

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Филиал БНТУ “Институт повышения квалификации и переподготовки кадров  
по новым направлениям развития техники, технологии и экономики БНТУ”  
Кафедра «Метрология и Энергетика»

Куличенков В.П., Чепуркин А.А.

## **Средства измерений и метрология в теплоэнергетике**

Учебно-методическое пособие для слушателей курсов повышения  
квалификации специализации Э-101 «Теплотехнические измерения и приборы»  
и студентов энергетического факультета БНТУ

Электронный учебный материал

Минск ♦ БНТУ ♦ 2014

УДК 621.311.4+621.316.37(075.8)  
ББК 31.278я7  
Д75

**Авторы:**  
**Куличенков В.П., Чепуркин А.А.**

**Рецензенты:**

Карпович С.С., кандидат технических наук, зав. кафедрой “Новые материалы и технологии” ИПК и ПК БНТУ;

Романенков В.Е., кандидат технических наук, доцент, вед. науч. сотр. кафедры “Новые материалы и технологии” ИПК и ПК БНТУ

Учебно-методическое пособие предназначено для курсов повышения квалификации в ИПК и ПК БНТУ и может быть использовано специалистами предприятий ГПО “Белэнерго” и студентами энергетического факультета БНТУ.

Белорусский национальный технический университет,  
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь  
Тел. 2964732  
E-mail: rectorat@ipk.by  
Регистрационный номер № БНТУ/ИПК ПК-49.2014

© Куличенков В.П., Чепуркин А.А.  
© БНТУ, 2014

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
1 Метрология. Основные понятия. Закон об единстве измерений в Республике Беларусь .....	4
2 Измерение температуры .....	15
3 Измерение давления .....	42
4 Методы и средства измерений уровня жидкостей.....	65
5 Измерение расхода.....	78
6 Калибраторы.....	103
Список используемой литературы .....	152

## **ВВЕДЕНИЕ**

Важнейшими показателями современного научно-технического прогресса в энергетике являются значительная интенсификация технологических процессов, расширение номенклатуры теплоэнергетических установок для получения электрической и тепловой энергии, повышение производительности агрегатов и тесно связанное с ними развитие технических средств измерений и автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП).

В процессе управления теплоэнергетическими установками с помощью АСУ ТП требуются значительные по количеству и разнообразию средства измерений, обеспечивающие выработку измерительной информации в форме, удобной для преобразования, дистанционной передачи, сбора и обработки локальными средствами измерений либо контроллерами АСУ ТП.

Наличие разнообразных средств измерений требует целенаправленного применения таких методов и средств измерений, которые в конкретных условиях эксплуатации обеспечивают выполнение возложенного функционального назначения.

Одним из важных вопросов использования технических средств измерений и автоматизированных систем управления является разработка их метрологического обеспечения, позволяющего производить правильный выбор средств измерений и давать оценку точности измерительных систем.

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено для курсов повышения квалификации по дисциплине «Теплотехнические измерения и приборы».

В настоящем пособии описаны физические принципы получения измерительной информации и приведены современные средства измерений температуры, давления, расхода и уровня. Более подробную информацию можно получить в руководствах по эксплуатации соответствующего прибора или устройства.

### **1 МЕТРОЛОГИЯ. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ. ЗАКОН ОБ ЕДИНСТВЕ ИЗМЕРЕНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

Наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности называется метрологией. Измерение - это нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств. Найденное значение называют результатом измерения.

Предметом метрологии является извлечение количественной информации о свойствах объектов и процессов с заданной точностью и достоверностью. Средства метрологии - это совокупность средств измерений и метрологических стандартов, обеспечивающих их рациональное использование.

Измерение предполагает сравнение исследуемой физической величины с

однородной физической величиной, значение которой принято за единицу. Результат сравнения выражается числом.

**Метрологические характеристики средств измерений** - это характеристики свойств средств измерений, влияющие на результаты и погрешности измерений. К нормируемым метрологическим характеристикам средств измерений (ГОСТ 8.009) относят номинальное значение однозначной меры, номинальную статическую характеристику преобразования измерительного преобразователя, наименьшую цену деления неравномерной шкалы стрелочного измерительного прибора, номинальную цену единицы младшего разряда кода цифровых средств измерений, характеристики систематической и случайной составляющих погрешности средства измерений, входное сопротивление измерительного прибора и другие характеристики.

Рабочее средство измерений - средство, применяемое для измерений, не связанных с передачей размера единиц. Так, к рабочим относят измерительные приборы, которыми пользуются в повседневной практике.

## 1.1 Погрешности измерений

**Погрешность** - это отклонение  $\Delta X$  результата измерения  $X_{\text{изм}}$  от истинного значения  $X_{\text{ис}}$  измеряемой величины, определяемая по формуле:

$$\Delta X = X_{\text{изм}} - X_{\text{ис}} \quad (1.1)$$

**Прямыми называются измерения**, при которых искомое значение величины находят непосредственно по показаниям средств измерений. Например, весов - при измерении массы, термометра - при измерении температуры, вольтметра - при измерении напряжения.

**Косвенными называются измерения**, при которых значение измеряемой величины находят на основании результатов прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной. В общем случае зависимость, связывающую измеряемую величину  $Y$  и величины  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , подвергаемые прямым измерениям, можно представить в виде

$$Y = F(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (1.2)$$

**Классификация по числу измерений в ряду измерений.** Данная классификация предполагает разделение измерений на однократные и многократные. Однократные измерения - это измерения, выполненные один раз. Многократные измерения - измерение физической величины одной размерности, при котором результат получен из нескольких следующих друг за другом измерений, т.е. состоящий из ряда однократных измерений. Полученный при этом ряд измерений может быть обработан в соответствии с требованиями математической статистики.

