

## РЕКОМЕНДАЦИЯ

### Государственная система обеспечения единства измерений. Осадка сооружений и оснований. Методика выполнения измерений системами гидростатического нивелирования с измерительными преобразователями типа ПУЖС

МИ – 2114 - 90

Государственный комитет СССР по стандартам

Москва 1990

#### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

Разработаны	НИСом Гидропроекта им.С.Я. Жука Минэнерго СССР НПО «ВНИИФТРИ» Госстандарта СССР
Исполнители	В.З. Хейфиц, А.И. Марков – руководители темы; Д.Б. Радкевич, И.Р. Петрашень, Н.М. Халтурина
УТВЕРЖДЕНА	зам. генерального директора НПО «ВНИИФТРИ» Ю.И. Брегадзе 19 сентября 1990 г.
Зарегистрирована	ВНИИМСом Госстандарта СССР

Обозначение НТД, на который дана ссылка	Номер пункта, перечисления, приложения
ТУ 34-28-11182-87	1,5
МИ 2112-90	1,11
ГОСТ 184-81-81	3,5
ГОСТ 12.1.006-76	3,9
ГОСТ 18599-83	приложение 4

#### Содержание

- [1. Метод и средства измерения](#)
  - [2. Условия выполнения измерения](#)
  - [3. Подготовка к выполнению измерений](#)
  - [4. Выполнение измерений \(осадок сооружений\)](#)
  - [5. Обработка результатов измерения и их оформление](#)
- [Приложения](#)

*Приложение 1.* Схема системы гидростатического нивелирования со струнными измерительными преобразователями уровня жидкости  
*Приложение 2.* Метрологические характеристики  
*Приложение 3.* Преобразователь уровня жидкости измерительный струнный ПУЖС-64  
*Приложение 4.* Акт об окончании монтажа системы гидростатического нивелирования  
*Приложение 5.* Журнал регистрации осадок

**РЕКОМЕНДАЦИЯ****Государственная система обеспечения единства измерений.****ОСАДКА СООРУЖЕНИЙ И ОСНОВАНИЙ.  
МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ  
СИСТЕМАМИ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ  
С ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ ТИПА ПУЖС**Дата введения  
01.01.92

Настоящая рекомендация устанавливает методику выполнения измерений осадки сооружений и оснований, прогибов элементов конструкций дистанционными системами гидростатического нивелирования при возведении и контроле энергетических сооружений.

**1. Метод и средства измерения**

1.1. Система содержит ряд преобразователей типа ПУЖС, установленных в контролируемых точках сооружений, корпуса которых являются сообщающимися сосудами, частично заполненными жидкостью, соединенными между собой нижними и верхними соединительными трубками (схема системы с преобразователями дана в справочном приложении № 1).

1.2. Градуировочной характеристикой преобразователя ПУЖС является полином 2-ой степени:

$$y = -Ax^2 + Bx + C ,$$

или

$$z - z_0 = -A(x^2 - x_0^2) + (x - x_0) ,$$

где  $z$  – значение измеряемой физической величины (уровня жидкости);

$z_0$  – начальное значение измеряемой физической величины;

$x = 1/T$  – значение информативного параметра (частоты) выходного сигнала преобразователя ( $T$  – период выходного сигнала);

$x_0$  – начальное значение информативного параметра сигнала преобразователя;

$A, B$  и  $C$  – постоянные коэффициенты, вычисленные по результатам градуирования преобразователя ПУЖС.

1.3. Один из преобразователей системы установлен в реперном пункте, высотную отметку которого периодически (не менее 2 раз в год) определяют двойным геометрическим нивелированием по высотной отметке фундаментального репера.

1.4. Начальная разность высотных отметок двух любых контролируемых пунктов не должна превышать половину диапазона измерения преобразователей, установленных в этих пунктах.

1.5. Информативным параметром выходного сигнала преобразователя является период (частота), который измеряют периодомером типа ПЦС (ТУ 34-28-11182-87).

1.6. Метрологические характеристики преобразователя и периодомера приведены в обязательном приложении № 2.

