

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ГЦИ СИ -
и.о. директора ФГУП «ВНИИР»

В.Г.Соловьев

«» 2012 г.

М.П.

ИНСТРУКЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

Установки поверочные автоматизированные УПРС

Методика поверки
УПРС.00.001 МП

г.Казань
2012



Содержание

1 Операции поверки	4
2 Средства поверки	4
3 Требования безопасности	5
4 Требования к квалификации поверителей	5
5 Условия поверки	5
6 Подготовка к поверке	6
7 Проведение поверки	6
7.1 Внешний осмотр	6
7.2 Определение электрического сопротивления изоляции	6
7.3 Подтверждение соответствия программного обеспечения	6
7.4 Опробование	7
7.5 Определение давления на входе измерительного стола при наибольшем расходе	7
7.6 Определение метрологических характеристик установки	7
7.5.1 Определение МХ ВУ	7
7.6.2 Определение абсолютной погрешности ИК температуры рабочей жидкости	10
7.6.3 Определение основной относительной погрешности УПП	11
7.6.4 Определение погрешности аналоговых ИК	12
7.6.5 Определение погрешности импульсных ИК	12
7.6.6 Определение погрешности измерения объема (массы) по ВУ и ЭРС	13
7.6.7 Определение относительной погрешности ИК давления рабочей жидкости	15
7.5.8 Определение нестабильности расхода	15
7.6.9 Определение коэффициента зависимости $K_{ВВ}$	16
7.6.10 Определение основной относительной погрешности установки	16
8 Оформление результатов поверки установки	19
Приложение А Форма протокола поверки установки	20
Приложение Б Инструкция по градуировке	31
Приложение В Схема поверки импульсных измерительных каналов	39
Приложение Г Методика определения $K_{ВВ}$	40
Для заметок	41

Настоящий документ распространяется на установки поверочные автоматизированным УПРС (далее – установки) с максимальным воспроизводимым расходом $200 \text{ м}^3/\text{ч}$ (т/ч), выпускаемых ООО «ИПФ «Нептун» по техническим условиям 4381-001-67571864-2012, и устанавливает методы и средства их первичной (при выпуске из производства и после ремонта) и периодической поверки во время эксплуатации.

Межповерочный интервал установок – 1 год.

1 Операции поверки

1.1 В процессе поверки выполняют операции в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	+	+
Определение электрического сопротивления изоляции	7.2	+	+
Подтверждение соответствия программного обеспечения	7.3	+	+
Опробование	7.4	+	+
Определение давления на входе измерительного стола при максимальном расходе	7.5	+	–
Определение метрологических характеристик (МХ):	7.6		
– определение МХ весовых устройств (далее – ВУ)	7.6.1	+	+
– определение абсолютной погрешности измерительного канала (ИК) температуры воды	7.6.2	+	+
– определение относительной погрешности устройств переключения потока (УПП)	7.6.3	+	+
– определение погрешности аналоговых* ИК	7.6.4	+	+
– определение погрешности импульсных ИК	7.6.5	+	+
– определение относительной погрешности измерения объема (массы) по ВУ	7.6.6.1	+	+
– определение относительной погрешности измерения объема (массы) эталонными расходомерами – счетчиками (ЭРС)**	7.6.6.2	+	+
– определение приведенной погрешности ИК давления	7.6.7	+	–
– определение нестабильности расхода	7.6.8	+	+
– определение коэффициента зависимости $K_{ВВ}$	7.6.9	+	–
– определение относительной погрешности установки	7.6.10	+	+
Оформление результатов поверки	8	+	+
* – при наличии аналоговых ИК;			
** – при наличии возможности проведения поверки массовых РС по ЭРС.			

1.2 В таблице 1 приведен перечень операций поверки для установок с полным набором функциональных возможностей и видов измерений. Поверка конкретной установки проводится по тем параметрам, которые присутствуют в установке в соответствии с ее эксплуатационной документацией (ЭД).

1.3 При получении отрицательных результатов по какому-либо пункту методики поверки поверка прекращается и установка к применению не допускается.

2 Средства поверки

2.1 При проведении поверки установки применяют средства измерений (далее – СИ), указанные в таблице 2.

2.2 Все применяемые при поверке СИ должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке или оттиск поверительного клейма, а также эксплуатационную документацию.

2.3 Допускается применять иные аналогичные по назначению СИ, если их характеристики не хуже установленных настоящей методикой.

Таблица 2 – Средства поверки установки

Номер пункта документа по поверке	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
Основные средства поверки	
7.5.1	Гири: 20 кг *, набор гирь (1 – 500) г М1 по ГОСТ 7328 – 2001
7.5.1	Набор гирь (1 – 10) кг F2 по ГОСТ 7328 – 2001
7.5.1	Весы-компаратор КА50-2/Т, 3 класс по ГОСТ 24104-2001
7.5.7	Калибратор давления РС 6 PRO. Класс точности 0,02, диапазон измерения и воспроизведения давления от 0 до 1,0 МПа. Техническая документация фирмы «ARTVIK»
7.5.5	Калибратор многофункциональный MC3-R. Класс точности 0,02, диапазон измерения/генерирования импульсов от 1 до 9999999, разрешение 1 импульс. Техническая документация фирмы «ARTVIK»
7.5.4	Калибратор MIC-10. Класс точности 0,015. Диапазон измерения/генерирования сигналов напряжения от 0 до плюс 12 В, силы постоянного тока от 0 до плюс 20 мА. Техническая документация фирмы «ARTVIK»
7.5.2	Магазин сопротивлений ММЭС Р 4834. Класс точности 0,02, диапазон воспроизведения значений сопротивления от 10^{-2} до $1,1 \cdot 10^6$ Ом
7.5.6.3	Весовые устройства (в составе установки)**, диапазон взвешивания от 4 до 6000 кг, относительная погрешность $\pm (0,05 - 0,08) \%$
7.2	Мегаомметр М4101/1 ГОСТ 23706. Погрешность $\pm 1,0 \%$, напряжение 500 В
Вспомогательные средства поверки	
5	Барометр-анероид М110, ТУ 25-1799-75, погрешность $\pm 2 \%$
5	Термогигрометр ИВА-6А. Диапазон измерения температуры от 0 до плюс 50 °С, абсолютная погрешность $\pm 0,5$ °С. Диапазон измерения влажности от 0 до 98 %, абсолютная погрешность $\pm 2 \%$.
* количество гирь определяется наибольшим пределом измерения массы ВУ для конкретной модификации установки; ** Относительная погрешность ВУ определяется модификацией установки.	

3 Требования безопасности

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования, определяемые:

- правилами безопасности при эксплуатации установки, приведенными в ЭД;
- правилами безопасности при эксплуатации средств поверки, приведенными в соответствующей ЭД;
- правилами техники безопасности и пожарной безопасности, действующими на предприятии.

4 Требования к квалификации поверителей

4.1 Поверка установок проводится квалифицированным персоналом предприятий и организаций, аккредитованных в установленном порядке на право проведения поверочных работ.

4.2 Поверку установки должен выполнять поверитель, изучивший по ЭД работу установки и имеющий навыки работы на компьютере в операционной среде WINDOWS.

4.3 Поверитель должен быть аттестован в соответствии с ПР 50.2.012-94 «ГСИ. Порядок аттестации поверителей средств измерений».

5 Условия поверки

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С..... от плюс 15 до плюс 25;
- измеряемая среда вода по СанПиН 2.1.4.1074-2001;
- температура измеряемой среды, °С..... от плюс 15 до плюс 25;
- относительная влажность воздуха, % от 40 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106;
- электропитание..... сеть переменного тока напряжением $(380 \pm 38)/(220 \pm 22)$ В, частотой $(50 \pm 0,5)$ Гц.

При проведении поверки установки не должно быть вибраций и ударных нагрузок.
 При определении МХ ВУ в помещении не должно быть движения воздуха со скоростью более 0,2 м/с.
 Изменение температуры рабочей жидкости за время поверки не должно превышать 2 °С.

6 Подготовка к поверке

- 6.1 Перед началом поверки поверитель должен изучить ЭД на поверяемую установку, технических средств, используемых при поверке, настоящую инструкцию и правила техники безопасности.
 6.2 Подготовить бланки протокола поверки установки по форме приложения А.
 6.3 Проверить комплектность средств поверки, наличие действующих свидетельств о их поверке.

Примечания

- 1 Датчики температуры, входящие в состав установки, поверяются отдельно в органах, аккредитованных на право проведения поверки по соответствующему виду измерения. На момент проведения поверки установки датчики температуры должны иметь действующие свидетельства о поверке.
 2 Результаты измерения давления рабочей жидкости используются только при проведении первичной поверки установки. В этом случае датчик давления поверяется отдельно или в составе установки органами, аккредитованными на право проведения поверки по соответствующему виду измерения и на момент поверки должен иметь действующее свидетельство о поверке. Во время эксплуатации и при проведении периодической поверки датчик давления является индикатором и поверке не подлежит.
 3 Манометры, применяемые в составе установки и используемые для контроля давления воздуха, являются индикаторами и поверке не подлежат.

- 6.4 Провести подготовительные работы на установке в соответствии с ЭД.

7 Проведение поверки

7.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра проверяют:

- комплектность установки в соответствии с ЭД;
- целостность защитного заземления, отсутствие внешних неисправностей в электрических соединениях между составными частями установки;
- отсутствие течи в сварных и фланцевых соединениях;
- отсутствие механических повреждений.

Результаты поверки по данной операции считаются положительными, если при внешнем осмотре не выявлено несоответствия установленным требованиям в ЭД.

7.2 Определение электрического сопротивления изоляции

7.2.1 Электрическое сопротивление измерительных и силовых цепей относительно корпуса определяют в нормальных условиях применения мегомметром М4101/1 (номинальное испытательное напряжение 500 В).

Отсчет показаний по мегомметру проводят по истечении одной минуты после приложения испытательного напряжения.

Испытательное напряжение прикладывают между закороченными выводами электропитания силового шкафа установки и корпусом.

Установка считается пригодной для дальнейшего проведения поверки, если электрическое сопротивление изоляции цепей электропитания относительно корпуса не менее 20 МОм.

Действительное значение сопротивления изоляции записывается в таблицу А.1.

7.3 Подтверждение соответствия программного обеспечения

7.3.1 Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО) установок поверочных автоматизированных УПРС заявленным идентификационным данным производят с помощью ПК путем сравнения с данными, указанными изготовителем в РЭ (раздел «Поверка» на конкретную установку. Контрольные суммы для файлов UPRS.exe и settings.cfg вычисляются с помощью программы DivHash v.1.2 по алгоритму MD5.

7.3.2 При совпадении сумм делается вывод о том, что вмешательства в программное обеспечение не выявлено. В противном случае выясняются причины несоответствия, а после проведения поверки вновь вычисляется контрольная сумма и делается новая запись в ЭД (раздел «Поверка») за подписью ответственного лица.

Результаты поверки по данной операции считаются положительными, если при опробовании не выявлено несоответствия установленным требованиям ЭД.

7.4 Опробование

7.4.1 Опробование установки проводят в соответствии с ЭД.

7.5 Определение давления на входе измерительного стола при наибольшем расходе

7.5.1 Давление на входе измерительного стола при наибольшем расходе определяют при проведении первичной поверки установки в тестовом режиме работы программного обеспечения (описание работы установки в тестовом режиме приведено в ЭД).

7.5.2 Через окно индикации состояния и управления регулируемыми задвижками с электроприводом полностью открывают затвор для ЭРС с максимальным диаметром условного прохода.

7.5.3 Через окно индикации состояния и управления частотным преобразователем насоса включают насос и равномерно увеличивают частоту до 50 Гц. Дают выдержку 1-2 минуты и считывают в базовом окне на экране монитора значение расхода $Q_{\text{наиб}}$, м³/ч.

7.5.4 Через окно индикации состояния и управления задвижками включают регулируемый затвор на закрытие, добиваются показаний расхода, соответствующего наибольшему значению для данной модификации установки Q_{max} , м³/ч, считывают значение давления P_{min} и выключают насос.

Результаты первичной поверки по данной операции считаются положительными, если значение расхода, определенного по 7.5.3, превышает Q_{max} , а значение давления P_{min} , определенного по 7.5.4, превышает значение, приведенное ЭД. Результаты измерений записывают в таблицу А.2.

7.6 Определение метрологических характеристик установки

7.6.1 Определение МХ ВУ

7.6.1.1 Для проведения поверки ВУ необходимо:

- а) опробовать ВУ;
- б) определить погрешность установки нуля;
- в) определить погрешность нагруженного ВУ;
- г) провести проверку реагирования;
- д) определить сходимость (размах) показаний ВУ.

Испытания по перечислениям б), в) могут быть совмещены.

Указанные операции выполняются поочередно для всех ВУ, входящих в состав установки.

Технические и метрологические характеристики конкретного ВУ приведены в ЭД на поверяемую установку.

7.6.1.2 После включения электропитания установки нужно запустить программу «UPRS.exe». На экране монитора появится базовое окно программы (рисунок 1).

Для опробования ВУ необходимо выполнить следующие действия:

– выбрать пункт меню «Поверка установки», строку «Поверка весов» или нажать кнопку 11 (рисунок 1);

– в появившемся окне (рисунок 2) выбрать ВУ;

– нажать кнопку «Установить ноль».

После стабилизации ВУ (индикация стабилизации производится в статусной строке) на индикаторе ВУ будет нулевое значение, в строке тара – масса весового бака или вспомогательной платформы.