**В соответствии с условиями применения** средств измерений погрешности разделяют:

**основная погрешность** средства измерений, которая имеет место при нормальных условиях (окружающая температура, относительная влажность, атмосферное давление, напряжение питания, частота переменного тока, нагрузка, входная и выходная мощность и др.), оговоренных стандартами и техническими условиями;

**дополнительная погрешность** средства измерений, появляющаяся при отклонении условий эксплуатации средства измерения от нормальных, т.е. вызванная отклонением одной из влияющих величин от нормального значения или выходом ее за пределы нормальной области значений.

**По закономерности проявлений** различают погрешности:

**систематическая** - составляющая погрешности измерений, сохраняющая постоянное значение и знак или проявляющаяся с определенной закономерностью при повторных измерениях одного и того же значения физической величины (например, погрешность градуировки шкалы, температурная погрешность и т.п.);

**случайная** - составляющая погрешности измерений, изменяющаяся случайным образом при повторных измерениях одного и того же значения физической величины, т.е. погрешность, значение и знак которой не могут быть точно предсказаны (например, дрейф на выходе усилителя постоянного тока вольтметра; погрешности, обусловленные действием флуктуационных помех и т.п.);

**грубая** – погрешность, существенно превышающая ожидаемую при данных условиях измерений.

**В зависимости от способа выражения** погрешности измерений делят на:

**абсолютную**, выражаемую в единицах измеряемой физической величины (вольтах, ваттах, герцах и т. п.) и представляющую собой разность между результатом измерения  $A$  и истинным значением  $A_0$  величины:

$$\Delta = A - A_0 \quad (1.3)$$

Поскольку истинное значение остается неизвестным, на практике пользуются действительным значением физической величины, под которым понимают значение, найденное экспериментальным путем и настолько приближающееся к истинному значению, что для данной задачи может быть использовано вместо истинного;

**относительную**, определяемую как отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой физической величины (при  $A_0 \neq 0$ ):

$$\delta = \Delta / A_0, \quad (1.4)$$

которое часто выражают в процентах. Поскольку результат измерения  $A$  обычно мало отличается от истинного значения  $A_0$ , то на практике в (1.4) подставляют вместо  $A_0$  число  $A$ ;

**приведенную**, как отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению  $L$ :

$$\gamma = \Delta / L, \quad (1.5)$$

обычно выражаемую в процентах.

Предел допускаемой основной погрешности - это наибольшая основная погрешность средства измерений, при которой средство измерений по техническим требованиям может быть допущено к применению. Способы выражения пределов допускаемых погрешностей измерительных приборов (средств измерений) регламентирует ГОСТ 8.401.

Предел допускаемой основной абсолютной погрешности  $\Delta_{п.пред.}$  измерительного прибора может быть выражен одним значением:

$$\Delta_{п.пред.} = \pm a, \quad (1.6)$$

где  $a$  - постоянная величина.

Пределы допускаемых основной и дополнительной погрешностей выражают в форме приведенных, относительных или абсолютных погрешностей. Выбор формы представления зависит от характера изменения погрешностей в пределах диапазона измерений, а также от условий применения и назначения средства измерений.

В случае, если абсолютная погрешность задается формулой  $\pm(a+bx)$ , пределы допускаемой относительной основной погрешности:

$$\delta = \Delta / X = \pm[c + d(|X_k / X| - 1)], \quad (1.7)$$

где  $c, d$  — отвлеченные положительные числа, выбираемые из ряда: (1 1,5 2 2,5 4 5 6)  $10^n$ ;  $n=1; 0; -1; -2$  и т.д.;  $X_k$  - больший (по модулю) из пределов измерений,  $X$  - текущее значение предела измерения; класс точности обозначается в виде «0,02/0,01», где числитель - конкретное значение числа  $c$ , знаменатель - числа  $d$ . Отношение  $X_k/X$  называется динамическим диапазоном измерений.

Под **метрологическим обеспечением** (МО) понимается установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений. Качество измерений - понятие более широкое, чем точность измерений.

## 1.2 Характеристика измерений

**Сходимость измерений** - качество измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в одинаковых условиях;

**воспроизводимость измерений** - качество измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в различных условиях (в различное время, в различных местах, разными методами и средствами).

**Неисключенную систематическую погрешность** результата измерений рассматривают как случайную и определяют доверительные границы.

При этом руководствуются следующими рекомендациями.

Если случайные погрешности пренебрежимо малы, то границами составляющих неисключенной систематической погрешности полагают пределы допускаемых основных и дополнительных погрешностей средств измерений.

Проводя суммирование неисключенных систематических погрешностей результата измерения, такие погрешности средств измерений и погрешности поправок рассматривают как случайные величины. При отсутствии априорной информации о законе их распределения принимают модель равномерного распределения.

Если неисключенные систематические погрешности обусловлены несколькими источниками (причинами), то доверительные границы (см. далее) вычисляют на основе композиции законов распределения отдельных погрешностей. При равномерном распределении не исключенных систематических погрешностей эти границы вычисляют по формуле:

$$\Theta = k \sqrt{\sum_{i=1}^m \Theta_i^2}, \quad (1.8)$$

где  $\Theta$  - граница  $i$ -й неисключенной систематической погрешности;  $k$  - коэффициент, зависящий от принятого значения коэффициента доверия  $\alpha$ .

Коэффициент  $k$  для значений  $\alpha=0,9; 0,95; 0,98$  и  $0,99$  полагают равным, соответственно,  $0,95; 1,1; 1,3$  и  $1,4$ .

При вычислении границ неисключенной систематической погрешности коэффициент доверия принимают таким же, как и при вычислении доверительных границ случайной погрешности результата измерения.

**Нормальные условия измерений** - это условия измерений, характеризующие совокупностью значений или областей значений влияющих величин, при которых изменением результата измерений пренебрегают вследствие малости.

