

УТВЕРЖДАЮ
Зам. генерального директора
Ю.И. Брегадзе
20 июня 1996 г.



РЕКОМЕНДАЦИЯ

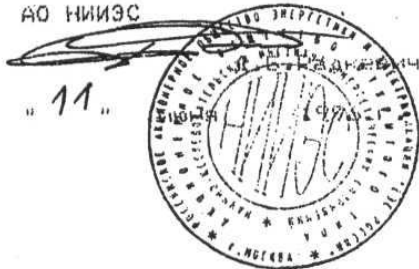
Государственная система обеспечения единства измерений
Уровень воды в водохранилищах ГЭС и ГАЭС.
Методика выполнения измерений
измерителем уровня водохранилищ типа ИУВ

МИ 2435-97

СОГЛАСОВАНО
Зам. генерального директора

АО НИИЭС

11



Москва 1996

Информационные данные

РАЗРАБОТАНА: Открытым акционерным обществом «ДИГЭС»

УТВЕРЖДЕНА: Государственным предприятием «ВНИИФТРИ» 20 июня 1996 г.

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

ЗАРЕГИСТРИРОВАНА: ВНИИМС, декабря 1996 г.

Рекомендация

Государственная система обеспечения единства измерений

Уровень воды в водохранилищах ГЭС и ГАЭС.

Методика выполнения измерений измерителем уровня водохранилищ типа ИУВ

Дата введения 01.01.1999 г.

Содержание

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

Приложения

Приложение 1. Метрологические характеристики ИУВ, ПУВС, ПЦС

Приложение 2. Схема установки ИУВ

Настоящая рекомендация по метрологии распространяется на уровень воды в водохранилищах ГЭС и ГАЭС и устанавливает методику выполнения измерений уровня воды измерителем уровня водохранилищ типа ИУВ (далее – ИУВ), состоящим из определенного числа преобразователей струнных измерительных типа ПУВС (далее – ПУВС), установленных в последовательной цепи по высоте с шагом 9,75 м, при контрольных наблюдениях и натурных исследованиях уровня верхнего бьефа водохранилищ ГЭС и ГАЭС.

В ИУВ средством измерений уровня воды является один из ПУВС, при этом все нижерасположенные ПУВС, заблокированные своими предохранительными клапанами, показывают верхний предел изменения уровня – 10 м, а вышерасположенные – атмосферное давление.

1. НОРМЫ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

1.1. Методика выполнения измерений обеспечивает выполнение измерений уровня воды в водохранилище при температуре воды вблизи измеряющего уровень ПУВС 293 ± 2 К с абсолютной погрешностью, не превышающей $\Delta = \pm 0,1$ м.

1.2. При температуре воды, значение которой выходит за пределы указанного в п.1.1 диапазона, абсолютные погрешности определяют по формуле

$$\Delta = \pm(0,1 + 0,01|293 - T_j|) \text{ , м} \quad (1)$$

где T_j – значение температуры воды вблизи измеряющего уровень ПУВС во время измерения, К.

2. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

2.1. При выполнении измерений применяют измеритель ИУВ, состоящий в зависимости от диапазона измерений соответственно из 6, 11 и 21 преобразователя ПУВС, работающих через коммутатор поочередно и совместно с периодомером цифровым стационарным типа ПЦС по ТУ 28.11182-87 (далее – ПЦС).

2.2. Основные метрологические характеристики ИУВ, ПУВС и ПЦС приведены в приложении 1.

2.3. Градуировочная характеристика каждого ПУВС индивидуальна и аппроксимируется полиномом 2-й степени

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

где Y – значение измеряемого уровня, м;

X – период выходного сигнала, мкс;

A, B, C – постоянные коэффициенты, вычисляемые по результатам градуировки преобразователя, соответственно $\text{м} \cdot \text{мкс}^2$, $\text{м} \cdot \text{мкс}$, м.

2.4. Информативным параметром выходного сигнала ПУВС и ИУВ является период (частота) затухающих колебаний электродвижущей силы, который измеряют вторичным измерительным прибором – ПЦС.

2.5. Система регистрации информативного параметра выходного сигнала, в зависимости от уровня автоматизации может быть выполнена в двух вариантах исполнения:

- как дистанционная система (ДИС), включающая ПУВС, кабельные линии связи, ручной коммутатор типа КП-24 и ПЦС;

- как автоматизированная информационно-измерительная система со встроенным ПЦС, включающая наряду с ПУВС и кабельными линиями связи устройства управления опросом ПУВС и ПЦС и вычислительный комплекс, выполняющий обработку данных в масштабе реального времени.