Далее необходимо нагрузить ВУ гирями, общей массой равной M_{in} , нажать кнопку «Взвесить», после приглашения ввести массу установленных гирь. После ввода и нажатия кнопки «ОК» производится стабилизация ВУ и по мере ее окончания считывается результат измерения массы. При этом результат измерения, значение массы гирь и относительная погрешность измерения выводятся в окне на рисунке 2.

Проконтролировать индикацию стабилизации, наличие цифровых данных в окне индикации результата и массы тары в окне «Тара». Результаты записать в таблицу А.3.

После опробования ВУ необходимо снять груз с ВУ и закрыть окно, нажав кнопку «Выход».

Описанные действия выполняются для каждого ВУ.

Результаты поверки по данной операции считаются положительными, если все описанные функции выполняются.

7.6.1.3 Для определения погрешности установки нуля (испытание по перечислению б), п.7.6.1.1) необходимо:

– предварительно нагрузить ВУ дополнительными гирями (L_0), как можно ближе к точке изменения показания;

– установить показания ВУ на ноль;

– дополнительно нагружать ВУ гирями с шагом $0,1 \cdot d$ до тех пор, пока не произойдет изменение показания на одно деление d выше нуля (ΔL_0);

– вычислить погрешность установки нуля E_0 , г, по формуле:

$$E_0 = L_0 + 0,5 \cdot d - \Delta L_0, \quad (1)$$

где L_0 – общая масса гирь до обнуления показаний ВУ, г;

ΔL_0 – общая масса дополнительных гирь после обнуления показаний ВУ, г.

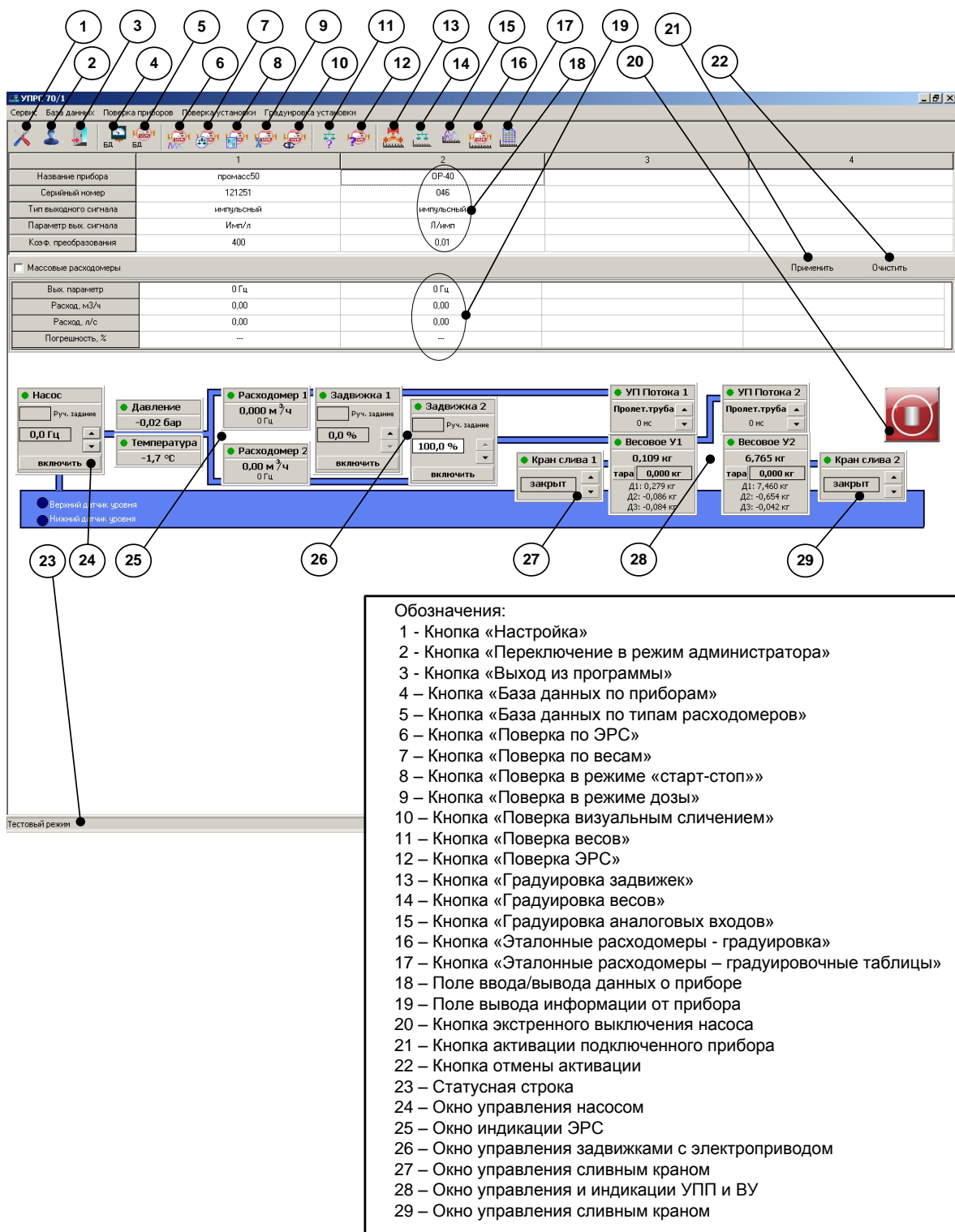


Рисунок 1 – Базовое окно программы

Погрешность установки нуля определить для каждого ВУ. Результаты измерений занести в таблицу А.4.

Результаты поверки считаются положительными, если погрешность установки нуля каждого ВУ не превышает $\pm 0,25 \cdot d$.

Рисунок 2 – Окно поверки весового устройства

7.6.1.4 Для определения погрешности нагруженного ВУ необходимо последовательно нагрузить ВУ гирями, общая масса которых должна включать не менее пяти значений, равномерно распределенных между Min и Max, включая крайние точки диапазона измерения массы.

При первичной поверке измерение массы произвести не менее 11 раз в каждой точке. При периодической поверке измерение массы в каждой точке произвести не менее трех раз.

Результаты измерений занести в протокол по форме А.5 (для первичной поверки) и по форме А.6 (для периодической поверки). Формы А.5 и А.6 заполняются для каждого ВУ.

Диапазоны измерения массы ВУ указаны в ЭД.

При установке гирь на ВУ необходимо **размещать их по центру** относительно весовой платформы.

7.6.1.5 Обработку результатов измерений проводят с использованием рабочей программы или редактора EXCEL с использованием следующей методики.

Значение относительной погрешности ВУ δ_{vi} , %, определяется по формуле:

$$\delta_{vi} = 100 \cdot (M_{gi} - M_{э}) / M_{э}, \quad (2)$$

где M_{gi} – показания индикатора ВУ на экране монитора ПК, кг;

$M_{э}$ – общая масса установленных на ВУ эталонных гирь, кг.

Неисключенную систематическую погрешность эталонной меры для каждого значения массы при j -ой нагрузке вычисляют по формуле:

$$\theta_{nmj} = 100 \cdot \Delta M_{эj} / M_{эj}, \quad (3)$$

где $\Delta M_{эj}$ – суммарная поправка для набора эталонных гирь, кг;

$M_{эj}$ – суммарная масса набора эталонных гирь, кг.

П р и м е ч а н и е – Если поправки неизвестны, то в качестве неисключенной систематической погрешности принимается погрешность гирь в соответствии с ГОСТ 7328-2001.

Неисключенную систематическую погрешность ВУ для каждого значения массы при j -ой нагрузке вычисляют по формуле

$$\theta_{eyij} = 100 \cdot (M_{ij} - \overline{M_j}) / M_{эj}, \quad (4)$$

где M_{ij} – i -ый результат измерения при j -ой нагрузке, кг;

$\overline{M_j}$ – среднее значение массы при j -ой нагрузке, кг;

$M_{эj}$ – масса эталонных гирь при j -ой нагрузке, кг.

Общую неисключенную погрешность ВУ вычисляют по формуле

$$\theta_j = \theta_{nmj} + \theta_{gyj}, \quad (5)$$

где $\theta_{nmj}, \theta_{gyj}$ – максимальные значения погрешности по всем значениям нагрузки (по всем j), взятые по модулю.

Для каждой серии измерений при j -ой нагрузке вычисляют среднее квадратическое отклонение S_j , %, по формуле:

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M_{ij} - \overline{M}_j)^2}{n-1}} \cdot \frac{100}{\overline{M}_j}, \quad (6)$$

где M_{ij} – значение массы при i – ом измерении j -ой нагрузке
 n – число измерений;

$$\overline{M} = \sum_{i=1}^n M_i / n$$

Относительную погрешность ВУ δ_{gyj} , %, при j -ой нагрузке вычисляют по формуле:

$$\delta_{gyj} = \theta_j + t_p S_j, \quad (7)$$

где t_p – коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности $P = 0,95$;

S_j – среднее квадратическое отклонение по формуле 5.

Определение погрешности при первичной поверке проводят по формуле (7), при периодической – по формуле (2). Результаты записывают в таблицы соответственно А.5 и А.6.

В качестве относительной погрешности ВУ принимается максимальное значение в диапазоне измерений.

Результаты поверки по данной операции считаются положительными, если значения относительной погрешности (или составляющие погрешности, если они нормированы в ЭД) для каждого ВУ в каждой точке не превышают значений, указанных в ЭД на поверяемую установку.

В случае, если значения относительной погрешности больше допустимых, необходимо провести профилактический осмотр, проверку, настройку ВУ и повторную поверку.

Установка к применению не допускается, если после настройки и повторной поверки полученные результаты не соответствуют установленным требованиям.

7.6.1.6 Испытание (по перечислению г), п.7.5.1.1) на реагирование проводят в трех точках диапазона взвешивания ВУ: Min, 0,5·Max и Max в следующей последовательности.

Производят установку показаний ВУ на нуль без определения погрешности. Нагружают ВУ гирями, общей массой равной Min, и дополнительными 10 гирями массой 0,1· d каждая, и измеряют массу I . Затем постепенно снимают дополнительные гири до тех пор, пока показание I не уменьшится четко на одно деление d и станет равным $(I - d)$. Далее помещают одну из снятых гирь обратно на ВУ, а затем плавно устанавливают нагрузку, равную 1,4· d . Дополнительные гири с ВУ снимают и выполняют аналогичные действия для нагрузок, соответствующих 0,5·Max и Max ВУ. Результаты всех измерений заносят в протокол.

Испытание на реагирование последовательно выполнить для каждого ВУ. Результаты измерений заносят в таблицу А.6а.

Результаты поверки по данному пункту являются положительными, если при нагружении ВУ дополнительным грузом массой 1,4· d , показание ВУ увеличивается на величину d и становится равным $(I + d)$.

7.6.1.7 Для определения сходимости показаний ВУ (испытание по перечислению д), п.7.5.1.1) проводят две серии взвешиваний (по 11 взвешиваний каждая) эталонных гирь общей массой, равной около 50 % Max для одной серии измерений и близкой к 100 % Max для другой аналогично п.7.5.1.4.

В случае отклонения показания ВУ от нуля между взвешиваниями показания устанавливают на нуль без определения погрешности. Действительное положение нуля между взвешиваниями не определяют.

Результаты поверки по данному пункту считаются положительными, если разность между максимальным и минимальным значениями относительной погрешности (с учетом знаков), полученными при проведении серии измерений, не превышает абсолютного значения пределов допускаемой относительной погрешности ВУ, и если погрешность единичного измерения в серии не превышает пределов допускаемой относительной погрешности ВУ, указанной в РЭ.

7.6.2 Определение абсолютной погрешности ИК температуры измеряемой среды

Определение абсолютной погрешности ИК температуры измеряемой среды проводится для датчиков температуры в трех равномерно распределенных по диапазону от плюс 10 °С до плюс 30 °С точках, включая крайние точки; при наличии в составе установки системы нагрева измеряемой среды – в шести равномерно распределенных по диапазону от плюс 10 °С до плюс 60 °С точках, включая крайние точки.

Датчик температуры представляет собой платиновый термопреобразователь сопротивления по ГОСТ Р 8.625 – 2006.

Для определения погрешности ИК температуры необходимо вместо датчика температуры подключить магазин сопротивлений и установить на нем последовательно значения сопротивлений в соответствии с таблицей А.7.

Считать результаты измерений температуры в базовом окне программы (рисунок 1) и занести их в таблицу А.7.

Погрешность измерения температуры рабочей жидкости определяется как разность между значениями температуры по таблице и показаниями на мониторе.

Абсолютная погрешность ИК температуры определяется по формуле:

$$\Delta_t = \sqrt{\Delta_{TC}^2 + \Delta_{KT}^2}, \quad (8)$$

где Δ_{TC} – абсолютная погрешность термопреобразователя сопротивления по ГОСТ Р 8.625 – 2006 (значение из свидетельства о поверке);

Δ_{KT} – абсолютная погрешность преобразования канала (максимальное значение из таблицы А.7).

Результаты поверки по данному параметру считаются положительными, если абсолютная погрешность ИК температуры рабочей жидкости не превышает $\pm 0,5$ °С.

7.6.3 Определение относительной погрешности УПП

Относительную погрешность определяют при наибольших значениях расхода жидкости для каждого УПП, входящего в состав установки.

7.5.3.1 Предельное значение относительной погрешности УПП $\delta_{УПП}$, %, определяется по формуле:

$$\delta_{УПП} = \theta_{УПП} + S_{УПП}, \quad (9)$$

где $\theta_{УПП}$ – относительная систематическая погрешность УПП, %;

$S_{УПП}$ – случайная составляющая погрешности УПП, %.

$$\theta_{УПП} = \frac{\bar{\Delta}_t}{t_{min}} \cdot 100, \quad (10)$$

где $\bar{\Delta}_t$ – среднее арифметическое разности времени переключения УПП, мс;
 t_{min} – минимальное время налива воды в весовой бак, мс.

$$\bar{\Delta}_t = \frac{\sum_{i=1}^n t_{1i} - t_{2i}}{n}, \quad (11)$$

где t_{1i} , t_{2i} – время переключения УПП соответственно на весовой бак и обратно при i -том измерении, мс;

n – число измерений при одном значении расхода.

