



КОМПЛЕКСЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИРОДНОГО ГАЗА ГСК-2

Руководство по эксплуатации

РБЯК.400880.035 РЭ

РОССИЯ

194044, г. Санкт-Петербург, Выборгская наб., 45

телефоны: (812) 103-72-10, 103-72-12, факс (812) 103-72-11

e-mail: real@teplocom.spb.ru <http://www.teplocom.spb.ru>

Служба технической поддержки: (812) 103-72-08, e-mail: support@teplocom.spb.ru

Служба ремонта: (812) 103-72-09, e-mail: remont@teplocom.spb.ru

© ЗАО ТЕПЛОКОМ, 2002

СОДЕРЖАНИЕ

1	Введение.....	3
2	Назначение	4
3	Технические характеристики.....	5
4	Комплект поставки	6
5	Устройство и принцип работы	7
5.1	Конструкция и принцип работы комплексов	7
5.2	Конструкция и принцип действия вычислителя	7
5.3	Конструкция и принцип действия датчиков	8
5.4	Устройство и принцип действия фотосчитывателя	8
6	Указание мер безопасности	9
7	Настройка	9
8	Установка и монтаж	10
8.1	Эксплуатационные ограничения	10
8.2	Распаковка и размещение	10
8.3	Монтаж блоков.....	10
9	Подготовка и порядок работы	14
9.1	Подготовка к работе	14
9.2	Порядок работы	15
10	Методика поверки	16
10.1	Операции поверки	16
10.2	Средства поверки	16
10.3	Подготовка к поверке	16
10.4	Проведение поверки	16
10.5	Оформление результатов поверки	17
11	Техническое обслуживание.....	18
12	Возможные неисправности и методы их устранения	18
13	Маркировка и пломбирование	18
14	Правила хранения и транспортирования.....	18
	Приложение А – Выбор датчиков при заказе комплекса	19
	Приложение Б – Рекомендации по расчету погрешностей	22
	Приложение В – Порядок установки фотосчитывателя.....	26
	Приложение Г – Примеры установки термопреобразователей сопротивления.	28
	Приложение Д – Схемы подключений датчиков к вычислителю.	29
	Приложение Е – Порядок подготовки и проведения поверки счетчика РГ с фотосчитывателем	33
	Приложение Ж – Формы протоколов поверки	34

1 Введение

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для изучения устройства и принципа действия измерительных комплексов природного газа ГСК-2 (в дальнейшем – ИК), а также содержит сведения, необходимые для правильного выполнения их монтажа, пуска в эксплуатацию и технического обслуживания.

Обязательным для изучения является также эксплуатационная документация на функциональные блоки ИК.

ИК соответствуют требованиям Правил по метрологии ПР 50.2.019 «Количество природного газа. Методика выполнения измерений при помощи турбинных и ротационных счетчиков».

В состав ИК входят следующие функциональные блоки: вычислитель количества газа ВКГ-2 и измерительные преобразователи (датчики) параметров газа.

На основе одного вычислителя могут быть созданы один, два или три ИК. Число ИК определяется количеством трубопроводов, по которым производятся измерения.

В зависимости от комплектации датчиками параметров газа ИК имеют исполнения, приведенные в таблице 1.

Таблица 1. Исполнения ИК.

Исполнение	Датчики	Примечание
01	Объема, абсолютного давления и температуры	Технические характеристики датчиков должны соответствовать характеристикам, указанным в таблицах 2...4.
02	Объема, избыточного и барометрического давлений, температуры.	
03	Объема, избыточного давления и температуры	

Таблица 2. Датчики объема (расхода).

Тип	Технические характеристики
СГ, РГ-К RVG, TRZ, TZ, ДРГ.М, РГ (в комплекте с ФС-1) и т.п.	Верхний предел измерений расхода в рабочих условиях не более 10^6 м ³ /ч, относительная погрешность измерения объема не более ± 4 %. Вес импульса от 10^{-6} до 10^9 л/имп. Сигнал формируется пассивной или активной цепью. Выходные параметры пассивной цепи: высокое сопротивление не менее 300 кОм, низкое сопротивление не более 300 Ом. Выходные параметры активной цепи: высокий уровень напряжения не менее 2,8 В, низкий уровень напряжения не более 0,6 В. Частота импульсов: до 10 Гц (цепь активная, пассивная), до 200 Гц (цепь пассивная) или до 1000 Гц (цепь активная) с длительностью импульса не менее 20, 4 и 0,4 мс соответственно.

Таблица 3. Датчики давления.

Тип	Технические характеристики
САПФИР, ПДИ, МЕТРАН, МИ-ДА, и т.п.	Верхний предел измерений не более 10 МПа, приведенная погрешность не более ± 1 %. Выходной сигнал – ток в диапазонах (0-5), (0-20), (4-20) мА. Сопротивление нагрузки не менее 100 Ом.

Таблица 4. Датчики температуры.

Тип	Технические характеристики
Термопреобразователи сопротивления типа ТСП и ТСМ по ГОСТ 6651.	Номинальная статическая характеристика 50М, 100М, 50П, 100П, 500П, Cu50, Cu100, Pt50, Pt100, Pt500. Класс допуска А, В, С.

Алгоритмы определения значений объема, приведенного к стандартным условиям ($t=20$ °С, $P=0,101325$ МПа), соответствуют требованиям ПР50.2.019 для диапазона изменений параметров газа:

абсолютное давление от 0,05 до 10 МПа;
 температура от минус 33 до плюс 85 °С;
 плотность в стандартных условиях от 0,55 до 0,9 кг/м³;
 суммарное содержание азота и диоксида углерода
 не более 0,15 молярных долей (15 мол.%).

Комплектация ИК датчиками осуществляется по договоренности между поставщиком и пользователем комплекса. Рекомендации по выбору датчиков приведены в Приложении А.

Для ИК известной комплектации заполняется паспорт. С помощью компьютерной программы «ГСК-2МР», входящей в комплект поставки, выполняется расчет погрешностей измерений параметров газа и определения объема газа, приведенного к стандартным условиям. Рекомендации по проведению расчета погрешностей приведены в Приложении Б.

2 Назначение

2.1 Комплексы предназначены для измерений температуры, давления и объема газа в рабочих условиях и определения объема газа, приведенного к стандартным условиям, при контроле и учете, в том числе коммерческом, потребления природного газа в различных отраслях промышленности.

2.2 Комплексы обеспечивают автоматизированный учет потребления газа, а также контроль параметров, характеризующих условия эксплуатации отдельных элементов (счетчика, фильтра и т.д.) комплекса.

2.3 Комплексы обеспечивают индикацию и регистрацию посредством интерфейсов RS232, Centronics, RS485 (последний по заказу) на внешних устройствах: принтере, пульте НП, ПК непосредственно или через модем, значений измеряемых и вычисляемых величин, их среднечасовых и среднесуточных значений (архив 62 суток), итоговых значений объема и времени работы.

2.4 Функциональные блоки комплексов предназначены для эксплуатации в рабочих условиях, указанных в их эксплуатационной документации.

3 Технические характеристики

3.1 Максимальные диапазоны измерений параметров газа соответствуют значениям, приведенным в таблице 5.

Таблица 5

Параметр	Диапазон
Давление, МПа (кгс/см ²)	от 0 до 10 (от 0 до 102)
Температура, °С	от - 33 до + 85
Рабочий и стандартный расход, м ³ /ч	от 0 до 99 999
Рабочий и стандартный объем, м ³	от 0 до 9 999 999 999

3.2 Комплексы обеспечивают определение объема газа, приведенного к стандартным условиям, в соответствии с уравнением:

$$V_c = K_{сч} \cdot \sum \Delta N_i \frac{P_i T_c}{P_c T_i K_i}$$

где: K_i – коэффициент сжимаемости, полученный расчетным путем по измеренным значениям параметров состояния газа в соответствии с ГОСТ 30319.2 в течение интервала времени Δt_i ;

P_i, T_i – абсолютные давление и температура газа, принимаемые за условно постоянные величины в течение интервала времени Δt_i , МПа, К;

P_c, T_c – абсолютные давление и температура газа при стандартных условиях, МПа, К;

$K_{сч}$ – коэффициент преобразования (вес импульса) счетчика, м³/имп.;

ΔN_i – число импульсов, поступивших на вход вычислителя в течение интервала времени Δt_i , имп.

$\Delta t_i = 6с$ – интервал времени, соответствующий периоду преобразования вычислителем сигналов от датчиков параметров состояния газа.

3.3 Пределы допускаемых значений погрешности при измерении объема в рабочих условиях (относительная), давления (приведенная) и температуры (абсолютная) не превышают значений, определяемых по формулам таблицы 6.

Таблица 6

Пределы допускаемых значений погрешности при измерении		
объема, %	давления, %	температуры, °С
$\delta v = \pm (\delta_{dv}^2 + \delta_{bv}^2)^{0,5}$	$\gamma p = \pm (\gamma_{dp}^2 + \gamma_{vp}^2)^{0,5}$	$\Delta t = \pm (\Delta_{dt}^2 + \Delta_{vt}^2)^{0,5}$
$\delta_{dv}, \gamma_{dp}, \Delta_{dt}$ – пределы погрешностей датчика объема, давления и температуры соответственно.		
$\delta_{bv}, \gamma_{vp}, \Delta_{vt}$ – пределы погрешностей вычислителя по объему, давлению и температуре соответственно.		

3.4 Пределы допускаемых значений относительной погрешности при определении объема газа, приведенного к стандартным условиям, не превышают значений, определяемых по формуле:

$$\delta v = \pm [\delta_v^2 + \delta_t^2 + \delta_p^2 + \delta_{vb}^2]^{0,5}, \%$$

где: δ_v – относительная погрешность при измерении объема в рабочих условиях, %;

δ_t – относительная погрешность при определении абсолютной температуры, %;

δp – относительная погрешность при определении абсолютного давления, %.

δ_{vb} - относительная погрешность вычислителя при преобразовании рабочего объема в объем, приведенный к стандартным условиям, %.

3.5 Питание вычислителя комплекса осуществляется от сети переменного тока напряжением ($220 \pm 22/33$) В частотой (50 ± 1) Гц.

Питание датчиков давления и объема осуществляется напряжением, значения которого приведены в их эксплуатационной документации.

3.6 Наибольшие значения массы и габаритных (присоединительных) размеров функциональных блоков комплексов соответствуют значениям, приведенным в таблице 7.