2.6. При выполнении измерений температуры воды вблизи измеряющего уровень ПУВС применяют соответственно 6, 11 и 21 измерительных преобразователей температуры струнных типа ПТС-60 по ТУ 34-28-10338-89, установленных в радиусе 0,1 м от ПУВС.

2.7. При выполнении измерений атмосферного давления применяют барометр-анероид метеорологический типа БАММ-1 по ТУ 25-11-1513-79.

2.8. В качестве вспомогательных средств измерений применяют:

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

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

2.9. В процессе установки ПУВС на объекте эксплуатации в качестве вспомогательного оборудования применяют вулканизатор типа ВП-36.

3. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЙ

3.1. Измерения уровня водохранилища ИУВ выполняют методом, основанным на преобразовании уровня воды в давление соответствующего водяного столба. Это давление воспринимается теми составными частями ИУВ – ПУВС, установленными в

последовательной цепи с шагом 9,75 м (приложение 2), которые находятся своими воспринимающими давление элементами ниже поверхности воды в водохранилище (расположенные выше этой поверхности ПУВС в это время подвергаются воздействию только атмосферного давления и температуры окружающего воздуха и, следовательно, их показания близки к нулю). Из воспринимающих давление воды ПУВС только ближайший к поверхности воды выполняет функцию средства измерений, т.к. остальные преобразователи, расположенные ниже него, заблокированы своими предохранительными клапанами и показывают уровень воды, равный их верхним пределам измерений, т.е. 10 м. Так как диапазон измерений ПУВС составляет 0 ... 10 м, а шаг их установки по высоте равен 9,75 м, то в полосе 0,25 м, несколько превышающей размер ПУВС по высоте рабочими оказываются два ПУВС. Показания одного из них – ближайшего к поверхности воды, отягощены неопределенной дополнительной температурной погрешностью, обусловленной тем, что корпус ПУВС частично находится в воде, а частично в воздухе, температуры которых, как правило, различны. Поэтому в этой полосе функцию средства измерений выполняет нижерасположенный ПУВС.

3.2. Давление водяного столба воздействует на чувствительный элемент преобразователя давления измерительного струнного в составе ПУВС, выполняющего функцию средства измерения (см.п.3.1) и преобразуется в нем в информативный параметр – период выходного сигнала.

3.3. Результат измерений уровня воды ИУВ представляет сумму показаний ПУВС, у которых чувствительные элементы расположены ниже уровня водохранилища, причем показания каждого из них, кроме ближайшего к поверхности воды, округляются до 9,75 м.

4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ОПЕРАТОРОВ

4.1. ИУВ по степени защиты человека от поражения электрическим током должны соответствовать классу точности 0 по ГОСТ 12.2.007.0-75.

4.2. В процессе монтажа ИУВ на объекте эксплуатации должны быть соблюдены «Правила устройства электроустановок», а в процессе эксплуатации - «Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей».

4.3. К работе с ИУВ допускают 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.

5. УСЛОВИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

При выполнении измерений соблюдают следующие условия:

- температура воды вблизи преобразователей ПУВС: 273 ... 313 К;
- температура воздуха вблизи преобразователей ПУВС: 243 ... 311 К;
- показатель рН воды: не более 11;
- внешнее давление: до 2,0 МПа.

6. ПОРЯДОК УСТАНОВКИ ИЗМЕРИТЕЛЯ ИУВ

6.1. Перед установкой ИУВ в рабочее положение на объекте эксплуатации:

а) проводят распаковку составных частей ИУВ с проверкой комплектности поставки;

б) с каждым ПУВС проводят:

- внешний осмотр с целью выявления видимых повреждений, коррозии и т.д.;

- проверку омметром типа М41070/1 целостности токоведущих частей;
- проверку электрического сопротивления изоляции между выводами и корпусом ПУВС с помощью мегаомметра типа М4100/3, которое должно быть не менее 1,0 МОм (при этом изоляция электрических цепей относительно корпуса должна выдерживать в течение 1 мин действие испытательного напряжения 500 В практически синусоидальной формы частотой 45 ... 65 Гц).

6.2. ИУВ устанавливают на объекте эксплуатации в процессе строительства в местах, предусмотренных рабочим проектом размещения контрольно-измерительной аппаратуры, на напорной грани плотины водохранилища или в специально предусмотренном для этой цели колодце в теле плотины, гидравлически соединенном с водохранилищем по принципу сообщающихся сосудов.

