ГОССТАНДАРТ РОССИИ

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ГЦИ СИ –
заместитель директора
ФГУ "Тюменский ЦСМ"

_____ В.П. Жданов

_____ 2003 г.

ИНСТРУКЦИЯ.

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

ДАТЧИКИ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ "DYMETIC-2712"

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

2712.00.00.000 ПМ2

2003

Разработана: Закрытым акционерным обществом «Даймет»
Исполнитель: Россохин В.Е.

Подготовлена к утверждению отделом Тюменского ЦСМ.
Руководитель отдела Матвеева Н.А.

Настоящая инструкция (далее – методика поверки) распространяется на датчики многопараметрические «DYMETIC-2712» ТУ 4218-012-12540871-2002, предназначенные для измерения и преобразования в электрический кодовый сигнал объёма, температуры и избыточного давления пропущенного через них теплоносителя (воды).

Область применения – системы коммерческого и технологического учёта тепла и воды на источниках теплоснабжения и тепловых пунктах промышленных предприятий и организаций, жилых домов, магазинов, офисов и др. в закрытых или открытых системах водяного теплоснабжения.

В методике поверки приняты следующие сокращения:

датчик МД – датчик многопараметрический «DYMETIC-2712»;

вычислитель – устройство микровычислительное «DYMETIC-5102.2»;

поверочная установка – установка поверочная РУ-125;

$\mathbf{Q_{min}}$ – наименьший расход;

$\mathbf{Q_{max}}$ – наибольший расход;

$\mathbf{V_{min}}$ – минимальный объём при поверке;

РЭ – руководство по эксплуатации;

ЭД – эксплуатационная документация.

Методика поверки устанавливает объём, порядок и методику первичной и периодической поверок датчиков МД.

Интервал между поверками – три года.

1 ОПЕРАЦИИ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

1.1 При проведении поверки должны быть выполнены следующие операции и применены средства поверки, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта инструкции	Наименование рабочих эталонов и (или) вспомогательных средств поверки, название документа, регламентирующего технические требования к средству, основные технические характеристики	Обязательность выполнения операции при	
			первичной поверке	эксплуатации, хранении и после ремонта
1 Внешний осмотр	5.1	–	Да	Да
2 Опробование	5.2	Поверочная установка на диапазон расходов от Q_{min} до Q_{max} с погрешностью измерения объёма не более ± 0,5 %; вычислитель	Да	Нет
3 Определение относительной погрешности измерения объёма	5.3	Средства поверки согласно 5.2 таблицы 1 и штангенциркуль type 6in/150 mm bean Stock no 182-9363 RS Components, (0 – 150) mm, ± 0,02 mm	Да	Да
4 Определение абсолютной погрешности измерения температуры	5.4	Термометр контактный цифровой ТК-5 (Checktemp), погрешность ± 0,3 °С, диапазон температур от - 20 до + 90 °С; термостат СЖМЛ-19/2,5 температура от + 20 °С до + 150 °С; вычислитель	Да	Да
5 Определение приведённой погрешности измерения давления	5.5	Преобразователь давления цифровой $ХР^{2i}$-DD-RP, погрешность ± 0,1 %, пределы измерений от 0 до 3000 кПа; гидравлический испытательный стенд на давление до 1,6 МПа; вычислитель	Да	Да
Примечание – Допускается применять другие рабочие эталоны, испытательное оборудование и контрольную аппаратуру с характеристиками, обеспечивающими измерения выходных параметров поверяемого датчика МД с заданной точностью.				

2 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

2.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие требования безопасности:

а) электрические соединения датчика МД с вычислителем должны производиться в соответствии с ГОСТ 12.3.032 и «Правилами устройства электроустановок» (глава 7.3);

б) к поверке датчика МД должны допускаться лица, ознакомившиеся с настоящей методикой поверки, РЭ датчика МД, ЭД рабочих эталонов и вспомогательных средств поверки, приведенных в таблице 1, и имеющие опыт поверки средств измерений, а также прошедшие инструктаж по технике безопасности в установленном порядке.

3 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки по 5.3 – 5.5 настоящей методики поверки должны соблюдаться следующие условия:

– температура окружающего воздуха от плюс 5 до плюс 35 °С;

– относительная влажность до 80 %;

– атмосферное давление от 84,0 кПа до 106,7 кПа;

– напряжение питания (24 ± 2,4) В постоянного тока;

– поверочная среда – вода температурой от плюс 15 до плюс 35 °С при давлении до 1,0 МПа (при определении погрешности измерения объёма);

– длина прямолинейного участка трубопровода до и после датчика МД должна соответствовать требованиям РЭ датчика МД;

– объём воды, проходящей через датчик МД за время одного измерения, должен быть не менее указанного в таблице 2.

Таблица 2

Обозначение датчика	V_{min}, $м^3 \cdot 10^{-3}$	Обозначение датчика	V_{min}, $м^3 \cdot 10^{-3}$
DYMETIC-2712-15-1,6	100	DYMETIC-2712-125-1,6	600
DYMETIC-2712-25-1,6	120	DYMETIC-2712-250-1,6	900
DYMETIC-2712-50-1,6	140	DYMETIC-2712-500-1,6	1900

– продолжительность одного измерения не менее 30 с;

– напряжённость электромагнитного поля частотой 50 Гц не более 80 А/м;

к) допустимый уровень вибрации:

– частота от 0,01 до 25 Гц;

– амплитуда виброперемещений не более 0,05 мм.

3.2 При проведении поверки по 5.1, 5.2 должны соблюдаться рабочие условия датчика МД.

4 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

4.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

4.1.1 Подготовка к работе рабочих эталонов и вспомогательных средств поверки согласно их ЭД.

4.1.2 Проверка наличия и срока действия знаков поверки (поверительных клейм) и (или) свидетельств о поверке рабочих эталонов.

4.1.3 Установка датчика МД в измерительный участок трубопровода поверочной установки согласно ЭД датчика и поверочной установки.

4.1.4 Соединение поверяемого датчика МД с рабочими эталонами и вспомогательными средствами поверки согласно приложениям А и Б.

5 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

5.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре датчика МД устанавливают соответствие его комплектности требованиям РЭ, наличие пломб, отсутствие механических повреждений, влияющих на работоспособность датчика и его погрешность, отсутствие дефектов, препятствующих чтению надписей и маркировки. Заводские номера, указанные в РЭ, должны соответствовать номерам, нанесённым на составных частях датчика МД. Типоразмер датчика МД должен соответствовать указанному в РЭ.

Результаты осмотра считают удовлетворительными, если выполняются вышеуказанные требования.

Датчик МД, забракованный при внешнем осмотре, дальнейшей поверке не подлежит.

5.2 Опробование

Опробование датчика МД проводят с помощью поверочной установки, обеспечивающей расходы воды любой величины внутри диапазона расходов поверяемого датчика МД.

Перед испытаниями датчик МД устанавливают на испытательном участке поверочной установки и соединяют с пультом управления и вычислителем по схеме приложения А. При поставке в составе счётчика тепла двух датчиков МД они должны устанавливаться на испытательном участке друг за другом и поверяться одновременно.

Результаты опробования считают удовлетворительными, если на дисплее вычислителя высвечиваются величины давления и температуры поверочной жидкости и наблюдается равномерное накопление показаний объёма.

