

## ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Системы информационно-измерительные в составе стационарных систем контроля технического состояния гидроагрегатов

### Назначение средства измерений

Системы информационно-измерительные в составе стационарных систем контроля технического состояния гидроагрегатов (далее ИИС СКТС) предназначены для измерения температуры, давления, расхода, уровня воды и масла, несущих информацию о техническом состоянии гидроагрегатов ГЭС.

### Описание средства измерений

ИИС СКТС представляет собой многофункциональную трехуровневую систему с централизованным управлением и распределенной функцией измерений.

Средства измерений и связующие компоненты образуют 23 измерительных канала (ИК). Структура ИИС СКТС приведена на рисунке 1. Перечень и состав ИК приведен в таблице 1.

Первый уровень ИИС СКТС состоит из:

- преобразователей давления измерительных Sitrans P модификации DSIII 7MF 4033 - № ГРСИ 45743-10;
- преобразователей давления измерительных Sitrans P220 модификации 7MF 1567 - № ГРСИ 51587-12;
- расходомеров-счетчиков электромагнитных Sitrans FM состоящих из первичных преобразователей MAG 5100W и преобразователей сигналов MAG5000 - № ГРСИ 35024-12;
- уровнемеров поплавковых байпасных УПБ модификации MG - № ГРСИ 35248-07;
- термопреобразователей сопротивления платиновых TR10 - № ГРСИ 49519-12.

Второй уровень состоит из контроллера программируемого SIMATIC S7-400 с модулями ввода аналоговых сигналов 6ES7 331-7KF02 и 6ES7 331-7PF01 (ГРСИ № 15773-11).

Третий уровень образован сервером, построенным на промышленном компьютере. Для отображения результатов измерений в составе третьего уровня используются автоматизированные рабочие места (АРМ) и операторская панель с программным обеспечением SCADA WinCC.

Измерительные каналы разделены по виду измеряемой величины на четыре группы:

- ИК-1 измерения давления воды и масла (ИК № 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7);
- ИК-2 измерения расхода воды (ИК № 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14);
- ИК-3 измерения уровня воды и масла (ИК № 15, 16, 17, 18);
- ИК-4 измерения температуры воды (ИК № 19, 20, 21, 22, 23).

Принцип действия измерительных каналов групп ИК-1, ИК-2, ИК-3 заключается в преобразовании физических величин в унифицированный токовый сигнал (от 4 до 20 мА) по ГОСТ 26.011, дальнейшем преобразовании этого сигнала с помощью восьмиканальных модулей ввода в цифровой код, передачи цифрового кода по сети PROFIBUS DP в контроллер и преобразовании его в именованные величины – давление, расход и уровень.

Принцип действия измерительных каналов группы ИК-4 заключается в преобразовании температуры в сопротивление платиновыми термопреобразователями сопротивления, измерении сопротивления восьмиканальным модулем ввода по четырехпроводной схеме и преобразованием его в цифровой код, передачи цифрового кода по сети PROFIBUS DP в контроллер и преобразовании его в значение температуры по номинальной статической характеристике Pt100.

Результаты измерений передаются по сети Ethernet из контроллера в сервер для хранения в резервируемой базе данных и на операторскую панель и АРМ для отображения.