Таблица 7

Характеристика блока	Функциональный блок			
	Вычислитель	Датчик		
		объема	температуры	давления
Масса, кг	1,5	1950	1,33	10,4
Габаритные или присоединительные размеры, мм	длина - 225	длина - 1800	диаметр - 95	длина - 260
	ширина - 80	ширина - 740	длина - 600	ширина - 305
	высота - 180	высота - 700		высота - 160

3.7 Комплексы обеспечивают свои технические характеристики в следующих предельных рабочих условиях эксплуатации блоков:

- 1) температура окружающего воздуха в диапазоне, °С:
 - от 5 до 50 для вычислителя;
 - от минус 40 до 60 для датчиков параметров газа;
- 2) относительная влажность воздуха не более 95 % при температуре 35 °С;
- 3) атмосферное давление в диапазоне от 84 до 106,7 кПа.

3.8 Средняя наработка на отказ не менее 30000 ч.

3.9 Полный средний срок службы не менее 12 лет.

4 Комплект поставки

Комплект поставки приведен в таблице 8.

Таблица 8

Наименование	Обозначение	Кол	Примечание
Комплекс измерительный ГСК-2	РБЯК.400880.035	1	Состав согласно паспорта
Паспорт	РБЯК.400880.035 ПС	1	
Руководство по эксплуатации (методика поверки – раздел 10)	РБЯК.400880.035 РЭ	1	
Эксплуатационная документация на функциональные блоки			Согласно комплекту поставки каждого блока
Фотосчитыватель	ФС-1	1	
Компьютерная программа	«ГСК-2МР»	1	Для расчета погрешности комплекса

5 Устройство и принцип работы

5.1 Конструкция и принцип работы комплексов

Конструктивно ИК состоят из отдельных функциональных блоков (серийных изделий), объединенных в средство измерений общими требованиями, регламентированными техническими условиями ТУ 4213-035-50932134-2002. К числу указанных требований относятся: тип датчика, электрические характеристики его выходного сигнала и его метрологические характеристики.

По степени автоматизации процесса измерений и обработки результатов измерений в соответствии с ПР 50.2.019 ИК относятся:

- при измерении избыточного давления и использовании константных значений барометрического давления к ИК полуавтоматических измерений переменных контролируемых параметров с вычислительными устройствами обработки результатов измерений и устройствами с ручным вводом значений условно постоянно параметра - барометрического давления (исполнение 02);
- при измерении абсолютного или избыточного и барометрического давлений к ИК автоматических измерений всех контролируемых параметров с вычислительными устройствами обработки результатов измерений (исполнения 01 и 03).

Принцип работы ИК основан на непосредственном преобразовании вычислителем ВКГ-2 сигналов, поступающих от датчиков параметров газа, в информацию об измеряемых параметрах газа с последующим определением, на основании известных зависимостей, объема газа, приведенного к стандартным условиям.

Значения условно постоянных параметров и время их ввода и изменения в процессе эксплуатации ИК регистрируется вычислителем.

ИК обеспечивают защиту введенной базы настройки вычислителя и архивной информации, хранящейся в его памяти, от постороннего вмешательства. Защита обеспечивается путем пломбирования корпуса вычислителя с помощью навесной пломбы, ограничивающей доступ к элементу разрешения настройки.

5.2 Конструкция и принцип действия вычислителя

Вычислитель выполнен в герметичном пластмассовом корпусе, позволяющем устанавливать его на любых вертикальных поверхностях. Внутри корпуса расположены микропроцессор, индикатор, источник питания и клеммники-соединители.

Ввод соединительных кабелей и кабеля питания осуществляется через гермовводы, а их подключение производится с помощью клеммников, расположенных внутри корпуса прибора.

Управление работой вычислителя осуществляется с помощью кнопок клавиатуры управления, расположенных на лицевой панели корпуса прибора.

Представление информации осуществляется посредством 2-строчного ЖК-индикатора (дисплея), обеспечивающего представление всей информации, необходимой для настройки и работы в процессе эксплуатации.

Вычислитель имеет разъемы DB9 (RS232) и DB25 (Centronics) для подключения устройств приема, хранения и представления информации. Подключение устройств по интерфейсу RS485 (по заказу) осуществляется посредством клеммников «под винт».

Вычислитель обеспечивает питание только термопреобразователей сопротивления и выходных пассивных цепей датчиков объема (расхода), требующих напряжения питания постоянного тока не более 5 В.

Под пассивной выходной цепью понимается электрическая цепь, гальванически не связанная со схемой датчика. Питание такой цепи осуществляется со стороны вычислителя или другого источника питания, не имеющего гальванической связи со схемой датчика. Примером рассматриваемой цепи может служить геркон или транзистор оптопары.

Вычислитель имеет три низкочастотных (до 10 Гц) и три высокочастотных (до 1000 Гц) входы, к которым подключаются счетчики. Низкочастотные входы должны использоваться при работе со счетчиками, выходной сигнал которых формируется герконом.

Подробнее принцип действия и описание конструкции вычислителя рассмотрены в его руководстве по эксплуатации.

5.3 Конструкция и принцип действия датчиков

Принцип работы датчиков основан на преобразовании сигнала, формируемого под воздействием измеряемой среды его чувствительным элементом, в электрический сигнал с нормированными характеристиками.

Питание датчиков, за исключением турбинных и ротационных счетчиков, осуществляется от собственных источников питания, указанных в их эксплуатационной документации.

Подробнее конструкция и принцип действия датчиков рассмотрены в их эксплуатационной документации.

5.4 Устройство и принцип действия фотосчитывателя

Фотосчитыватель ФС-1, не являющийся средством измерения, предназначен для определения прохождения меток, имеющих разную контрастность, и выполнен на основе оптопары с открытым оптическим каналом, работающим на отражение.

Фотосчитыватель выполнен в металлическом корпусе, внутри которого расположены схема преобразования, светодиод (источник света) и фототранзистор (приемник отраженного света). Для подключения к вычислителю и источнику питания, фотосчитыватель снабжен коротким кабелем, заканчивающимся разъемом 2РМ. Соединение кабеля с корпусом ФС не разборное.

Принцип действия ФС основан на считывании количества меток, нанесенных на ролик счетного механизма счетчика РГ (Ф62.784.000 ТО). Каждой считанной метке соответствует один импульс напряжения на выходе ФС. Вес импульса (объем на импульс) определяется числом меток, равным 10, за один полный оборот ролика и соответствующим обороту значением объема. Вес импульса определяется по формуле: $V(\text{л/имп.}) = 0,1V$, где V – объем газа, соответствующий одному полному обороту ролика, на котором установлена светоотражающая пленка, л (дм³).

Метки наносятся на ролик путем установки на него специальной клеящейся пленки, на которую нанесены поглощающие и отражающие световой поток метки.

Поставка ФС потребителю осуществляется вместе со светоотражающей пленкой, ответной (кабельной) частью разъема 2РМ и блоком питания.

Подробнее принцип действия ФС рассмотрен в его руководстве пользователя. Порядок установки ФС на счетчик РГ приведен в Приложении В.

6 Указание мер безопасности

6.1 При работе с ИК должны соблюдаться требования безопасности, регламентируемые общими нормативными документами газового хозяйства и инструкциями предприятия.

6.2 При работе (монтаже, подключении, эксплуатации) с функциональными блоками ИК следует руководствоваться указаниями мер безопасности, приведенными в их эксплуатационной документации.

6.3 Работы по монтажу и демонтажу функциональных блоков следует производить в соответствии с указаниями их эксплуатационной документации при отсутствии на них электропитания и при отсутствии газа в трубопроводе.

7 Настройка

Настройка ИК заключается в настройке его вычислителя. Порядок настройки вычислителя, а также порядок выполнения изменений настройки в процессе эксплуатации приведены в его руководстве по эксплуатации.

Настройка вычислителя обязательно производится в ниже перечисленных меню: **ПАРАМЕТРЫ ГАЗА, ДОГ. ПО ТРУБЕ, ОБЩЕДОГОВОРНЫЕ, СИСТЕМА, НАСТРОЙКА НФП.**

Для обеспечения правильной работы ИК в рабочих условиях его эксплуатации (при отсутствии ситуаций, подлежащих диагностированию) необходимо правильно выполнить настройку вычислителя в части параметров применяемых датчиков. К данным параметрам относятся:

- для датчика температуры – номинальное сопротивление при 0 °С, номинальное отношение сопротивления при температуре t к сопротивлению при 0 °С, материал чувствительного элемента датчика (меню СИСТЕМА);
- для датчика давления – измеряемое давление (избыточное, абсолютное, барометрическое) и диапазон изменения тока (меню СИСТЕМА), верхний и нижний пределы диапазона измерения (меню НАСТРОЙКА НФП);
- для датчика объема - верхний и нижний пределы диапазона измерения расхода в рабочих условиях, вес импульса (меню НАСТРОЙКА НФП) и диапазон изменения частоты импульсного сигнала датчика (меню СИСТЕМА).

Необходимая информация о параметрах представлена в эксплуатационных документах датчиков. Определение верхнего предела изменения выходной частоты датчика объема при необходимости может быть выполнено в соответствии с формулой расчета веса импульса, приведенной в приложении А

При применении датчика избыточного давления (без измерения барометрического давления) должно быть установлено (меню **ОБЩЕДОГОВОРНЫЕ**) значение договорного барометрического давления.

Должны быть установлены (меню **ПАРАМЕТРЫ ГАЗА**) договорные параметры газа.

Необходимость установки в меню **ДОГ. ПО ТРУБЕ** и **ОБЩЕДОГОВОРНЫЕ** других параметров настройки и выбор их значений определяется по договоренности между поставщиком и потребителем газа.

При представлении отчетов на внешнее устройство необходимо выполнить настройку в меню **РЕКВИЗИТЫ** и **ИНТЕРФЕЙС**, а также установить в меню **ОБЩЕДОГОВОРНЫЕ** отчетный час.

8 Установка и монтаж

8.1 Эксплуатационные ограничения

1) Если блоки ИК находились в условиях, отличных от рабочих условий применения, то до подключения их к источнику питания, необходимо выдержать их в условиях применения не менее 8 ч.

2) Не допускается установка на одном трубопроводе датчиков, относящиеся по паспорту к различным ИК, если датчики имеют различные характеристики.

3) Не допускается эксплуатация ИК во взрывоопасных зонах без принятия специальных мер по искрозащите сигнальных и питающих цепей, связывающих вычислитель и источники питания с датчиками, расположенными во взрывоопасной зоне.