1.7. Системы регистрации информативного параметра выходного сигнала преобразователя могут быть трех исполнений, различающихся по уровню автоматизации:

а) дистанционные системы с выводом кабелей преобразователей на ручные коммутаторы КП-24 и измерением сигналов с помощью портативного цифрового периодомера ПЦПМ;

б) централизованные системы с встроенным периодомером типа ПЦС с автоматизирован-

ным сбором и цифровой регистрацией данных измерений с помощью телетайпа и ленточного перфоратора;

в) автоматизированные информационно-измерительные системы с встроенным периодометром типа ПЦС на базе управляющих вычислительных комплексов, выполняющие обработку данных в масштабе реального времени.

1.8. Измерения температуры в различных точках системы, необходимые для расчета температурной погрешности измерения, выполняют преобразователями температуры струнными типа ПТС-60.

1.9. Устройство для установки преобразователей типа ПУЖС содержит юстировочные приспособления, с помощью которых выставляют преобразователь в горизонтальной плоскости. (Пример выполнения устройства для установки преобразователя приведен в справочном приложении № 3).

1.10. Конструкция системы должна обеспечивать возможность ремонта, замены и поверки преобразователей, когда преобразователи установлены в доступных при эксплуатации зонах сооружения.

1.11. Поверку преобразователей проводят по МИ-2112-90.

1.12. Конструкция системы должна обеспечивать ее герметичность.

1.13. Систему размещения преобразователей, их количество в системе и количество систем, необходимых для наблюдения за вертикальными перемещениями сооружений, определяет проект размещения контрольно-измерительной аппаратуры.

## **2. Условия выполнения измерения**

При выполнении измерений должны быть соблюдены следующие условия:

- а) рабочая область значений температуры ( $248 \div 303$ ) К;
- б) внешнее избыточное давление не более 3 МПа;
- в) в жидкостном трубопроводе не должно быть воздушных пузырьков;
- г) на грузе, не полностью погруженном в жидкость внутри корпуса преобразователя, не должно быть отложений и наростов или продуктов коррозии.

## **3. Подготовка к выполнению измерений**

3.1. При подготовке к выполнению измерений должны быть проведены следующие предварительные работы по установке преобразователей в системах гидростатического нивелирования.

3.1.1. Перед установкой преобразователей монтируют устройства для фиксирования преобразователей в рабочем положении, а также одновременно прокладывают жидкостной и воздушный трубопроводы. Трасса прокладки жидкостного трубопровода, соединяющего два преобразователя, должна иметь вид латинского знака U с минимально возможной разностью конечных отметок и отсутствием участков, образованных гибом вверх.

3.1.2. Проверяют плановое и высотное расположение монтажных устройств.

3.1.3. К месту монтажа преобразователя должны быть доставлены в транспортном положении (см. рис.2 справочного приложения 3).

3.1.4. У каждого преобразователя должны быть проверены: сопротивление изоляции между токоведущей частью и корпусом с помощью мегаомметра, которое должно быть не менее 1 МОм и значение периода выходного сигнала преобразователя, которое должно быть больше, чем записано в протоколе первичной поверки данного экземпляра преобразователя на верхнем пределе измерения этого преобразователя.

3.1.5. Устанавливают преобразователь на закладную опору (см. рис.3 справочного приложения 3), затем проводят выверку положения преобразователей с помощью гаек по высоте в пределах 60 мм и приводят ось преобразователя к вертикали. Предельно допустимое значение отклонения оси преобразователя от вертикали приведено в технической документации на конкретный тип преобразователя. После выверки положения преобразователь закрепляют на шпильках закладной опоры.

3.1.6. Приводят преобразователь в рабочее положение (см. рис.1 и рис.2 справочного приложения 3) в следующей последовательности: удаляют винты 3, удерживающие планку 2, извле-

кают планку 2 и находящуюся под ней резиновую прокладку, груз 1 отодвигают к противоположной стенке корпуса и, покачивая его, уменьшают возможное прилипание ко дну корпуса за счет оставшейся масляной пленки, двумя пальцами берут за головку подвеса 4, приподнимают груз, до отрыва от дна отводят головку подвеса по красной линии в точку А, приподнимают груз еще настолько, чтобы ниппель струны подвеса стал выше грузоприемного рычага, вводят струну подвеса в зев рычага и отпускают груз. Шейка головки подвеса при этом должна войти в отверстие рычага, а головка лечь на него.

Проверяют исправность преобразователя и выполненной сборки, для чего измеряют значение выходного сигнала преобразователя, которое должно быть меньше, чем записано в протоколе первичной поверки при нулевом значении уровня жидкости.