6.3. ИУВ, в зависимости от варианта исполнения, определяемого диапазоном измерения 0...50, 0...100 и 0...200 м, содержит соответственно 6, 11 и 21 ПУВС, которые устанавливают в последовательной цепи по высоте с шагом $9,75 \pm 0,01$ м.

6.4. ПУВС устанавливают на бетонных конструкциях вертикально (с отклонением от вертикали не более $\pm 5^\circ$) кабельным выводом вверх с помощью анкерных болтов согласно монтажному чертежу по ГСИБ 2.834.009М4. Анкерные болты в комплект поставки не входят и изготавливаются на месте.

6.5. Рядом с каждым ПУВС (расстояние между осями ПУВС и ПТС-60 0,2 ... 0,3 м) на бетонных конструкциях вертикально кабельным выводом вверх устанавливают измерительные преобразователи температуры струнные типа ПТС-60 по ТУ 34-28-10338-89 (при этом кабельный вывод преобразователя ПТС-60 должен быть расположен на уровне предохранительного клапана ПУВС). При установке преобразователя ПТС-60 и измерениях температуры воды руководствуются требованиями нормативного документа МИ 2370-96.

6.6. После установки ПУВС их проверяют на функционирование – с помощью ПЦС проводят измерения периодов колебаний их выходных сигналов (при этом измеренные значения должны в пределах допускаемой погрешности и введенной поправки на атмосферное давление соответствовать «нулевым» показаниям, приведенным в протоколах поверки).

6.7. Связь между ПУВС и ПТС-60 и коммутирующим устройствам осуществляют кабелем марки КРГД 2×1,5 по ТУ 16-505-065-70 (соединение жил кабеля преобразователя с кабельной линией связи проводят пайкой оловянно-свинцовым припоем с применением бескислотного флюса, а герметизацию места соединения – горячей вулканизацией при помощи полевого вулканизатора ВП-36).

6.8. После вулканизации мест соединения кабеля ПУВС с кабельной линией связи проверяют целостность токоведущих частей и сопротивление изоляции аналогично п.6.1.а.

7. ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ

7.1. При подготовке к выполнению измерений средства измерений – ПУВС и ПЦС подготавливают к работе согласно технической документации на них, утвержденной в установленном порядке.

7.2. В случае подключения ИУВ к автоматизированной информационно-измерительной системе (п.2.5) в долговременную память вычислительного комплекса вводят индивидуальные градуировочные характеристики преобразователей ПУВС и ПТС-60.

7.3. В случае, когда возникает необходимость наблюдать изменение уровня воды относительно определенного значения, условно принятого за «нулевое» - Y_0 (м), в

журнале наблюдений фиксируют это значение.

7.4. Операторов, выполняющих измерения, аттестуют в порядке, установленном администрацией предприятия.

8. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

8.1. При выполнении измерений уровня водохранилища ИУВ выполняют следующие операции:

а) поочередно к ПЦС подключают (вручную или автоматически) все ПУВС и проводят измерения периодов их выходных сигналов x_b с регистрацией в журнале наблюдений или на машинном носителе;

б) по соответствующим градуировочным характеристикам (п.2.3) на основании данных измерений п.8.1.а определяют наблюдаемые с помощью каждого ПУВС значения уровня водохранилища Y_i . В зависимости от конкретных наблюдаемых значений Y_i определяют:

- ПУВС j , выполняющий, во время проведения измерений, функцию средства измерений (п.3.1);

- количество N ПУВС, расположенных ниже ПУВС, выполняющего функцию средства измерения;

в) проводят регистрацию в журнале наблюдений или на магнитном носителе наблюдаемого значения уровня воды j -ым ПУВС и определенного в п.8.1.б числа N .

8.2. После выполнения измерений с помощью ПУВС подключают ПТС-60, расположенный рядом с j -ым ПУВС, измеряют период его выходного сигнала и по соответствующей градуировочной характеристике определяют наблюдаемое значение температуры воды T_j , которое затем заносят в журнал наблюдений или в машинную память.

8.3. Одновременно с определением температуры воды барометром-анероидом типа ВАММ-1 измеряют атмосферное давление P_n с предельной абсолютной погрешностью $\Delta = 0,2$ кПа.