Случайная составляющая погрешности УПП $S_{УПП}$ определяется по формуле:

$$S_{УПП} = t_p \cdot S_{\Delta_t}, \quad (12)$$

где t_p – коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности $P = 0,95$ ($t_p = 2,23$ по ГОСТ 8.207-76);

S_{Δ_t} – среднее квадратичное отклонение случайной погрешности, %, определяется по формуле:

$$S_{\Delta_t} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_{1i} - t_{2i} - \bar{\Delta}_t)^2}{10} \cdot \frac{100}{t_{min}}} \quad (13)$$

7.6.3.2 Для определения погрешности УПП предварительно необходимо уточнить по ЭД на поверяемую установку количество УПП, наибольшие значения расхода, которые через них переключаются и диапазоны взвешивания ВУ.

7.6.3.3 Для проведения поверки УПП необходимо выполнить следующие действия:

- а) выбрать пункт меню «Поверка установки/Поверка эталонных расходомеров» или нажать кнопку 12 (рисунок 1);
- б) в появившемся окне (рисунок 3) настройки методики поверки ввести количество поверочных точек (равное количеству УПП; позиция 1), количество измерений в каждой точке – 11 (позиция 2), значения расходов для каждого УПП и объем проливки (позиция 4);

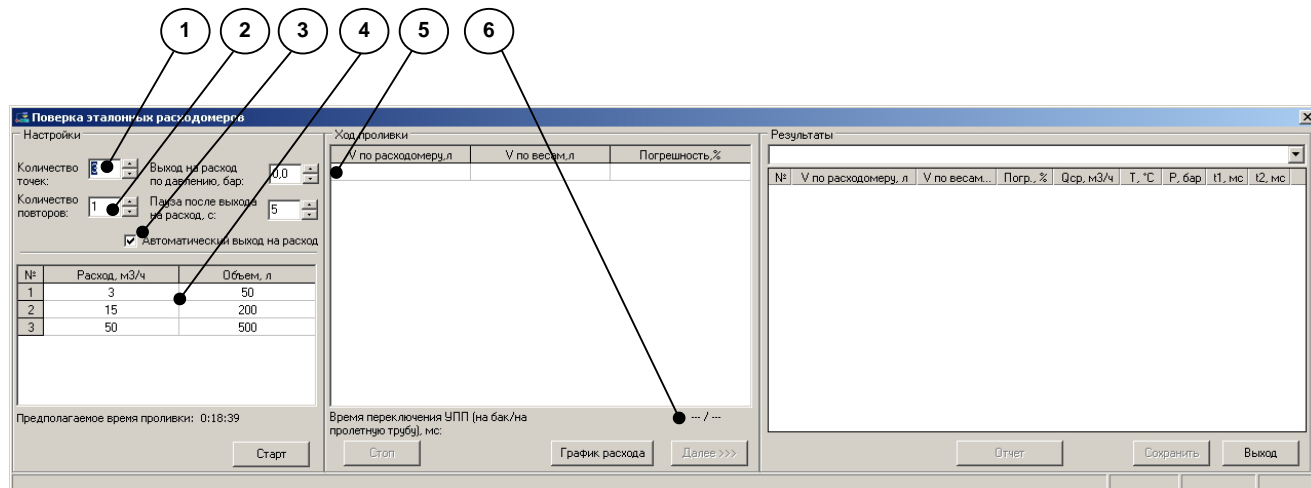


Рисунок 3 – Окно поверки ЭРС

- в) запустить процедуру поверки, нажав кнопку «Старт».

После выполнения всех измерений в заданных точках расхода время переключения УПП на бак и на пролетную трубу занести в таблицу А.8 и произвести обработку результатов по формулам 9 – 13.

Для удобства расчетов воспользоваться программой «Excel». Результаты измерений времени переключения выводятся в соответствующей строке (позиция 6) и сохраняются в файле «Поверка эталонных расходомеров» (директория «logs»).

Полученные значения относительной погрешности УПП используются для расчетов общей погрешности установки. Если полученное значение будет меньше 0,01 %, то при расчетах общей погрешности установки относительная погрешность УПП не учитывается.

7.6.4 Определение погрешности аналоговых ИК

Для определения погрешности аналоговых ИК необходимо:

- а) установить указатель мыши в строку «Тип выходного сигнала» (позиция 18, рисунок 1) для первого канала в раскрывающемся окне выбрать тип сигнала (ток, напряжение), в следующей строке установить предел измерения аналогового сигнала, в строке «Кэф. преобразования» ввести значение максимального расхода, соответствующего верхнему пределу измерения аналогового сигнала (рекомендуется устанавливать 1 м³/ч), и нажать кнопку «Применить» (позиция 21, рисунок 1);
- б) подать на вход выбранного канала сигнал от калибратора в соответствии с таблицей А.9 (А.10);
- в) считать значение измеренного сигнала в строке «Вых. параметр» (позиция 19, рисунок 1) и записать его в таблицу А.9 (А.10);
- г) выполнить операции по перечислениям а), б), в) для остальных каналов.

Расчет погрешности аналоговых ИК $\delta_{ИКА}$, %, производится по формуле:

$$\delta_{ИКА} = \frac{C_a - C_{эм}}{C_B - C_H} \cdot 100, \quad (14)$$

где C_a – результат измерения аналогового сигнала на экране монитора, мА (В);

$C_{эм}$ – эталонный аналоговый сигнал, мА (В);

C_B , C_H – верхнее и нижнее значения диапазона измерений, мА (В) соответственно.

Результаты поверки по данному параметру считаются положительными, если результаты измерений будут находиться внутри интервала по таблице А.9 (А.10).

7.6.5 Определение погрешности импульсных ИК

Для определения погрешности импульсных ИК необходимо:

- а) собрать схему согласно приложения В;

б) установить на калибраторе многофункциональном сигнал положительной полярности амплитудой от 5 до 7 В;

в) установить режим формирования заданного числа импульсов с периодом в соответствии с таблицей А.11 и задать число импульсов не менее 30000 для каналов ОК и ГППК и не менее 1000 для канала ОС;

Примечания

1 Число импульсов рекомендуется устанавливать кратное 1000 плюс один импульс. В этом случае в соответствии с алгоритмом работы контроллера результат должен быть на один импульс меньше.

2 Допускается сигнал от калибратора подавать одновременно на несколько входов.

г) выбрать пункт меню «Поверка приборов Поверка расходомеров с аналоговым и частотным выходом»;

д) аналогично перечислению а), 7.5.4 указать тип сигнала «импульсный», указать коэффициент преобразования, кратный 10, и нажать кнопку «Применить»;

е) в окне настройки методики проведения поверки убрать флажок «Автоматический выход на расход» (позиция 3, рисунок 3), ввести одну точку по расходу и объему нажать кнопку «Старт»;

ж) нажать в окне текущих результатов кнопку «Далее» и запустить калибратор многофункциональный. Считать результат в первой строке таблицы (позиция 5, рисунок 3). Результат измерения с учетом установленного ранее коэффициента преобразования записать в таблицу А.11;

з) последовательно выполнить действия по перечислениям д), е), ж) для всех значений периода следования импульсов и для всех каналов.

Относительная погрешность подсчета импульсов $\delta_{ИКС}$, %, вычисляются по формуле:

$$\delta_{ИКС} = \frac{C_k - C_{эм}}{C_{эм}} \cdot 100, \quad (15)$$

где C_k – количество импульсов, подсчитанное поверяемым каналом,

$C_{эм}$ – количество импульсов, подсчитанное счетчиком импульсов.

Результаты поверки по данному параметру поверки считаются положительными, если разница показаний по эталонному и по поверяемому каналу не превышает ± 1 импульс.

7.6.6 Определение погрешности измерения объема (массы) по ВУ и ЭРС

7.6.6.1 Измерение объема и массы жидкости по ВУ производится косвенным способом по формулам:

- для объема:

$$V = M_v / (\rho_{ж} - \rho_{в}), \quad (16)$$

где M_v – масса жидкости по показаниям индикатора ВУ, кг;

$\rho_{ж}$, $\rho_{в}$ – плотность жидкости и воздуха соответственно, кг/м³.

- для массы:

$$M = M_v \cdot \rho_{ж} / (\rho_{ж} - \rho_{в}), \quad (17)$$

где соотношение $\rho_{ж} / (\rho_{ж} - \rho_{в})$ определяет поправку на архимедову силу.

Относительная погрешность измерения объема и массы по ВУ рассчитывается по формулам:

$$\delta(V) = \delta(M_v) + (A+1) \cdot \delta(\rho_{ж}) + B \cdot \delta(\rho_{в}),$$

$$\delta(M) = \delta(M_v) + A \cdot \delta(\rho_{ж}) + B \cdot \delta(\rho_{в}), \quad (18)$$

где $A = 2 \cdot (\rho_{в}/\rho_{ж}) + 3 \cdot (\rho_{в}/\rho_{ж})^2 / 2 + 4 \cdot (\rho_{в}/\rho_{ж})^3 / 3$,

$B = (\rho_{в}/\rho_{ж}) + (\rho_{в}/\rho_{ж})^2 + (\rho_{в}/\rho_{ж})^3$,

$\delta(M_v)$ – относительная погрешность ВУ.

Определение основной относительной погрешности измерения объема (массы) по ВУ производится расчетным путем в соответствии с 7.5.10 с учетом полученных значений относительной погрешности ВУ по 7.5.1.

Результаты поверки по данному параметру поверки считаются положительными, если относительная погрешность не превышает значений, указанных в ЭД.

7.6.6.2 Определение относительной погрешности измерения объема (массы) ЭРС

Относительную погрешность измерения объема ЭРС определяют путем сравнения объема (массы) воды, вычисленных по измеренной ВУ массе воды, с объемом (массой) воды, прошедшей через ЭРС.

Если в качестве ЭРС в составе установки используются массовые расходомеры, то при поверке определяют только погрешность измерения массы; погрешность измерения объема определяется расчетным путем как погрешность косвенного измерения.

Если в качестве ЭРС в составе установки используются объемные расходомеры, то при поверке определяют только погрешность измерения объема; погрешность измерения массы определяется расчетным путем как погрешность косвенного измерения.

Определение погрешности установки при косвенных измерениях объема (массы) ЭРС производится расчетным путем в соответствии с 7.6.10.

Относительная погрешность ЭРС $\delta(V_{\Sigma})$, %, при измерении объема определяется программно по формуле:

$$\delta(V_{\Sigma})_i = 100 \cdot (V_{\Sigma i} - V_{Bi}) / V_{Bi}, \quad (19)$$

где $V_{\Sigma i}$ – показания ЭРС, дм^3 (л);

V_{Bi} – объем воды в весовом баке, дм^3 (л).

Значения неисключенной систематической и случайной погрешности при первичной поверке определяют для каждого ЭРС по следующей методике.

Выбирают не менее трех точек по расходу для каждого ЭРС, не менее 11 измерений в точке и задают объем проливаемой жидкости для каждой точки, исходя из следующих условий:

- задаваемое значение объема должно находиться в пределах диапазона взвешивания используемого ВУ;

- время наполнения весового бака не должно быть менее 20 с и не превышать 30 минут;

- за время проливки установка должна зафиксировать не менее 10000 импульсов от ЭРС.

Исходные данные вводят в окне на рисунке 3. Результаты измерений сохраняются в файле «Поверка эталонных расходомеров», директория «logs»/

Результаты измерений занести в таблицу 3.

При наличии возможности с учетом полученных средних значений погрешности в одной точке или нескольких производят градуировку ЭРС (введение поправки в коэффициент преобразования ЭРС). Методика проведения градуировки приведена в приложении Б.

После проведения градуировки проводят очередную серию измерений с теми же исходными данными, что и в таблице 3. Результаты записывают в таблицу по форме А.12.

В качестве систематической погрешности θ_{op} принимают максимальное значение из δ_{cpj} .

Среднеквадратическое отклонение результата измерений S_{oj} , %, вычисляют по формуле:

$$S_{oj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_{ij} - \delta_{cpj}^2}{10}}, \quad (20)$$

δ_{ij} - i -ое значение погрешности в j -ой серии измерений;

δ_{cpj} – среднее значение погрешности в j -ой серии измерений.

Определение погрешности установки при измерении объема ЭРС производится расчетным путем в соответствии с 7.6.10.

При периодической поверке проводят измерения объема не менее 5 раз в трех точках рабочего диапазона по расходу для каждого ЭРС. В качестве относительной погрешности принимается максимальное значение из всех значений относительной погрешности, вычисленной по формуле 19.

Относительная погрешность измерения массы ЭРС определяют аналогично тому, как это было описано при определении относительной погрешности измерения объема с той разницей, что величина «объем V » заменяется на величину «масса M » как в формуле 19, так и в таблице 3.

Результаты измерений и расчет погрешностей записываются в протокол по форме А.13.

Определение относительной погрешности установки при измерении массы ЭРС производится расчетным путем в соответствии с 7.6.10.

При периодической поверке проводят измерения объема не менее 5 раз в трех точках рабочего диапазона по расходу для каждого ЭРС. В качестве относительной погрешности принимается максимальное значение из всех значений относительной погрешности, вычисленной по формуле 19.