5.3 Определение относительной погрешности измерения объёма

5.3.1 Относительную погрешность измерения объёма определяют по схеме приложения А на поверочной установке (приложение Б), обеспечивающей измерение объёмов воды в диапазоне расходов от Q_{min} до Q_{max} для каждого из поверяемых датчиков МД с относительной погрешностью не более ± 0,5 %. Поверочная установка может быть весового или объёмного типа.

В качестве устройства отображения сигналов датчика МД используется вычислитель, метрологические характеристики которого определены в соответствии с методикой поверки 5102.00.00.000 ПМ2.

Поверку проводят на поверочных расходах $0{,}1\ Q_{max}$, $0{,}5\ Q_{max}$ и $1{,}0\ Q_{max}$, устанавливаемых с допускаемыми отклонениями ± 10 % от требуемого значения.

Изменение расхода в процессе одной серии измерений должно быть не более ± 2 % от установленного значения.

Время i-го измерения T_i, с, определяют по формуле:

$$T_i = 3{,}6 \cdot \frac{K_{пр}}{Q_{oi}} \geq 30\ с, \qquad (1)$$

где $K_{пр}$ – К-фактор датчика МД (коэффициент преобразования расхода в частоту), $1 \cdot 10^{-3} м^3$/имп;

Q_{oi} – значение i-го поверочного расхода, $м^3$/ч.

Число измерений на каждом расходе должно быть не менее трёх.

Определение погрешности датчика МД производят в соответствии с программой Stend 01 в следующей последовательности.

После монтажа датчика МД на испытательном участке в соответствии с РЭ поверочной установки устанавливают расход ***0,1 Q_{max}*** и выдерживают схему во включённом состоянии на этом расходе не менее пяти минут.

Далее, производят i-е измерение в последовательности, изложенной в РЭ поверочной установки, по окончании которого открывают меню с автоматически заполненной таблицей по результатам i-го измерения:

Номер измерения	Эталонный расход	Количество импульсов ЭПР	Объём воды, прошедшей через ЭПР	Количество импульсов РСИ	Объём воды, прошедшей через РСИ	Время измерения	Температура воды	Давление воды	Погрешность
i	Q_{oi} $м^3$/ч	N_{oi} имп	V_{oi} л	N_i имп	V_i л	T_i с	t_i °С	P_i кгс/см^2	δ_{vi} %

Здесь Q_{oi} – среднее значение поверочного расхода при i-м измерении по показаниям рабочего эталона расхода ЭПР поверочной установки, $м^3$/ч;

N_i – число импульсов на выходе поверяемого датчика МД за время i-го измерения по показаниям вычислителя, имп.;

V_{oi} – значение объёма воды при i–м измерении по показаниям ЭПР поверочной установки, $м^3 \cdot 10^{-3}$;

$V_i = K_{пр} \cdot N_i$ – значение объёма воды при i–м измерении по показаниям вычислителя, $м^3 \cdot 10^{-3}$.

При испытании методом измерения массы

$$V_{oi} = C \cdot \frac{M_i}{\rho_i} \cdot 10^{-3}, \qquad (2)$$

где M_i – значение массы воды по показаниям весов при i-м измерении, кг;

ρ_i – значение плотности воды при i-м измерении, кг/$м^3$, выбирается из таблиц стандартных справочных данных ГС ССД 2-89;

$C = 1 + \frac{\rho_{возд}}{\rho_{воды}}$ – безразмерный коэффициент, учитывающий потери веса воды в воздухе и определяемый по таблице 3.

Таблица 3

Температура, °С	Плотность воздуха $\rho_{возд}$, кг/м^3	Плотность воды $\rho_{воды}$, кг/м^3	Коэффициент C
10	1,247	1000	1,00125
20	1,204	998	1,00121
30	1,165	996	1,00117
40	1,127	992	1,00114

t_i – значение температуры воды при i-м измерении, °С;

P_i – значение давления воды при i-м измерении, кгс/см^2;

δ_{vi} – значение относительной погрешности измерения объёма при i-м измерении, %, вычисленное по формуле:

$$\delta_{vi} = \left(\frac{V_i}{V_{oi}} - 1\right) \cdot 100, \qquad (3)$$

Аналогичные измерения проводят при каждом измерении на всех расходах.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если ни одно из значений δ_{vi} не превышает ± 1,5 %.

5.3.2 Если в РЭ датчика МД приведен «геометрический» коэффициент $K_Г$ или значения ширины тела обтекания d и диаметра D проточной части датчика МД, то его периодическую поверку допускается проводить «беспроливным» способом (без поверочной установки) в следующей последовательности.

С помощью штангенциркуля, микрометра или оптического микроскопа измеряют в трех сечениях d (по краям и в середине тела обтекания) и в одном – D (на входе проточной части в трех местах со сдвигом примерно 120 °) и вычисляют их средние арифметические значения $d_ф$ и $D_ф$. Измерения проводят с абсолютной погрешностью, мм, не хуже $d \cdot 10^{-3}$ и $2\ D \cdot 10^{-3}$ соответственно. Затем определяют $K_{Гф} = d_ф \cdot D_ф^2$.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если выполняется условие

$$\frac{K_{Гф}}{K_Г} \le 1{,}003 \qquad (4)$$

где $K_Г = d \cdot D^2$.

Если условие (4) не выполняется, поверку проводят по методике 5.3.1.

В тех случаях, когда δ_{vi} > ± 1,5 %, производится повторная градуировка датчика МД по инструкции 2712.00.00.000 И1 (приложение Е) с последующим предъявлением на повторную поверку по 5.3.1 настоящей методики поверки.

5.4 Определение абсолютной погрешности измерения температуры

Абсолютную погрешность измерения температуры определяют по схеме приложения В в термостате, обеспечивающем воспроизведение температуры в диапазоне от плюс 30 до плюс 90 °С* и контроль температуры с помощью рабочего эталона температуры – термометра сопротивления из платины или меди класса допуска А или термометров лабораторных нормальных ТЛ 4 №№ 2 и 3 с ценой деления 0,1 °С. Погрешность измерения температуры рабочим эталоном температуры должна быть не более ± 0,3 °С. Погрешность поддержания температуры в термостате должна быть не более ± 0,05 °С.

Погрешность измерения температуры определяют при температурах плюс 30 и плюс 90 °С, устанавливаемых с допускаемыми отклонениями ± 5 °С от требуемого значения. Изменение температуры в процессе измерения должно быть не более ± 0,1 °С.

Проточную часть датчика МД помещают в термостат**, а выступающую часть закрывают термоизолирующим кожухом. После подключения датчика МД к вычислителю по схеме приложения Г включают питание, устанавливают температуру плюс 30 °С и, после выдержки схемы во включённом состоянии не менее 30 мин, фиксируют не менее пяти непрерывно следующих друг за другом отсчётов температуры $T_{мгн}$, °С, по показаниям вычислителя и температуры термостатирующей среды $T_{о\ мгн}$, °С, по показаниям рабочего эталона температуры. При поверке в нулевом термостате $T_{о\ мгн}$ контролю не подлежит и принимается равной нулю.

Аналогичные измерения проводят при температуре плюс 90 °С. При поверке в паровом термостате время вывода термостата на рабочий режим – не менее 1 ч.