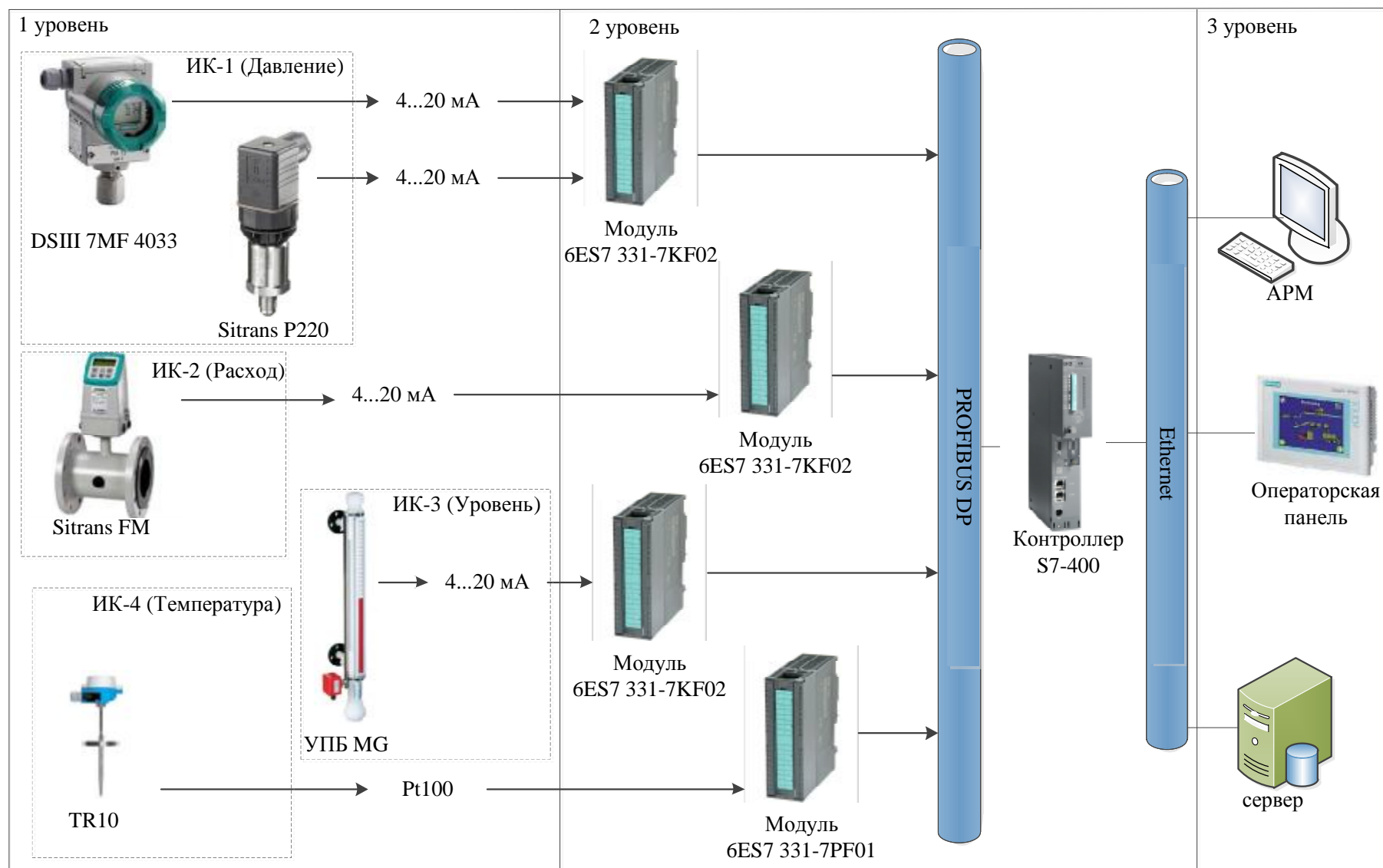


Рисунок 1 – Структурная схема ИИС СКТС

Таблица 1 – Перечень и состав измерительных каналов

№ ИК	Наименование ИК	Первичный преобразователь		Модуль ввода	
		Тип, модификация,	Позиция	Модификация	Позиция
1	давление в спиральной камере	Sitrans P DSIII 7MF 4033	PT1	6ES7 331-7KF02	2A2
2	давление под крышкой турбины	Sitrans P220 7MF 1567	PT2		
3	давление в отсасывающей трубе турбины	Sitrans P220 7MF 1567	PT3		
4	давление в системах направляющих аппаратов (открытие)	Sitrans P DSIII 7MF 4033	PT4-1		
5	давление в системах направляющих аппаратов (закрытие)	Sitrans P DSIII 7MF 4033	PT4-2		
6	давление воды на питающем трубопроводе ТП	Sitrans P220 7MF 1567	PT5		
7	давление воды внутри корпуса ТП	Sitrans P220 7MF 1567	PT6		
8	расход воды на охлаждение генератора	SITRANS FM MAG5100W, MAG5000	FIT1	6ES7 331-7KF02	2A3
9	расход воды на охлаждение ГП	SITRANS FM MAG5100W, MAG5000	FIT2		
10	расход воды на охлаждение подпятника	SITRANS FM MAG5100W, MAG5000	FIT3		
11	расход воды на охлаждение трансформатора	SITRANS FM MAG5100W, MAG5000	FIT4		
12	расход воды на охлаждение ТП	SITRANS FM MAG5100W, MAG5000	FIT5		
13	расход воды от общестанционной магистрали на резервное питание ТП	SITRANS FM MAG5100W, MAG5000	FIT6		
14	расход воды на противоконденсатную систему	SITRANS FM MAG5100W, MAG5000	FIT7		
15	уровень масла в ванне ГП	УБП MG	LIE1	6ES7 331-7KF02	2A4
16	уровень масла в котле МНУ	УБП MG	LIE2		
17	уровень масла в сливном баке МНУ	УБП MG	LIE3		
18	уровень масла в сливном баке лекажного агрегата	УБП MG	LIE4		