Нормальное значение влияющей величины - значение влияющей величины, установленное в качестве номинального, Нормальные условия измерений устанавливаются в нормативно-технической документации на средства измерений данного вида. При нормальных условиях определяется основная погрешность средства измерений.

**Рабочими называются условия измерений**, при которых влияющие величины находятся в пределах своих рабочих областей. Рабочая область значений влияющей величины - это область, в пределах которой нормируется дополнительная погрешность или изменение показаний средств измерений.

**Предельными называются условия измерений**, характеризующиеся экстремальными значениями измеряемой и влияющих величин, которые



средство измерений может выдержать без разрушений и ухудшения его метрологических характеристик.

Конечной целью любого измерения является его результат - значение физической величины, полученное путем ее измерения и представляемое именованным или неименованным числом. Совместно с результатом измерений, при необходимости, приводят данные об условиях измерений.

**Под единством измерений понимается** характеристика качества измерений, заключающаяся в том, что их результаты выражаются в узаконенных единицах, размеры которых в установленных пределах равны размерам воспроизведенных величин, а погрешности результатов измерений известны с заданной вероятностью и не выходят за требуемые пределы.

**Воспроизведение основной единицы** — это создание фиксированной по размеру физической величины (ФВ) в соответствии с определением единицы. Оно осуществляется с помощью государственных первичных эталонов. Например, единица массы - 1 кг (точно) воспроизведена в виде платиноиридиевой гири, хранимой в Международном бюро мер и весов в качестве международного эталона килограмма. Розданные другим странам эталоны имеют номинальное значение 1 кг. На основании последних (1979) международных сличений платиноиридиевая гиря, входящая в состав Государственного эталона РФ, имеет массу 1,000000087 кг.

**Воспроизведение производной единицы** - это определение значения ФВ в указанных единицах на основании измерений других величин, функционально связанных с измеряемой величиной.

**Передача размера единицы** - приведение размера единицы ФВ, хранимой поверяемым средством измерения, к размеру единицы, воспроизводимой или хранимой эталоном, осуществляемое при их поверке или калибровке. Размер единицы передается «сверху вниз», от более точных средств измерения к менее точным.

**Эталон** - средство измерений (или их комплекс), предназначенное для воспроизведения и (или) хранения единицы и передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений и утвержденное в качестве эталона в установленном порядке

**Рабочий эталон** – средство измерений, применяемое для передачи размера единицы рабочим средствам измерений с целью обеспечения их точности. Рабочие эталоны применяются во многих территориальных метрологических органах, возглавляя соответствующие локальные поверочные схемы.

При необходимости **рабочие эталоны подразделяются на разряды** - 1, 2 и т.д., определяющие порядок их соподчинения в соответствии с поверочной схемой. Для разных видов измерений число разрядов, исходя из требований практики, различное и определяется стандартами на поверочные схемы для данного вида измерений.

**Мера** - это средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного (однозначная мера) или нескольких

(многозначная мера) размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью.

**Средство измерений (СИ)** - это техническое средство (или их комплекс), предназначенное для измерений, имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и (или) хранящее единицу физической величины, размер которой принимается неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение известного интервала времени (РМГ 29-99).

**Агрегатное средство измерений** - это техническое средство или конструктивно законченная совокупность технических средств с нормируемыми метрологическими характеристиками, и всеми необходимыми видами совместимости в составе информационно-измерительной системы.

**Измерительный канал** - функционально объединенная совокупность технических средств, по которой проходит один последовательно преобразуемый информативный сигнал, выполняющий законченную функцию измерений, имеющий нормированные метрологические характеристики. В измерительный канал входят агрегатные средства измерений и линии связи от первичного измерительного преобразователя до средства представления информации включительно.

**Электрический тракт измерительного канала** - аналогичен измерительному каналу, только без первичного измерительного преобразователя: от его выхода до средства предоставления информации включительно.

### **1.3 Государственный комитет РБ по стандартизации и метрологии**

Государственное управление деятельностью по обеспечению единства измерений в РБ осуществляет Государственный Комитет Республики Беларусь по стандартизации и метрологии (Госстандарт РБ). Он является органом исполнительной власти, осуществляющим межотраслевую координацию, а также функциональное регулирование в области стандартизации, метрологии и сертификации (СМС). В своей деятельности он руководствуется Конституцией РБ, законами, указами и распоряжениями Президента РБ, постановлениями и распоряжениями Правительства РБ.

Госстандарт осуществляет свою деятельность непосредственно и через находящиеся в его ведении территориальные центры СМС, а также через государственных инспекторов по надзору за государственными стандартами и обеспечению единства измерений.

### **1.4 Сфера законодательной метрологии**

Сфера законодательной метрологии распространяется на измерения, выполняемые при:

- осуществлении торговли и расчетов между покупателем и продавцом;
- определении налоговой базы;
- осуществлении таможенных и банковских операций;

обеспечении защиты жизни и охраны здоровья человека;  
проведении государственного технического осмотра транспортных средств, диагностике технического состояния транспортных средств;  
обеспечении промышленной безопасности опасных производственных объектов, пожарной безопасности и радиационной безопасности;  
осуществлении геодезической и картографической деятельности;  
осуществлении гидрометеорологической деятельности;  
оказании услуг почтовой связи и электросвязи;  
проведении испытаний и осуществлении контроля за соответствием продукции и сырья требованиям законодательства Республики Беларусь;  
проведении экспертиз;  
обеспечении обороны и безопасности государства;  
обеспечении охраны окружающей среды;  
обеспечении охраны труда;  
осуществлении государственного метрологического надзора;  
осуществлении метрологического контроля;  
осуществлении контроля за соблюдением требований, предъявляемых к фасованным товарам;  
проведении лабораторно-диагностических исследований ветеринарной службой;  
производстве и применении игровых автоматов и устройств с денежным выигрышем;  
регистрации международных и национальных спортивных рекордов.  
Законодательными актами Республики Беларусь сфера законодательной метрологии может распространяться на измерения, выполняемые в иных сферах деятельности.