Закрывают крышку и закрепляют ее болтами. Крепить болты надо до обжатия уплотнительных колец и посадки крышки на металл корпуса в такой последовательности, как это рекомендовано для фланцевых соединений с гарантированной герметичностью.

3.1.7. Прокладывают кабель от преобразователей к временным ящикам.

3.2. Установленные преобразователи подсоединяют к жидкостному и воздушному трубопроводу и проверяют систему на герметичность.

3.3. Заполняют систему маслом в следующей последовательности: трубы жидкостного трубопровода и корпуса преобразователя заполняют трансформаторным маслом до уровня несколько подтопляющего груз (см. рис.1, п.9) через воздушный штуцер концевого преобразователя системы. Эту работу выполняют под контролем периодомера и заполнение прекращают, когда преобразования всех преобразователей системы будут лежать в пределах их диапазона измерения, т.е. когда в любом из преобразователей уровень жидкости будет выше нуля, но ниже верхнего предела измерения. Заполнение труб должно быть сплошным без воздушных пузырей и воздушных пробок. Достигнуть такого состояния можно, если через трубы пропустить избыточное (равное 3-5 объемам труб) количества масла. Избыток масла сливают, сняв заглушку на преобразователе, замыкающем второй конец системы.

3.4. Коррекцию высотного положения преобразователей выполняют по показаниям каждого из них при измерении выходного сигнала с помощью периодомера.

Начальные показания реперного преобразователя должны быть близки к середине диапазона, а начальные показания преобразователей, установленных на элементах конструкций, которые относительно реперного будут подвержены осадке, должны быть в начале диапазона измерения. Таких показаний достигают за счет юстировки положения преобразователей по высоте на шпильках закладной опоры. Если при выполнении этой работы будет обнаружен недостаток или избыток масла в системе, то в первом случае надо добавить масла в систему, а во втором слить избыток масла из системы.

3.5. Плотность жидкости трансформаторного масла измеряют ареометром по ГОСТ 184-81-81 и коэффициент градуировочной характеристики преобразователей умножают на коэффициент, равный отношению плотностей жидкостей, примененной при градуировании и используемой в системе.

3.6. Установленные преобразователи и кабельные коммуникации предъявляют приемочной комиссии, установку оформляют актом (см. справочное приложение 4).

3.7. При наличии температурной неоднородности в системе, превышающей 10°C, устанавливают вблизи преобразователей ПУЖС и в точках трубопровода, отличающихся между собой на 5°C по температуре, измерительные преобразователи температуры ПТС-60.

3.8. При подготовке к выполнению измерений измерительная и регистрирующая температура должны быть подготовлены к работе, согласно их технической документации, утвержденной в установленном порядке.

3.9. Требования техники безопасности при подготовке к измерениям и проведении измерений должны соответствовать ГОСТ 12.1.000-70.

3.10. Измерения должны выполнять операторы, аттестованные в порядке, установленном руководством предприятия.

#### **4. Выполнение измерений (осадок сооружений)**

4.1. При выполнении измерений осадок сооружений должны быть выполнены следующие

операции:

4.1.1. Подключение измерительной аппаратуры к преобразователю в соответствии с п.1.7.

4.1.2. Регистрация в журнале наблюдений или автоматически (на машинном носителе) результатов отдельных наблюдений информативного параметра выходного сигнала преобразователя.

## 5. Обработка результатов измерения и их оформление

5.1. Обработку результатов измерения следует выполнять следующим способом:

5.1.1. Высотную отметку каждой контролируемой точки в момент измерения определяют по формуле:

$$\nabla_{Ki} = \nabla_P + Z_P + Z_K$$

где  $\nabla_{Ki}$  - высотная отметка данной контролируемой точки сооружения;

$\nabla_P$  - высотная отметка реперной точки;

$Z_P$  - уровень жидкости в преобразователе, установленном в реперном пункте;

$Z_K$  - уровень жидкости в преобразователе, установленном в данном контролируемом пункте.