Абсолютную погрешность измерения температуры при i-м измерении Δ_{Ti}, °С, определяют в каждой температурной точке по формуле:

$$\Delta_{Ti} = T_i - T_{oi} - T_{пi} \ , \qquad (5)$$

где T_i и T_{oi} – среднее значение отсчётов $T_{мгн}$ и $T_{о\ мгн}$ при i-м измерении, °С;

$T_{пi}$ – температурная поправка к показаниям рабочего эталона температуры при i-м измерении, °С. Поправка берётся со знаком, указанным в свидетельстве о поверке рабочего эталона температуры. При поверке в нулевом термостате $T_{пi} = 0$.

Если T_{oi} находится между двумя смежными температурами $T1$ и $T2$, приведёнными в свидетельстве о поверке рабочего эталона температуры, то $T_п$ определяют методом линейной интерполяции по формуле:

$$T_п = \frac{T_п2 - T_п1}{T2 - T1}(T_о - T1) + T_п1, \qquad (6)$$

где $T_п1$, $T_п2$ – поправки к показаниям рабочего эталона температуры при температурах $T1$ и $T2$ соответственно, °С.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если ни одно из значений Δ_{Ti} не превышает ± 0,5 °С.

---

* – Допускается проводить поверку при 0 и плюс 100 °С в нулевом и паровом термостате соответственно.

** – Датчики МД, поставляемые в составе счётчика тепла, должны устанавливаться в термостате в непосредственной близости друг от друга и испытываться одновременно.

5.5 Определение приведённой погрешности измерения давления

Приведённую погрешность измерения давления определяют по схеме приложения Д с помощью гидравлического испытательного стенда или любого другого устройства, обеспечивающего создание избыточного давления в диапазоне от 0,1 до 1,6 МПа и контроль давления с помощью рабочего эталона давления класса точности 0,4 и пределами измерений от 0 до 1,6 МПа.

После монтажа датчика МД на испытательном стенде и подключения его к вычислителю по схеме приложения Г устанавливают избыточное давление (0,11 ± 0,1) МПа и выдерживают датчик МД во включённом состоянии не менее пяти минут.

Погрешность определяют при давлениях (0,1 ± 0,01) МПа; (0,8 ± 0,1) МПа и (1,5 ± 0,1) МПа при первичной и (0,1 ± 0,01) МПа и (1,5 ± 0,1) МПа – при периодической поверке.

Число измерений при каждом давлении не менее трёх. Изменение давления в процессе одного измерения должно быть не более ± 1 % от установленного значения.

При каждом измерении фиксируют не менее пяти непрерывно следующих друг за другом отсчётов давления $P_{мгн}$, МПа, по показаниям вычислителя и пяти отсчётов давления $P_{о\ мгн}$, МПа, по показаниям рабочего эталона давления.

Приведённую погрешность измерения давления при i-м измерении γ_{pi}, %, определяют при каждом давлении по формуле:

$$\gamma_{pi} = \frac{P_i - P_{oi}}{1,6} \cdot 100 , \qquad (7)$$

где P_i – среднее значение отсчётов давления $P_{мгн}$ при i-м измерении, МПа;

P_{oi} – среднее значение отсчётов давления $P_{о\ мгн}$ при i-м измерении, МПа.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если ни одно из значений γ_{pi} не превышает ± 1,5 %.

6 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

6.1 Сведения о результатах первичной или периодической поверки заносят в РЭ датчика МД.

6.2 Датчики МД, прошедшие поверку с положительными результатами, допускают к применению с нормированными погрешностями, о чём делают запись в РЭ датчика МД.

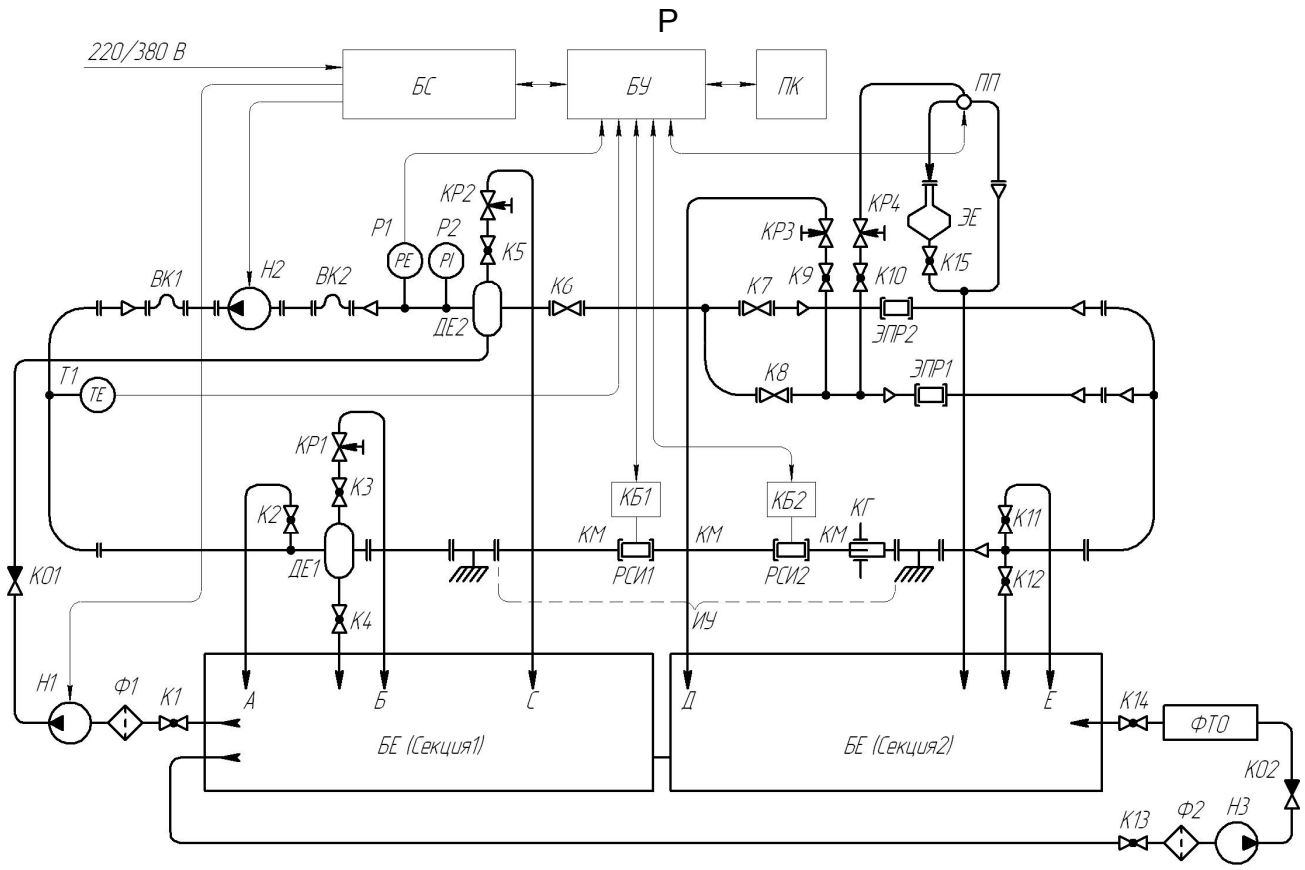
6.3 При выпуске из производства и ремонта, а также при периодической поверке в РЭ датчика МД делают запись о результатах поверки и ставят подпись поверителя, проводившего поверку, скреплённую знаком поверки (оттиском поверительного клейма).