4) Не допускается питание от одного источника напряжения постоянного тока или от разных источников, но имеющих гальваническую связь (по общему проводу), нескольких датчиков давления, если хотя бы один из них имеет четырехпроводную схему подключения.

5) Не допускается питание нескольких датчиков давления или расхода (объема) от одного источника питания постоянного тока, имеющего выходную мощность менее, чем суммарная мощность, подключенных к нему датчиков.

6) Не допускается направленная засветка светоотражающей пленки, нанесенной на ролик счетного устройства счетчика РГ.

7) Эксплуатационные ограничения для блоков ИК приведены в их эксплуатационной документации.

8.2 Распаковка и размещение

Распаковка блоков ИК должна производиться в отопляемых помещениях.

После распаковки блока проверьте его комплектность, приведенную в эксплуатационной документации, и выполните внешний осмотр с целью выявления механических повреждений.

Выбор места размещения блоков должен производиться с соблюдением требований к условиям их применения и требований, изложенных в их эксплуатационной документации. В месте размещения счетчика РГ с фотосчитывателем необходимо принять меры, исключающие возможность попадания направленного (не рассеянного, как в случае естественного или искусственного освещения помещения) света от постороннего источника (лампы, фонаря) на счетный механизм датчика.

Место размещения должно обеспечивать удобство обслуживания блока.

8.3 Монтаж блоков

8.3.1 Требования к установке турбинных и ротационных счетчиков.

8.3.1.1. Монтаж счетчиков должен производиться в соответствии с требованиями их эксплуатационной документации, а для турбинных и ротационных счетчиков также в соответствии с требованиями Правил по метрологии ПР 50.2.019. При расхождении в количественной оценке одних и тех же требований, изложен-

ных в эксплуатационной документации и Правилах, следует руководствоваться требованиями эксплуатационной документации.

8.3.1.2 Требования Правил к установке счетчиков:

- счетчик должен быть установлен между двумя прямыми цилиндрическими участками труб постоянного сечения. При монтаже должна быть конструктивно и технологически обеспечена несоосность отверстий счетчика и подводящих трубопроводов, не превышающая 0,3 % диаметра трубопровода для турбинных счетчиков и 0,05 % диаметра для ротационных счетчиков;
- сварные трубы могут быть использованы при условии, что шов не является спиральным. Валик сварного шва, выполненный по окружности трубопровода, не должен выступать во внутреннюю полость трубы;
- конусные переходники, применяемые для сопряжения счетчика и участков трубопровода разных диаметров, должны удовлетворять следующим требованиям:

отношение диаметров в пределах $1,0 \leq D_2 / D_1 \leq 1,6$;

конусность в пределах $0 \leq (D_2 - D_1) / l_k \leq 0,4$;

где: D_2 и D_1 – диаметры отверстия переходника со счетчиком и трубопроводом, мм ($D_2 > D_1$);

l_k – длина переходника, мм.

- при использовании струевыпрямителя на нем следует контролировать перепад давления с целью контроля его засорения. Контроль производится по изменению отношения перепада давления к квадрату расхода;
- если в газовом потоке предполагается наличие инородных веществ, рекомендуется установка фильтров на входе трубы перед счетчиком. При этом фильтр следует рассматривать как местное сопротивление.

8.3.2 Требования к установке датчиков давления

8.3.2.1 Монтаж датчиков должен производиться в соответствии с требованиями их эксплуатационной документации и требованиями Правил по метрологии ПР 50.2.019. При расхождении в количественной оценке одних и тех же требований, изложенных в эксплуатационной документации и Правилах, следует руководствоваться требованиями эксплуатационной документации.

8.3.2.2 Требования Правил к месту отбора давления.

Место отбора давления должно быть расположено в верхней части корпуса преобразователя в непосредственной близости от чувствительного элемента датчика расхода или объема.

Для турбинных счетчиков и счетчиков другого принципа действия (например, вихревых), для которых свойственна потеря давления на чувствительном элементе, допускается производить отбор давления на расстоянии не более $1,0 D$ до счетчика, в этом случае давление может определяться по формуле:

$$P = (P_1 - 0,5\Delta P),$$

где P_1 – давление, измеренное на расстоянии $1,0 D$ до счетчика; ΔP – потеря давления на счетчике.

Для ротационных счетчиков и счетчиков другого принципа действия (например, ультразвуковых), для которых не свойственна потеря давления на чувстви-

тельном элементе, допускается производить отбор давления на расстоянии $(1 \pm 0,05) D$ до счетчика;

8.3.2.3 Требования Правил к отверстию для отбора давления.

Отверстие для отбора давления для горизонтальных и вертикальных трубопроводов должно быть расположено радиально. При горизонтальном расположении трубопровода это отверстие должно быть размещено в верхней точке сечения трубопровода, перпендикулярно к его оси с допустимым отклонением от нее не более $\pm 45^\circ$.

Аналогичные требования предъявляются и в случае однократного изменения направления потока (при применении колена или тройника) при наличии струевыпрямителя.

При однократном изменении направления потока и отсутствии струевыпрямителя ось отверстия для отбора давления должна быть расположена перпендикулярно к плоскости, проходящей через ось колена или тройника.

По всей длине отверстие должно иметь круглое сечение. Кромки отверстия не должны иметь заусенцев. Не допускается неровностей на внутренней поверхности отверстия, на кромках отверстия, просверленного в стенках трубопровода, или на стенке трубопровода вблизи отверстия для отбора давления.

Диаметр отверстия для отбора давления должен быть не более $0,13 D$ и при этом не более 13 мм.

8.3.2.4 Требования Правил к соединительным трубкам.

Соединительные трубки должны быть расположены по кратчайшему расстоянию и иметь уклон к горизонтали не менее $1 : 10$.

Внутреннее сечение трубок должно быть одинаковым по всей длине, диаметром более 6 мм, чтобы избежать опасности их засорения при эксплуатации, а в случае опасности конденсации – не менее 10 мм.

Материал трубок должен быть коррозионностойким по отношению к газу и его конденсату.

8.3.3 Требования к установке датчиков температуры

Установка датчиков температуры производится на прямом участке трубопровода после датчика объема на расстоянии не менее $2,5 D$ и не более $5 D$ между датчиками. Допускается установка датчика температуры в корпусе датчика объема, если последний в данной конструкции сертифицирован при утверждении типа СИ или был поверен совместно с установленным в него датчиком температуры.

Чувствительный преобразователь датчика температуры должен быть погружен в трубопровод на глубину от 0,3 до 0,7 D .

Расположение чувствительного преобразователя – радиально относительно трубопровода. В трубопроводах с диаметром 50–100 мм целесообразна наклонная установка датчика или его установка в изгибе колена по оси трубопровода.

Если диаметр чувствительного преобразователя датчика больше диаметра трубопровода, то рекомендуется применять расширитель, располагаемый под углом к трубопроводу так, чтобы поверхность преобразователя минимально соприкасалась с окружающим воздухом. В этом случае допускается располагать

чувствительный преобразователь на расстоянии не более 7 D вниз по потоку от датчика расхода (объема).

Чувствительный преобразователь датчика должен быть установлен в трубопровод непосредственно или в гильзу (карман), диаметр которой должен быть не более 0,13 D.

Примеры установки датчиков температуры приведены в приложении Г.

Для обеспечения надежного теплового контакта карман должен быть заполнен теплопроводящей средой: например, жидким маслом.

Участок трубопровода, где установлен датчик температуры, должен быть теплоизолирован.

8.3.4 Требования к установке вычислителя

Установка вычислителя должна производиться в соответствии с его руководством по эксплуатации.

Для дистанционного визуального контроля работы ИК рекомендуется использовать специальный выход вычислителя, к которому подключается светодиод. При наличии какой-либо диагностируемой ситуации в работе блоков вычислителя диод светится прерывисто, при отсутствии ситуации – непрерывно, при отсутствии напряжения питания вычислителя – не светится.

8.3.5 Требования к монтажу электрических линий связи

Монтаж электрических линий связи блоков ИК должен производиться в соответствии с требованиями их эксплуатационной документации, а также в соответствии с нижеуказанными требованиями:

- для связи вычислителя и датчиков рекомендуется применять экранированные кабели, в первую очередь рекомендуется экранировать сигнальные линии связи вычислителя и датчика объема, выходной сигнал которого формируется пассивной цепью типа «замкнуто-разомкнуто». Экранирующая оплетка кабеля должна иметь наружную изоляцию. Кабель связи с ФС должен иметь со стороны последнего разъем 2РМ.;
- при использовании многожильных кабелей, когда часть жил используется как сигнальные провода, а часть – как провода питания датчика напряжением постоянного тока, сигнальные провода должны быть отделены от питающих экраном.
- не допускается прокладка сигнальных кабелей датчиков в непосредственной близости от кабеля сетевого питания, а также рядом с другими источниками электромагнитных помех;
- сопротивление каждой жилы кабеля связи с датчиком температуры не должно превышать 350 Ом;
- суммарное сопротивление двух жил кабеля связи с датчиком расхода (объема) не должно превышать 300 Ом;
- суммарное сопротивление двух жил кабеля связи с датчиком давления и входного сопротивления вычислителя (100 Ом), не должно превышать максимального значения, нормируемого для датчика в его эксплуатационной документации;
- электрическое соединение экрана кабеля со стороны вычислителя.

Примечание: Суммарное сопротивление двух медных жил кабеля длиной 100 м при сечении жилы 0,35; 0,5; 1,0 мм² составляет 10; 7 и 3,5 Ом соответственно.

8.3.6 Схемы соединений

Электрические схемы соединений блоков ИК приведены в Приложении Д. Схемы приведены для конкретных, имеющих широкое применение на практике, датчиков параметров газа. При этом показано соединение датчиков объема, давления и температуры, установленных на одном (первом из трех возможных) трубопроводе. Для датчиков других трубопроводов соединения аналогичны, но используются номера измерительных входов (номера контактов клеммника), соответствующие номеру трубопровода.

Ниже описаны особенности использования измерительных входов вычислителя. Вычислитель имеет шесть измерительных входов, предназначенных для подключения датчиков с импульсными выходными сигналами. Описание входов подробно рассмотрено в руководстве по эксплуатации вычислителя.

Три высокочастотных входа предназначены для работы с датчиками, частота выходного сигнала которых может достигать 1000 (максимум 1200) Гц. К данным входам следует подключать датчики, выходной сигнал которых формируется электронным элементом (транзистор, микросхема).