№ ИК	Наименование ИК	Первичный преобразователь		Модуль ввода	
		Тип, модификация,	Позиция	Модификация	Позиция
19	температура охлаждающей воды на выходе из генераторного подшипника	TR10	TE1	6ES7 331-7PF01	2A5
20	температура охлаждающей воды на выходе из подпятника	TR10	TE2		
21	температура охлаждающей воды на выходе из турбинного подшипника	TR10	TE3		
22	температура охлаждающей воды в корпусе турбинного подшипника	TR10	TE4		
23	температура охлаждающей воды в системе ТВС	TR10	TE5		
Все измерительные каналы объединены одним контроллером Simatic S7-400					

Для ИИС СКТС, установленной на месте эксплуатации на конкретном гидроагрегате отдельные измерительные каналы могут отсутствовать.

### Программное обеспечение

Специальное программное обеспечение ИИС СКТС представляет собой проект, состоящий из набора блоков с программным кодом и связей между ними. Метрологически значимая часть программного обеспечения состоит из блоков проекта DB2, FB500 и FB509 в которых хранятся настройки ИИС СКТС (алгоритмы обработки аналоговых сигналов). В блоке DB2 происходит расчет температуры по результату измерения сопротивления в цифровом коде и таблицам с номинальной статической характеристикой Pt100. В блоке FB500 происходит преобразование результатов измерений унифицированных токовых сигналов (от 4 до 20 мА) из цифрового кода в именованную физическую величину. В блоке FB509 происходит пересчет результатов измерений расхода из метров кубических в час в литры в секунду. Проект компилируется и загружается в контроллер с помощью программатора с установленной средой разработки проектов SIMATIC PCS7 v7.1 SP3.

Влияние программного обеспечения на метрологические характеристики учтено при нормировании погрешностей измерительных каналов. Дополнительная погрешность из-за округления при отображении результатов измерений не превышает  $\frac{1}{2}$  единицы младшего разряда результата измерений.

Уровень защиты метрологически значимой части программного соответствует уровню «С» по МИ 3286-2010.

Идентификация метрологически значимой части программного обеспечения - блоков DB2, FB500 и FB509 осуществляется копированием их из памяти контроллера в программатор и преобразованием в файлы, а затем расчета их цифрового идентификатора по алгоритму MD5.

Таблица 2 – Идентификационные данные метрологически значимой части программного обеспечения

Наименование программного обеспечения	Идентификационное наименование программного обеспечения	Номер версии программного обеспечения	Цифровой идентификатор программного обеспечения	Алгоритм вычисления цифрового идентификатора
Блок расчета аналоговых каналов температуры	DB2	-	ff8921ed32a0069ad77ffdfd8637fb45	MD5
Драйвер аналоговых каналов	FB500	-	0dfe211bc7208bab7684cf2696e3a19b	MD5
Блок расчета аналоговых каналов расхода	FB509	-	b45851499b902d05c373a101796c9ed3	MD5

### Метрологические и технические характеристики

Количество измерительных каналов..... 23.  
 Диапазоны измерений и пределы допускаемой погрешности для различных групп измерительных каналов указаны в таблице 3.  
 Рабочие условия применения технических средств:  
 температура окружающего воздуха первичных преобразователей..... от 5 до 40 °С,  
 температура окружающего воздуха модулей аналогового ввода, контроллера SIMATIC S7-400 и операторской панели..... от 15 до 35 °С,  
 температура окружающего воздуха сервера и АРМ..... от 15 до 35 °С.  
 Параметры электрического питания:  
 напряжение сети питания постоянного тока ..... от 12 до 42 В,  
 напряжение сети питания переменного тока..... от 198 до 242 В,  
 частота сети питания ..... от 49 до 51 Гц.