Т а б л и ц а 3 – Результаты измерений

Изм.	Расходы и объемы									
	$Q_1 = \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$ $V_1 = \frac{\text{дм}^3}{\text{ч}}$		$Q_2 = \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$ $V_2 = \frac{\text{дм}^3}{\text{ч}}$		$Q_3 = \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$ $V_3 = \frac{\text{дм}^3}{\text{ч}}$		$Q_4 = \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$ $V_4 = \frac{\text{дм}^3}{\text{ч}}$		$Q_5 = \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$ $V_5 = \frac{\text{дм}^3}{\text{ч}}$	
	$V_{Э1i}$	$V_{Б1i}$	$V_{Э2i}$	$V_{Б2i}$	$V_{Э3i}$	$V_{Б3i}$	$V_{Э4i}$	$V_{Б4i}$	$V_{Э5i}$	$V_{Б5i}$
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
	$V_{срЭ1} =$	$V_{срБ1} =$	$V_{срЭ2} =$	$V_{срБ2} =$	$V_{срЭ3} =$	$V_{срБ3} =$	$V_{срЭ4} =$	$V_{срБ4} =$	$V_{срЭ5} =$	$V_{срБ5} =$
	$\delta_{ср1} =$		$\delta_{ср2} =$		$\delta_{ср3} =$		$\delta_{ср4} =$		$\delta_{ср5} =$	

7.6.7 Определение относительной погрешности ИК давления измеряемой среды

Относительную погрешность ИК давления проводят при первичной поверке с использованием калибратора давления. Для проведения поверки датчик давления снимают и подключают к калибратору.

Последовательно задают значения давления на калибраторе по таблице А.14, считывают значение давления в базовом окне программы и записывают их в таблицу А.14.

Относительная погрешность ИК давления $\delta_{\partial i}$, %, рассчитывается по формуле:

$$\delta_{\partial i} = \frac{D_{\partial i} - D_{\kappa i}}{D_{\kappa i}} \cdot 100, \quad (21)$$

где $D_{\partial i}$ – измеренное значение давления,

$D_{\kappa i}$ – заданное значение давления от калибратора.

Результаты первичной поверки по данному параметру считаются положительными, если относительная погрешность ИК давления не превышает $\pm 1\%$.

При отсутствии калибратора давления допускается проводить поверку датчика давления отдельно в органах, аккредитованных на право поверки по данному виду измерений.

7.6.8 Определение нестабильности расхода

Определение нестабильности воспроизводимого расхода производят на наименьшем расходе для каждого ЭРС (диапазоны расходов для каждого ЭРС указаны в ЭД, пункт «Устройство установки»).

В качестве нестабильности расхода принимается среднее квадратическое отклонение результатов измерений объема за фиксированное время.

При установленном значении расхода производят считывание 11 результатов измерения объема с интервалом одна минута при времени интегрирования не менее 30 секунд. Объем проливки в литрах равен $15 \cdot Q$, где Q – численное значение расхода, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Для определения нестабильности расхода необходимо:

а) выбрать пункт меню «Поверка приборов/Поверка расходомеров с аналоговыми и частотными выходами/По эталонным расходомерам...» или нажать кнопку 6 (рисунок 1);

б) в поле ввода (позиция 18, рисунок 1) выбрать тип сигнала «напряжение» и нажать кнопку «Применить»;

в) в появившемся окне после выполнения действий по перечислению а) (рисунок 4) установить число измерений 11 (позиция 2, рисунок 4), количество точек по расходу (позиция 1), значения минимального расхода для каждого ЭРС, рассчитанные значения объема (позиция 3) и нажать кнопку «Старт».

После завершения работы просмотреть отчет, записать в таблицу А.15 каждый третий результат измерения объема ЭРС и вычислить нестабильность воспроизводимого расхода $S(V)$, %, по формуле:

$$S_V = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n V_i - \bar{V}^2}{n-1}} \cdot \frac{100}{\bar{V}}, \quad (22)$$

где V_i – результат i -го измерения ЭРС.

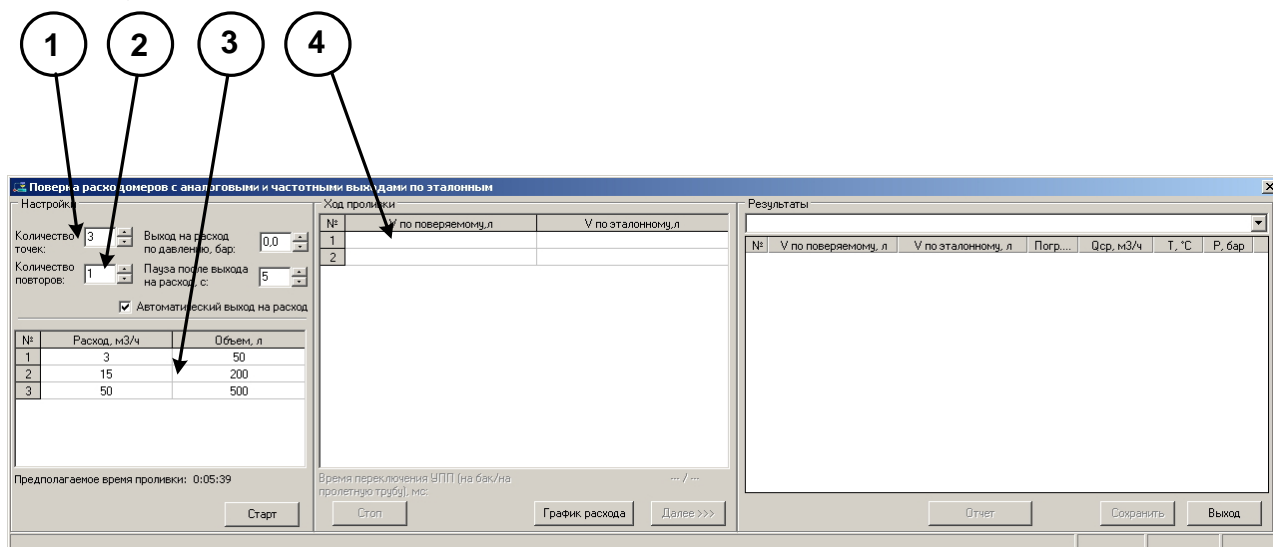


Рисунок 4 – Окно поверки для определения нестабильности расхода

Вычислить значение $S(V)$ для каждого расхода и записать в таблицу А.15.

Результаты поверки по данному параметру считаются положительными, если среднее квадратическое отклонение результатов измерений объема жидкости на интервале интегрирования не превышает $\pm 2,0 \%$.

7.6.9 Определение коэффициента зависимости $K_{ВВ}$

Определение $K_{ВВ}$ производится при первичной поверке расчетным путем по эмпирическим формулам, которые используются в программе при определении объема рабочей жидкости V , дм^3 , по результатам измерения массы M , кг, по ВУ:

$$V = K_{ВВ} \cdot M, \quad (23)$$

где $K_{ВВ} = 1 / (\rho_{ж} - \rho_{в})$, $\text{дм}^3/\text{кг}$;

$\rho_{ж}$ – плотность воды, $\text{кг}/\text{дм}^3$;

$\rho_{в}$ – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{дм}^3$;

M – масса воды в ВБ, измеренная ВУ, кг.

Методика расчета $K_{ВВ}$ приведена в приложении Г.

Результаты расчетов $K_{ВВ}$ записываются в таблицу А.16.

Результаты поверки по данному параметру считаются положительными, если значение $K_{ВВ}$ в диапазоне температур от плюс 15°C до плюс 30°C изменяется от 1,002 до 1,006 $\text{дм}^3/\text{кг}$; в диапазоне температур от плюс 15°C до плюс 60°C – от 1,002 до 1,018 $\text{дм}^3/\text{кг}$.

7.6.10 Определение относительной погрешности установки

7.6.10.1 Относительную погрешность установки $\delta_{УВО}$, %, при измерении объема и массы по ВУ определяют расчетным путем по формуле:

$$\delta_{УВ} = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{вУ}^2 + \delta_{ИК}^2 + \delta_{УПП}^2 + \delta_{ж}^2 + \delta_{в}^2}, \quad (24)$$

где $\delta_{вУ}$ – относительная погрешность ВУ, полученная при поверке;

$\delta_{ИК}$ – относительная погрешность ИК;

($\delta_{ИК} = \delta_{ИКА}$ при использовании аналоговых ИК, $\delta_{ИК} = \delta_{ИКС}$ при использовании импульсных ИК);

$\delta_{УПП}$ – относительная погрешность УПП;

$\delta_{\text{жс}} = \delta_{\text{жс о}} = (A + 1) \square \delta(\rho_{\text{жс}})$ - составляющая погрешности измерения плотности жидкости при измерении объема;

$\delta_{\text{жс}} = \delta_{\text{жс м}} = A \square \delta(\rho_{\text{жс}})$ - составляющая погрешности измерения плотности жидкости при измерении массы;

$\delta_{\text{в}} = B \square \delta(\rho_{\text{в}})$ - составляющая погрешности измерения плотности воздуха при измерении объема и массы;

$$A = 2 \cdot (\rho_{\text{в}}/\rho_{\text{жс}}) + 3 \cdot (\rho_{\text{в}}/\rho_{\text{жс}})^2/2 + 4 \cdot (\rho_{\text{в}}/\rho_{\text{жс}})^3/3;$$

$$B = \rho_{\text{в}}/\rho_{\text{жс}} + (\rho_{\text{в}}/\rho_{\text{жс}})^2 + (\rho_{\text{в}}/\rho_{\text{жс}})^3;$$

$\rho_{\text{жс}}, \rho_{\text{в}}$ - плотности воды и воздуха соответственно.

7.6.10.2 Составляющие погрешности измерения плотности воды $\delta_{\text{жс}}$ и воздуха $\delta_{\text{в}}$ рассчитываются при первичной поверке по одной из следующих методик.

Предварительно записываются значения погрешностей для средств измерения температуры воды и параметров окружающей среды (с учетом приведенных данных в таблице 2):

- измерение температуры воды - абсолютная погрешность $\pm 0,25$ °C;
- измерение атмосферного давления – относительная погрешность ± 2 %;
- измерение влажности воздуха – абсолютная погрешность ± 2 %;
- измерение температуры воздуха – абсолютная погрешность $\pm 0,5$ °C.

П р и м е ч а н и е – Если при проведении поверки используются иные средства измерения параметров внешней среды, то для расчетов используются характеристики используемых СИ.

Плотность воды является функцией температуры $\rho_{\text{жс}}(t_{\text{жс}})$, кг/дм³, и определяется по формуле:

$$1000 \cdot \rho_{\text{жс}}(t_{\text{жс}}) = -8,9748524 \cdot 10^{-16} \cdot t_{\text{жс}}^8 + 4,5354793 \cdot 10^{-13} \cdot t_{\text{жс}}^7 - 1,0251943 \cdot 10^{-10} \cdot t_{\text{жс}}^6 + 1,3879002 \cdot 10^{-8} \cdot t_{\text{жс}}^5 - 1,3117373 \cdot 10^{-6} \cdot t_{\text{жс}}^4 + 1,009255 \cdot 10^{-4} \cdot t_{\text{жс}}^3 - 0,0090656 \cdot t_{\text{жс}}^2 + 0,0678096 \cdot t_{\text{жс}} + 999,8336549, \quad (25)$$

где: $t_{\text{жс}}$ – температура воды в точке измерения ЭРС (или на минимальном расстоянии от точки измерения), °C;

Плотность воздуха является функцией температуры, давления, влажности окружающей среды $\rho_{\text{в}}(t_{\text{в}}, P, B)$, кг/дм³, определяется по формуле:

$$1000 \cdot \rho_{\text{в}} = 0,01 \cdot B \cdot \rho_{\text{пн}}(t_{\text{в}}) + 1,2928 \cdot 273,15 \cdot \frac{P - 0,01 \cdot B \cdot 0,00750062 \cdot \rho_{\text{пн}}(t_{\text{в}})}{760 \cdot (t_{\text{в}} + 273,15)}, \quad (26)$$

где: $\rho_{\text{пн}}(t_{\text{в}})$ - плотность водяного пара на линии насыщения в зависимости от температуры:

$$\rho_{\text{пн}}(t_{\text{в}}) = 2,1500372 \cdot 10^{-11} \cdot t_{\text{в}}^5 + 4,6091527 \cdot 10^{-10} \cdot t_{\text{в}}^4 + 2,3361261 \cdot 10^{-7} \cdot t_{\text{в}}^3 + 8,827531 \cdot 10^{-6} \cdot t_{\text{в}}^2 + 3,4711972 \cdot 10^{-4} \cdot t_{\text{в}} + 0,0048026; \quad (27)$$

B – относительная влажность воздуха, %;

P – атмосферное давление, мм рт. ст.;

$t_{\text{в}}$ – температура воздуха, °C;

$\rho_{\text{пн}}(t_{\text{в}})$ – давление водяного пара на линии насыщения, Па:

$$\rho_{\text{пн}}(t_{\text{в}}) = 3,2355396 \cdot 10^{-6} \cdot t_{\text{в}}^5 + 2,0599515 \cdot 10^{-4} \cdot t_{\text{в}}^4 + 0,0304758 \cdot t_{\text{в}}^3 + 1,3430735 \cdot t_{\text{в}}^2 + 45,2334754 \cdot t_{\text{в}} + 607,5732671.$$

7.6.10.3 Вариант 1. Предварительно вычисляют значения плотности воды и воздуха с использованием формул (25) - (27) при исходных значениях переменных и записывают в первую строку таблицы 4. При $t_{\text{ж}} = 20 + \Delta_{\text{ж}} = (20 + 0,25)$ °C рассчитывают значение плотности воды (вторая строка) и вычисляют относительную погрешность измерения плотности воды. Аналогичным образом рассчитывается плотность воздуха при частных приращениях переменных (строки 3,4,5) и вычисляют частые приращения плотности (столбец 8).