Три низкочастотных входа предназначены для работы с датчиками, частота выходного сигнала которых может достигать 10 (максимум 12) Гц. К этим входам следует подключать датчики, выходной сигнал которых формируется герконом (механическим контактом). Данные входы имеют дополнительные (аппаратные и программные) защиты от «дребезга» геркона и помех, которые могут воспринимать линии связи.

Датчики, выходной сигнал которых формируется электронным элементом («дребезг» принципиально отсутствует) с частотой менее 10 Гц, могут подключаться как высокочастотным, так и к низкочастотным входам. Однако предпочтительнее использование низкочастотных входов, так как данные входы более устойчивы к помехам промышленной частоты.

При использовании датчика, выходные цепи которого отличаются от рассмотренных, следует получить консультацию поставщика ИК (изготовителя вычислителя) – ЗАО «Теплоком». Факс: (812) 232-00-38, E-mail: real@teplocom.spb.ru.

9 Подготовка и порядок работы

9.1 Подготовка к работе

При подготовке ИК к работе необходимо выполнить следующие операции:

- 1) провести испытания вновь смонтированных участков трубопроводов и датчиков в соответствии с правилами и требованиями нормативной документации, действующей на предприятии;
- 2) подготовить к работе все блоки ИК в соответствии с требованиями их эксплуатационной документации;
- 3) обеспечить расход газа и выполнить операции по проверке работоспособности комплекса в соответствии с требованиями раздела 10 руководства по эксплуатации вычислителя;
- 4) произвести при необходимости опломбирование блоков ИК и другого оборудования.

9.2 Порядок работы

Порядок работы заключается в контроле по дисплею вычислителя параметров газа, в своевременном снятии архивной и/или итоговой информации, а также в изменении, при необходимости, введенных в память вычислителя констант (значения плотности, содержания азота и диоксида углерода в составе газа, значения барометрического давления). Кроме того, может возникнуть необходимость изменения других параметров настройки, связанных с типом датчиков, условиями обработки информации при наличии диагностируемых ситуаций, вводом в действие новых измерительных каналов и т.п.

9.2.1 Представление информации

Порядок представления информации подробно рассмотрен в разделе 11 руководства по эксплуатации вычислителя.

В процессе эксплуатации вычислитель по запросу оператора представляет измерительную информацию на дисплей и, при необходимости, на внешнее устройство ее приема, хранения и отображения. Информация представляется в виде текущих значений параметров (пункты меню **РАБОТА** и **КОНТРОЛЬ**), отчетных итоговых параметров (пункты меню **ИТОГИ-дисплей** и **ПЕЧАТЬ-внешнее устройство**), отчетных архивных среднечасовых и среднесуточных параметров (пункты меню **АРХИВ-дисплей** и **ПЕЧАТЬ-внешнее устройство**).

При контроле текущих значений параметров, особенно при отсутствии светодиода сигнализации диагностируемых ситуации, следует обращать внимание на наличие кода (или знака «??»), место расположения которого – справа на нижней строке дисплея. При наличии кода необходимо принять меры к устранению возникшей ситуации.

Снятие отчетной информации следует производить за установленный расчетный период. Итоговая (с начала эксплуатации вычислителя) информация может быть снята вручную из меню вычислителя **ИТОГИ**, архивная и итоговая (за расчетный период) может представляться на компьютер (непосредственно или через модем), на принтер или на накопительный пульт, для последующего переноса информации на компьютер.

9.2.2 Порядок изменения введенных констант

Изменение значений данных параметров производится в соответствии с п. 11.6 руководства по эксплуатации вычислителя.

Изменение значений плотности газа в стандартных условиях и содержания в нем азота и диоксида углерода должно производиться только на основании официальных данных о составе газа. Доступ к соответствующему меню настройки свободный, поэтому значения указанных параметров архивируются, значение плотности (в стандартных условиях) также индицируется на дисплее вычислителя.

Изменение значения барометрического давления следует производить в начале очередного расчетного периода, если среднее значение барометрического давления за указанный период не соответствует ранее установленному значению.

9.2.3 Порядок изменения настройки

Изменение параметров настройки, связанных с типом датчиков, условиями обработки информации при наличии диагностируемых ситуаций, вводом в действие новых измерительных каналов и т.п., производится в соответствии с п.п. 11.6 и 12.4 руководства по эксплуатации вычислителя.

10 Методика поверки

Методика поверки утверждена ГЦИ СИ «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева».

Настоящая методика поверки распространяется на измерительные комплексы природного газа ГСК-2 и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

Первичной поверке подвергают ИК при вводе в эксплуатацию, а также в процессе эксплуатации при замене какого-либо блока. При этом вновь выполняют определение метрологических характеристик для того ИК, в состав которого входит заменяемый блок, если его метрологические характеристики хуже характеристик замененного блока.

Периодической поверке подвергают ИК, находящиеся в эксплуатации. Межповерочный интервал комплекса – 4 года.

Внеочередной поверке подвергают ИК, находящиеся в эксплуатации, в случае утраты документов, подтверждающих поверку ИК.

Каждый функциональный блок ИК проходит поверку по методике и в сроки, установленные в их НД на поверку. При поверке счетчика РГ дополнительно следует руководствоваться требованиями приложения Е. На поверку ИК должны быть представлены документы, подтверждающие поверку каждого блока, а также документы, содержащие информацию об их характеристиках, необходимых для выполнения расчета погрешности комплекса.

10.1 Операции поверки

При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 9.

Таблица 9

Наименование операции	Пункт методики	Обязательность проведения операции при поверке		
		первичной	периодической	внеочередной
Внешний осмотр	10.4.1	да	да	да
Опробование	10.4.2	нет	да	нет
Определение метрологических характеристик	10.4.3	да	нет	да

10.2 Средства поверки

При проведении поверки должны применяться компьютерная программа «ГСК-2МР» и ПК с операционной системой Windows 95, 98 или 2000.

Допускается проведение ручного (без применения программы) расчета в соответствии с методикой Правил по метрологии ПР 50.2.019, при этом дополнительно следует пользоваться рекомендациями, приведенными в приложении Б настоящего руководства.

10.3 Подготовка к поверке

Перед проведением поверки необходимо установить с дискеты (если установка не произведена ранее) на жесткий диск ПК программу расчета «ГСК-2МР».

10.4 Проведение поверки

10.4.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре должно быть установлено:

- наличие действующих свидетельств о поверке или других документов, подтверждающих поверку каждого блока каждого ИК;
- наличие документов (паспортов или других документов), содержащих информацию, необходимую для определения погрешностей каждого ИК;
- соответствие типов и заводских номеров блоков указанных в паспорте ИК;
- соответствие характеристик датчиков, приведенных в их документах и в паспорте ИК;

При наличии какого-либо несоответствия указанным требованиям, ИК к проведению дальнейшей поверки не допускаются.

10.4.2 Опробование

При опробовании проверяют функционирование задействованных измерительных каналов температуры, давления и расхода всех ИК.

Опробование проводят в условиях узла учета газа при режимах потребления газа, когда значения температуры, давления и расхода находятся в пределах диапазонов измерений датчиков.

Настройка вычислителя должна быть выполнена в соответствии с требованиями раздела 6 настоящего руководства.

При опробовании контролируют показания вычислителя в меню РАБОТА для всех задействованных каналов измерения.

Комплекс считается работоспособным, если показания контролируемых параметров (температуры, давления и расхода) устойчивы, их значения находятся в пределах диапазонов измерений датчиков и отсутствуют коды диагностируемых ситуаций.

10.4.3 Определение метрологических характеристик

Определение метрологических характеристик может быть выполнено на любом этапе проведения поверки. Необходимым условием для определения характеристик является факт выполнения требований п. 10.4.1.

Определение метрологических характеристик производится для всех ИК, указанных в паспорте. Если в состав нескольких ИК входят датчики с одинаковыми характеристиками, то результаты данной операции поверки распространяются на все ИК данной комплектации.

Определение метрологических характеристик заключается в расчете значений погрешностей ИК при измерении температуры, давления и объема газа в рабочих условиях, погрешности при определении объема газа, приведенного к нормальным условиям. Расчет производится с помощью компьютерной программы «ГСК-2МР».

Результаты расчета заносятся в протокол поверки, рекомендуемая форма которых приведена в Приложении Ж.

Комплекс считается прошедшим поверку с положительными результатами, если определены все значения погрешностей, предусмотренные протоколом поверки для данного исполнения ИК.

10.5 Оформление результатов поверки

10.5.1 При положительных результатах поверки в паспорте ИК указываются полученные значения погрешностей.

10.5.2 При отрицательных результатах поверки какого-либо ИК последний к применению не допускается. В паспорте делается запись о непригодности данного ИК к применению, а также выдается извещение о непригодности с указанием причины несоответствия.

11 Техническое обслуживание

11.1 Техническое обслуживание ИК заключается в обслуживании его блоков в соответствии с требованиями их эксплуатационной документации.

Внимание! ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ БЛОКОВ ВКЛЮЧАЕТ В СЕБЯ ПРОВЕДЕНИЕ ИХ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПОВЕРКИ. ПОВЕРКА БЛОКОВ ДОЛЖНА ПРОИЗВОДИТЬСЯ В СРОКИ, УКАЗАННЫЕ В ИХ СВИДЕТЕЛЬСТВЕ О ПОВЕРКЕ ИЛИ ПАСПОРТЕ, НЕЗАВИСИМО ОТ СРОКА ПОВЕРКИ ИК.

Для проведения поверки ИК в орган Госстандарта должны быть представлены его паспорт и паспорта блоков, входящих в состав ИК.

11.2 При замене какого-либо блока, не подлежащего ремонту, на другой блок, в паспорте ИК должна быть сделана соответствующая отметка. После чего должна быть проведена первичная поверка. При этом, если замененный блок имеет худшие по сравнению с заменяемым метрологические характеристики, то должен быть вновь выполнен расчет тех погрешностей ИК, на которые оказывают влияние характеристики замененного блока. Если замененный блок имеет лучшие по сравнению с заменяемым метрологические характеристики, то необходимость расчета погрешностей определяется пользователем ИК.

11.3 При создании на базе эксплуатируемого вычислителя нового ИК (в дополнении к имеющемуся) вновь созданный ИК подлежит первичной поверке.