5.1.2. Наблюдаемое значение осадки каждого контролируемого пункта системы определяют по формуле:

$$S_{ki} = S_{\bar{e}i} + A_p (f_{pi}^2 - f_{\bar{d}i}) - B_p (f_{pi} - f_{\bar{d}i}) + \\ + A_k (f_{\bar{e}i}^2 - f_{ki}^2) - B_k (f_{\bar{e}i} - f_{ki}), \quad (1)$$

где  $S_{ki}$  - осадка данного пункта при измерении;

$S_{kn}$  - осадка данного пункта при последней поверке системы, совмещаемой с последней по времени привязкой высотных отметок реперного и измерительных пунктов к высотной геодезической сети;

$A_k$  и  $B_k$  - градуировочные коэффициенты преобразователя, установленного на данном пункте, с учетом поправки по п.3.5 настоящей рекомендации;

$A_p$  и  $B_p$  - градуировочные коэффициенты преобразователя, установленного на реперном пункте, с учетом поправки по п.3.5 настоящей рекомендации;

$f_{kp}$  - частота выходного сигнала преобразователя данного пункта при последней поверке;

$f_{ki}$  - частота выходного сигнала преобразователя данного пункта при измерении;

$f_{pn}$  - частота выходного сигнала преобразователя на реперном пункте при последней поверке;

$f_{pi}$  - частота выходного сигнала преобразователя на реперном пункте при измерении.

При наличии закладных преобразователей в системе значение  $S_{kn}$  для измерительных пунктов определяют по формуле:

$$S_{kn} = \nabla_{po} - Z_{po} - Z_{ko} - \nabla_{pn} - Z_{pn} + Z_{kn}, \quad (2)$$

где  $\nabla_{po}$  и  $\nabla_{pn}$  - высотная отметка реперного преобразователя первоначальная и при последней привязке к высотной геодезической сети соответственно;

$Z_{po}$  и  $Z_{pn}$  - значение уровня жидкости в реперном преобразователе в начале измерений и при последней привязке;

$Z_{ko}$  и  $Z_{kn}$  - значение уровня жидкости в преобразователе, установленном в данном измерительном пункте в начале измерений и при последней привязке высотной отметки реперного преобразователя к высотной геодезической сети.

5.1.3. Абсолютную погрешность измерения осадки сооружения определяют по формуле:

$$\Delta = \sqrt{(\delta_{Z_{BK}})^2 + (\delta_{Z_{BP}})^2},$$

где  $\delta$  – основная погрешность преобразователя типа ПУЖС, приведенная к верхнему пределу измерения,  $[\delta] = 0,006$ ;

$Z_{BK}$  – верхний предел измерения преобразователя на данном пункте;

$Z_{BP}$  – верхний предел измерения преобразователя на реперном пункте;

Температурную погрешность системы необходимо учитывать, если температурная неоднородность жидкости в системе превышает  $10^\circ\text{C}$  и  $(\nabla_p - \nabla_k) > 20$  мм, и вводить в результат измерения, как поправку.

5.1.4. Расчет температурной погрешности при прямолинейном трассировании жидкостного трубопровода производится по формуле:

$$\Delta z_k = c(\beta - 3\alpha) \cdot (t_p - t_k) + \beta(\nabla_p - \nabla_k) \cdot [t_p - \bar{t}_T(x)],$$

где  $c$  - глубина слоя жидкости между нижним торцом груза и дном корпуса преобразователя;

$\alpha$  - коэффициент линейного расширения стали;

$\beta$  - коэффициент объемного температурного расширения жидкости;

$t_p$  - температура жидкости в реперном преобразователе;

$t_k$  - температура жидкости в данном измерительном пункте;

$\bar{t}_T(x)$  - температура жидкости в жидкостном трубопроводе на расстоянии  $x$  от реперного пункта.

*Примечание.* При измерении возросших осадок более 0,5 предела измерения преобразователя в целях предотвращения роста температурной погрешности целесообразно откорректировать высотное положение преобразователей, например, с помощью калиброванных стальных прокладок.

5.2. Результат измерения должен быть представлен именованным числом и наибольшим возможным значением абсолютной погрешности измерения, определенным по формуле п.5.1.3.

5.3. Результаты измерений должны быть оформлены записью в журнале или на магнитном носителе. Рекомендуемая форма журнала регистрации осадок сооружения приведена в приложении 5.