6.4 При отрицательных результатах поверки датчик МД к дальнейшей эксплуатации не допускается, в РЭ неработоспособного датчика МД производят запись о его непригодности, а знак поверки (поверительное клеймо) гасят.

6.5 Датчики МД, прошедшие поверку при выпуске из производства или в процессе эксплуатации с отрицательным результатом, возвращают в производство или в сервисную службу изготовителя для устранения дефектов с последующим предъявлением на повторную поверку. При отрицательных результатах повторной поверки вопрос о дальнейшей судьбе датчиков МД решается руководством изготовителя или сервисной службы по результатам анализа выявленных дефектов.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(рекомендуемое)

Установка поверочная
Схема принципиальная гидравлическая

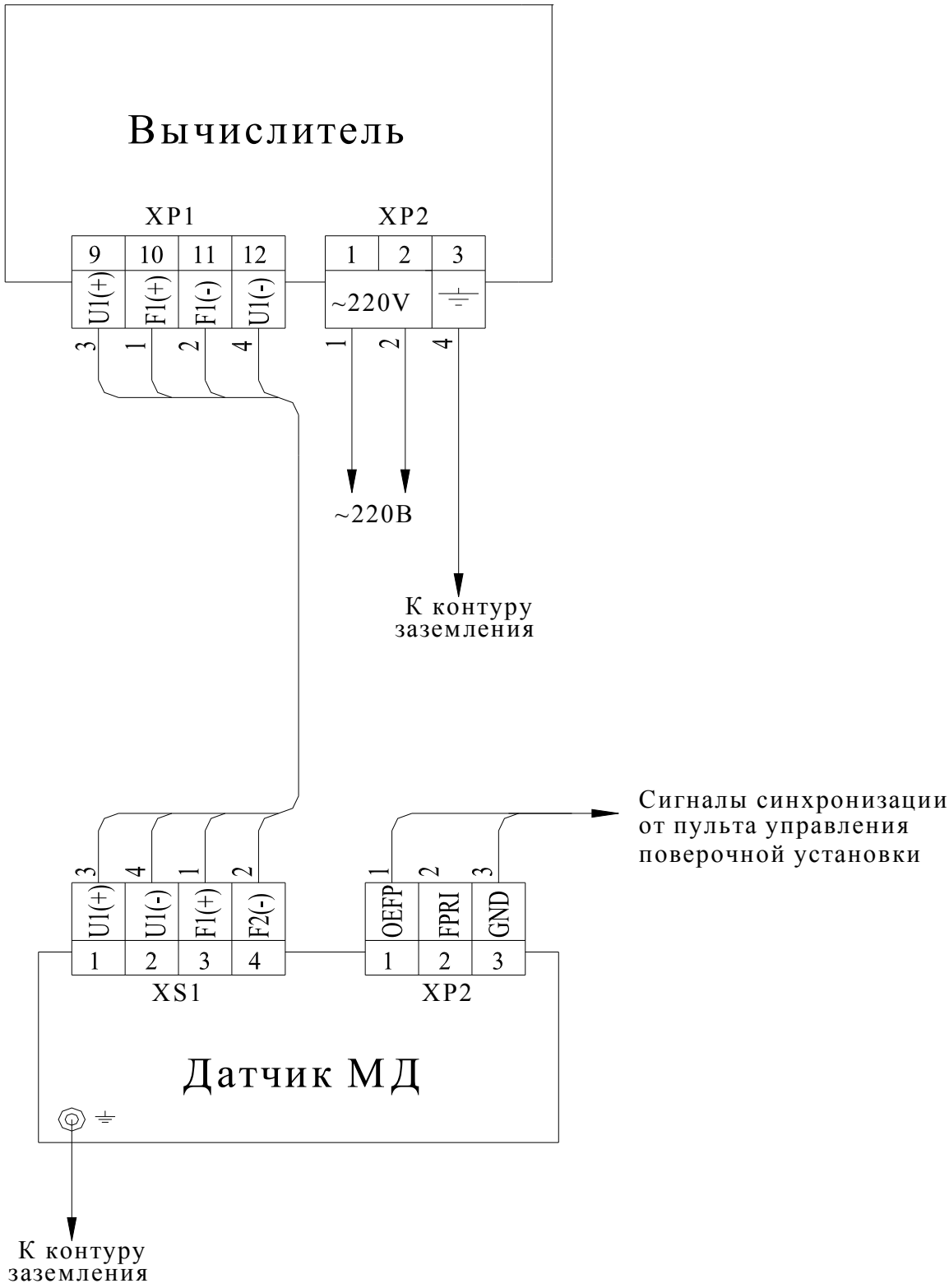


БЕ1 – буферная емкость
ВК1, ВК2 – виброкомпенсаторы
ДЕ1, ДЕ2 – демпферные емкости
К1..К5, К9..К14 – кран шаровой
К6..К8 – заслонка поворотная
КГ – компенсатор геометрии
ИУ – участок испытательный
КР1..КР4 – кран регулирующий
К01, К02 – клапан обратный
КМ – комплект монтажный
Н1..Н3 – насосные агрегаты
ПП – переключатель потока
Р1, Р2 – датчик давления, манометр
РСИ1, РСИ2 – рабочие средства измерений
Т1 – датчик температуры
Ф1, Ф2 – фильтр сетчатый
ФТО – фильтр тонкой очистки
ЭЕ – эталонная емкость
ЭПР1, ЭПР2 – эталонные преобразователи расхода
КБ1, КБ2 – блоки коммутации
БС, БУ – блоки силовой и управления
ПК – персональный компьютер