Примечания 1 В дальнейшем приведенные числовые значения являются примерами и служат для иллюстрации расчетов. На практике при расчетах необходимо использовать реальные результаты измерений как температуры воды, так и параметров окружающей среды.

2 Для выполнения расчетов использовать возможности редактора EXCEL или других специализированных программ.

3 Вычисления проводят с точностью до 5 значащих цифр после запятой.

4 Приведенные ниже расчеты справедливы для случая «чистой» воды в сборном резервуаре. Для определения корректности использования результатов необходимо лабораторными методами определить реальную плотность воды в сборном резервуаре, сравнить с расчетным значением плотности и, если плотности отличаются более, чем в третьем знаке после запятой, использовать при расчетах значение плотности, полученной в лаборатории, а в качестве относительной погрешности - значение погрешности метода (прибора) измерения плотности.

Т а б л и ц а 4

$t_{ж}, ^\circ\text{C}$	$t_{в}, ^\circ\text{C}$	P, мм рт.ст	B, %	$\rho_{жс}(t_{жс})$	$\delta_{жс}(t_{жс})$	$\rho_{в}(t_{в}, P, B)$	Δ_{gi}
1	2	3	4	5	6	7	8
20	20	760	58	998,19954	-	1,19851	-
20,25	20	760	58	998,14760	0,000052	-	-
20	20,5	760	58	-	-	1,19628	0,00223
20	20	775	58	-	-	1,22229	0,02410
20	20	760	60	-	-	1,19830	0,00021

Вычисляют полную абсолютную погрешность как геометрическую сумму погрешностей Δ_i .
 $\Delta_{\Sigma} = 0,02421$, и относительную $\delta_{\Sigma}(20, 760, 58) = 0,02421/1,19851 = 0,02020$.

Далее вычисляют:

$\delta_{жсo} = (A + 1) \cdot \delta(\rho_{жс})$ - составляющая относительной погрешности измерения плотности жидкости при измерении объема;

$\delta_{жсm} = A \cdot \delta(\rho_{жс})$ - составляющая относительная погрешность измерения плотности жидкости при измерении массы;

$\delta_{в} = B \cdot \delta(\rho_{в})$ - составляющая относительной погрешности измерения плотности воздуха при измерении объема и массы;

Вычисляют значения коэффициентов:

$$A = 2 \cdot (\rho_{в}/\rho_{жс}) + 3 \cdot (\rho_{в}/\rho_{жс})^2 / 2 + 4 \cdot (\rho_{в}/\rho_{жс})^3 / 3 = 2 \cdot (1,19851/998,19954) + 3 \cdot (0,00120)^2 / 2 + 4 \cdot (0,0012)^3 / 3 = 0,00240;$$

$$B = \rho_{в}/\rho_{жс} + (\rho_{в}/\rho_{жс})^2 + (\rho_{в}/\rho_{жс})^3 = 0,00120 + (0,00120)^2 + (0,00120)^3 = 0,00120$$

и составляющие относительных погрешностей

$$\delta_{жсo} = (A + 1) \cdot \delta(\rho_{жс}) = 1,00240 \cdot \delta(\rho_{жс}) = 1,00240 \cdot 0,000052 = 0,00005;$$

$$\delta_{жсm} = A \cdot \delta(\rho_{жс}) = 0,00240 \cdot 0,000052 = 0,00000;$$

$$\delta_{в} = B \cdot \delta(\rho_{в}) = 0,00120 \cdot 0,02020 = 0,00002.$$

7.5.10.4 Вариант 2. Определяют погрешности вычисляемых коэффициентов $\rho_{жс} / (\rho_{жс} - \rho_{в})$ и $1 / (\rho_{жс} - \rho_{в})$ в формулах (16) и (17).

Результаты расчетов погрешности коэффициентов записываем в таблицу 5.

Т а б л и ц а 5

$t_{ж}, ^\circ\text{C}$	$t_{в}, ^\circ\text{C}$	P, мм рт.ст	B, %	$\rho_{жс} / (\rho_{жс} - \rho_{в})$	Δ_{Mi}	$1 / (\rho_{жс} - \rho_{в})$	Δ_{oi}
20	20	760	58	1,00120		1,00301	
20,25	20	760	58	1,00120	0,00000	1,00306	0,00005
20	20,5	760	58	1,00119	0,00001	1,00300	0,00001
20	20	775	58	1,00122	0,00002	1,00303	0,00002
20	20	760	60	1,00120	0,00000	1,00301	0,00000
					$\Delta_M=0,000023$		$\Delta_o=0,000054$

Примечание – Для подстановки относительной погрешности $\delta_{ж\ o}$, $\delta_{ж\ м}$, δ_6 в формулу (24) их значения нужно предварительно умножить на 100 для получения значений в процентах.

7.6.10.5 Относительную погрешность установки δ_{yp} , %, при измерении объема или массы по ЭРС определяют по формуле:

$$\delta_{yp} = 1,1 \sqrt{\delta_{эрс}^2 + \delta_{ик}^2}, \quad (28)$$

где $\delta_{эрс}$ – относительная погрешность ЭРС при измерении объема, %;

$\delta_{ик}$ – относительная погрешность ИК, %.

Примечание – При определении погрешности установки при использовании аналоговых ИК $\delta_{ик} = \delta_{ика}$; при использовании импульсных ИК $\delta_{ик} = \delta_{икс}$.

Если в составе установки присутствует объемный ЭРС и по нему производится измерение массы, то в этом случае относительная погрешность установки определяется по формуле:

$$\delta_{yp} = 1,1 \sqrt{\delta_{эрс}^2 + \delta_{ик}^2 + \delta_{ж}^2} \quad (29)$$

Результаты расчетов занести в таблицу А.16.

Результаты поверки установки считаются положительными, если полученные значения погрешности не превышают значений по таблице А.16. Допускаемые значения погрешностей в таблицу А.16 записываются из ЭД для конкретной модификации поверяемой установки.

8 Оформление результатов поверки установки

При положительных результатах поверки установки оформляется свидетельство о поверке согласно ПР 50.2.006 (Приложение 1А).

При отрицательных результатах установка к применению не допускается и на нее оформляется извещение о непригодности согласно ПР 50.2.006.

Разработал: _____ А.В.Косолапов, зам.генерального директора ООО «ИПФ «Нептун»,
главный метролог

Приложение А

Форма протокола поверки установки
(рекомендуемая)

ПРОТОКОЛ № _____

ПОВЕРКИ УСТАНОВКИ УПРС _____ от « _____ » _____ 20 ____ г.

Установка поверочная автоматизированная УПРС, модификация _____,
серийный (заводской) номер _____, принадлежащая _____

Условия поверки	Температура окружающего воздуха, °С	
	Давление атмосферного воздуха, мм рт.ст.	
	Влажность, %	

Средства поверки		
Наименование	Заводской (серийный) номер	Номер свидетельства о поверке

Таблица А.1 – Определение электрического сопротивления изоляции

Допускаемое значение сопротивления изоляции, МОм	Действительное значение сопротивления изоляции, МОм
20	

Таблица А.2 – Определение давления на входе измерительного стола при максимальном расходе

Характеристика по ЭД		Результаты измерения	
Максимальный расход, воспроизводимый установкой Q_{\max} , м ³ /ч	Давление на входе измерительного стола при максимальном расходе Q_{\max} , МПа	максимального расхода, воспроизводимого установкой $Q_{\text{наиб.}}$, м ³ /ч, при частоте преобразователя насоса 50 Гц	давления на входе измерительного стола P_{\min} при максимальном расходе Q_{\max} , МПа

Таблица А.3 – Опробование

Номер ВУ	Установленная масса, кг	Номер измере ния	Измеренная масса, кг
	Min = _____	1	
		2	

Таблица А.4 – Определение погрешности установки нуля

Номер ВУ	Установленная масса, кг	Измеренная масса, кг
	L_o	
	$L_o + 0,1 d$	
	$L_o + 0,2 d$	
	$L_o + 0,3 d$	
	$L_o + 0,4 d$	
	$L_o + 0,5 d$	
	$L_o + 0,6 d$	
	$L_o + 0,7 d$	
	$L_o + 0,8 d$	
	$L_o + 0,9 d$	
	$L_o + d$	

Таблица А.5 – Определение погрешности нагруженного ВУ
(форма для первичной поверки)

Общая масса гирь, кг	Номер измере- ния	Показания ВУ на мониторе, кг	$\delta_{vi}, \%$	$\theta_j, \%$	$S_j, \%$	$\delta_{vyj}, \%$
НмПВ=	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	11					
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	11					
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	11					

Окончание таблицы А.5

Общая масса гирь, кг	Номер измерения	Показания ВУ на мониторе, кг	$\delta_{vi}, \%$	$S_j, \%$	$\theta_i, \%$	$\delta_e, \%$
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	11					
НПВ=	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	11					

Примечание – В качестве протокола поверки ВУ может быть приложена распечатка файла «logs\Поверка весов.txt»

Таблица А.6 – Определение погрешности нагруженного ВУ
(форма для периодической поверки)

Общая масса гирь, кг	Измерение №					
	1		2		3	
	Результат измерения, кг	$\delta_{vy}, \%$	Результат измерения, кг	$\delta_{vy}, \%$	Результат измерения, кг	$\delta_{vy}, \%$
Для ВУ_						

Таблица А.6а – Проверка реагирования

Контрольная точка, кг		Показание ВУ, соответствующее нагрузке, равной общей массе основных и дополнительных гирь, l , кг	Показание ВУ, соответствующее нагрузке, равной $(l - d)$, кг	Показание ВУ после нагружения дополнительными гирями массой, равной $1,4 \cdot d$
ВУ ____ ($d =$ ____ г)	Min = ____			
	0,5·Max = ____			
	Max = ____			

Таблица А.7 – Определение абсолютной погрешности ИК температуры рабочей жидкости

t, °C	Сопротивление ¹⁾ , Ом	Характеристика, °C	Результаты измерения, °C		
			ДТ1	ДТ2	ДТ3
10	103,96	Показания на мониторе			
		Погрешность $\Delta_{\text{КТ}}$			
		Погрешность канала, Δ_t			
20	107,91	Показания на мониторе			
		Погрешность $\Delta_{\text{КТ}}$			
		Погрешность канала, Δ_t			
30	111,85	Показания на мониторе			
		Погрешность $\Delta_{\text{КТ}}$			
		Погрешность канала, Δ_t			
40	115,78	Показания на мониторе			
		Погрешность $\Delta_{\text{КТ}}$			
		Погрешность канала, Δ_t			
50	119,70	Показания на мониторе			
		Погрешность $\Delta_{\text{КТ}}$			
		Погрешность канала, Δ_t			
60	123,60	Показания на мониторе			
		Погрешность $\Delta_{\text{КТ}}$			
		Погрешность канала, Δ_t			

¹⁾ – Значения сопротивлений приведены для термометров сопротивлений с $R_0 = 100$ Ом и $\alpha = 0,00391$ °C⁻¹. При использовании термометров сопротивления других типов необходимо воспользоваться справочными данными.

Таблица А.8 – Определение основной относительной погрешности УПП

УПП____ Значение расхода $Q = \text{_____} \text{ м}^3/\text{ч}$ Значение объема $V = \text{_____} \text{ дм}^3 (\text{л})$ Минимальное время наполнения ВБ $t_{\min} = \text{_____} \text{ мс}$										
Номер изме- рения	$t_{1i}, \text{ мс}$	$t_{2i}, \text{ мс}$	$\Delta t_i, \text{ мс}$	$\overline{\Delta t}, \text{ мс}$	$\Delta t_i - \overline{\Delta t}, \text{ мс}$	$\Delta t_i - \overline{\Delta t}^2, \text{ мс}^2$	$S_{\Delta t}, \%$	$\delta_{\text{с.узн}}, \%$	$\delta_{\text{сл.узн}}, \%$	$\delta_{\text{узн}}, \%$
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										

Т а б л и ц а А.9 – Определение погрешности аналоговых ИК напряжения в диапазоне 0 – 10 В

Проверяемая точка, %	Эталонное значение напряжения, $C_{эт}$, В	Допускаемое значение, В		Показание на экране монитора, C_a , В	Действительное значение приведенной погрешности, $\delta_{ИКА}$ %
		min	max		
Канал №1					
5	0,5	0,49	0,51		
25	2,5	2,49	2,51		
50	5	4,99	5,01		
75	7,5	7,49	7,51		
99	9,9	9,89	9,91		
Канал №2					
5	0,5	0,49	0,51		
25	2,5	2,49	2,51		
50	5	4,99	5,01		
75	7,5	7,49	7,51		
99	9,9	9,89	9,91		
Канал №3					
5	0,5	0,49	0,51		
25	2,5	2,49	2,51		
50	5	4,99	5,01		
75	7,5	7,49	7,51		
99	9,9	9,89	9,91		
Канал №4					
5	0,5	0,49	0,51		
25	2,5	2,49	2,51		
50	5	4,99	5,01		
75	7,5	7,49	7,51		
99	9,9	9,89	9,91		
Канал №5					
5	0,5	0,49	0,51		
25	2,5	2,49	2,51		
50	5	4,99	5,01		
75	7,5	7,49	7,51		
99	9,9	9,89	9,91		
Канал №6					
5	0,5	0,49	0,51		
25	2,5	2,49	2,51		
50	5	4,99	5,01		
75	7,5	7,49	7,51		
99	9,9	9,89	9,91		
Канал №7					
5	0,5	0,49	0,51		
25	2,5	2,49	2,51		
50	5	4,99	5,01		
75	7,5	7,49	7,51		
99	9,9	9,89	9,91		
Канал №8					
5	0,5	0,49	0,51		
25	2,5	2,49	2,51		
50	5	4,99	5,01		
75	7,5	7,49	7,51		
99	9,9	9,89	9,91		