Таблица 3 - Диапазоны измерений и пределы допускаемой погрешности ИК

№ ИК	Измеряемая ФВ, группа ИК	Диапазон измерений ФВ, ед. измерений	СИ, входящие в состав ИК				Границы допускаемой погрешности ИК
			Наименование, тип, модификация	№ в Госреестре СИ	Пределы допускаемой основной погрешности	Пределы допускаемой дополнительной погрешности (или погрешность в р.у.)	
1	Давление воды, ИК-1	от 0 до 1,6 МПа	преобразователь давления измерительный Sitrans P DSIII 7MF 4033	45743-10	$\gamma = \pm 0,0739 \%$	$\gamma_{p.y.} = \pm 0,18 \%$	$\gamma = \pm 0,88 \%$
			модуль ввода аналоговых сигналов (далее модуль) 6ES7431-7KF02	15773-11	$\gamma = \pm 0,5 \%$	$\gamma_{p.y.} = \pm 0,7 \%$	
от 0 до 0,6 МПа		преобразователь давления измерительный Sitrans P220 7MF 1567	51587-12	$\gamma = \pm 0,5 \%$	$\gamma_{r.} = \pm 0,025 \%$	$\gamma = \pm 1,7 \%$	
		модуль 6ES7431-7KF02	15773-11	$\gamma = \pm 0,5 \%$	$\gamma_{p.y.} = \pm 0,7 \%$		
от 0 до 0,5 МПа		преобразователь давления измерительный Sitrans P220 7MF 1567	51587-12	$\gamma = \pm 0,5 \%$	$\gamma_{r.} = \pm 0,025 \%$	$\gamma = \pm 1,7 \%$	
		модуль 6ES7431-7KF02	15773-11	$\gamma = \pm 0,5 \%$	$\gamma_{p.y.} = \pm 0,7 \%$		
от 0 до 6,3 МПа		преобразователь давления измерительный Sitrans P DSIII 7MF 4033	45743-10	$\gamma = \pm 0,0739 \%$	$\gamma_{p.y.} = \pm 0,18 \%$	$\gamma = \pm 0,88 \%$	
		модуль 6ES7431-7KF02	15773-11	$\gamma = \pm 0,5 \%$	$\gamma_{p.y.} = \pm 0,7 \%$		
от 127 до 700 м <sup>3</sup> /ч		расходомеров-счетчиков электромагнитных Sitrans FM	35024-12	$\delta = \pm 0,4 \%$	$\delta_{p.y.} = \pm 0,4 \%$	$\delta = \pm \left( 0,4 + \frac{0,7}{F} F_m \right) \%$	
		модуль 6ES7431-7KF02	15773-11	$\gamma = \pm 0,5 \%$	$\gamma_{p.y.} = \pm 0,7 \%$		
от 9 до 300 м <sup>3</sup> /ч	расходомеров-счетчиков электромагнитных Sitrans FM	35024-12	$\delta = \pm 0,4 \%$	$\delta_{p.y.} = \pm 0,4 \%$	$\delta = \pm \left( 0,4 + \frac{0,7}{F} F_m \right) \%$		
	модуль 6ES7431-7KF02	15773-11	$\gamma = \pm 0,5 \%$	$\gamma_{p.y.} = \pm 0,7 \%$			
от 32 до 250 м <sup>3</sup> /ч	расходомеров-счетчиков электромагнитных Sitrans FM	35024-12	$\delta = \pm 0,4 \%$	$\delta_{p.y.} = \pm 0,4 \%$	$\delta = \pm \left( 0,4 + \frac{0,7}{F} F_m \right) \%$		
	модуль 6ES7431-7KF02	15772-11	$\gamma = \pm 0,5 \%$	$\gamma_{p.y.} = \pm 0,7 \%$			