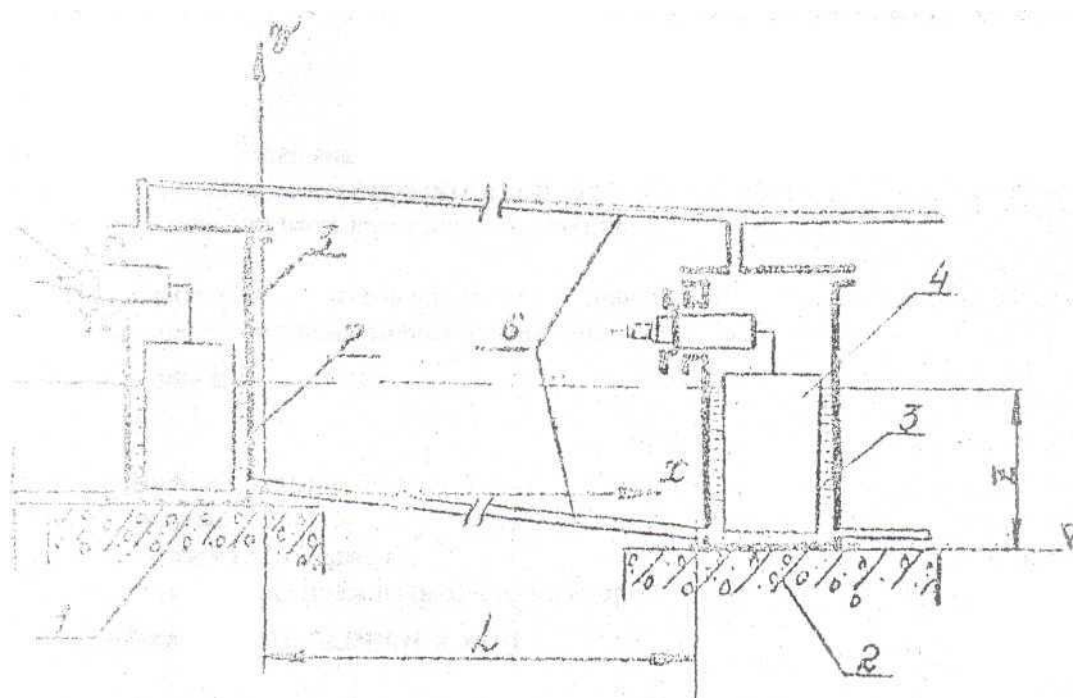


Схема системы гидростатического нивелирования со струнными измерительными преобразователями уровня жидкости

- 1, 2 - реперный и измерительный пункты системы;
- 3 - преобразователи ПУЖС;
- 4 - груз;
- 5 - измерительный преобразователь силы ПУЖС;
- 6 - соединительные трубки;
- 7 - жидкость.

***Метрологические характеристики измерительных струнных преобразователей жидкости типа ПУЖС***

Диапазон измерения:

ПУЖС-32 .....	0-32
ПУЖС-64 .....	0-64
ПУЖС-130 .....	0-130
ПУЖС-250 .....	0-250
ПУЖС -500.....	0-500

Импедано, кОм..... 0,25±0,05

Выходной электрический сигнал .....затухающие колебания  
электродвижущей силы

Диапазон периодов выходного сигнала (рабочий); мкс 450-1250

Амплитуда напряжения выходного сигнала,  
измеренная в интервале времени от 100 до 200

периодов, мВ, не менее ..... 5

Предел допускаемой основной погрешности,  
приведенной к верхнему пределу измерений, % .....  $\pm 0,6$

Предел допускаемой вариации показаний,  
приведенной к верхнему пределу измерений, % .....  $0,6$

### *Метрологические характеристики периодометров типа ПЦП-1*

Диапазон измерения периодов, мкс ..... 400 - 2000

Входное сопротивление на частоте 1500 Гц, кОм .....  $3 \pm 0,2$

Параметры импульса запроса на нагрузку  $120 \text{ Ом} \pm 20\%$ :

амплитуда напряжения, В .....  $150 \pm 15$

длительность на уровне 0,1 амплитудного

значения, мс ... .....  $0,5 \pm 0,2$

Характеристики относительной погрешности:

предел допускаемой систематической

составляющей, % .....  $\pm 0,1$

предел допускаемого среднеквадратического

отклонения случайной составляющей, % .....  $\pm 0,05$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
Справочное