Таблица А.10 – Определение погрешности аналоговых ИК постоянного тока в диапазоне 0 – 20 мА

Проверяемая точка, %	Эталонное значение тока, $C_{эт}$, мА	Допускаемое значение, мА		Показание на экране монитора, C_a , мА	Действительное значение приведенной погрешности, $\delta_{ИКА}$ %
		min	max		
Канал №1					
2,5	0,5	0,49	0,51		
25	5	4,9	5,1		
50	10	9,9	10,1		
75	15	14,9	15,1		
99	19,8	19,7	19,9		
Канал №2					
2,5	0,5	0,49	0,51		
25	5	4,9	5,1		
50	10	9,9	10,1		
75	15	14,9	15,1		
99	19,8	19,7	19,9		
Канал №3					
2,5	0,5	0,49	0,51		
25	5	4,9	5,1		
50	10	9,9	10,1		
75	15	14,9	15,1		
99	19,8	19,7	19,9		
Канал №4					
2,5	0,5	0,49	0,51		
25	5	4,9	5,1		
50	10	9,9	10,1		
75	15	14,9	15,1		
99	19,8	19,7	19,9		
Канал №5					
2,5	0,5	0,49	0,51		
25	5	4,9	5,1		
50	10	9,9	10,1		
75	15	14,9	15,1		
99	19,8	19,7	19,9		
Канал №6					
2,5	0,5	0,49	0,51		
25	5	4,9	5,1		
50	10	9,9	10,1		
75	15	14,9	15,1		
99	19,8	19,7	19,9		
Канал №7					
2,5	0,5	0,49	0,51		
25	5	4,9	5,1		
50	10	9,9	10,1		
75	15	14,9	15,1		
99	19,8	19,7	19,9		
Канал №8					
2,5	0,5	0,49	0,51		
25	5	4,9	5,1		
50	10	9,9	10,1		
75	15	14,9	15,1		
99	19,8	19,7	19,9		

Таблица А.11 – Определение погрешности импульсных ИК

Период, мкс	Показатель	Номер ИК							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Канал ОК									
120	Сэт								
	Ск								
	Погрешность δ _{ИКС} , %								
63	Сэт								
	Ск								
	Погрешность δ _{ИКС} , %								
50	Сэт								
	Ск								
	Погрешность δ _{ИКС} , %								
Канал ГППК									
120	Сэт								
	Ск								
	Погрешность δ _{ИКС} , %								
63	Сэт								
	Ск								
	Погрешность δ _{ИКС} , %								
50	Сэт								
	Ск								
	Погрешность δ _{ИКС} , %								
Канал ОС									
100000	Сэт								
	Ск								
	Погрешность δ _{ИКС} , %								
10000	Сэт								
	Ск								
	Погрешность δ _{ИКС} , %								
1000	Сэт								
	Ск								
	Погрешность δ _{ИКС} , %								

Т а б л и ц а А.12 – Определение относительной погрешности измерения объема ЭРС

Изм.	Расходы и объемы									
	$Q_1 = \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$ $V_1 = \frac{\text{дм}^3}{\text{ч}}$		$Q_2 = \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$ $V_2 = \frac{\text{дм}^3}{\text{ч}}$		$Q_3 = \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$ $V_3 = \frac{\text{дм}^3}{\text{ч}}$		$Q_4 = \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$ $V_4 = \frac{\text{дм}^3}{\text{ч}}$		$Q_5 = \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$ $V_5 = \frac{\text{дм}^3}{\text{ч}}$	
	$V_{\text{Э1i}}$	$V_{\text{В1i}}$	$V_{\text{Э2i}}$	$V_{\text{В2i}}$	$V_{\text{Э3i}}$	$V_{\text{В3i}}$	$V_{\text{Э4i}}$	$V_{\text{В4i}}$	$V_{\text{Э5i}}$	$V_{\text{В5i}}$
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
	$V_{\text{срЭ1}} =$	$V_{\text{срВ1}} =$	$V_{\text{срЭ2}} =$	$V_{\text{срВ2}} =$	$V_{\text{срЭ3}} =$	$V_{\text{срВ3}} =$	$V_{\text{срЭ4}} =$	$V_{\text{срВ4}} =$	$V_{\text{срЭ5}} =$	$V_{\text{срВ5}} =$
	$\delta_{\text{ср1}} =$		$\delta_{\text{ср2}} =$		$\delta_{\text{ср3}} =$		$\delta_{\text{ср4}} =$		$\delta_{\text{ср5}} =$	

Т а б л и ц а А.13 – Определение относительной погрешности измерения массы ЭРС

Изм.	Расходы и масса									
	$Q_1 = \frac{\text{т}}{\text{ч}}$ $M_1 = \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$		$Q_2 = \frac{\text{т}}{\text{ч}}$ $M_2 = \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$		$Q_3 = \frac{\text{т}}{\text{ч}}$ $M_3 = \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$		$Q_4 = \frac{\text{т}}{\text{ч}}$ $M_4 = \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$		$Q_5 = \frac{\text{т}}{\text{ч}}$ $M_5 = \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$	
	$M_{\text{Э1i}}$	$M_{\text{В1i}}$	$M_{\text{Э2i}}$	$M_{\text{В2i}}$	$M_{\text{Э3i}}$	$M_{\text{В3i}}$	$M_{\text{Э4i}}$	$M_{\text{В4i}}$	$M_{\text{Э5i}}$	$M_{\text{В5i}}$
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
	$M_{\text{срЭ1}} =$	$M_{\text{срВ1}} =$	$M_{\text{срЭ2}} =$	$M_{\text{срВ2}} =$	$M_{\text{срЭ3}} =$	$M_{\text{срВ3}} =$	$M_{\text{срЭ4}} =$	$M_{\text{срВ4}} =$	$M_{\text{срЭ5}} =$	$M_{\text{срВ5}} =$
	$\delta_{\text{ср1}} =$		$\delta_{\text{ср2}} =$		$\delta_{\text{ср3}} =$		$\delta_{\text{ср4}} =$		$\delta_{\text{ср5}} =$	

Таблица А.14 – Определение относительной погрешности ИК давления рабочей жидкости

Давление на выходе калибратора, МПа	Измеренное значение давления, МПа	Относительная погрешность, %
0,1		
0,2		
0,4		
0,6		
0,8		

Таблица А.15 – Определение нестабильности расхода

Номер измерения	$Q_{min1} = 0,1 \text{ м}^3/\text{ч}$ $M_1 = \text{дм}^3 (\text{л})$			$Q_{min2} = 6 \text{ м}^3/\text{ч}$ $M_2 = \text{дм}^3 (\text{л})$			$Q_{min3} = 50 \text{ м}^3/\text{ч}$ $M_3 = \text{дм}^3 (\text{л})$		
	V_i , дм ³ (л)	\bar{V} , дм ³ (л)	СКО*	V_i , дм ³ (л)	\bar{V} , дм ³ (л)	СКО	V_i , дм ³ (л)	\bar{V} , дм ³ (л)	СКО
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
* СКО – среднее квадратическое отклонение ($S(V)$)									

Примечание – Q_{min1} , Q_{min2} , Q_{min3} – минимальные значения расхода для эталонных РС, соответственно Р1, Р2 и Р3.

Таблица А.16 – Определение коэффициента зависимости $K_{ВВ}$

Температура воды, °С	Плотность воды, кг/дм ³	Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Атмосферное давление, мм рт. ст.	Плотность воздуха, кг/дм ³	Коэффициент зависимости $K_{ВВ}$, дм ³ /кг
15						
16						
18						
20						
22						
24						
26						
28						
30						
32						
34						
36						
38						
40						
42						
44						
46						
48						
50						
52						
54						
56						
58						
60						

Таблица А.17 – Определение основной относительной погрешности установки

В процентах

Наименование параметра	Значение параметра	
	Допускаемое значение	Действительное значение
1 Относительная погрешность установки при измерении объема ЭРС и использовании импульсных (аналоговых) ИК $\delta_{урo}$, %, в диапазоне расходов от Q_{min} до Q_{max}		
2 Основная относительная погрешность при измерении массы ЭРС и использовании импульсных (аналоговых) ИК $\delta_{урm}$, %, в диапазоне расходов от Q_{min} до Q_{max}		
3 Основная относительная погрешность при измерении объема ВУ и использовании импульсных (аналоговых) ИК $\delta_{вyo}$, %, в диапазоне расходов от Q_{min} до Q_{max}		
4 Основная относительная погрешность при измерении массы ВУ и использовании импульсных (аналоговых) ИК $\delta_{вym}$, %, в диапазоне расходов от Q_{min} до Q_{max}		

Заключение о пригодности _____

Поверитель: _____

Приложение Б

Инструкция по градуировке

Б.1 Общие условия

Градуировка средств измерений, входящих в состав поверочной установки, проводится для приведения передаточной характеристики к номинальному значению и уменьшения за счет этого систематической погрешности измерения расхода и объема жидкости.

Градуировка проводится в следующих случаях:

- после монтажа ЭРС, тензорезисторных датчиков, запорной арматуры с электроприводом, аналоговых модулей;
- при неудовлетворительной работе установки при проверке или поверке;

Для градуировки необходимо подготовить установку для работы в соответствии с ЭД.

После запуска программы «UPRS.exe» на экране появляется базовое окно программы, в котором имеется условная схема установки и основное меню программы (см. рисунок Б.1).

Внимание! Выполнение любых операций по градуировке или настройке (в части программного обеспечения) возможно только по паролю. Пароли устанавливает изготовитель установок и передает их пользователю на согласованных условиях.

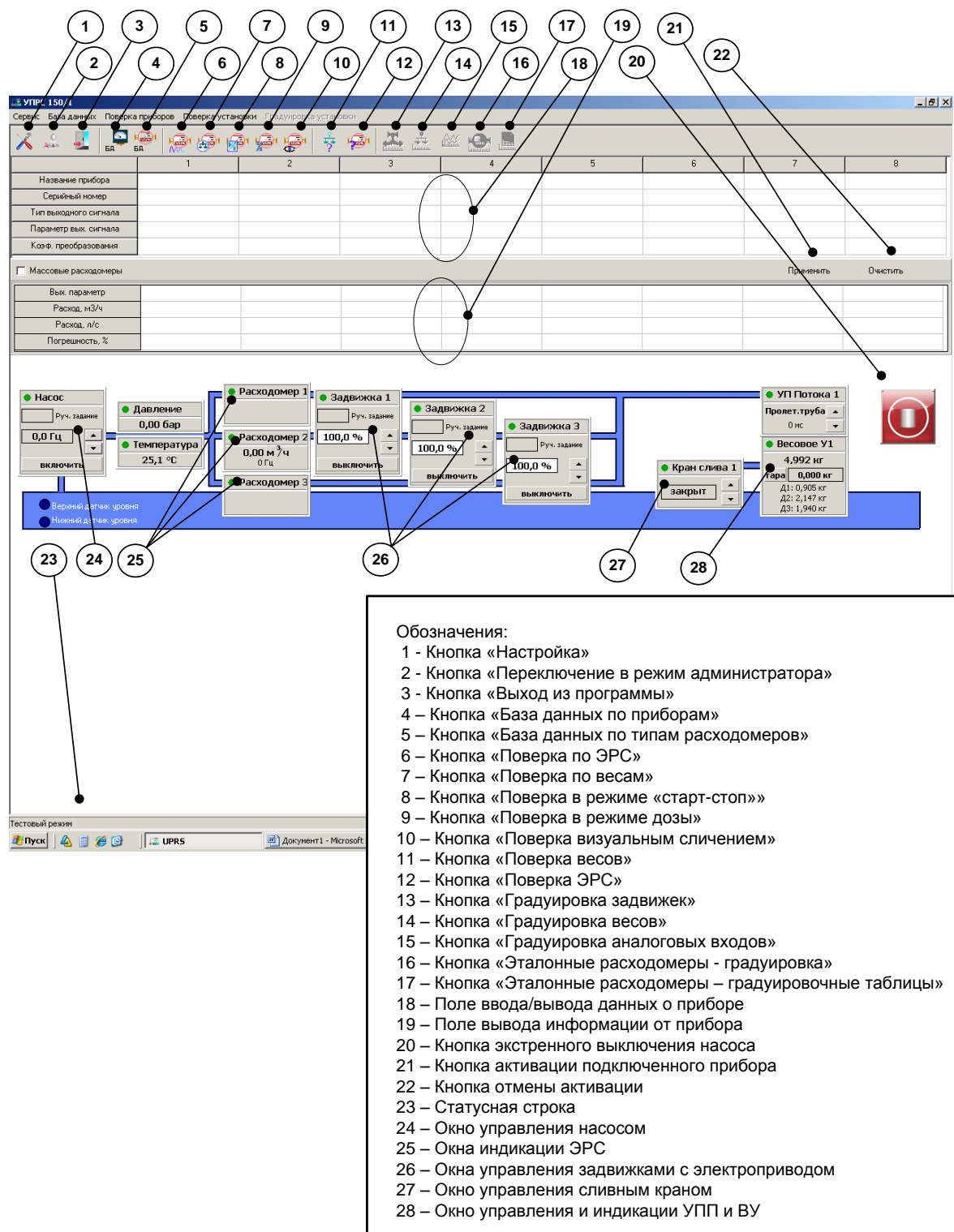


Рисунок Б.1 – Базовое окно программы

Для проведения градуировки необходимо войти в режим администратора путем выбора пункта меню «Сервис»(или нажав кнопку 2, рисунок Б.1), и ввода пароля (см.рисунок Б.2).