### **1.5 Государственные испытания средств измерений**

В сферах распространения государственного метрологического контроля средства измерения подвергаются обязательным испытаниям с последующим утверждением их типа. Утвержденный тип СИ вносится в Государственный реестр СИ, который ведет Госстандарт РБ. Испытания на соответствие СИ утвержденному типу проводят:  
при наличии информации от потребителей об ухудшении качества выпускаемых или импортируемых СИ;  
при внесении в их конструкцию или технологию изменений, влияющих на их нормированные метрологические характеристики;  
при истечении срока действия сертификата об утверждении типа.

### **1.6 Метрологическая аттестация средств измерений**

Метрологической аттестации средств измерений подлежат средства измерений, предназначенные для применения в сфере законодательной метрологии, произведенные в Республике Беларусь или ввозимые в Республику

Беларусь в единичном экземпляре, а также в случаях, предусмотренных Президентом Республики Беларусь.

Метрологическая аттестация средств измерений осуществляется на основе договора юридическими лицами, входящими в государственную метрологическую службу (ГМС) или иными юридическими лицами, аккредитованными для ее осуществления.

Результаты метрологической аттестации средств измерений удостоверяются свидетельством о метрологической аттестации средств измерений.

**Метрологическая аттестация** - это признание средства измерений (испытаний) узаконенным для применения (с указанием его метрологического назначения и метрологических характеристик) на основании исследований метрологических свойств этого средства. Она проводится в соответствии с ТКП 8004 «Метрологическая аттестация средств измерений».

**Метрологической аттестации должны подвергаться СИ**, не подлежащие государственным испытаниям или утверждению типа органами ГМС, опытные образцы СИ, измерительные приборы, выпускаемые или ввозимые из-за границы в единичных экземплярах или мелкими партиями, а также измерительные системы, укомплектованные средствами измерений, внесенными в Государственный Реестр средств измерений РБ, в реальных условиях на месте эксплуатации.

## 1.7 Поверка средств измерений

**Поверка средства измерений** это установление органом ГМС (другими уполномоченными на то организациями) пригодности СИ к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждение их соответствия установленным обязательным требованиям.

По действующему законодательству, средства измерений, подлежащие государственному метрологическому контролю и надзору, должны подвергаться поверке при выпуске из производства или после ремонта, при ввозе по импорту и в процессе эксплуатации. Перечни групп СИ, подлежащих поверке, а также требования к организации и проведению поверки СИ приведены в ТКП 8003.

Поверка производится в соответствии с нормативными документами, утверждаемыми по результатам испытаний. Результатом поверки является: подтверждение пригодности СИ к применению. В этом случае на него и (или) техническую документацию наносится оттиск поверительного клейма и (или) выдается "Свидетельство о поверке". Поверительное клеймо — знак установленной формы, наносимый на СИ, признанные в результате их поверки годными к применению.

Периодичность осуществления поверки средств измерений, применяемых в сфере законодательной метрологии, устанавливается Государственным комитетом по стандартизации Республики Беларусь.

Периодическая поверка выполняется через установленные интервалы времени (межповерочные интервалы). Ей подвергаются СИ, находящиеся в эксплуатации или на хранении. Конкретные перечни СИ, подлежащих поверке, составляют их владельцы — юридические и физические лица. Органы ГМС в процессе надзора за соблюдением метрологических норм и правил проверяют правильность составления этих перечней.

Важным при поверке является выбор оптимального соотношения между допускаемыми погрешностями эталонного и поверяемого СИ. Обычно это соотношение принимается равным 1:3 (исходя из критерия ничтожно малой погрешности), когда при поверке вводят поправки на показания образцовых СИ. Если же поправки не вводят, то эталонные СИ выбираются из соотношения 1:5. Соотношение допускаемых погрешностей поверяемых и эталонных СИ устанавливается с учетом принятого метода поверки, характера погрешностей, допускаемых значений ошибок первого и второго родов, и иногда может значительно отличаться от указанных ранее цифр.

Поверка средств измерений, предназначенных для применения либо применяемых в областях, указанных в Перечне областей в сфере законодательной метрологии, осуществляется на основе договора юридическими лицами, входящими в государственную метрологическую службу или иными юридическими лицами, аккредитованными для ее осуществления.

Поверка средств измерений, в отношении которых осуществлено утверждение типа средств измерений и которые применяются вне сферы законодательной метрологии, осуществляется юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, осуществляющими производство средств измерений, их ремонт, реализацию, применение, передачу в аренду, в том числе прокат, либо на основе договора иными юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.

Периодичность осуществления поверки средств измерений, применяемых вне сферы законодательной метрологии, устанавливается юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями и иными физическими лицами, применяющими эти средства измерений.

Поверка осуществляется непосредственно поверителями. При этом соответствие метрологических характеристик средств измерений метрологическим характеристикам, установленным при утверждении типа средств измерений и указанным в Государственном реестре средств измерений Республики Беларусь, а также соответствие средств измерений требованиям законодательства Республики Беларусь об обеспечении единства измерений удостоверяются поверителями посредством нанесения на средства измерений и (или) на их эксплуатационную документацию знака поверки средств измерений.

Результаты поверки удостоверяются свидетельством о поверке средств измерений.

Средства измерений, в ходе поверки которых выявлено несоответствие их метрологических характеристик метрологическим характеристикам, установленным при утверждении типа средств измерений и указанным в Государственном реестре средств измерений Республики Беларусь, признаются не прошедшими поверку, о чем составляется заключение. Указанные средства измерений могут применяться либо после ремонта и последующей поверки, либо после калибровки.