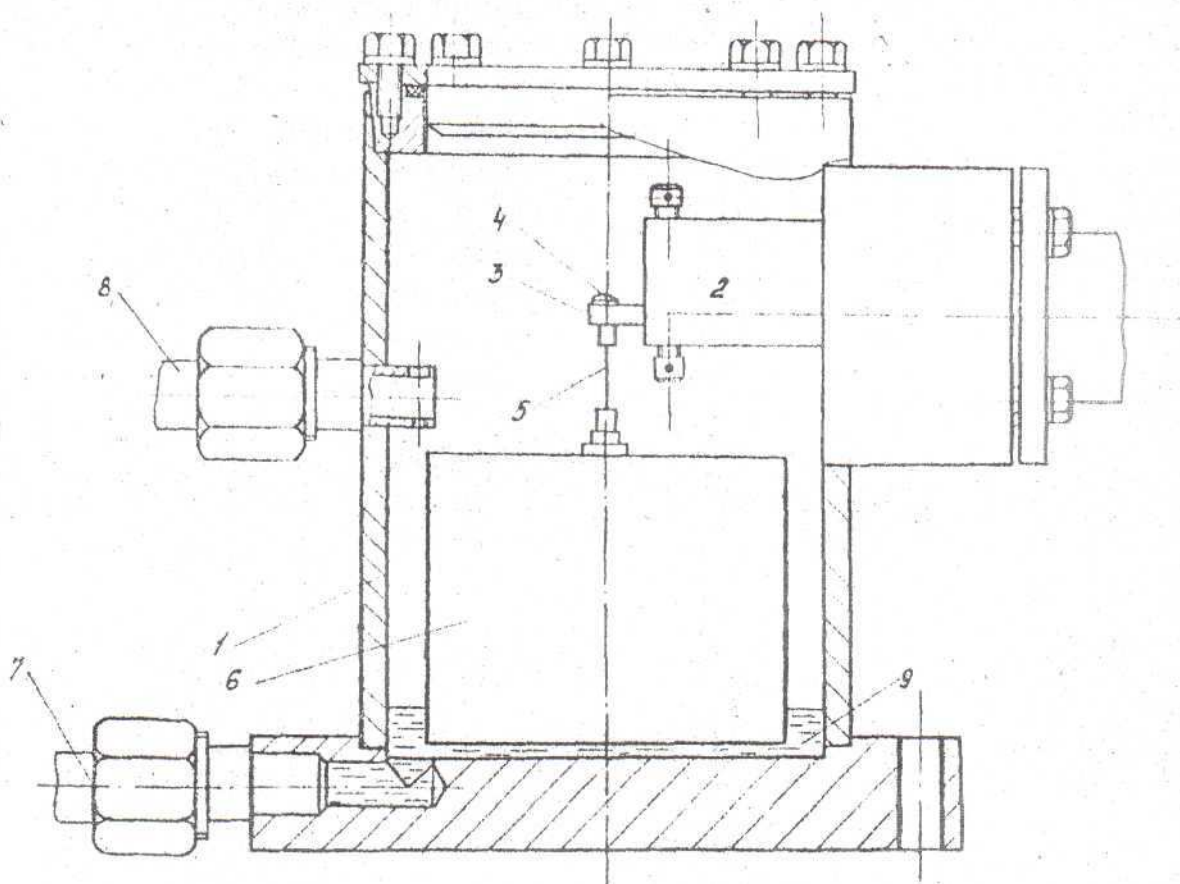




Рис. 1

1. Корпус;
2. Преобразователь силы
3. Рычаг грузоприемный
4. Головка подвеса
5. Подвес
6. Груз
7. Трубопровод жидкостный
8. Трубопровод воздушный
9. Начальное заполнение жидкостью

