристикам (для линейного перемещения и угла поворота – формулы (4) и (5)), с учетом начальных значений L_0 и φ_0 , определенных при завершении монтажа на объекте (п.5.6) по формулам:

$$L = \frac{A}{X^2} + \frac{B}{X} + C - L_0 \quad (6)$$

$$\varphi = \frac{D}{X^2} + \frac{F}{X} + G - \varphi_0 \quad (7)$$

8.1.2. Абсолютную погрешность измерений линейных перемещений Δ_A и углов поворота Δ_φ находят по формулам (1), (2) и (3) с учетом дополнительной погрешности на

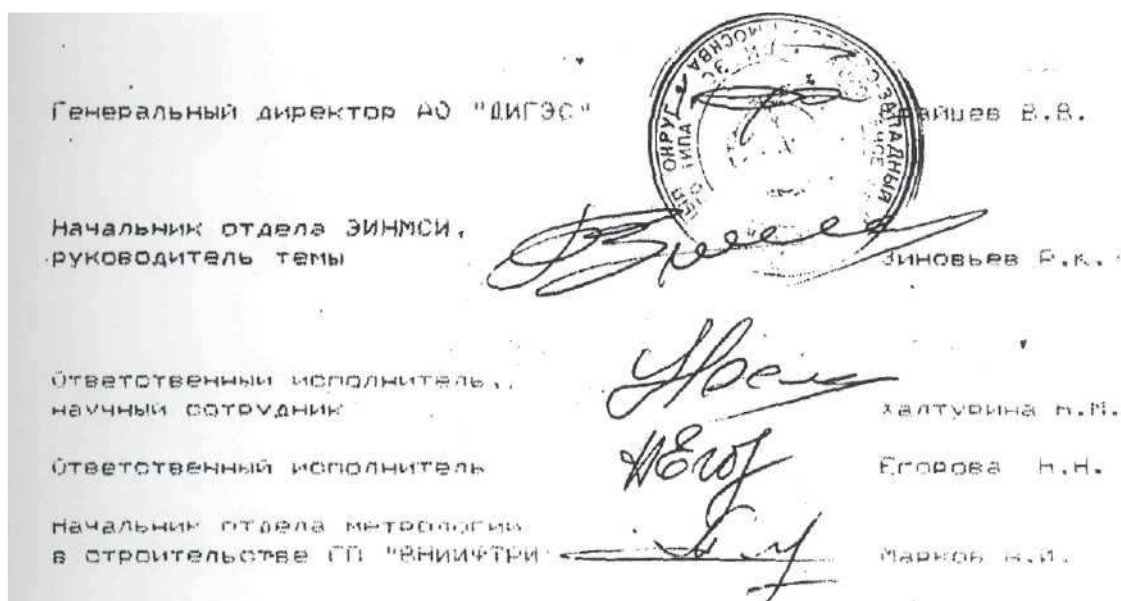
отличие температур в момент измерений и при градуировке.

8.1.3. Результат измерений относительных линейных перемещений грунта и ложа выражают именованным (в метрах) числом с округлением до второго десятичного знака и пределами допускаемых значений абсолютной погрешности (п.9.1.2.) с округлением до того же десятичного знака.