## **1.8 Калибровка средств измерений**

**Калибровка средств измерений** - совокупность операций, выполняемых с целью определения и подтверждения действительных значений метрологических характеристик и (или) пригодности к применению средства измерений. Общие требования к организации, порядок проведения и оформление результатов калибровки средств измерений устанавливаются ТКП 8014.

Калибровка осуществляется при выпуске средств измерений из производства или ремонта, при их применении и ввозе в Республику Беларусь.

Калибровка средств измерений, предназначенных для применения либо применяемых в сфере законодательной метрологии, осуществляется на основе договора юридическими лицами, входящими в государственную метрологическую службу, или иными юридическими лицами, аккредитованными для ее осуществления.

Периодичность калибровки средств измерений, применяемых в сфере законодательной метрологии, устанавливается Государственным комитетом по стандартизации Республики Беларусь.

Калибровка средств измерений, применяемых вне сферы законодательной метрологии, осуществляется юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, осуществляющими производство средств измерений, их ремонт, реализацию, применение, передачу в аренду, в том числе прокат, либо на основе договора иными юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями.

Периодичность калибровки средств измерений, применяемых вне сферы законодательной метрологии, устанавливается юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями и иными физическими лицами, применяющими эти средства измерений.

Результаты калибровки удостоверяются свидетельством о калибровке средств измерений.

Организация, выполняющая калибровочные работы, должна иметь: поверенные и идентифицированные средства калибровки - эталоны, установки и другие СИ, применяемые при калибровке в соответствии с установленными правилами. Они призваны обеспечить передачу размера единиц от государственных эталонов калибруемым СИ;

актуализированные документы, регламентирующие организацию и проведение калибровочных работ. К ним относятся документ на область аккредитации, документация на средства измерений и калибровки, нормативные документы ГСИ на калибровку, процедуры калибровки и использования ее данных; профессионально подготовленный и квалифицированный персонал; помещения, удовлетворяющие нормативным требованиям.

Результаты калибровки удостоверяются калибровочным знаком, наносимым на средство измерений и свидетельством о калибровке.

Требования к калибровочным лабораториям приведены в ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2000 «Общие требования к компетенции испытательных и калибровочных лабораторий».

## **1.9 Поверка средств измерений на энергопредприятиях**

На энергопредприятиях к сфере распространения государственного контроля и надзора и подлежащих поверке относятся средства измерений (СИ), результаты которых используются:

для взаимных расчетов с поставщиками топлива и других материальных ресурсов, потребителями тепловой и электрической энергии;

для обеспечения безопасных условий труда;

для охраны окружающей среды;

для испытания и контроля качества продукции в целях определения соответствия обязательным требованиям государственных стандартов;

при обязательной сертификации продукции и услуг.

К сфере распространения государственного контроля и надзора относятся также эталоны единиц физических величин, применяемые для поверки и калибровки средств измерений.

Метрологическая служба каждого энергопредприятия составляет конкретный перечень СИ, подлежащих поверке.

Поверка средств измерений, включенных в перечень, осуществляется органами Государственной метрологической службы или иными юридическими лицами, аккредитованными для ее осуществления.

Порядок перевода средств измерений в разряд индикаторов определяют Методические указания РД РБ 09110.11.100-01.

Перечень технологических параметров, наблюдение за которыми допускается осуществлять с помощью приборов-индикаторов, перечислены в приложении к данным методическим указаниям.

## **2 ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ**

### **2.1 Единицы измерения температуры**

Температурой называется величина, характеризующая степень нагретости вещества, т.е. уровень его теплового состояния. О значении температуры судят

по изменению физических свойств некоторых тел при нагревании до измеряемой температуры. За единицу температуры принят градус Кельвина.

Градус Кельвина является единицей измерения температуры по термодинамической температурной шкале, основанной на законах технической термодинамики (цикл Карно). По термодинамической температурной шкале значение, равное нулю (абсолютный нуль), присвоено точке, при которой давление идеального газа равно нулю. Температура по этой шкале выражается в градусах Кельвина и имеет обозначение К. Эта величина входит в Международную систему единиц (СИ) как одна из основных единиц системы; к основным единицам относятся также метр, килограмм, секунда.

Переход от температуры «t - градусы Цельсия» к температуре «Т – градусы Кельвина», производится по следующей формуле:

$$T = t + 273,16 \quad (2.1)$$

Температура измеряется, в основном, по принципу изменения физического свойства тел, функционально связанного с их температурой. Приборы для измерения температуры могут быть разделены на следующие группы, рассмотренные в дальнейшем.

1. Жидкостные стеклянные термометры на базе использования расширения жидкости в замкнутом объеме.
2. Манометрические термометры на базе использования изменения давления жидкости, газа или пара, заключенных в замкнутую систему постоянного объема.
3. Термоэлектрические приборы на базе использования термоэлектродвижущей силы (термоЭДС), развиваемой термопарами из двух разнородных проводников в зависимости от разности температур рабочего и свободного концов термопары, включенной в измерительную схему.
4. Приборы с термометрами сопротивления или терморезисторами на базе использования изменения электрического сопротивления металлических проводников или полупроводниковых элементов.
5. Фотоэлектрические пирометры на базе использования зависимости между током нити накала и интенсивностью излучения объекта, температура которого измеряется.
6. Радиационные пирометры на базе испускания тепловых лучей накаливаемым объектом, температура которого измеряется.

## **2.2 Термометры, основанные на расширении рабочего вещества**

### **Термометры стеклянные жидкостные**

Основные сведения. Термометры стеклянные жидкостные применяются для измерения температуры в области от минус 200 до 750 °С. Несмотря на то, что кроме стеклянных жидкостных термометров имеется ряд других приборов для измерения температуры, удовлетворяющих в большой степени требованиям современной техники контроля технологических процессов, все же стеклянные



термометры получили применение как в лабораторной, так и в промышленной практике вследствие простоты обращения, достаточно высокой точности измерения и низкой стоимости.