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
Справочное

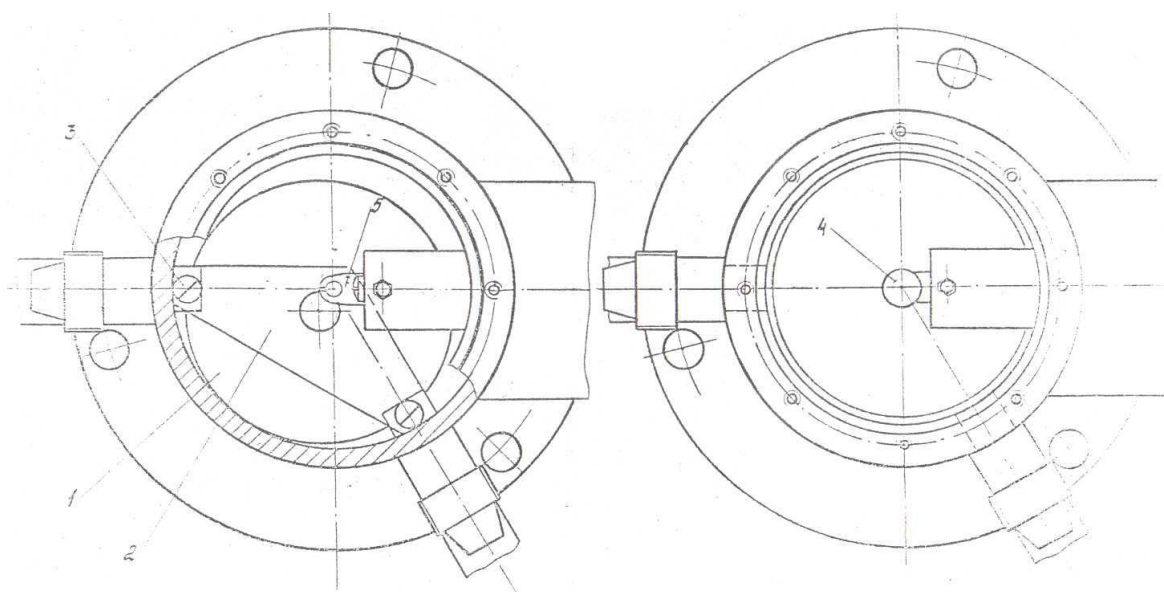


Рис.2.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ  
СТРУННЫЙ ПУЖС-64

Транспортное положение

1. Груз
2. Планка
3. Винт
4. Головка подвеса
5. Рычаг грузоприемный

Рабочее положение

Струна подвеса введена в зев,  
а его головка наложена на  
грузоприемный рычаг

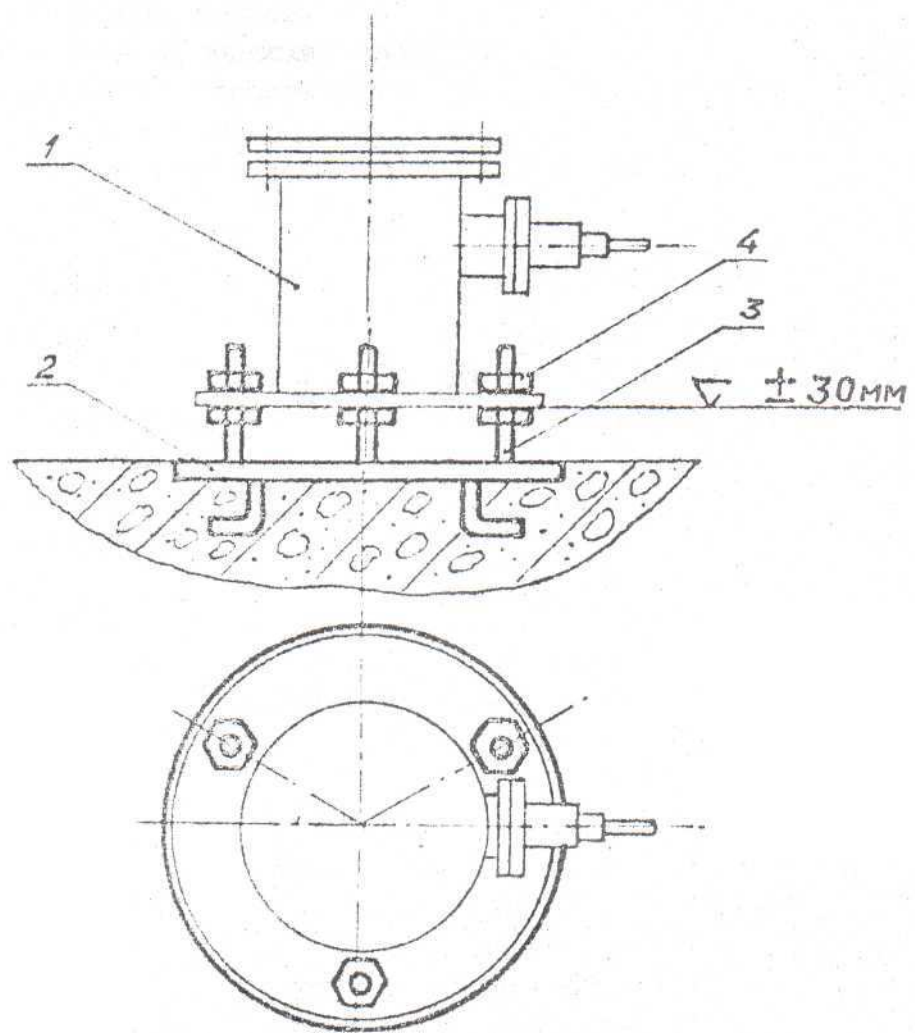


Рис.3

- Устройство для установки ПУЖС
1. Преобразователь типа ПУЖС
  2. Плита с анкерами
  3. Шпилька
  4. Гайка