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

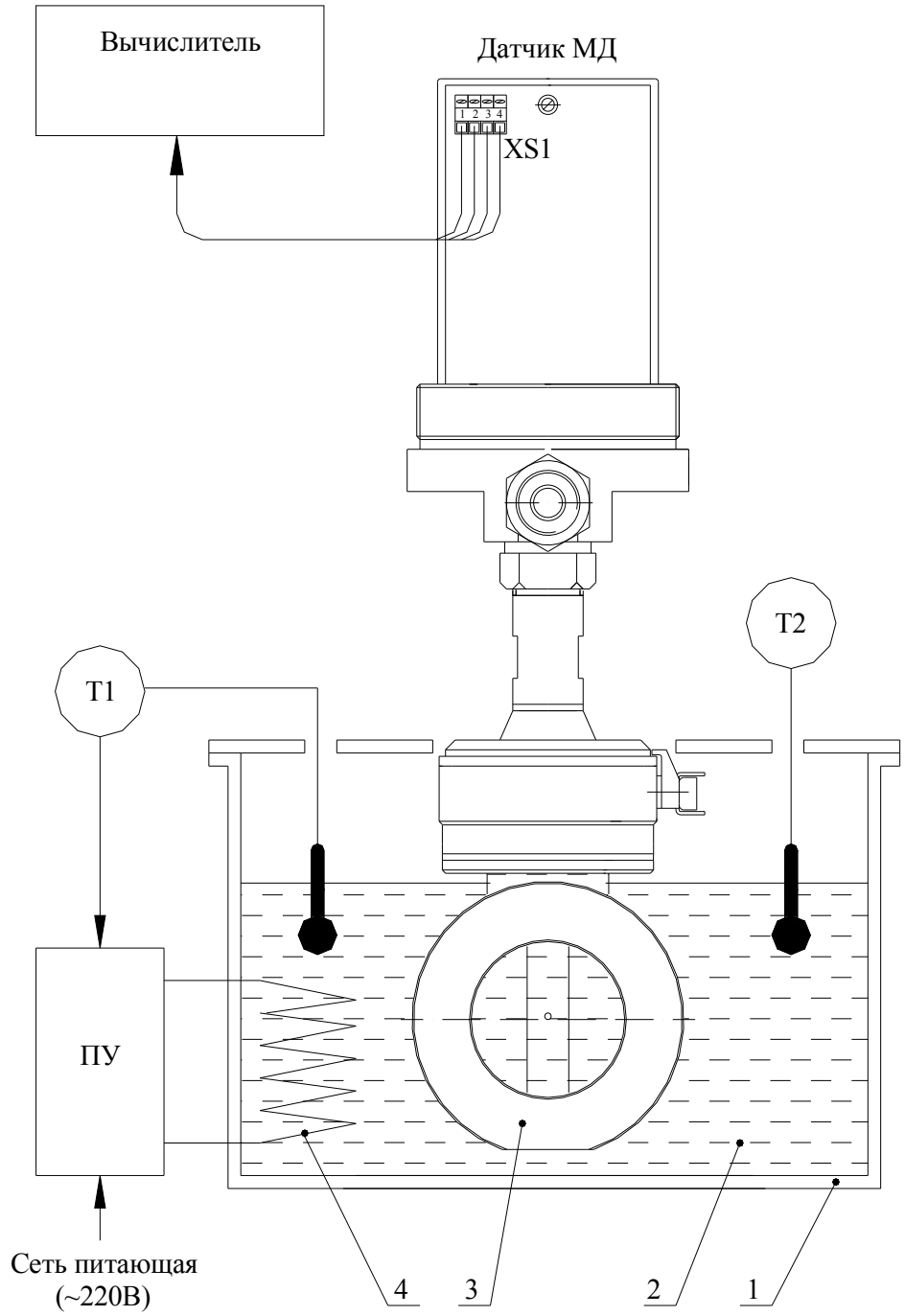
(обязательное)

Схема электрических соединений при определении погрешности измерения объёма



ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)

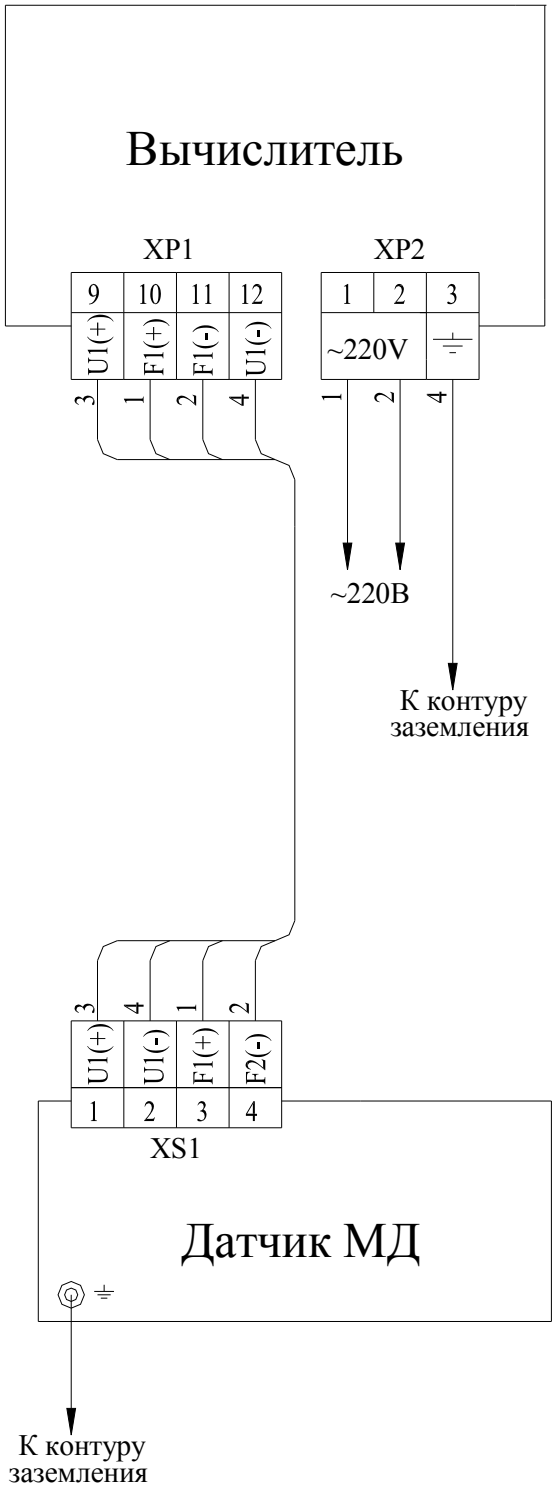
Схема определения погрешности
измерения температуры



1 - термостат
2 - теплоноситель
3 - датчик МД
4 - нагреватель
T1 - термометр электроконтактный
T2 - термометр 2 разряда
ПУ - пульт управления

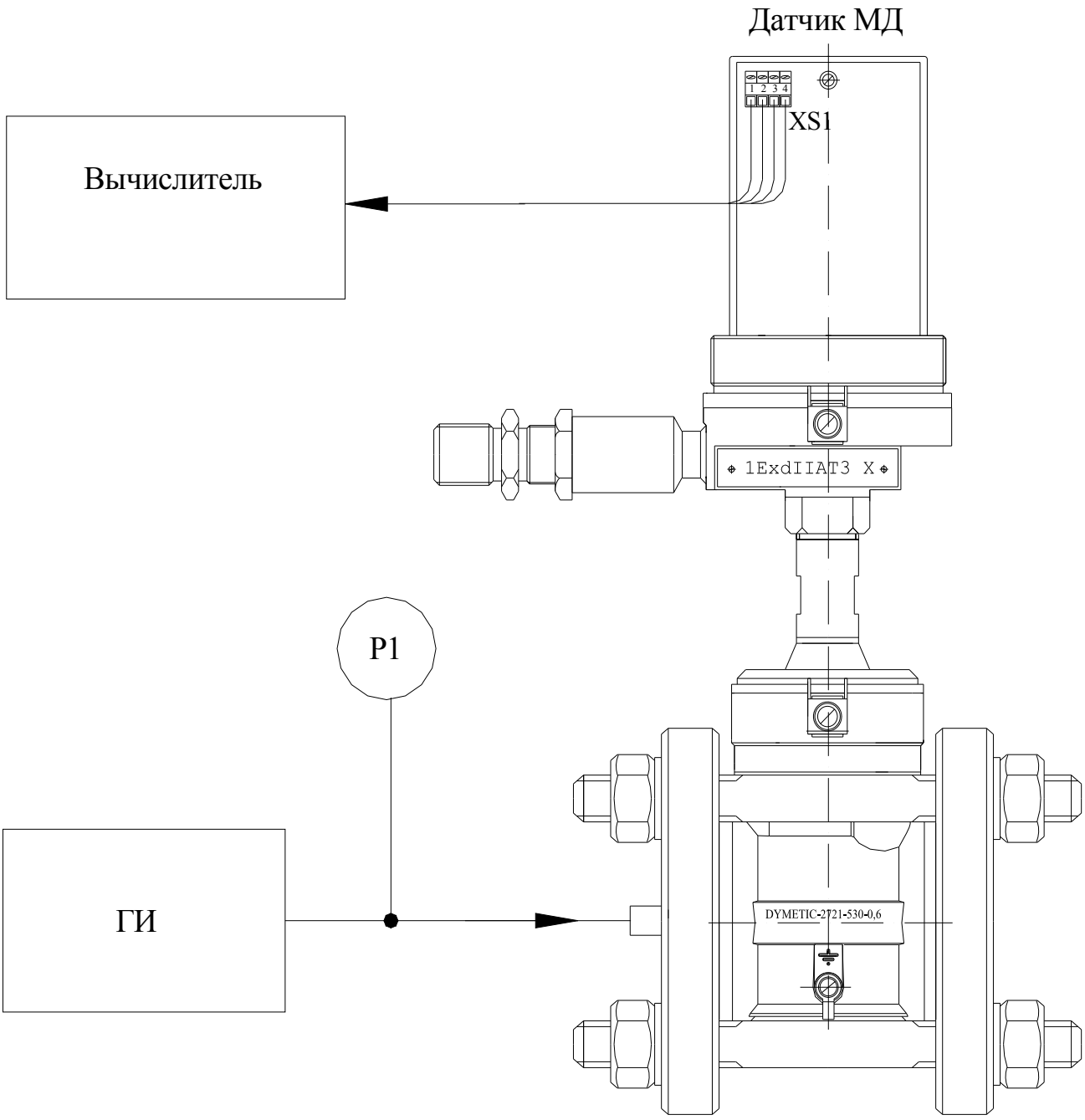
ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(обязательное)