Принцип действия стеклянных жидкостных термометров основан на тепловом расширении термометрической жидкости, заключенной в термометре. При этом показания жидкостного термометра зависят не только от изменения объема термометрической жидкости, но также и от изменения объема стеклянного резервуара, в котором находится эта жидкость. Таким образом, наблюдаемое (видимое) изменение объема жидкости преуменьшено на размер, соответственно равный увеличению объема резервуара (и частично капилляра).

Для заполнения жидкостных термометров применяют ртуть, толуол, этиловый спирт, керосин, петролейный эфир, пентан и т. д.

Из жидкостных термометров наибольшее распространение получили ртутные. Они обладают рядом преимуществ, благодаря существенным достоинствам ртути, которая не смачивает стекла, сравнительно легко получается в химически чистом виде и при нормальном атмосферном давлении остается жидкой в широком интервале температур (от минус 38,87 до 356,58 °С). Следует также отметить, что давление насыщенных паров ртути при температуре, превышающей 356,58 °С, невелико по сравнению с давлением насыщенных паров других жидкостей. Это дает возможность относительно небольшим увеличением давления над ртутью в капилляре заметно повысить ее температуру кипения, а вместе с тем и расширить температурный интервал применения ртутных термометров.

Термометры в зависимости от назначения и диапазона измерений температуры изготавливают из стекла различных марок (ГОСТ 1224-71).

Термометры стеклянные жидкостные по назначению и области применения могут быть разделены на следующие группы: образцовые; лабораторные и специального назначения (ГОСТ 215-57, ГОСТ 13646-68 и ГОСТ 5.1851-73); технические (ГОСТ 2823-73);

Стеклянные жидкостные термометры, применяемые в технике, бывают следующих разновидностей:

1. Термометры, применяющиеся без введения поправок к их показаниям (термометры широкого применения): а) ртутные термометры (от минус 35 до 600 °С); б) жидкостные термометры с органическим наполнителем (от минус 185 до 300 °С).

2. Термометры, к показаниям которых вводятся поправки согласно свидетельству: а) ртутные термометры повышенной точности (от минус 35 до 600 °С); б) ртутные термометры для точных измерений (от 0 до 500 °С); в) жидкостные термометры с органическим наполнителем (от минус 80 до 100 °С).

В качестве образцовых применяются следующие термометры:

(ГОСТ 8.083-73): ртутные равноделенные 1-го разряда с диапазоном измерений от 0 до 600 °С (доверительная погрешность  $\Delta = 2\delta = 0,002 \div 0,2$  °С); ртутные переменного наполнения 2-го разряда с диапазоном измерений от 0 до 150 °С (доверительная погрешность  $\Delta = 2\delta = 0,004 \div 0,1$  °С); ртутные 2-го разряда с диапазоном измерений от 0 до 600 °С (доверительная погрешность  $\Delta = 2\delta = 0,01 \div 1,0$  °С); ртутные 3-го разряда с диапазоном измерений от 0 до 600 °С (доверительная погрешность  $\Delta = 2\delta = 0,03 \div 3,0$  °С).

Конструктивные формы стеклянных жидкостных термометров разнообразны, однако среди этого разнообразия можно выбрать два основных типа конструкций: палочные и с вложенной шкалой.

Поправки к показаниям термометров, приведенные к давлению (755...765) мм рт. ст. и определенные для вертикального положения термометров на нулевой точке, не должны превышать  $\pm 0,03$  °С для термометров типа ТР-I;  $\pm 0,06$  °С для термометров типа ТР-II;  $\pm 0,15$  °С для ТР-III и  $\pm 0,03$  °С—для ТР-IV.

Таблица 2.1. Типы термометров.

Тип термометра	Область измерений, °С	Диапазон измерений, °С	Цена деления шкалы, °С	Количество термометров в данном типе
ТР-I	0—60	4	0,01	15
ТР-II	55—155	10	0,02	10
ТР-III	140—300	20	0,05	8
ТР-IV	300—500	50	0,1	4

Погрешность измерений термометров с учетом введения поправок не должна превышать  $\pm 0,01$  °С для термометров типа ТР-I;  $\pm 0,02$  °С для ТР-II;  $\pm 0,05$  °С для ТР-III и  $\pm 0,1$  °С - ТР-IV.

Технические термометры. Ртутные технические термометры предназначены для области измерений температур от минус 30 до 600 °С, а термометры с органической жидкостью от минус 90 до 30 °С и от минус 60 до 200 °С. Их изготавливают только со вложенной шкалой; прямыми и угловыми (изогнутыми под углом 90°); нижняя часть выполняется различной длины (от 66 до 2000 мм).

### 2.3 Термоэлектрические преобразователи, их принцип действия

Явление термоэлектричества заключается в следующем: если составить цепь из двух различных проводников (или полупроводников) а и б, соединив их между собой концами (рисунок 2.1, а), причем температуру  $\Theta_1$  одного места соединения сделать отличной от температуры  $\Theta_0$  другого, то в цепи потечет ток под действием ЭДС, называемой термоэлектродвижущей силой (термоЭДС) и представляющей собой разность функций температуры мест соединения проводников.

Подобная цепь называется термоэлектрическим преобразователем или иначе термопарой; проводники, составляющие термопару, - термоэлектродами, а места их соединения - спаями.