12 Возможные неисправности и методы их устранения

12.1 Возможные неисправности блоков ИК, которые допускается устранять пользователю, и методы их устранения приведены в их эксплуатационной документации.

12.2 Для устранения других неисправностей следует обращаться на предприятие – изготовитель или в организацию, уполномоченную на проведение ремонтных работ.

13 Маркировка и пломбирование

13.1 Маркировка и пломбирование блоков ИК должны соответствовать требованиям их эксплуатационной документации.

13.2 Разъемное соединение фотосчитывателя с соединительным кабелем должно быть опломбировано навесной пломбой с целью исключения возможности несанкционированного отключения в процессе эксплуатации.

14 Правила хранения и транспортирования

Правила хранения и транспортирования блоков ИК должны соответствовать требованиям их эксплуатационной документации.

Приложение А – Выбор датчиков при заказе комплекса

В настоящем приложении приведены рекомендации по выбору датчиков параметров газа и даны результаты нескольких расчетов погрешностей ИК при выборе определенных типов датчиков.

В соответствии с п.6.1 Правил по метрологии ПР.50.2.019 «Количество природного газа. Методика выполнения измерений при помощи турбинных и ротационных счетчиков» допускается комплектация ИК различными блоками (средствами измерений), исходя из технико-экономической целесообразности по согласованию заинтересованных сторон. При этом:

- каждый блок должен быть разрешен к применению в установленном порядке и иметь действующий документ, подтверждающий его поверку;
- электрические характеристики каждого датчика должны соответствовать требованиям, приведенным в таблицах 2 ... 4;
- климатические условия эксплуатации блоков должны соответствовать требованиям, установленным в их документации;
- характеристики энергоснабжения блоков в условиях эксплуатации должны соответствовать требованиям, установленным в их документации.

При создании ИК выбор датчиков может быть выполнен двумя способами:

1) при заданной комплектации датчиками и известном режиме их работы, рассчитывается погрешность ИК при определении объема газа, приведенного к стандартным условиям;

2) при заданном значении указанной выше погрешности и известном режиме работы датчиков, определяются их характеристики. Затем выбираются датчики с соответствующими характеристиками.

Рекомендации по проведению расчета погрешностей ИК приведены в Приложении Б.

Расчет погрешностей производится с применением компьютерной программы «ГСК-2МР», утвержденной в установленном порядке.

Рекомендации по выбору датчиков.

1. Выбор датчиков объема.

В состав ИК могут входить различные как по принципу действия, так и по конструкции датчики - счетчики объема или расходомеры (преобразователи расхода).

Датчик должен иметь диапазон измерения расхода, который обеспечивал бы измерение расхода газа в фактическом диапазоне его изменения в процессе эксплуатации. При невыполнении данного требования, следует использовать два датчика с разными диапазонами, которые могут быть одновременно подключены к вычислителю.

Датчик должен быть рассчитан на работу при рабочих значениях температуры и давления газа.

Существует возможность создания ИК на основе датчика объема - ротационного счетчика РГ с применением фотосчитывателя ФС-1, предназначенного для дистанционного съема информации со счетчика.

При использовании датчиков (расходомеров), у которых нормированы максимальный расход (G_{max} , м³/ч) и соответствующая ему частота (f , Гц) выходного сигнала, значение веса импульса (V , л/имп.) определяется по формуле:

$$V = G_{max}/3,6 f.$$

2. Выбор датчиков температуры.

В состав ИК могут входить медные или платиновые термопреобразователи сопротивления по ГОСТ 6651.

При этом для каждого используемого трубопровода может быть использован любой из датчиков, допустимых к применению.

Класс термопреобразователя, существенно влияя на точность измерения температуры газа, незначительно влияет на точность определения объема, приведенного к стандартным условиям.

3. Выбор датчиков давления.

В состав ИК могут входить датчики абсолютного давления, избыточного и барометрического давления. Датчики могут иметь разные диапазоны изменения выходного тока.

Датчики должны быть рассчитаны на работу при рабочей температуре газа.

Наибольшая точность обеспечивается при использовании датчика абсолютно-го давления (ИК исполнения 01), наименьшая – при использовании датчика избыточного давления и условно постоянного значения барометрического давления (ИК исполнения 03). При совместном использовании датчиков избыточного и барометрического давлений точность измерения имеет среднее значение (ИК исполнения 02).

В то же время стоимость (покупка и последующая поверка) датчика абсолютного давления выше, чем избыточного, а стоимость двух датчиков (избыточного и абсолютного для измерения барометрического давления) выше, чем стоимость одного датчика абсолютного давления.

С целью повышения точности датчик должен выбираться таким образом, чтобы значение его верхнего предела измерения было максимально приближено к значению рабочего давления газа.

Ниже приведены результаты расчетов погрешностей ИК, в состав которых входят широко применяемые датчики параметров газа. Расчеты выполнены для одних и тех же условий, но с применением различных исполнений ИК и для различных значений погрешности датчика объема газа.

1. В состав ИК исполнения 01 входят:

- датчик абсолютного давления – «САПФИР-22М». Характеристики: $P_{\text{ра}} = 0,16$ МПа, значение приведенной погрешности $\pm 0,5$ %, диапазон тока (4 – 20) мА;
- датчик объема – счетчик газа СГ-16М. Характеристики: значение относительной погрешности ± 1 , ± 2 или ± 4 %;
- датчик температуры – термометр платиновый технический ТПТ-1. Характеристики: НСХ 50П, класс В.

Рабочие параметры газа: давление $0,8P_{\text{ра}}$ (0,128 МПа) и температура 10 °С.

Результаты расчета

Значение погрешности			
Δt_s , °С	γ_p , %	δ_v , %	δv , %
0,38	0,51	1,0	1,19
		2,0	2,10
		4,0	4,05

2. В состав ИК исполнения 02 входят:

- датчик избыточного давления – «САПФИР-22М». Характеристики: $P_{ви} = 0,04$ МПа, значение приведенной погрешности $\pm 0,5\%$, диапазон тока (4 – 20) мА;
- датчик абсолютного давления (измерение барометрического давления) – «САПФИР-22М». Характеристики: $P_{ва} = 0,16$ МПа, значение приведенной погрешности $\pm 0,5\%$, диапазон тока (4 – 20) мА;
- датчик объема – счетчик газа СГ-16М. Характеристики: значение относительной погрешности $\pm 1, \pm 2$ или $\pm 4\%$;
- датчик температуры – термометр платиновый технический ТПТ-1. Характеристики: НСХ 50П, класс В.

Рабочие параметры газа: давление $0,68P_{ви}$ ($0,0272$ МПа) и температура $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.
Барометрическое давление $0,1007$ МПа.

Результаты расчета

Значение погрешности				
$\Delta t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\gamma_{р\text{ изб.}}, \%$	$\gamma_{р\text{ бар.}}, \%$	$\delta v, \%$	$\delta v, \%$
0,38	0,51	0,51	1,0	1,29
			2,0	2,16
			4,0	4,08

3. В состав ИК исполнения 03 входят:

- датчик избыточного давления – «САПФИР-22М». Характеристики: $P_{ви} = 0,04$ МПа, значение приведенной погрешности $\pm 0,5\%$, диапазон тока (4 – 20) мА;
- датчик объема – счетчик газа СГ-16М. Характеристики: значение относительной погрешности $\pm 1, \pm 2$ или $\pm 4\%$;
- датчик температуры – термометр платиновый технический ТПТ-1. Характеристики: НСХ 50П, класс В.

Рабочие параметры газа: давление $0,68P_{ви}$ ($0,0272$ МПа) и температура $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.
Константное значение барометрического давления 755 мм рт.ст., диапазон изменения от 745 до 765 мм рт.ст.

Результаты расчета

Значение погрешности			
$\Delta t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\gamma_{р}, \%$	$\delta v, \%$	$\delta v, \%$
0,38	0,51	1,0	1,57
		2,0	2,34
		4,0	4,18

4. То же, что для примера расчета 3, но диапазон изменения барометрического давления от 740 до 770 мм рт.ст.

Результаты расчета

Значение погрешности			
$\Delta t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\gamma_{р}, \%$	$\delta v, \%$	$\delta v, \%$
0,38	0,51	1,0	2,00
		2,0	2,64
		4,0	4,36

Приложение Б – Рекомендации по расчету погрешностей

Расчет погрешностей ИК (при его создании, поверке и т.п) следует производить с применением программы (ПО) «ГСК-2МР», утвержденной в установленном порядке. ПО поставляется вместе с вычислителем ВКГ-2 и предназначено для установки на ПК с операционной системой Windows 95, 98 или 2000.

В настоящем приложении приведены формулы расчета погрешностей ИК и исходные данные, необходимые для его выполнения.

1 Исходные данные для расчета.

Для выполнения расчета необходима следующая информация:

- по датчику объема: значение относительной погрешности;
- по датчику давления: значение приведенной погрешности, верхний предел диапазона измерения, диапазон выходного тока, измеряемое давление (избыточное, абсолютное, барометрическое) и его рабочее значение, для которого выполняется расчет;
- по датчику температуры: класс допуска, номинальное сопротивление при 0 °С и материал чувствительного элемента (номинальная статическая характеристика) датчика и рабочее значение температуры, для которого выполняется расчет;
- по условно постоянному параметру - барометрическому давлению: значение давления, для которого выполняется расчет, и диапазон его изменения.

Указанную информацию, в случае комплектации ИК пользователем, последний должен занести в паспорт ИК. Необходимая для заполнения паспорта информация приведена в эксплуатационной документации блоков ИК (или ГОСТ 6651 для термопреобразователей) или в их свидетельстве о поверке.

На основании указанной информации осуществляется определение метрологических характеристик ИК. Если расчет погрешностей производится без применения ПО «ГСК-2МР», то дополнительно необходима информация о значениях погрешностей преобразования вычислителя.

Рекомендации по выбору значений рабочих параметров, для которых производится расчет, приведены ниже.

2 Рекомендации по выбору значения рабочего давления газа (в трубопроводе) и барометрического давления (при его измерении).

Так как погрешность датчика давления нормируется как приведенная (или классом точности), то относительная погрешность определения абсолютного давления имеет тем большее значение, чем больше отношение верхнего предела датчика к измеряемому значению. Расчет погрешностей ИК рекомендуется выполнять для среднего значения рабочего и барометрического давлений. Значения могут быть определены по договору на поставку газа или на основании опыта эксплуатации оборудования потребителя. Рабочее давление должно соответствовать абсолютному (применяется датчик абсолютного давления) или избыточному давлению (применяется датчик избыточного давления).