Схема электрических соединений
при определении погрешностей измерения температуры и давления



ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(обязательное)

Схема определения погрешности измерения давления



ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Инструкция по настройке 2712.00.00.000 И1

Е-1 ВВЕДЕНИЕ

Е.1.1 Настоящая инструкция распространяется на датчики многопараметрические «DYMETIC-2712» и устанавливает методы и средства настройки и проверки их работоспособности.

Е.1.2 Настройка датчика МД производится при выпуске из производства и после ремонта, связанного с заменой элементов, влияющих на метрологические характеристики датчика МД.

Основные параметры датчика МД приведены в руководстве по эксплуатации 2712.00.00.000 РЭ.

Основные операции, производимые при поверке датчика МД, приведены в документе « Инструкция. ГСИ. Датчик многопараметрический «DYMETIC-2712». Методика поверки. 2712.00.00.000 ПМ2».

В настоящей инструкции приняты следующие сокращения:

Датчик многопараметрический «DYMETIC-2712» – датчик МД;

Устройство микровычислительное «DYMETIC-5102» – вычислитель.

Е.2 ПРИНЦИП РАБОТЫ ДАТЧИКА МД

Е.2.1 Датчик МД состоит из трёх интегрированных каналов, преобразующих информацию о расходе, давлении и температуре жидкости в кодовую последовательность, передаваемую в вычислитель по каналу обмена.

Блок питания датчика МД преобразует входное питающее напряжение + 24 В в стабилизированное напряжение + 5 В для схем преобразования и передачи информации.

Е.2.2 Измерение объёма жидкости осуществляется вихревым методом. При обтекании потоком жидкости неподвижного тела (далее – тело обтекания), расположенного в проточной части датчика МД, за ним образуется вихревая дорожка. Вихри образуются попеременно на противоположных сторонах тела обтекания, увеличиваются в размерах, отрываются от тела обтекания и уносятся потоком. Частота отрыва вихрей пропорциональна скорости потока и, при фиксированном сечении, является мерой расхода.

В датчике МД преобразование завихрений жидкости в электрический сигнал производится датчиками быстропеременного давления BQ1 и BQ2, сигнал которых усиливается усилителями заряда, выполненными на микросхемах DA1.1 и DA1.2. Коэффициент передачи и амплитудно-частотная характеристика (далее – АЧХ) усилителей определяются номиналами конденсаторов С5, С6 и Т-образными цепями отрицательной обратной связи (далее – ООС) R4, R5, R10 и R6, R7, R11, одновременно выполняющими роль разрядных резисторов.

Сигналы с выходов усилителей заряда поступают на входы «инструментального» усилителя DA4, формирующего разностный сигнал и отличающегося высоким значением коэффициента ОСС. Коэффициент передачи этого усилителя **G** определяется номиналом резистора R15:

$$\mathbf{G} = \frac{\mathbf{49{,}4k\Omega}}{\mathbf{R15}} + \mathbf{1}, \qquad \text{(Е-1)}$$

Подстроечный резистор R16 предназначен для компенсации разницы в чувствительности датчиков BQ1 и BQ2.

Повторитель на микросхеме DA6.2 формирует потенциал «виртуальной земли» VRQ, примерно равный половине напряжения питания, который подтягивает «ноль» операционных усилителей к этому значению и позволяет обойтись однополярным питанием ОУ. С выхода DA4 сигнал через RC цепочку C11, R23, срезающую низкие частоты, поступает на усилитель-ограничитель, выполненный на микросхеме DA6.2.

Выход усилителя-ограничителя через цепь R35, R26, C12, C20 (сигнал DEB) поступает на вход аналого-цифрового преобразователя (далее – АЦП) AN0 микропроцессора DD2. Сигналом LC низкого уровня (вывод RA3 микросхемы DD2) можно уменьшить вдвое амплитуду выходного сигнала при соответствующем расширении полосы пропускания. Микропроцессор DD2 совместно с аналого-цифровым сигнальным процессором (ADSP) DD1 осуществляют цифровую обработку сигнала вихрей (поиск экстремума автокорреляционной функции и цифровая фильтрация), результатом которой является сигнал FPRI на выводе FL0 ADSP (он же выведен на контакт 2 разъема XP2) и значение частоты сигнала, пропорциональное мгновенному расходу, в регистрах микропроцессора.

Е.2.3 Измерение температуры осуществляется методом сличения величин падения напряжения на преобразователе температуры и образцовом резисторе R3 (см. 2712.00.30.000 Э3) при постоянном токе, протекающем через эти элементы. Источник тока выполнен на микросхеме DA2. Величина тока определяется значением опорного напряжения REF (2,5 В), вырабатываемого источником опорного напряжения на микросхеме DA9.

Е.2.4 Измерение давления осуществляется прямым считыванием напряжения разбаланса тензомоста пьезопреобразователя. Преобразователь давления запитан опорным напряжением REF, это же напряжение подается на вход сравнения АЦП, выполненного на микросхеме DA5, что позволяет уменьшить влияние значения опорного напряжения на точность преобразования.

Мультиплексор DA3 предназначен для поочередного подключения к АЦП преобразователей давления, температуры и образцового резистора R3.

Е.2.5 Обработка информации и управление мультиплексором DA3 осуществляется однокристальной микро-ЭВМ, выполненной на элементах DD2, BQ1, C25, C26. Элементы DA8, R33, R34, VT2 формируют сигнал сброса при подаче напряжения питания.