№ ИК	Измеряемая ФВ, группа ИК	Диапазон измерений ФВ, ед. измерений	СИ, входящие в состав ИК				Границы допускаемой погрешности ИК
			Наименование, тип, модификация	№ в Госреестре СИ	Пределы допускаемой основной погрешности	Пределы допускаемой дополнительной погрешности (или погрешность в р.у.)	
12, 13	Расход воды, ИК-2	от 15 до 120 м <sup>3</sup> /ч	расходомеров-счетчиков электромагнитных Sitrans FM	35024-12	$\delta = \pm 0,4 \%$	$\delta_{p.y.} = \pm 0,4 \%$	$\varepsilon = \pm \left( 0,4 + \frac{0,7}{F} E_m \right) \%$
			модуль 6ES7431-7KF02	15772-11	$\gamma = \pm 0,5 \%$	$\gamma_{p.y.} = \pm 0,7 \%$	
14	ИК-2	от 32 до 70 м <sup>3</sup> /ч	расходомеров-счетчиков электромагнитных Sitrans FM	35024-12	$\delta = \pm 0,4 \%$	$\delta_{p.y.} = \pm 0,4 \%$	$\varepsilon = \pm \left( 0,4 + \frac{0,7}{F} E_m \right) \%$
			модуль 6ES7431-7KF02	15772-11	$\gamma = \pm 0,5 \%$	$\gamma_{p.y.} = \pm 0,7 \%$	
15, 18	Уровень масла, ИК-3	от 0 до 200 мм	уровнемер поплавковый байпасный УПБ модификации MG	35248-07	$\Delta = \pm 5 \text{ мм}$	$\Delta_{p.y.} = \pm 5 \text{ мм}$	$\Delta = \pm 7 \text{ мм}$
			модуль 6ES7431-7KF02	15772-11	$\gamma = \pm 0,5 \%$	$\gamma_{p.y.} = \pm 0,7 \%$	
16	Уровень масла, ИК-3	от 0 до 1480 мм	уровнемер поплавковый байпасный УПБ модификации MG	35248-07	$\Delta = \pm 10 \text{ мм}$	$\Delta_{p.y.} = \pm 10 \text{ мм}$	$\Delta = \pm 21 \text{ мм}$
			модуль 6ES7431-7KF02	15772-11	$\gamma = \pm 0,5 \%$	$\gamma_{p.y.} = \pm 0,7 \%$	
17	Уровень масла, ИК-3	от 0 до 1200 мм	уровнемер поплавковый байпасный УПБ модификации MG	35248-07	$\Delta = \pm 10 \text{ мм}$	$\Delta_{p.y.} = \pm 10 \text{ мм}$	$\Delta = \pm 19 \text{ мм}$
			модуль 6ES7431-7KF02	15772-11	$\gamma = \pm 0,5 \%$	$\gamma_{p.y.} = \pm 0,7 \%$	
19, 20, 21, 22, 23	Температура воды, ИК-4	От минус 50 до 250 °С	Термопреобразователь сопротивления платиновый TR10	49519-12	$\Delta = \pm (0,15 + 0,002 T) \text{ °C}$	$\Delta_{p.y.} = \pm (0,15 + 0,002 T) \text{ °C}$	$\Delta = \pm (1,15 + 0,002 T) \text{ °C}$
			модуль 6ES7431-7PF01	15772-11	$\Delta = \pm 0,5 \text{ °C}$	$\Delta_{p.y.} = \pm 1 \text{ °C}$	

Примечания

1) В таблице приняты следующие обозначения: ФВ – физическая величина; р.у. – рабочие условия;  $\Delta$  – абсолютная погрешность;  $\gamma$  – приведённая погрешность;  $\gamma_{p.y.}$  – приведённая погрешность в рабочих условиях;  $\Delta_T$  – абсолютная погрешность, вызванная изменением температуры окружающей среды на 1°С;  $\gamma_T$  – приведённая погрешность, вызванная изменением температуры окружающей среды на 1°С; T – измеренное значение температуры.

2) Допускается замена первичных измерительных преобразователей на аналогичные утвержденных типов с метрологическими характеристиками, не худшими, чем у перечисленных в таблице 3

### Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится на титульный лист документа 23584736.42 5220.1085ПС «Система информационно-измерительная в составе стационарной системы контроля технического состояния. Паспорт».

### Комплектность средства измерений

Комплектность ИИС СКТС представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Комплектность ИИС СКТС

Наименование	Тип, обозначение	Количество
Преобразователи давления измерительные	Sitrans P модификации DSIII 7MF 4033	3 шт.*
Преобразователи давления измерительные	Sitrans P220 модификации 7MF 1567	4 шт.*
Расходомеры-счетчики электромагнитные	Sitrans FM, MAG 5100W и MAG5000	7 шт.*
Уровнемеры поплавковые байпасные	УПБ модификации MG	4 шт.*
Термопреобразователи сопротивления платиновые	TR10	5 шт.*
Модуль ввода аналогового сигнала	6ES7 331-7KF02	3 шт.
Модуль ввода аналогового сигнала	6ES7 331-7PF01	1 шт.
Контроллер программируемый	SIMATIC S7-400	1 шт.
Операторская панель	SIMATIC MP 377	1 шт.
Автоматизированное рабочее место	АРМ	2 шт.
Система информационно-измерительная в составе стационарной системы контроля технического состояния гидроагрегатов. Паспорт	23584736.42 5220.1085ПС	1 шт.
Система информационно-измерительная в составе стационарной системы контроля технического состояния гидроагрегатов. Методика поверки	23584736.42 5220.1085Д1	1 шт.
* количество определяется при заказе для установки на конкретном гидроагрегате и может быть меньше чем указано в таблице		