3 Рекомендации по выбору значения барометрического давления, являющегося условно постоянным параметром.

Значение барометрического давления (при отсутствии его измерения), выраженное в «мм рт.ст.», вводится в память вычислителя как константное значение на заданный период эксплуатации комплекса. Данное значение используется для определения абсолютного давления, при котором производится определение стандартного объема газа. Значение барометрического давления может быть определено как его среднее значение за заданный период эксплуатации ИК. Так как расчет погрешности выполняется с учетом заданного диапазона изменения фактического значения давления от его среднего значения, то необходимо установить верхнее и нижнее значения изменений барометрического давления.

4 Рекомендации по выбору значения температуры.

Так как погрешность датчика температуры нормируется как абсолютная, то относительная погрешность определения абсолютной температуры имеет тем большее значение, чем хуже класс термопреобразователя и больше (без учета знака) значение рабочей температуры.

Расчет погрешностей ИК рекомендуется выполнять для среднего значения рабочей температуры газа за заданный период эксплуатации. Указанное значение может быть определено по договору на поставку газа или на основании опыта эксплуатации оборудования потребителя.

5 Рекомендации по расчету погрешностей ИК, в состав которого входит датчик объема с несколькими нормированными значениями погрешности измерения.

При применении в составе ИК указанного датчика рекомендуется выполнять расчет при наибольшем значении погрешности, если существует вероятность работы датчика на различных расходах (например, потребление газа, связанное с технологическими целями). Если потребление газа стабильно во времени, то можно выполнить расчет, исходя из того значения погрешности, которое соответствует предполагаемому расходу.

6 Расчет погрешностей ИК при измерении температуры, давления и объема газа в рабочих условиях.

Погрешность ИК при измерении параметров газа определяется погрешностью измерения (преобразования) датчика и погрешностью преобразования вычислителя. Определение значений всех погрешностей производится с точностью до двух знаков.

6.1 Расчет абсолютной погрешности измерений температуры.

Расчет погрешности измерений температуры Δ_t производится по формуле:

$$\Delta_t = \pm (\Delta_{t \text{ пр.}}^2 + \Delta_{t \text{ выч.}}^2)^{0,5}, \text{ } ^\circ\text{C}$$

где: $\Delta_{t \text{ пр}}$ – абсолютная погрешность термопреобразователя, $^\circ\text{C}$;

$\Delta_{t \text{ пр}} = \pm (0,15 + 0,002 |t|) \text{ } ^\circ\text{C}$ – ТСП класса допуска А;

$\Delta_{t \text{ пр}} = \pm (0,3 + 0,005 |t|) \text{ } ^\circ\text{C}$ – ТСП класса допуска В;

$\Delta_{t \text{ пр}} = \pm (0,6 + 0,008 |t|) \text{ } ^\circ\text{C}$ – ТСП класса допуска С;

$\Delta_{t \text{ пр}} = \pm (0,15 + 0,002 |t|) \text{ } ^\circ\text{C}$ – ТСМ класса допуска А;

$\Delta_t \text{ пр} = \pm (0,25 + 0,0035 |t|) \text{ } ^\circ\text{C}$ – ТСМ класса допуска В;

$\Delta_t \text{ пр} = \pm (0,5 + 0,0065 |t|) \text{ } ^\circ\text{C}$ – ТСМ класса допуска С;

t – значение температуры по п. 4.

$\Delta_t \text{ выч.}$ – абсолютная погрешность вычислителя при преобразовании сопротивления в значения температуры, $^\circ\text{C}$;

$\Delta_t \text{ выч.} = \pm 0,1$ – при преобразовании сопротивления термопреобразователя с номинальным сопротивлением 100 и 500 Ом;

$\Delta_t \text{ выч.} = \pm 0,15$ – при преобразовании сопротивления термопреобразователя с номинальным сопротивлением 50 Ом;

6.2 Расчет приведенной погрешности измерения давления (абсолютного, избыточного или барометрического).

Расчет погрешности измерения давления γ_p производится по формуле:

$$\gamma_p = \pm (\gamma_{p \text{ пр.}}^2 + \gamma_{p \text{ выч.}}^2)^{0,5}, \%$$

где: $\gamma_{p \text{ пр}}$ – приведенная погрешность датчика давления, %

$\gamma_{p \text{ выч.}}$ – приведенная погрешность вычислителя при преобразовании тока в значения давления, %;

$\gamma_{p \text{ выч.}} = \pm 0,1$ - при диапазоне изменения тока датчика (0-20) или (4-20) мА;

$\gamma_{p \text{ выч.}} = \pm 0,15$ - при диапазоне изменения тока датчика (0-5) мА.

6.3 Расчет относительной погрешности измерения объема в рабочих условиях.

Расчет погрешности измерения объема δ_v производится по формуле:

$$\delta_v = \pm (\delta_{v \text{ пр.}}^2 + \delta_{v \text{ выч.}}^2)^{0,5}, \%$$

где: $\delta_{v \text{ пр}}$ - относительная погрешность датчика объема, %

$\delta_{v \text{ выч.}} = 0,01 \%$ – относительная погрешность вычислителя при преобразовании числа импульсов в значения объема.

7 Расчет относительной погрешности определений объема газа, приведенного к стандартным условиям.

Определение значений погрешности производится с точностью до двух знаков.

Расчет погрешности δ_v производится по формуле:

$$\delta_v = \pm [\delta_v^2 + (\theta_t \delta_t)^2 + (\theta_p \delta_p)^2 + \delta_{v \text{ выч.}}^2]^{0,5}, \%$$

где: δ_v - относительная погрешность ИК при измерении объема газа в рабочих условиях (по п.6.3), %;

$\delta_t = (\Delta_t/T) \times 100 \%$ – относительная погрешность ИК при определении абсолютной температуры, %;

Δ_t – абсолютная погрешность ИК при измерении температуры (по п. 6.1), $^\circ\text{C}$;

T = (273,15 + t) – значение абсолютной температуры, $^\circ\text{C}$;

t – значение температуры по п.4, $^\circ\text{C}$.

$\theta_t = 1$, $\theta_p = 1$ – коэффициенты влияния погрешности измерений, соответственно температуры и давления.

$\delta_{v \text{ выч.}} = 0,05 \%$ - относительная погрешность вычислителя при преобразовании рабочего объема в объем, приведенный к стандартным условиям;

δ_p – относительная погрешность ИК при определении абсолютного давления, %;

Значение погрешности δ_p в зависимости от применяемых датчиков давления рассчитывается по различным формулам, которые приведены ниже:

1) При применении датчика абсолютного давления погрешность δ_p определяется по формуле:

$$\delta_p = \gamma_p P_v / P, \%$$

где: γ_p – приведенная погрешность измерения абсолютного давления по п. 6.2, %;

P_v – верхний предел измерения датчика абсолютного давления, МПа;

P – значение абсолютного давления по п. 2, МПа.

2) При применении датчиков избыточного и барометрического (абсолютного) давлений определяется по формуле:

$$\delta_p = \frac{\gamma_{ри} P_{ви} + 100 \cdot \Delta P_{би}}{P_{и} + P_{б}}$$

где: $\gamma_{ри}$ – приведенная погрешность измерений избыточного давления по п. 6.2, %;

$P_{ви}$ – верхний предел измерения датчика избыточного давления, МПа;

$\Delta P_{би} = \gamma_{рб} P_{вб} / 100$ – абсолютная погрешность измерений барометрического давления, МПа;

$\gamma_{рб}$ – приведенная погрешность измерений барометрического давления по п. 6.2, %;

$P_{вб}$ – верхний предел измерения датчика барометрического давления, МПа;

$P_{и}$ – значение избыточного давления по п. 2, МПа.

$P_{б}$ – среднее значение барометрического давления по п. 3, МПа.

3) При применении датчика избыточного давления и использовании константы барометрического давления определяется по формуле:

$$\delta_p = \frac{\gamma_{ри} P_{ви} + 100 \cdot \Delta P_{би}}{P_{и} + P_{б}}$$

где: $\gamma_{ри}$ – приведенная погрешность измерений избыточного давления по п. 6.2, %;

$P_{ви}$ – верхний предел измерения датчика избыточного давления, МПа;

$\Delta P_{би} = (P_{вб} - P_{нб}) / 2$ – абсолютная погрешность определения барометрического давления, МПа;

$P_{вб}$ – верхнее значение изменений барометрического давления по п.3, МПа;

$P_{нб}$ – нижнее значение изменений барометрического давления по п.3, МПа;

$P_{и}$ – значение избыточного давления по п. 2, МПа.

$P_{б}$ – среднее значение барометрического давления по п. 3, МПа.

Примечание – 1 мм рт.ст. = $133,322 \times 10^{-6}$ МПа, 1 кгс/см² = $98,0665 \times 10^{-3}$ МПа.

Приложение В – Порядок установки фотосчитывателя

Фотосчитыватель ФС применяется при модернизации узла учета, предусматривающей сохранение ранее действующего ротационного счетчика РГ (имеющего техническое описание и инструкцию по эксплуатации ФБ2.784.000 ТО). Поэтому допускается поставка ИК не в полной комплектации: ФС в комплекте с пленкой, разъемом и блоком питания, вычислитель и по заказу датчики давления и/или температуры.

В указанном случае установка фотосчитывателя на счетчик и его поверка осуществляется потребителем.

Порядок установки ФС

1. Установка светоотражающей пленки

Вскрыть счетчик и приклеить на ролик младшего разряда счетного механизма светоотражающую самоклеющуюся пленку так, чтобы она не закрывала собой риски, нанесенные на ролик. Собрать счетчик.

Указанная операция должна производиться в специализированных организациях, т.к. после сборки должна быть обеспечена герметичность корпуса и проведена поверка.

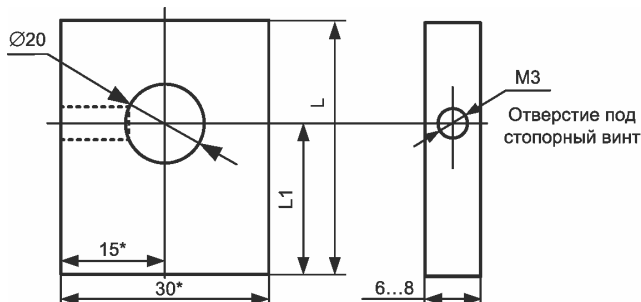
Поверку счетчика с установленной пленкой, но без ФС рекомендуется проводить в случаях, когда:

- затруднена транспортировка счетчика с установленным ФС (возможно нарушение установки ФС);
- отсутствует возможность при проведении поверки пропустить через счетчик достаточный объем (т.к. при электронном съеме информации отсутствует возможность использовать риски ролика для определения измеренного объема).