Объект \_\_\_\_\_  
(наименование)

«    » \_\_\_\_\_ 200 г.

### А К Т

об окончании монтажа системы  
гидростатического нивелирования

Мы, нижеподписавшиеся \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (наименование сторон, должность и фамилия представителей)

составили настоящий акт о том, что «    » \_\_\_\_\_ 200\_\_ г. в \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (место монтажа: сооружение, секция, блок и т.п.)

установлены \_\_\_\_\_  
(типы и номера датчиков)

согласно чертежам \_\_\_\_\_  
(организация, номер)

Проводка от датчиков выполнена кабелем марки \_\_\_\_\_  
и выведена \_\_\_\_\_  
(местоположение пульта)

Трубы жидкостного трубопровода по ГОСТ 18599 и трубы воздушного трубопровода \_\_\_\_\_  
(марка)  
проложены согласно проекту и герметично подсоединены к преобразователям.

Система заполнена маслом. Пропущено количество масла, равное \_\_\_\_\_ (3–5) объемам труб.  
Проведена коррекция высотного положения преобразователей. Начальные показания преобразова-  
телей:

Монтажные работы начаты \_\_\_\_\_, окончены \_\_\_\_\_  
(дата, час) (дата, час)

**Заключение.** Номенклатура, местоположение, количество и первоначальное высотное положение преобразователей соответствует проекту \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ (или указать отклонения)

Монтажные работы выполнены с оценкой \_\_\_\_\_

Особые замечания \_\_\_\_\_

При монтаже системы израсходованы следующие преобразователи и материалы \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Подписи:

**Журнал регистрации осадок**

Отметка нуля \_\_\_\_\_ Энергообъект \_\_\_\_\_

Критическое значение \_\_\_\_\_ № преобразователя \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Местоположение \_\_\_\_\_

Дата	Отметка уровня		Температура				$\nabla_p - \nabla_k$	Температурная погреш. (поправочная)			Примечание
	ВБ	НБ	Воздуха	Жидкости в реперном пункте	Жидкости в измерит. пункте	Жидкости в трубопроводе					
число месяца	м	м	°С	°С	°С	°С	мм	мм	мм	мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Наблюдатель \_\_\_\_\_

Проверил \_\_\_\_\_

Отметка нуля – первоначальная абсолютная высотная отметка измерительного пункта, где расположен данный преобразователь.

Критическое значение – указанное значение предельно допустимой осадки элемента сооружения, где расположен измерительный пункт (принимается по проектным данным или данным научно-исследовательской организации).

Предел абсолютной погрешности измерений осадки определяется по формуле:

$$\Delta = \sqrt{(\delta_{z_{bp}})^2 + (\delta_{z_{bk}})^2},$$

где  $[\delta] = 0,006$ ;

$z_{bk}$  и  $z_{bp}$  – верхние пределы измерения преобразователей на данном измерительном и реперном пунктах.

В графу 1 вносят данные о времени измерения. В условиях работы электростанции в пиковом режиме необходимо указывать не только число, но и время проведения измерения.

В графу 2 и 3 вносят данные о значении уровня верхнего и нижнего бьефов.

В графы 4 – 7 вносят значения температуры, измеренной в день проведения измерения.

Графы 5 – 7 и 9 заполняются в том случае, если температурная неоднородность в системе выше 10°C.

Графа 8 заполняется в случае измерений осадки данной контролируемой точки относительно реперного преобразователя.

В графу 10 вносится значение осадки данного измерительного пункта во время последней по времени привязки системы к высотной геодезической сети.  $S_{кп}$  определяют по формуле п.5 настоящих методических указаний.

В графу 11 вносят значение осадки, рассчитанное по п.5.1.2.(1) стандарта в таблице первичной обработки результатов.