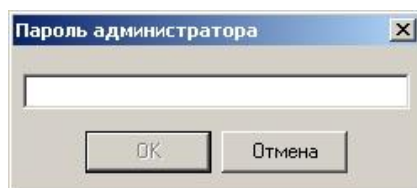


Рисунок Б.2 – Окно ввода пароля

Б.2 Градуировка ЭРС

После ввода пароля становится активным пункт меню «Градуировка установки».

Для градуировки необходимо знать диапазоны расходов, в которых используется тот или иной расходомер. Эта информация содержится в ЭД или в окне «Сервис/Настройки» на рисунке Б.3.

После нажатия кнопки «Открыть» в разделе «Режим работы установки» появляется таблица «Режим работы установки «Базовый»», приведенный на рисунке 4. По таблице можно определить диапазон измерений расходомеров.

Для расходомера, используемого в нижней части диапазона, первую точку по расходу выбирают ниже установленного по документации нижнего предела Q_{\min} . Например, нижний диапазон по расходу для установки установлен $0,02 \text{ м}^3/\text{ч}$. Рекомендуется выбрать первую точку по расходу $0,019 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Делается это для того, чтобы при кусочно-линейной аппроксимации градуировочной характеристики снизить погрешность измерения эталонным расходомером.

Рисунок Б.3 – Окно «Настройки»

С учетом того, что при градуировке используется измерение объема весовым устройством, объем проливаемой жидкости определяется исходя из того, что время наполнения весового бака не может быть более 30 минут (на минимальном расходе для весов с наименьшим пределом взвешивания).

При выборе объема необходимо учитывать, при каком расходе, какое весовое устройство используется, его пределы измерения и общее время наполнения весового бака. Эти данные также присутствуют в ЭД. Предварительно необходимо рассчитать время полного наполнения весового бака и выбрать значение объема, при котором будет заполнение бака на 60 – 70 % его вместимости, а время заполнения не будет меньше 20 секунд. Предпочтение следует отдавать заполнению, поскольку в этом случае относительная погрешность определения объема будет меньше.

Мин. расход, м ³ /ч	Макс. расход, м ³ /ч	Погрешность, %	Мин. F, Гц	Макс. F, Гц	Расходомер	Положение задвижки, %	Весы	Насосы
0,02	0,039	8	10	25	1	18	1	1
0,04	0,05999	8	15	25	1	20	1	1
0,06	0,0999	7	15	25	1	23	1	1
0,1	0,14999	6	18	27	1	28	1	1
0,15	0,22999	5	18	27	1	35	1	1
0,23	0,3699	3	18	27	1	42	1	1
0,37	0,5999	2	18	27	1	50	1	1
0,6	0,89999	2	18	27	1	60	1	1
0,9	1,3999	2	18	27	1	70	1	1
1,4	1,9999	2	18	27	1	85	1	1
2	3,2999	2	18	27	2	29	2	1
3,3	4,9999	2	18	27	2	33	2	1
5	6,9999	2	18	27	2	36	2	1
7	9,99999	2	18	27	2	40	2	1
10	14,999	2	18	27	2	47	2	1
15	19,999	2	18	27	2	60	2	1
20	25,999	2	18	27	2	75	2	1
26	32,999	2	20	27	2	85	2	1
33	60	2	20	27	2	100	2	1

Добавить строку Удалить строку Сохранить Сохранить как... Выход

Рисунок Б.4 – Таблица «Режим работы установки «Базовый»»

Пример выбора объемов приведен в таблице Б.1.

Таблица Б.1 – Определение проливаемых объемов рабочей жидкости в поверочных точках

ЭРС	Диапазон расходов ЭРС, м ³ /ч	Соответствующее ВУ	Диапазон взвешивания ВУ, кг	Поверочные точки по расходу, Q_{ij} , м ³ /ч	Значение проливаемого объема V_{ij} , м ³
Р1	0,020 – 1,999	ВУ1	3 – 10	0,019	2
				0,050	4
				1,000	8
				1,500	10
				1,999	10
Р2	2 – 50	ВУ2	40 – 300	2	40
				10	200
				25	250
				50	300
				70	300

i – номер ЭРС;
 j – номер поверочной точки.

Количество измерений в точке устанавливается не менее трех.

Градуировка может быть проведена для любой комбинации расходомеров: любого одного или всех используемых.

Для продолжения процедуры градуировки необходимо нажать кнопку 16 (см. рисунок Б.1) или выбрать этот режим через пункт меню «Градуировка установки». После этого на экране появляется

дополнительное окно, вид которого показан на рисунке Б.5. В левой части окна в таблицу ввести значения расхода и объема в соответствии с таблицей Б.1 и нажать кнопку «Старт». Дальнейшие действия по градуировке выполняются автоматически, при этом в средней таблице окна на рисунке Б.5 будут отображаться текущие результаты каждой проливки, а в правой – результаты измерений и расчета погрешностей. После завершения всех проливов будут активны кнопки «Отчет» и «Сохранить». По нажатию кнопки «Отчет» будут распечатаны результаты градуировки, по нажатию кнопки «Сохранить» результаты сохранятся в программе.

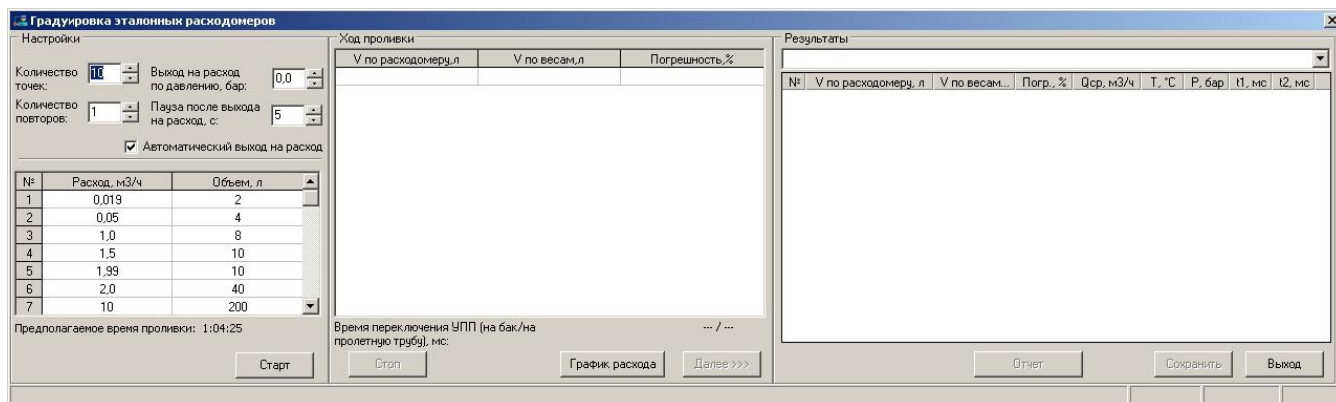


Рисунок Б.5 – Окно градуировки эталонных расходомеров

После того, как нажата кнопка «Выход», градуировка ЭРС будет закончена.

Результаты градуировки можно посмотреть в виде графика и таблиц, если нажать кнопку 17 на рисунке Б.1. При этом на экране появляется окно, приведенное на рисунке Б.6.

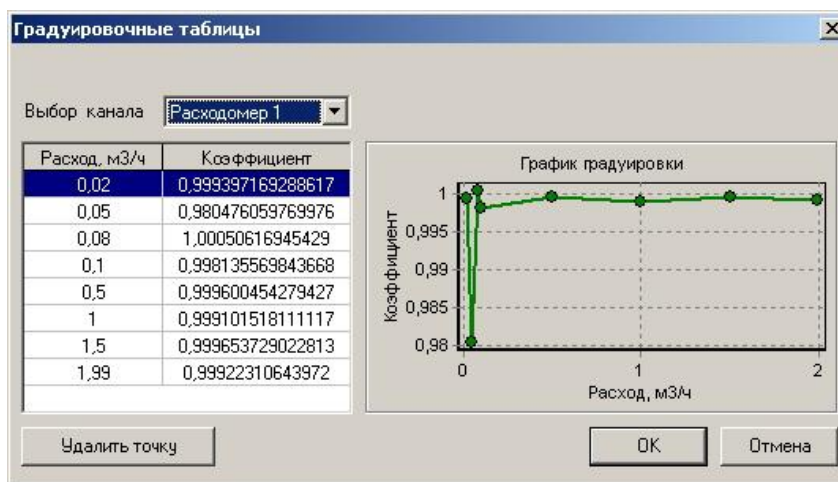


Рисунок Б.6 – Окно результатов градуировки

При использовании кнопки «Удалить точку» возможно удалить предварительно выбранную точку.

Б.3 Градуировка весовых устройств (ВУ)

Для градуировки ВУ предварительно необходимо снять весовые баки с тензодатчиков или приподнять их над тензодатчиками с помощью специальных приспособлений (винты или пневмоцилиндры) снизу весового бака или непосредственно над опорами тензодатчиков.

Далее выбрать пункт меню «Градуировка весов» или нажать кнопку 14 на рисунке Б.1, при этом появится окно градуировки весов (рисунок Б.7).

Градуировка ВУ производится в следующей последовательности.

Для уровня 1 (см. рисунок Б.7). После выбора ВУ и канала (условный номер тензодатчика) появляется в правой верхней части окна цифровое значение АЦП. Это значение должно находиться в пределах нескольких десятков тысяч единиц. В случае, если такой результат не получается, необходимо нагрузить тензодатчик небольшим грузом (от 0,1 до 1 кг) с таким расчетом, чтобы в строке значения АЦП появилось число в указанных пределах.

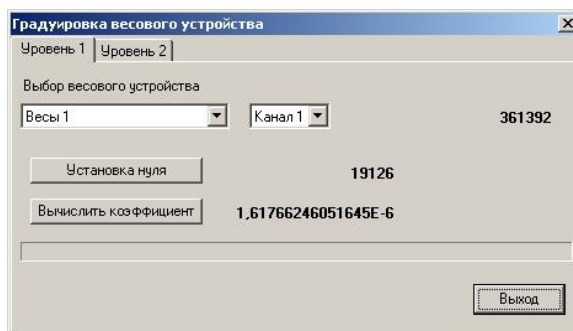


Рисунок Б.7 – Окно градуировки весов

Затем для установки нуля нажимается кнопка «Установка нуля». Через время стабилизации в строке «Ноль» появляется цифровое значение.

После этого необходимо нагрузить тензодатчик гирями с массой в пределах от 20 % до 100 % от номинальной нагрузки тензодатчика, и нажать кнопку «Вычислить коэффициент».

П р и м е ч а н и е – В случае использования дополнительного груза при установке нуля в дальнейшем этот груз должен оставаться вместе с основной нагрузкой тензодатчика.

В результате этого на экране монитора появляется окно с предложением ввести значение массы установленных гирь в килограммах (см.рисунок Б.8).

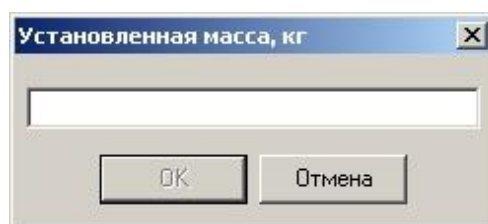


Рисунок Б.8 – Окно ввода значения массы гирь

После подтверждения ввода производится измерение массы конкретным тензодатчиком и полученному результату приписывается определенное числовое значение, которое соответствует точке на градуировочной характеристике.

Описанная процедура проводится для каждого тензодатчика каждого весового устройства установки.

После градуировки тензодатчиков ВУ нагружается гирями в пределах 70 – 100 % от максимальной нагрузки и проверяется погрешность ВУ. После взвешивания гири снимаются.

При необходимости может быть проведена градуировка на уровне ВУ (градуировка на уровне 2).

После нажатия кнопки «Уровень 2» на экране появляется окно, приведенное на рисунке Б.9.

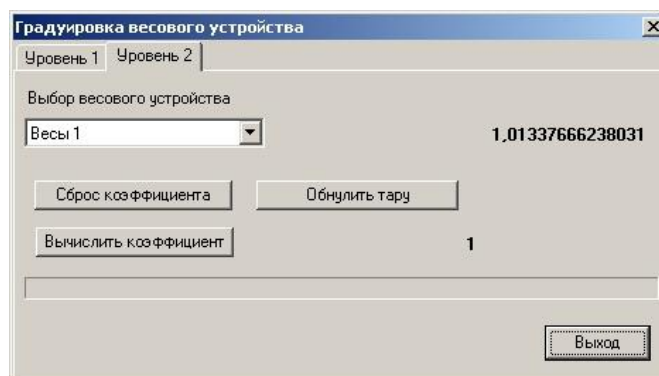


Рисунок Б.9 – Окно градуировки весов – уровень 2

Для градуировки необходимо выбрать ВУ, последовательно нажать кнопки «Сброс коэффициента», «Обнулить тару», «Вычислить коэффициент». После нажатия последней кнопки

появится приглашение аналогично рисунку Б.8 ввести значение массы гирь. После стабилизации ВУ и измерения будет получено новое значение градуировочного коэффициента (в правой части окна на рисунке Б.9).

Окончание градуировки заканчивается после нажатия кнопки «Выход».

Б.4 Градуировка аналоговых входов

Градуировка аналоговых входов производится для всех измерительных каналов, где в качестве информационного сигнала используется ток, напряжение или сопротивление.

При градуировке каналов напряжения, тока, датчиков давления и температуры необходимо выбрать в меню строку «Градуировка установки/Градуировка аналоговых входов» или нажать кнопку 15 на рисунке Б.1, после чего на экране появляется окно градуировки (см. рисунок Б.10).