### Поверка

Поверка ИИС СКТС осуществляется по документу 23584736.42 5220.1085Д1 «Система информационно-измерительная в составе стационарной системы контроля технического состояния гидроагрегатов. Методика поверки», утвержденному ФГУП «СНИИМ» в августе 2013 г. Основное поверочное оборудование:

- калибратор токовых сигналов Fluke 707, абсолютная погрешность  $\pm(0,015 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,002)$  мА, где I – задаваемая сила тока;
- мультиметр APPA 107N, абсолютная погрешность  $\pm(0,06 \cdot 10^{-2} \cdot U + 0,01)$  В, где U – измеренное напряжение;
- магазин сопротивлений P4831, класс точности 0,02.

Поверка преобразователей давления измерительных Sitrans P модификации DSIII 7MF 4033 осуществляется в соответствии документом «Преобразователи давления измерительные типа 7MF (DSIII, DSIII PA, DSIII FF, P300, P300 PA, P300 FF) Методика поверки» утвержденным ФГУП «ВНИИМС».

Поверка преобразователей давления измерительных Sitrans P220 осуществляется в соответствии с методикой МИ 1997-89 «Рекомендации ГСИ. Преобразователи давления измерительные. Методика поверки».



Поверка расходомеров-счетчиков электромагнитных осуществляется в соответствии с документом МП 35024-07 «Расходомеры-счетчики электромагнитные SITRANS FM. Методика поверки», утвержденным ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМС» 25.05.2007г.

Поверка уровнемеров поплавковых байпасных УБП осуществляется в соответствии с документом «Уровнемеры поплавковые байпасные УБП. Методика поверки», утвержденным ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМС» июне 2007г.

Поверка термопреобразователей сопротивления платиновых TR10 осуществляется в соответствии с документом МП 49519-12 «Термопреобразователи сопротивления платиновые серий TR, TST. Методика поверки», утвержденному ГЦИ СИ ФГУП «ВНИИМС» в 2011г.

Поверка модулей ввода аналогового сигнала 6ES7 134-4MB02-0AB0 и контроллеров SIMATIC S7-400 осуществляется в соответствии с методикой МИ 2539-99 «ГСИ. Измерительные каналы контроллеров, измерительно-вычислительных, управляющих, программно-технических комплексов. Методика поверки».

#### **Сведения о методиках (методах) измерений**

Методика измерений приведена в документе 23584736.42 5220.1085РЭ «Система информационно-измерительная в составе стационарной системы контроля технического состояния гидроагрегатов. Руководство по эксплуатации».

#### **Нормативные документы, устанавливающие требования к системам информационно-измерительным в составе стационарной системы контроля технического состояния гидроагрегатов:**

1. ГОСТ Р 8.596-2002 Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения.
2. ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия.
3. 23584736.42 5220.1085ТУ Система информационно-измерительная в составе стационарной системы контроля технического состояния. Технические условия.

#### **Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений**

Осуществление производственного контроля за соблюдением установленных законодательством Российской Федерации требований промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта.

#### **Изготовитель**

Закрытое акционерное общество «СИНЕТИК»,  
Адрес: 630009, г. Новосибирск, ул. 3-го Интернационала, 127,  
тел. (383)266-75-32, факс (383) 266-07-51, e-mail: [root@sinetic.ru](mailto:root@sinetic.ru).

#### **Испытательный центр**

Федеральное государственное унитарное предприятие «Сибирский государственный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт метрологии» (ФГУП «СНИИМ»).

Адрес: 630004, г. Новосибирск, проспект Димитрова, д. 4, тел. (383)210-08-14.  
Аттестат аккредитации ГЦИ СИ ФГУП «СНИИМ» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № 30007-09 от 12.12.2009 г.

Заместитель

Руководителя Федерального  
агентства по техническому  
регулированию и метрологии

\_\_\_\_\_ Ф.В. Булыгин

М.п. «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2013 г