Е.2.6 Обмен информацией с вычислителем осуществляется с помощью элементов R31, VD6, VD7, R32. Элемент VD8 предназначен для защиты элементов VD6, VD7 при возможных перегрузках в линии связи.

Е.2.7 Блок питания датчика выполнен по импульсной схеме с понижением напряжения и широтно-импульсным регулированием на элементах DA7, VD3, DR4, C21, C22. На элементах VT1, VD4, R28, R29, R30 выполнена схема отключения питания датчика при снижении напряжения питания меньше допустимого значения. Элементы DR5, C31, C24, C27, C30 снижают уровень помех. Элементы VD9 и VD5 предназначены для защиты от неправильного включения и перегрузок соответственно.

Е.3 НАСТРОЙКА И ГРАДУИРОВКА ДАТЧИКА МД

Е.3.1 Перечень оборудования и приборов, необходимых для настройки и градуировки датчика МД, приведен в документе «Инструкция. Государственная система обеспечения единства измерений. Датчик многопараметрический «DYMETIC-2712». Методика поверки. 2712.00.00.000 ПМ2».

Дополнительно используется комплекс аппаратно-программных средств для программирования датчика МД (комплекс «DYMETIC-6001»).

Е.3.2 Настройка и градуировка датчика МД включают следующие операции:

- настройка электрической схемы;
- запись программы работы датчика МД (corr_st1.hex)
- градуировка датчика МД по каналам давления и температуры;
- градуировка датчика МД по каналу расхода.

Две последние операции могут выполняться в любой последовательности, т.к. их результаты не влияют друг на друга.

Е.3.3 При правильно собранной печатной плате и исправных элементах какая-либо настройка электрической схемы не требуется. Достаточно проверить напряжение питания на плате (+ 5 В) и ток, потребляемый датчиком по цепи + 24 В (<100 мА). При обнаружении каких-либо неисправностей в процессе проведения дальнейших операций градуировки их устранение производится путем анализа работы отдельных элементов в соответствии с принципиальной схемой с использованием стандартных радиоизмерительных приборов.

Е.3.4 Запись программы работы датчика МД осуществляется с помощью комплекса «DYMETIC-6001» в соответствии с его руководством по эксплуатации.

Е.3.5 Номинальная статическая характеристика (далее – НСХ) термометра сопротивления, используемого в датчике МД (50П), записана в постоянной памяти датчика МД, но требуемая точность измерения температуры выше, чем обеспечиваемая стандартным термометром сопротивления класса А, поэтому принята система определения индивидуальных поправок.

Значения поправок определяются в двух температурных точках (+ 30 °С и + 90 °С), а для промежуточных и выходящих за этот диапазон значений температуры поправки находятся путём линейной интерполяции.

Поправки находятся следующим образом:

Е.3.5.1 Датчик МД подключают к вычислителю и погружают в жидкостный термостат, в котором устанавливается температура + (30 ± 5) °С, измеряемая с погрешностью не хуже ± 0,05 °С рабочим эталоном температуры – образцовым термометром II разряда.

Датчик МД выдерживают в этих условиях не менее 30 минут и определяют разность между показаниями образцового термометра термостата и показаниями вычислителя. В качестве последних принимается среднее из десяти следующих друг за другом показаний температуры T_{30i}, °С.

Затем определяют поправку ΔA в точке + 30 °С по формуле:

$$\Delta A = T_{30} - \frac{1}{10}\sum_{i=1}^{10} T_{30i} \qquad \text{(Е-2)}$$

где: ΔA – поправка в точке + 30 °С (коэффициент А), °С;

T_{30} – показания образцового термометра в точке + 30 °С, °С;

T_{30i} – i-е значение температуры + 30 °С на дисплее вычислителя, С.

Е.3.5.2 Далее, подключенный к вычислителю датчик МД погружают в жидкостный термостат, в котором устанавливается температура + (90 ± 5) °С, задаваемая с погрешностью не хуже ± 0,05 °С. Датчик МД выдерживают в этих условиях не менее 30 мин и определяют разность между температурой в термостате и показаниями вычислителя. В качестве последних принимается среднее из десяти следующих друг за другом значений температуры T_{90i}, °С.

Поправку ΔB в точке + (90 ± 5) °С определяют по формуле:

$$\Delta B = T_{90} - \frac{1}{10}\sum_{i=1}^{10} T_{90i} \qquad \text{(Е-3)}$$

где: ΔB – поправка в точке + 90 °С (коэффициент В), °С;

T_{90} – показания образцового термометра в точке + 90 °С, °С.

T_{90i} – i-е значение температуры + 90 °С на дисплее вычислителя, С.

Вычисленные поправки (коэффициенты А и В) заносят в память датчика МД с помощью вычислителя. На этом градуировка канала температуры считается законченной.

Е.3.6 Градуировка канала давления выполняется методом пробных коэффициентов. Преобразователи избыточного давления, применяемые в датчике МД, имеют значительную зависимость выходного сигнала от температуры, смещение нуля и нелинейность, пренебречь которыми нельзя. Поэтому НСХ преобразователя давления представляется в виде:

$$\mathbf{P = S \cdot x + F \cdot t + R \cdot x \cdot t + Q} \qquad \text{(Е-4)}$$

где: **P** – значение давления в выбранных единицах: МПа или кгс/см^2;

x – выходной сигнал преобразователя в мВ или дискретах АЦП;

t – температура в °С;

S,F,R,Q – размерные коэффициенты, имеющие следующий физический смысл и размерность:

S – величина, обратная чувствительности, [МПа / мВ];

F – температурная зависимость, [МПа / ^{o}С];

R – нелинейный член уравнения, [МПа /(мВ · ^{o}С)];

Q – величина, эквивалентная смещению нуля с обратным знаком, [МПа].

Первый этап градуировки канала давления состоит в подсоединении датчика МД к вычислителю и занесении с его помощью в память датчика МД следующих пробных коэффициентов:

S = 0,01

F = 0,001

R = 0,00001

Q = 0,1.

Размерность коэффициентов не указывается и не вводится.

Далее с помощью технологических приспособлений (термостата, гидравлического пресса, устройства для создания давления в полости преобразователя, шлангов) воспроизводят следующие комбинации давления и температуры:

1) T_1 = + 30 ^{o}С P_1 = 0 МПа

2) T_1 = + 30 ^{o}С P_2 = 1,6 МПа

3) T_2 = + 90 ^{o}С P_1 = 0 МПа

4) T_2 = + 90 ^{o}С P_2 = 1,6 МПа

Значения температуры могут отличаться от указанных на $\pm$5 ^{o}С, а давлений – на $\pm$0,1 МПа.

Для каждой комбинации давления и температуры регистрируют (записывают) «истинные» значения воспроизводимых давления и температуры по показаниям рабочих эталонов давления и температуры и значение давления $\tilde{\mathbf{P}}$, отображаемое в этот момент на дисплее вычислителя, которое может значительно отличаться от воспроизводимого.

Полученные двенадцать значений используются в качестве входных переменных для программы «grad_p.xls». Результатом работы программы являются уточненные значения коэффициентов **S,F,R,Q**, которые и записывают в память датчика МД.

На этом градуировка канала давления считается законченной.

Е.3.7 Градуировку канала расхода выполняют на поверочной установке, обеспечивающей воспроизведение эталонных расходов воды с помощью рабочих эталонов расхода.