9. ОБРАБОТКА И ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

9.1. Обработку результатов измерений выполняют следующим способом:

а) наблюдаемое значение уровня воды по показаниям j -ого ПУВС (Y_j) (п.8.1.в) корректируют введением поправки, равной разности значений атмосферного давления, измеренного при градуировке P_{gp} (кПа) и во время выполнения измерений P_n (кПа) (п.8.3) и переведенной в высоту водяного столба по формуле

$$Y_j^k = Y_j + \frac{P_{gp} - P_n}{9,80665}; \quad (3)$$

б) наблюдаемое значение уровня водохранилища по показаниям ИУВ (Y , м) вычисляют по формуле

$$Y = N \cdot (9,75 м) + Y_j^k; \quad (4)$$

где N – количество ПУВС, расположенных ниже j -ого ПУВС, выполняющего функцию средства измерения;

Y_j^k – наблюдаемое значение уровня воды, по показаниям j -ого преобразователя ПУВС, скорректированное введением поправки на неодинаковое атмосферное давление при градуировке и во время измерения (п.9.1.а);

в) предельную абсолютную погрешность измерений уровня водохранилища (Δ , м) с учетом дополнительной погрешности за счет отклонения температуры от нормальных значений (п.1.1) определяют по формуле (с округлением результата вычисления до 0,1 м)

$$\Delta = (\gamma + \gamma_{\text{доп}}) \cdot \Delta H, \quad (5)$$

где γ – основная погрешность ПУВС, приведенная к диапазону измерений, $\gamma = 0,01$;

ΔH – диапазон измерений ПУВС, м ($\Delta H = 10$ м);

$\gamma_{\text{доп}}$ – дополнительная погрешность ПУВС, приведенная к диапазону измерений, вызванная измерением температуры воды и определяемая по формуле

$$\gamma_{\text{доп}} = (T_j - T_0) \cdot K_T, \quad (6)$$

где T_0 – температура, при которой проводилась градуировка j -ого ПУВС, К, ($T_0 = 293$ К);

T_j – температура воды вблизи j -ого ПУВС во время измерений (п.8.2), К.

K_T – коэффициент функции влияния температуры окружающей среды, K^{-1} , ($K_T = 0,001K^{-1}$).

Примечание: подстановка в формулы (5) и (6) вышеуказанных значений приводит к формуле (1).

9.2. Результат измерений представляют в виде именованного (в м) результата сложения наблюдаемого значения уровня водохранилища, определенного по п.9.1.б (с округлением до 0,1 м), и пределов допускаемых значений абсолютной погрешности измерений, определенных по п.9.1.в.

9.3. Результат измерения должен быть записан в журнале наблюдений или в машинной памяти.

Генеральный директор

АООТ "ДИГЭС"

Главный метролог

Начальник отдела ЭИМЦИ,

руководитель работы

Начальник отдела РИМСИ

Научный сотрудник,

отв. исполнитель

Инженер 3-й категории

Начальник отдела метрологии

в строительстве ГП "ВНИИФТРИ"



Р.К. Зинovieв

Р.К. Зинovieв

И.К. Коньвалов

И.К. Коньвалов

Н.М. Халтурина

Н.М. Халтурина

Н.Н. Сторова

Н.Н. Сторова

А.И. Марков

А.И. Марков

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИУВ

Диапазон измерений, м	0...50; 0...100; 0...200		
Предел допускаемого значения погрешности, приведенной к диапазону измерений, не более, %	0,2	0,1	0,05

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПУВС

Диапазон измерений, м	0 ... 10		
Рабочий диапазон выходного сигнала, мкс	450 ... 1250		
Пределы допускаемой основной погрешности, приведенной к диапазону измерений, %	$\pm 1,0$		
Предел допускаемой вариации показаний, приведенной к диапазону измерений, %	1,0		
Пределы допускаемой дополнительной погрешности, приведенной к диапазону измерений, вызванной изменением температуры окружающей среды на каждые 10 К, %	$\pm 1,0$		

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЦС

Диапазон измерений периодов, мкс	300 ... 2000		
Параметры импульса запроса на нагрузку 200 Ом $\pm 10\%$:			
амплитуда импульса возбуждения, В	150 \pm 15		
длительность на уровне 0,1 амплитудного значения, мс	0,5 \pm 0,2		
Характеристики относительно основной погрешности:			
пределы допускаемой систематической составляющей, %	$\pm 0,03$		
пределы допускаемого среднеквадратичного отклонения случайной составляющей, %	0,03		
Результаты измерений:			
на пятиразрядном цифровом табло для непосредственного восприятия с номинальной ценой единицы наименьшего разряда, мкс	0,1		

Схема установки ИУВ