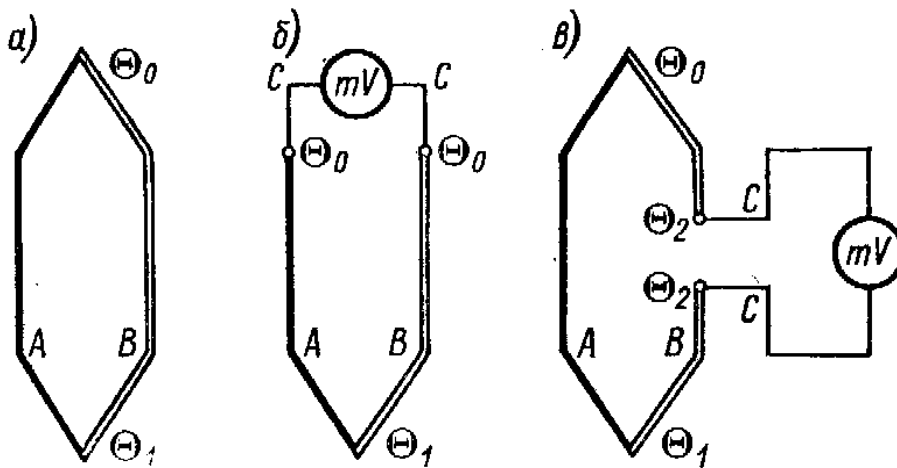


Рисунок 2.1 Термоэлектрические преобразователи.

ТермоЭДС при небольшом перепаде температур между спаями можно считать пропорциональной разности температур.

Опыт показывает, что у любой пары однородных проводников, значение термоЭДС зависит только от природы проводников и от температуры спаев и не зависит от распределения температуры вдоль проводников. Термоэлектрический контур можно разомкнуть в любом месте и включить в него один или несколько разнородных проводников. Если все появившиеся при этом места соединений находятся при одинаковой температуре, то не возникает никаких паразитных термоЭДС.

#### 2.4 Удлинительные термоэлектроды, измерительные цепи, погрешности термопар

Удлинительные термоэлектроды. Свободные концы термопары должны находиться при постоянной температуре (рисунок 2.2). Однако не всегда возможно сделать термоэлектроды термопары настолько длинными и гибкими, чтобы ее свободные концы размещались в достаточном удалении от рабочего спая. Кроме того, при использовании благородных металлов делать длинные термоэлектроды экономически невыгодно, поэтому приходится применять провода из другого материала. Соединительные провода, идущие от зажимов в головке термопары до сосуда с определенным объемом, температуру в котором желательно поддерживать постоянной, называют удлинительными термоэлектродами. Далее для соединения с измерительным прибором можно использовать обычные провода.

Чтобы при включении удлинительных термоэлектродов из материалов, отличных от материалов основных термоэлектродов, не изменилась термоЭДС термопары, необходимо выполнить два условия.

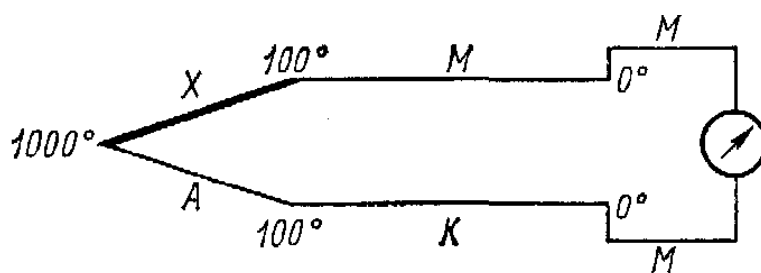


Рисунок 2.2 Удлинительные термоэлектроды.

Первое - места присоединения удлинительных термоэлектродов к основным термоэлектродам в головке термопары должны иметь одинаковую температуру. И второе - удлинительные термоэлектроды должны быть термоэлектрически идентичны основной термопаре, т. е. иметь ту же термоЭДС в диапазоне возможных температур места соединения термоэлектродов в головке термопары (примерно в диапазоне от 0 до 200 °С).

Для термопары хромель - алюмель удлинительные термоэлектроды изготавливаются из меди и константана. Для термопары хромель - копель удлинительными являются основные термоэлектроды, но выполненные в виде гибких проводов.

## 2.5 Промышленные термопары и термометры сопротивления.

Типы промышленных термопар, их обозначения, обозначения градуировок и основные параметры приведены в таблице 2.1. В ГОСТ 6616-94 приводится пять термопар. Характеристики термопары хромель-алюмель (тип ТХА) совпадают с характеристиками термопары типа К. В таблице 2.2 данные по термопаре ТХА приведены в скобках.

Таблица 2.2 Материалы термоэлектродов.

Материал термоэлектродов	Обозначение типа термопары по		Обозначение градуировки по ГОСТ 6616-94	Класс точности	Пределы измерения при длительном применении, °С	Максимальная температура кратковременного режима работы, °С
		ГОСТ 6616-94				

Медь - копель	-	-	-	-	-200...+100	-
Медь – меднони- келевый	-	-	-	-	-200...+400	-
Железо - медно- никелевый	I	-	-	-	-200...+700	900
Хромель – копель	-	ТКХ	ХК <sub>68</sub>	-	-50...+600	800
Хромель - медно- никелевый	E	-	-	-	-100...+700	900
Хромель - алюмель	K	(ТХА)	(ХА <sub>68</sub> )	-	-200...+1000 (- 50)...(+1000 )	1300 (1300)
Платинородий (10%) - платина	S	ТПП	ПП <sub>68</sub>	1 2	0...+1200 0...+1300	1600
Платинородий (30%) – платинородий (6%)	B	ТПР	ПР-30/6 <sub>68</sub>	-	+300...+160 0	1800
Вольфрамений (5%)- Вольфрамений (20%)	-	ТВР	ВР-5/20- 1 <sub>68</sub> ВР-5/20- 2 <sub>68</sub> ВР-5/20- 3 <sub>68</sub> ВР-5/20 <sub>68</sub>	-	0...+2200	2500

Промышленные термометры сопротивления выпускаются в соответствии с ГОСТ 6651 –94 двух типов - платиновые (ТСП) и медные (ТСМ). Основные характеристики термометров сопротивления приведены в таблице 2.3.