Градуировка производится в трех точках по расходу: Q_{min}, 0,5 Q_{max} и Q_{max}, где Q_{max} – максимальный расход* для данного типоразмера датчика МД (см. таблицу 1). Поверочная установка должна быть оснащена секундомером и счётчиком электрических импульсов TTL уровня любого типа (далее – счётчик импульсов), которые должны иметь возможность синхронного запуска и останова. На вход счётчика импульсов (через схему пуска-останова) подаётся сигнал FPRI, который снимается с контакта 2 разъема XP2 на плате датчика МД. Крышка датчика МД при этом должна быть снята.

Таблица Е-1

Обозначение датчика МД	D_y, мм	Раход, $м^3/ч$		Минимальный измеряемый объЁм, $м^3 \cdot 10^{-3}$
		Q_{min}	Q_{max}	
DYMETIC-2712 – 15 – 1,6	32	0,6	15	100
DYMETIC-2712 – 25 – 1,6	40	1,0	25,0	120
DYMETIC-2712 – 50 – 1,6	50	2	50	140
DYMETIC-2712 – 125 – 1,6	80	5	125	600
DYMETIC-2712 – 250 – 1,6	100	10	250	900
DYMETIC-2712 – 500 – 1,6	150	20	500	1900

После выхода поверочной установки на рабочий режим выполняют на каждом расходе по три измерения. По окончании каждого измерения регистрируют (записывают):

- время измерения;
- количество импульсов, поступивших на счётчик импульсов за это время;
- прошедший через датчик МД объём жидкости, который определяется, как произведение времени измерения на установленный эталонный расход жидкости.

При измерении на минимальных расходах может потребоваться выравнивание чувствительности преобразователей BQ1, BQ2. Это производится следующим образом.

Контролируют осциллографом сигнал на выводе 6 микросхемы DA4 и, вращая ось подстроечного резистора R16, пытаются добиться наилучшей (наиболее регулярной) формы сигнала. Если это не удаётся, следует попробовать поменять местами выводы датчиков BQ1 и BQ2 и повторить подстройку. Оставляют то подключение датчиков, при котором возможно получение наиболее регулярного сигнала без замираний, пропусков и т.п.

Косвенным критерием качества настройки может быть сигнал FPRI прямоугольной формы с частотой, равной частоте сигнала на выводе 6 микросхемы DA4. Если не наблюдается его пропадание или хаотическое, скачкообразное изменение частоты, настройку можно считать удовлетворительной. Дать более конкретные рекомендации по выравниванию чувствительности датчиков быстропеременного давления в условиях поверочной установки не представляется возможным.

После выполнения измерений на всех трёх расходах их результаты вводят в программу «grad_q.xls», которая рассчитывает две величины: коэффициент преобразования расхода и время вычитания **Tq**.

---

* – Устанавливается расход, ближайший к требуемому, который может воспроизвести расходомерная установка. Датчик D_y = 150 мм градуируется на расходах Q_{min}, $0{,}2 \cdot Q_{max}$ и $0{,}5 \cdot Q_{max}$.

Эти величины имеют следующий физический смысл:

НСХ преобразования расхода аппроксимируется прямой, не проходящей через начало координат в координатах расход-частота:

$$\mathbf{f = C \cdot q + f_0} \qquad \text{(Е-5)}$$

где: **f** – частота вихреобразования;

C – коэффициент преобразования расхода;

q – расход;

$\mathbf{f_0}$ – некоторая частота, соответствующая «нулевому» расходу.

Частоте $\mathbf{f_0}$ соответствует период **Tq** и НСХ может быть представлена в виде:

$$\mathbf{f = C \cdot q + \frac{1}{T_q}} \qquad \text{(Е-6)}$$

Умножив обе части (5) на время измерения **t**, и учитывая, что $\mathbf{f \cdot t = N}$ и $\mathbf{q \cdot t = V}$, где **N** – количество импульсов, накопленное счётчиком импульсов, а **V** – объём жидкости, прошедшей через датчик МД за время измерения **t**, получим:

$$\mathbf{V = \frac{1}{C} \cdot (N - \frac{t}{T_q})} \qquad \text{(Е-7)}$$

Отсюда ясны физический смысл и размерность коэффициентов **C** и **Tq**:

C имеет размерность [1/л] и равен количеству импульсов, соответствующих единице объёма (литру) жидкости, или, другими словами, это тангенс угла наклона прямой, аппроксимирующей НСХ;

Tq имеет размерность времени и равен времени, через которое из накопленного количества импульсов следует вычесть один импульс, отсюда и название коэффициента – «время вычитания». Время вычитания рассчитывается программой «grad_q.xls» и записывается в память датчика МД в виде целого числа, равного количеству 20-ти миллисекундных интервалов, содержащихся в требуемом времени вычитания, остаток от деления отбрасывается.

Это сделано только для сокращения объёма вычислений в датчике МД.

Полученные значения коэффициентов **C** и **Tq** с помощью вычислителя записываются в память датчика МД, на этом градуировка канала расхода считается законченной.

Е.3.8 Датчик МД, отградуированный по всем трем каналам, подлежит обязательной поверке по инструкции «Инструкция. Государственная система обеспечения единства измерений. Датчик многопараметрический «DYMETIC-2712». Методика поверки. 2712.00.00.000 ПМ2».

При положительных результатах поверки датчик МД может быть включён в комплект счётчика тепла с соответствующей отметкой в паспорте и передан потребителю или на склад готовой продукции.

При отрицательных результатах поверки датчик МД должен быть возвращён для повторной градуировки по параметру, не прошедшему поверку.

Е.4 ПЕРЕЧЕНЬ ПРИМЕНЯЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Наименование	Краткая характеристика
Расходомерная установка РУ 125	Диапазон расходов (0,03 – 250) $м^3$/ч, относительная погрешность ± 0,33 %.
Термостат жидкостный лабораторный СЖМЛ 19/2,5	Наибольшая температура + 250 °С. Теплоноситель – вода (при температуре до + 100 °С). Относительная погрешность поддержания температуры ± 0,02 °С.
Термометры стеклянные ртутные лабораторные ТЛ-4 II разряда	Диапазоны температур (0…+ 55) °С и + (50…105) °С, Цена деления 0,1 °С, относительная погрешность с учетом поправок ± 0,05 °С
Манометр образцовый типа МО	Верхний предел измерений 1,6 МПа, кл. 0,25
Пресс гидравлический	Диапазон давлений от 0 до 2,5 МПа
Комплекс аппаратно-программный «DYMETIC-6001»	Характеристики приведены в документации комплекса
Авометр Ц 4313	(0…10) В , (0…100) мА, кл. 1,5.
Осциллограф электронно-лучевой С1-65	(0…1) МГц, (0…5) В
Примечание – Допускается использование оборудования других типов с метрологическими характеристиками не хуже указанных	

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изм.	Номера страниц				Всего листов (страниц) в документе	№ документа	Входящий № сопроводительного документа и дата	Подпись	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных					
1		2-16		17	16		ТНА-008.08	Тарасова	07.08
2		6…10					ТНА-013.12	Россохин	04.12
3		2 – 16	17 – 23		23		ТНА-010.13	Россохин	04.13
4		4			23		ТНА-016.13	Россохин	10.13