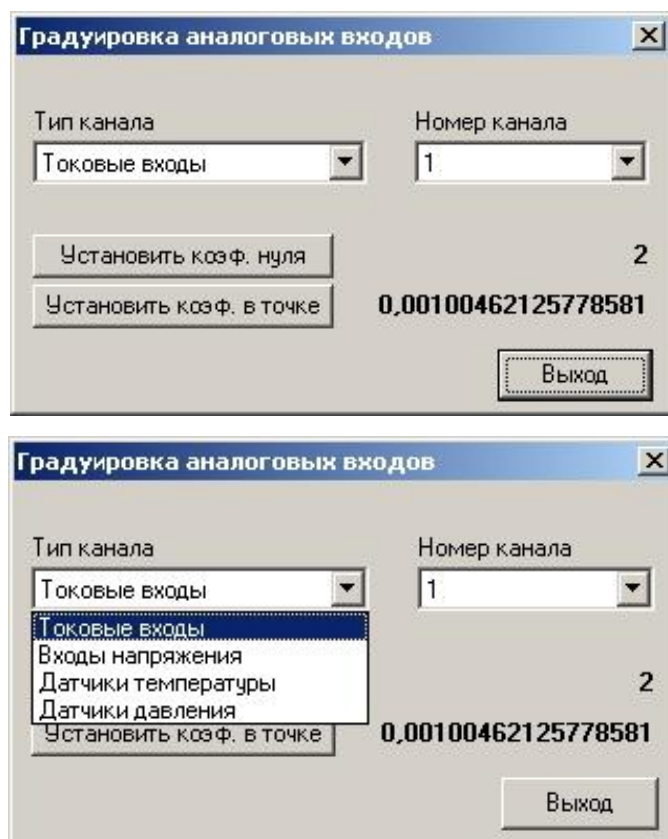


Рисунок Б.10 – Окно градуировки аналоговых входов

Для выполнения градуировки токовых каналов и каналов напряжения необходимо выбрать вид входного сигнала, установить номер канала для соответствующего входа (первый канал имеет номер «1») и произвести установку нуля нажатием кнопки «Установить коэф. нуля».

Затем на выбранный канал подать сигнал, равный предельному значению диапазона измерения, и нажать кнопку «Установить коэф. в точке». Будет предложено ввести значение поданного уровня сигнала (тока или напряжения) в вольтах или в миллиамперах (см. рисунок Б.11).

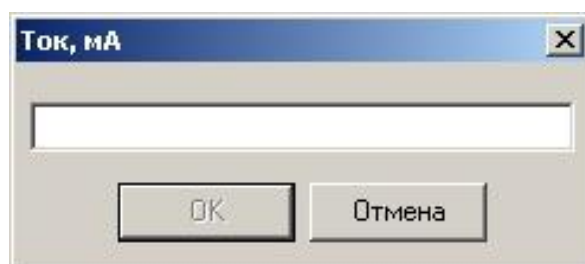


Рисунок Б.11 – Окно ввода параметра

Затем значение сигнала с калибратора измеряется аналоговым каналом и этому значению на градуировочной характеристике приписывается значение коэффициента.

Данную процедуру выполняют для всех каналов. Число каналов указывается в руководстве по эксплуатации.

Б.5 Градуировка каналов температуры и давления

Для градуировки необходимо выбрать соответствующий канал в окне на рисунке Б.10. Для градуировки каналов температуры необходимо отключить термосопротивление и вместо него подключить магазин сопротивлений или многофункциональный калибратор и установить сопротивление 100 Ом. Далее следует установить нуль – нажать кнопку «Установить коэф.нуля». После завершения измерения установить сопротивление 107,79 Ом (или иное значение, соответствующее температуре 20 °С по ГОСТ Р 8.625–2006) и нажать кнопку «Установить коэф.в точке». После предложения ввести действительное значение, ввести значение 20 и нажать кнопку «ОК».

Для градуировки канала измерения давления необходимо подключить вместо датчика давления либо многофункциональный калибратор с источником тока, либо эталонный источник тока с магазином сопротивлений. Устанавливается значение тока 4 мА и нажимается кнопка «Установить коэф.нуля». После измерения устанавливается ток 20 мА и нажимается кнопка «Установить коэф.в точке». После предложения ввести действительное значение тока вводится значение 20 мА, соответствующее верхнему пределу измерения давления датчиком.

Расположение датчиков давления и температуры определяется по схеме в базовом окне программы. Градуировка может производиться в любой последовательности в соответствии с приведенным описанием.

Б.6 Градуировка задвижек

Градуировка запорной арматуры с электроприводом осуществляется при выборе соответствующей строки в меню на рисунке Б.1.

Суть градуировки заключается в том, что устанавливается зависимость между временем открытия и закрытия каждой задвижки с электроприводом к процентному отношению этой величины и, соответственно, расходу. Эта зависимость используется для автоматического выхода на расход и индикации положения задвижек на экране монитора.

Определение положения задвижки осуществляется по времени полного открытия (закрытия) задвижки, которое принимается за 100 %.

После выбора строки в меню появляется окно (рисунок Б.12).



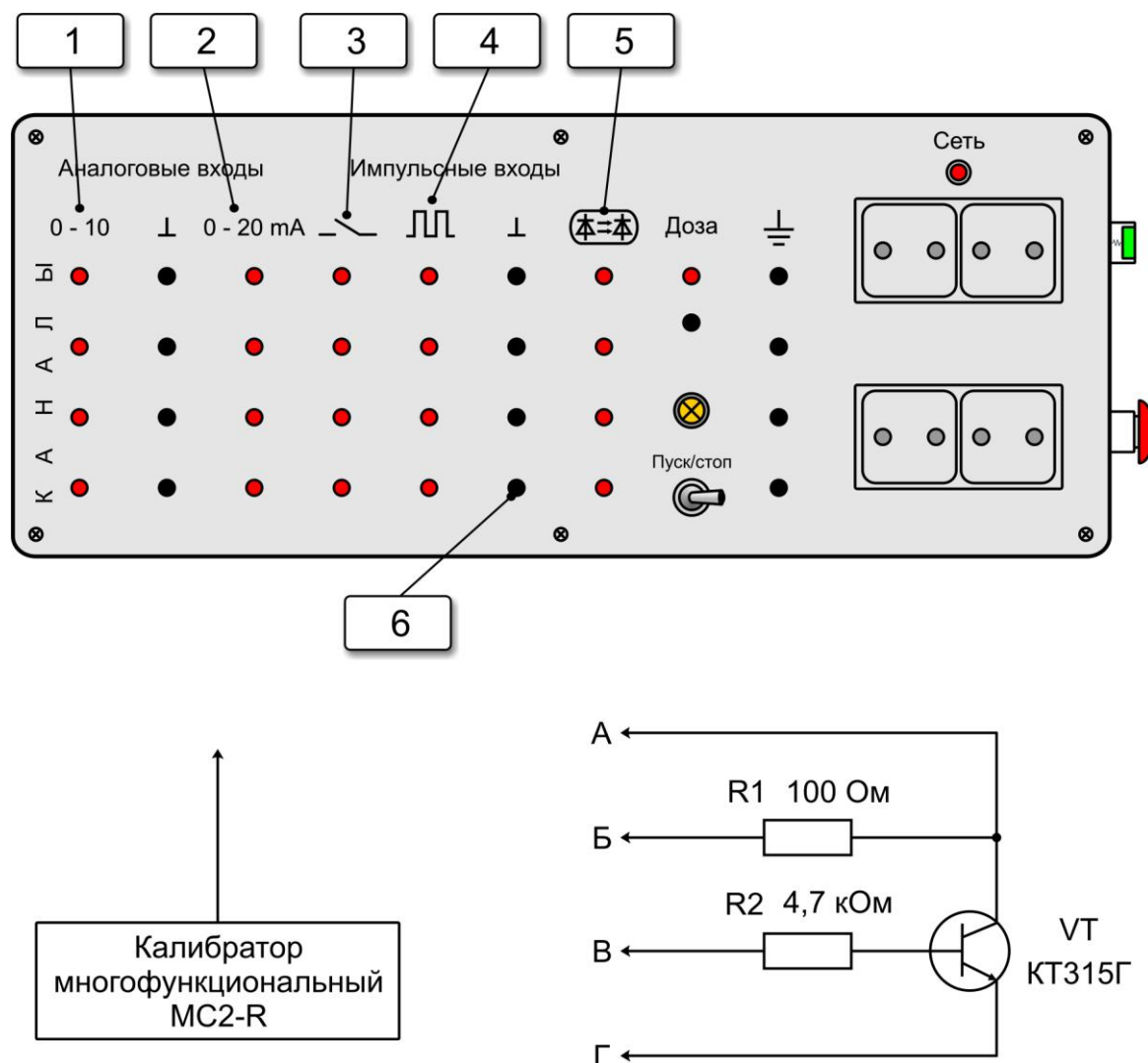
Рисунок Б.12 – Окно градуировки задвижек с электроприводом

Для запуска процедуры градуировки задвижек с электроприводом следует нажать кнопку «Выполнить градуировку», при этом начнет выполняться описанная процедура.

Градуировка заканчивается после того, как она выполнена для всех задвижек. Их количество может быть различным в зависимости от модификации установки (от двух до четырех).

Приложение В

Схема поверки импульсных измерительных каналов
(панель может иметь другое исполнение)



Подключение при поверке:

- импульсных каналов (активных): выходной сигнал от калибратора подключается к клеммам 4, общий провод – к клеммам 6;
- импульсных каналов с возможностью подключения оптосчитывателя: выходной сигнал калибратора подключается к точке В транзисторной схемы, точка А – к клеммам 5, точка Г – к клеммам 6;
- импульсных каналов с возможностью подключения РС с контактом типа «геркон» или полупроводниковым ключом: выходной сигнал калибратора подключается к точке В транзисторной схемы, точка Б – к клеммам 3, точка Г – к клеммам 6.

Приложение Г

Методика определения K_{BB}

Г.1 Для определения зависимостей «объем-масса» используются следующие выражения:

– плотность воды $\rho_B(t_B)$, кг/дм³, определяется по формуле:

$$1000 \cdot \rho_B(t_B) = -8,9748524 \cdot 10^{-16} \cdot t_B^8 + 4,5354793 \cdot 10^{-13} \cdot t_B^7 - 1,0251943 \cdot 10^{-10} \cdot t_B^6 + 1,3879002 \cdot 10^{-8} \cdot t_B^5 - 1,3117373 \cdot 10^{-6} \cdot t_B^4 + 1,009255 \cdot 10^{-4} \cdot t_B^3 - 0,0090656 \cdot t_B^2 + 0,0678096 \cdot t_B + 999,8336549, \quad (\text{Г.1})$$

где: t_B – температура воды в точке измерения (или на минимальном расстоянии от точки измерения), °С;

– плотность воздуха ρ_{BB} , кг/дм³, определяется по формуле:

$$1000 \cdot \rho_{BB} = 0,01 \cdot B \cdot \rho_{\text{ПН}}(t_{BB}) + 1,2928 \cdot 273,15 \cdot \frac{P - 0,01 \cdot B \cdot 0,00750062 \cdot p_{\text{ПН}}(t_{BB})}{760 \cdot (t_{BB} + 273,15)}, \quad (\text{Г.2})$$

где: $\rho_{\text{ПН}}(t_{BB})$ – плотность водяного пара на линии насыщения в зависимости от температуры:

$$\rho_{\text{ПН}}(t_{BB}) = 2,1500372 \cdot 10^{-11} \cdot t_{BB}^5 + 4,6091527 \cdot 10^{-10} \cdot t_{BB}^4 + 2,3361261 \cdot 10^{-7} \cdot t_{BB}^3 + 8,827531 \cdot 10^{-6} \cdot t_{BB}^2 + 3,4711972 \cdot 10^{-4} \cdot t_{BB} + 0,0048026; \quad (\text{Г.3})$$

B – относительная влажность воздуха, %;

P – атмосферное давление, мм рт. ст.;

t_{BB} – температура воздуха, °С;

$p_{\text{ПН}}(t_{BB})$ – давление водяного пара на линии насыщения, Па:

$$p_{\text{ПН}}(t_{BB}) = 3,2355396 \cdot 10^{-6} \cdot t_{BB}^5 + 2,0599515 \cdot 10^{-4} \cdot t_{BB}^4 + 0,0304758 \cdot t_{BB}^3 + 1,3430735 \cdot t_{BB}^2 + 45,2334754 \cdot t_{BB} + 607,5732671. \quad (\text{Г.4})$$

Г.2 При определении объема по ВУ (при поверке эталонных или рабочих РС) учитывается выталкивающая сила воздуха при взвешивании, и объем определяется по формуле:

$$V_{BB} = K_{BB} \cdot G_B, \quad (\text{Г.5})$$

где K_{BB} – коэффициент зависимости, дм³/кг;

G_B – результат измерения массы воды ВУ, кг.

Коэффициент зависимости K_{BB} :

$$K_{BB} = \frac{1}{\rho_B - \rho_{BB}}, \quad (\text{Г.6})$$

Примечание – Плотность воды определяется по формуле (Г.1) по температуре воды, измеренной на минимальном расстоянии от ЭРС, если проводится его поверка, или на минимальном расстоянии от места установки поверяемого рабочего РС.

Г.4 При определении массы по ВУ учитывается выталкивающая сила воздуха при взвешивании, и масса определяется по формуле:

$$M_{BB} = K_{BB} \cdot G_B \cdot \rho_B. \quad (\text{Г.7})$$

Для заметок

[illegible]

Для заметок

[illegible]