Если имеется возможность поверки счетчика вместе с установленным ФС, то поверка производится после установки ФС на счетчик.

2. Установка ФС

2.1 Изготовить крепежную пластину для установки ФС. Чертеж пластины приведен ниже.



* Размер справочный

Размеры L1 и L определяются по месту установки и зависят от типоразмера счетчика РГ.

Пластина должна быть изготовлена из твердого материала: текстолита, оргстекла и т.п.

- 2.2. Установить пластину на работающий (ролики вращаются) счетчик, при этом:
- центр отверстия пластины должен располагаться напротив ролика младшего разряда;
 - поверхность пластины должна плотно прилегать к торцевой поверхности окна счетчика.

2.3. Подключить ФС к контрольному прибору (КП) и блоку питания (выходное напряжение от 10 до 18 В), в соответствии с приведенной ниже схемой. В качестве КП может быть использовано средство измерения постоянного напряжения с входным сопротивлением не менее 500 кОм и диапазоном измерений не менее (0 – 10) В.



2.4. Установить ФС до упора в отверстие пластины, при этом, если ширина стекла меньше диаметра гайки ФС, то диаметр гайки следует уменьшить или снять гайку, если гарантировано отсутствие боковой подсветки при эксплуатации.

2.5. Зафиксировать в указанном положении корпус ФС с помощью стопорного винта.

2.6. Включить напряжение питания ФС. Слегка перемещая пластину и/или вращая ФС (для этого необходимо ослабить винт) добиться максимального, но не менее 1,5 В, размаха амплитуды изменения напряжения, регистрируемого контрольным прибором.

2.7. Зафиксировать винтом, если он был ослаблен, ФС и проверить, что размах амплитуды напряжения не менее 1,5 В. В противном случае повторить указанную операцию.

2.8. Отметить местоположение пластины относительно окна счетчика, после чего, предварительно зачистив контактную поверхность окна, приклеить пластину на отмеченное место.

Клеить следует эпоксидным или молекулярным клеем.

Для надежной фиксации пластины, ее можно закрепить «саморезами», выполнив по месту отверстия в пластине и корпусе счетчика. Отверстия в корпусе, для сохранения его герметичности, не должны быть сквозными.

При фиксации пластины необходимо контролировать размах амплитуды напряжения.

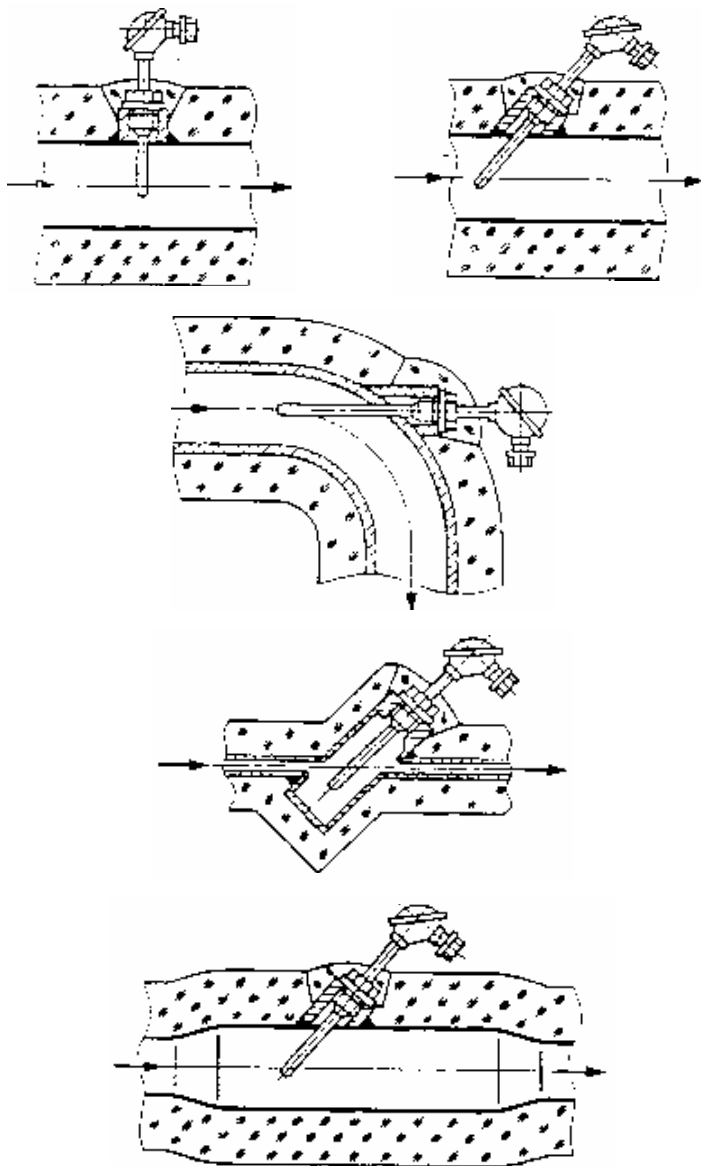
Отключить питание ФС и контрольный прибор.

2.9. Если установка ФС производилась на поверенный счетчик, то необходимо проверить работоспособность ФС с вычислителем. Для этого:

- подключите в соответствии со схемой Приложения Д фотосчитыватель к вычислителю, настроенному соответствующим образом;
- обеспечьте расход газа и убедитесь в наличии в меню РАБОТА вычислителя показаний расхода.

Показания расхода должны быть устойчивы, их значения должны лежать в пределах диапазона измерений счетчика РГ.

Приложение Г – Примеры установки термopеобразователей сопротивления.

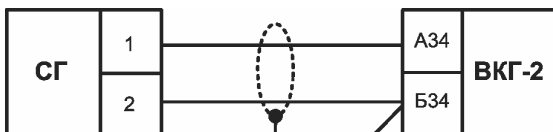


Приложение Д – Схемы подключений датчиков к вычислителю.

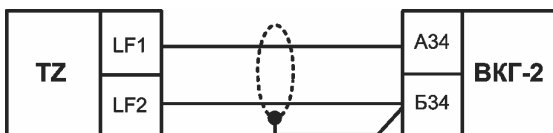
1. Схемы подключения датчиков объема

Внимание! Номера контактов вычислителя ВКГ-2 приведены для измерительного входа ИВФ5, соответствующего счетчику трубопровода номер 1. Для счетчика трубопровода 2 – номера контактов А33 и В33 (ИВФ6) соответственно, для счетчика трубопровода 3 – А32 и В32 (ИВФ7) соответственно.

1.1. Схема подключения турбинного счетчика газа СГ.

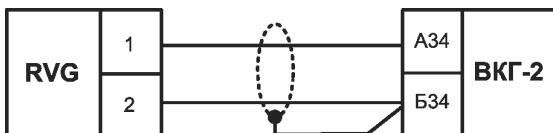


1.2. Схема подключения турбинного счетчика газа TZ.



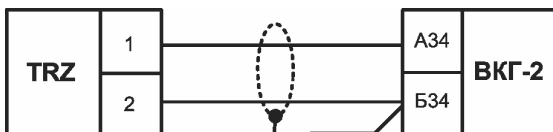
Показано для счетчика с низкочастотным датчиком импульсов LF.

1.3. Схема подключения ротационного счетчика газа RVG.



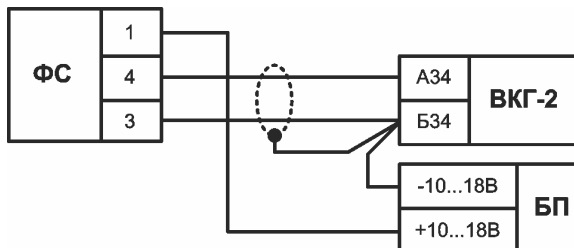
Показано для счетчика с низкочастотным датчиком импульсов Е1.

1.4. Схема подключения турбинного счетчика газа TRZ.

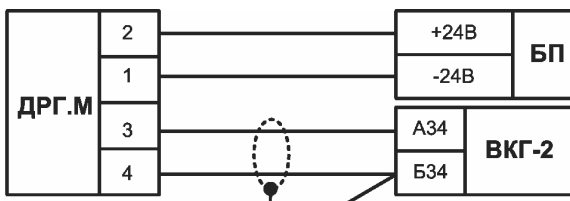


Показано для счетчика с низкочастотным датчиком импульсов Е1.

1.5. Схема подключения фотосчитывателя ФС счетчика газа РГ.



Блок питания БП из комплекта поставки фотосчитывателя.

1.6. Схема подключения датчика расхода ДРГ.М.

Блок питания БП из комплекта поставки датчика.

2. Схемы подключения датчиков давления

Внимание! Номер измерительного входа для подключения датчика, установленного на трубопроводе с выбранным при настройке номером, назначается вычислителем. Номер входа представляется в меню вычислителя НАСТРОЙКА НФП при установке пределов диапазона измерения датчика.

Для датчика барометрического давления всегда применяется вход ИВ18.

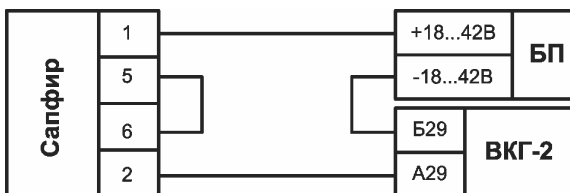
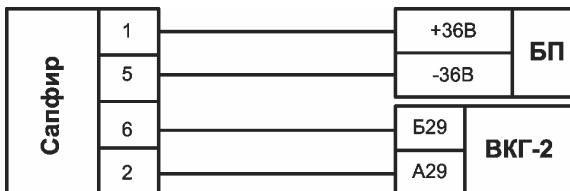
Номера контактов вычислителя ВКГ-2 условно приведены для измерительного входа ИВ11. Соответствие номеров контактов номеру входа приведено ниже.