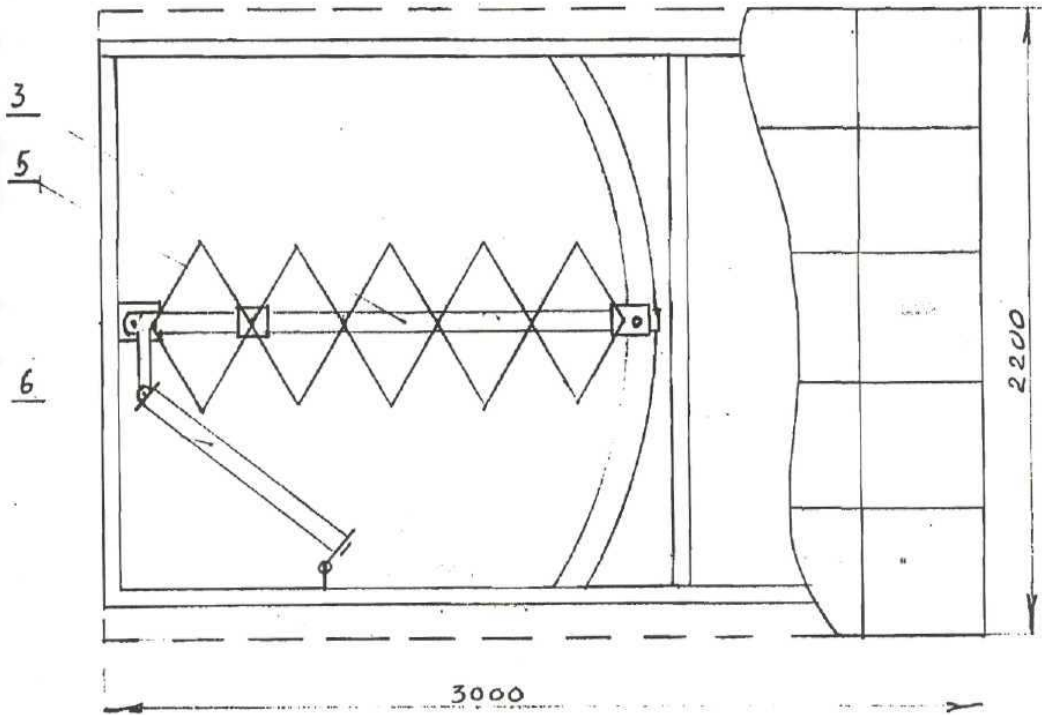
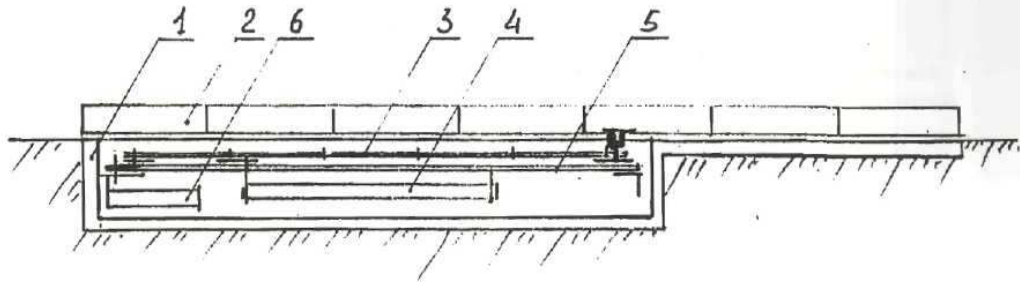
8.1.4. Результат измерений взаимных угловых перемещений грунта и ложа выражают именованным (в радианах) числом с округлением до второго десятичного знака и пределами допускаемых значений абсолютной погрешности (п.9.1.2.) с округлением до того же десятичного знака.

9. КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

При выполнении измерений по данной методике необходимо проводить первичный (оперативный) и периодический (статистический) контроль погрешности результатов измерений. Нормативы, методы, средства и план проведения этого контроля подробно регламентированы в технической документации на СИ, а также проекте размещения контрольно-измерительной аппаратуры на конкретном объекте. Контроль проводится комплексно по всем видам измерений (например, геодезическим), определенным для конкретного сооружения, различными средствами измерений (например, геодезическими марками).



Конструктивная схема ЦИТСЯ



- 1 - корпус
- 2 - плита
- 3 - масштабный преобразователь
- 4 - преобразователь перемещений
- 5 - кулиса
- 6 - преобразователь угла поворота

рис.

Техническое описание конструктивной схемы преобразователя смещений ядра (ИПСЯ)

Измерительный преобразователь смещений ядра ИПСЯ (см. рис.) состоит из корпуса 1 и первичного преобразовательного элемента, выполненного в виде плиты 2, свободно опирающейся на корпус.

Плита связана через масштабный преобразователь 3 с преобразователем перемещений 4, установленным на кулисе 5, которая шарнирно закреплена на корпусе.

Между корпусом и кулисой установлен преобразователь угла поворота кулисы 6, осуществляемого параллельно плоскости первичного преобразователя.

Основные технические и метрологические характеристики измерительного преобразователя смещения ядра типа ИПСЯ

Диапазон измерений преобразователя перемещений, м	0 – 1,00
Диапазон измерений преобразователя угла поворота, рад	0 – 0,5
Выходные электрические сигналы	затухающие колебания э.д.с.
Информационный параметр	период колебаний э.д.с.
Диапазон периодов выходного сигнала (рабочий), мкс	450 – 1250
Амплитуда напряжений выходного сигнала, мВ, не менее	5
Пределы допускаемой основной погрешности, приведенной к диапазону измерений для преобразователей перемещений и угла поворота, %	± 5,0
Предел допускаемой вариации показаний, приведенной к диапазону измерений для преобразователей перемещений и угла поворота, %	5,0
Пределы допускаемой дополнительной погрешности, приведенной к диапазону измерений, вызванной изменением температуры окружающей среды на каждые 10К для преобразователей перемещений и угла поворота, %	± 1,0

Метрологические характеристики периодомера ПЦС

Диапазон измерений периодов, мкс	300 – 2000
<i>Параметры импульса запроса на 200 Ом + 10 % :</i>	
амплитуда импульса возбуждения, В	150 ± 15
длительность на уровне 0,1 амплитудного значения, мс	0,5 ± 0,2
<i>Характеристики относительной основной погрешности:</i>	
пределы допускаемой систематической составляющей, %	±0,03
предел допускаемого среднеквадратичного отклонения случайной составляющей, %	0,03
<i>Результаты измерений:</i>	
на пятиразрядном цифровом табло для непосредственного восприятия с номинальной ценой единицы наименьшего разряда, мкс	0,1