ИВ11	ИВ12	ИВ13	ИВ14	ИВ15	ИВ16	ИВ17	ИВ18
A29, B29	A30, B30	A27, B27	A28, B28	A25, B25	A26, B26	A23, B23	A24, B24

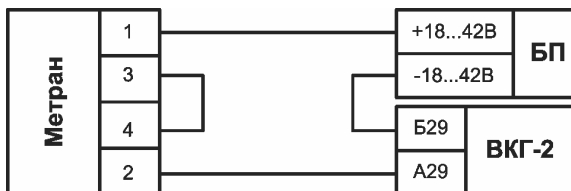
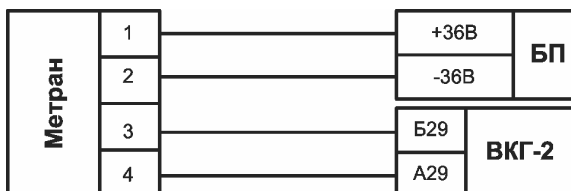
Контакты A23...A30 – ток втекает (+), контакты B23...B30 – ток вытекает (-).

Необходимость экранирования линии связи определяется условиями эксплуатации. Соединение экрана должно выполняться с контактом В(23...30) вычислителя.

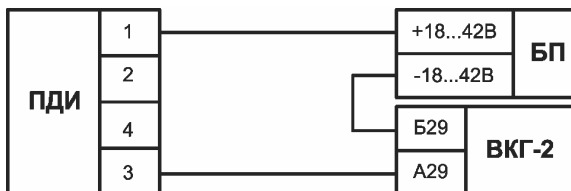
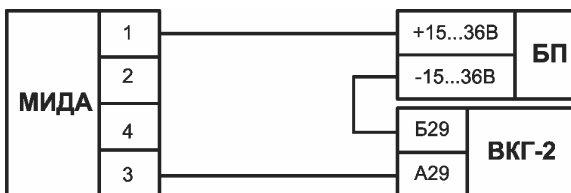
Блок питания БП, указанный на схемах, из комплекта поставки датчика.

2.1 Схема подключения датчика САПФИР с диапазоном тока (4-20) мА.**2.2 Схема подключения датчика САПФИР с диапазоном тока (0-20) мА.**

Внимание! Не допускается питание двух и более датчиков от одного БП, если выходные цепи питания не имеют гальванической развязки.

2.3 Схема подключения датчика МЕТРАН с диапазоном тока (4-20) мА.**2.4 Схема подключения датчика МЕТРАН с диапазоном тока (0-20) мА.**

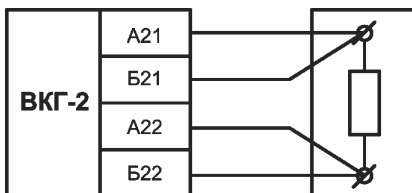
Внимание! Не допускается питание двух и более датчиков от одного БП, если выходные цепи питания не имеют гальванической развязки.

2.5 Схема подключения датчика ПДИ.**2.5 Схема подключения датчика МИДА-ДИ-13П с диапазоном тока (4 - 20) мА.****3. Схемы подключения датчиков температуры**

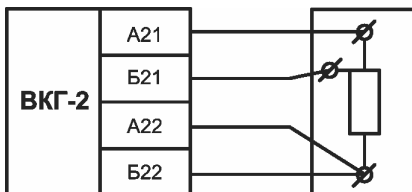
Внимание! Номера контактов вычислителя ВКГ-2 приведены для измерительного входа ИБР1, соответствующего датчику трубопровода номер 1. Для датчика трубопровода 2 – номера контактов А19, В19 и А20, В20 (ИБР2) соответственно, для датчика трубопровода 3 – А17, В17 и А18, В18 (ИБР3) соответственно.

Необходимость экранирования линии связи определяется условиями эксплуатации. Соединение экрана должно выполняться с контактом В22(18,20) вычислителя.

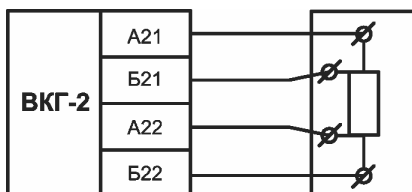
3.1 Схема подключения датчика с двумя присоединительными контактами.



3.2 Схема подключения датчика с тремя присоединительными контактами.



3.3 Схема подключения датчика с четырьмя присоединительными контактами.



Приложение Е – Порядок подготовки и проведения поверки счетчика РГ с фотосчитывателем

Поверка счетчика РГ с фотосчитывателем проводится в сроки и по методике, приведенной в НД на поверку счетчика. Но перед проведением поверки следует выполнить следующие подготовительные операции, связанные с сопряжением счетчика и фотосчитывателя:

- установить светоотражающую пленку;
- при необходимости установить фотосчитыватель.

Необходимость установки фотосчитывателя определяется пользователем комплекса исходя из технических возможностей транспортировки и поверочного оборудования счетчика. Данный способ поверки предусматривает возможность пропуска через счетчик такого значения образцового объема, при котором ошибка измерения в два импульса является допустимой при заданной погрешности счетчика.

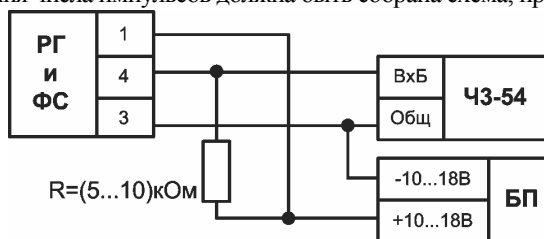
Порядок установки пленки и фотосчитывателя изложен в приложении В.

В зависимости от того, установлен на счетчик фотосчитыватель или только пленка, поверка может быть выполнена двумя способами, описанными ниже.

1. Установлены пленка и фотосчитыватель.

В этом случае методика поверки счетчика соответствует его НД, но определение измеренного объема производится не по показаниям счетного механизма, а по числу выходных импульсов фотосчитывателя. Регистрация числа импульсов должна производиться электронным счетчиком импульсов, обеспечивающим режим ручного пуска счета: например, частотомером ЧЗ-54.

Для определения числа импульсов должна быть собрана схема, приведенная ниже.



Пуск и остановка счета импульсов должны производиться синхронно с началом и окончанием пропуска через счетчик РГ поверочной среды.

Перед началом поверки проведите пробное измерение для того, чтобы убедиться в правильной работе счетчика импульсов: изменение показаний числа импульсов должно быть равномерным (при условии стабильного расхода воздуха через счетчик).

Объем воздуха, отсчитанный счетчиком за время поверки, должен определяться по формуле $V=10^3 BN$ (м³), где: V – вес импульса, л/имп; N – число импульсов по показаниям счетчика, имп.

Счетчик с фотосчитывателем считается прошедшим поверку с положительными результатами, если выполняются критерии годности, установленные в его НД на поверку.

2. Установлена пленка, фотосчитыватель не установлен.

В этом случае методика поверки счетчика полностью соответствует его НД на поверку.

Приложение Ж – Формы протоколов поверки

Протокол поверки ИК ГСК-2 исполнения 01.

Пользователь _____
(наименование организации – пользователя ИК)

Состав ИК (по данным паспорта ИК)

Вычислитель	Датчик объема	Датчик абс. давления	Датчик температуры
ВКГ-2 зав. № _____	Тип _____ зав. № _____ Диапазон расхода _____ м ³ /ч Отн. погрешность ± _____ %	Тип _____ зав. № _____ Верхний предел _____ МПа Приведенная погрешность ± _____ % Диапазон тока _____ мА	Тип _____ зав. № _____ НСХ _____ Класс _____

Значения рабочих параметров (по данным паспорта ИК)

температура газа, °С	абсолютное давление газа, МПа

Значения погрешностей (по результатам расчета)

температура, °С	абс. давление, %	объем в % для условий		Подпись поверителя, дата поверки
		рабочих	станд-ных	
± _____	± _____	± _____	± _____	

Протокол поверки ИК ГСК-2 исполнения 02.

Пользователь _____
(наименование организации – пользователя ИК)

Состав ИК (по данным паспорта ИК)				
Вычислитель	Датчик объема	Датчик избыт. давления	Датчик баром. давления	Датчик температуры
ВКГ-2 зав. № _____	Тип _____ зав. № _____ Диапазон расхода _____ м ³ /ч Отн. погрешность ± _____ %	Тип _____ зав. № _____ Верхний предел _____ МПа Приведенная погрешность ± _____ % Диапазон тока _____ МА	Тип _____ зав. № _____ Верхний предел _____ МПа Приведенная погрешность ± _____ % Диапазон тока _____ МА	Тип _____ зав. № _____ НСХ _____ Класс _____

Значения рабочих параметров (по данным паспорта ИК)		
температура газа, °С	абсолютное давление газа, МПа	барометрическое давление, МПа

Значения погрешностей (по результатам расчета)				Подпись поверителя, дата поверки
температура, °С	избыт. давление, %	барометр. давление, %	объем в % для условий	
			рабочих	станд-ных
± _____	± _____	± _____	± _____	± _____

Протокол поверки ИК ГСК-2 исполнения 03.

Пользователь _____
(наименование организации – пользователя ИК)

Состав ИК (по данным паспорта ИК)			
Вычислитель	Датчик объема	Датчик избыточного давления	Датчик температуры
ВКГ-2 зав. № _____	Тип _____ зав. № _____ Диапазон расхода _____ м ³ /ч Отн. погрешность ± _____ %	Тип _____ зав. № _____ Верхний предел _____ МПа Приведенная погрешность ± _____ % Диапазон тока _____ МА	Тип _____ зав. № _____ НСХ _____ Класс _____

Значения рабочих параметров (по данным паспорта ИК)			
температура газа, °С	избыточное давление газа, МПа	барометрическое давление, мм рт.ст.	диапазон изменения бар. давления, мм рт. ст

Значения погрешностей (по результатам расчета)				Подпись поверителя, дата поверки
температура, °С	изб. давление, %	объем в % для условий		
		рабочих	станд-ных	
± _____	± _____	± _____	± _____	

АДРЕС И КОНТАКТНЫЕ ТЕЛЕФОНЫ ЗАО «ТЕПЛОКОМ»

Почтовый адрес:

Россия, 194044, Санкт-Петербург, Выборгская наб., д. 45

Телефоны: (812) 103-72-10, 103-72-11, 103-72-12

E-mail:

отдел маркетинга:

real@teplocom.spb.ru

отдел главного конструктора:

rptoo@peterlink.ru

служба технической поддержки

support@teplocom.spb.su, 103-72-08

служба ремонта

remont@teplocom.spb.su, 103-72-09