Термометры сопротивления выпускаются нескольких классов точности. Для существующих классов точности допускаемые отклонения сопротивления  $R_0$  при 0 °С и чувствительности  $S_{100}=R_{100}/R_0$ , предъявляемой как отношение сопротивлений при 100 и 0° С.

По числу выводных проводников термометры выпускаются с двумя, тремя и четырьмя выводами для включения их в измерительную цепь двух-, трех- или четырехпроводной линией соответственно. Под действием тока, протекающего по терморезистору и вызывающего его нагрев, сопротивление терморезистора не должно меняться на величину, большую 0,1% его номинального значения при нуле градусов Цельсия; ток при этом выбирается из ряда 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0 10,0; 20,0; 50,0 мА.

Таблица 2.3 Основные характеристики термометров сопротивления.

Тип термометра	Класс точности	Параметр термометра				
		$\Delta R_0/R_0, \%$	$S_{100}=1,3910$		$S_{100}=1,4280$	
			+a	-b	+a	-b

ТСП	I	$\pm 0,05$	0,0015	0,0005	-
	II	$\pm 0,1$		0,0010	
	III	$\pm 0,2$		0,0020	
	IV	$\pm 0,4$		0,0030	
	V	$\pm 0,8$		0,0050	
ТСМ	I	-	-	-	-
	II	$\pm 0,1$		0,001	
	III	$\pm 0,2$		0,002	
	IV	$\pm 0,5$		0,003	
	V	$\pm 1,0$		0,005	

Некоторые современные приборы и устройства для измерений температуры приведены на рисунках 2.3...2.21.

## Датчики температуры

### Термометры цифровые малогабаритные

#### ТЦМ 9410/М1, ТЦМ 9410/М2



Регистрационный № 32156-06

Термометры цифровые малогабаритные ТЦМ 9410 предназначены для оперативного контроля температуры с помощью погружных и поверхностных (для неподвижных и вращающихся поверхностей) датчиков температуры.

- Состав:
  - измерительный блок
  - более 35 модификаций первичных термопреобразователей (ТТЦ)
  - сетевой блок питания (для ТЦМ 9410/М1, ТЦМ 9410Ex/М1)
  - 2 источника питания форм-фактора АА (для ТЦМ 9410/М2)
- Диапазон измеряемых температур:  $-50...+1700\text{ }^{\circ}\text{C}$
- НСХ: 50М; 100М; 50П; 100П; Pt100; ТЖК (J); ТХА (K); ТНН (N); ТХК (L); ТПП (S); ТПР (B); ТВР (А-1)
- Входные сигналы:  $-10...+100\text{ мВ}$ ,  $0...320\text{ Ом}$
- ЖК-индикатор (с подсветкой для ТЦМ 9410/М1, ТЦМ 9410Ex/М1)
- Класс точности — от  $\pm 0,06\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Межповерочный интервал — 2 года
- Автоматическое распознавание подключаемого датчика по технологии Plug-and-Play
- Климатические исполнения электронного блока: С3 ( $-10...+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), С4 ( $-30...+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) — только для ТЦМ 9410Ex/М1
- Пылевлагозащита электронного блока: IP65 (ТЦМ 9410(Ex)/М1), IP40 (ТЦМ 9410/М2)
- Электромагнитная совместимость — III-A
- Варианты исполнения измерительного блока:

Тип измерительного блока	Материал корпуса	Вариант исполнения
ТЦМ 9410/М1	Алюминий	Общепромышленное
ТЦМ 9410Ex/М1	Алюминий	Взрывозащищенное Ex (0ExIIAT6 X)
ТЦМ 9410/М2	Пластмасса	Общепромышленное

- Гарантийный срок — 2 года

14

#### ТЦМ 9410/М1Н



Регистрационный № 32156-06

Термометры цифровые малогабаритные ТЦМ 9410(Ex)/М1Н предназначены для оперативного контроля и регистрации температуры с помощью погружных и поверхностных (для неподвижных и вращающихся поверхностей) датчиков температуры.

- Состав:
  - измерительный блок со встроенными аккумуляторами
  - более 35 модификаций первичных термопреобразователей (ТТЦ)
  - сетевой блок питания
  - программное обеспечение
- Диапазон измеряемых температур:  $-50...+1700\text{ }^{\circ}\text{C}$
- НСХ: 50М; 100М; 50П; 100П; Pt100; ТЖК (J); ТХА (K); ТНН (N); ТХК (L); ТПП (S); ТПР (B); ТВР (А-1)
- Входные сигналы:  $-10...+100\text{ мВ}$ ,  $0...320\text{ Ом}$
- Класс точности — от  $\pm 0,06\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Межповерочный интервал — 2 года
- Графический ЖК-индикатор с подсветкой
- 2 канала измерения
- Автоматическое распознавание подключаемого датчика по технологии Plug-and-Play
- Встроенная память для записи 2000 точек измерения
- Климатическое исполнение — С3 ( $-10...+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), С3 ( $-20...+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- Пылевлагозащита электронного блока — IP65
- Электромагнитная совместимость — до III-A
- Варианты исполнений: общепромышленное, взрывозащищенное Ex (0ExIIAT6 X)
- Гарантийный срок — 2 года



Рисунок 2.3 Датчики температуры.

## Датчики температуры

### Термометры сопротивления платиновые и медные (ТС)



Регистрационный № 18131-09

Термопреобразователи сопротивления (ТС) предназначены для измерения температуры жидких, твердых, газообразных и сыпучих сред, неагрессивных к материалу корпуса.

- Диапазон измеряемых температур:  $-196...+600$  °C
- НСХ: 46П (Гр. 21); 50П; 100П; 53М (Гр. 23); 50М; 100М; Pt50; Pt100; Pt 500; Pt1000
- Классы допуска: АА, А, В, С
- Межповерочный интервал: 2 года
- Модификации и назначение:
  - ТС-1088: измерение температуры жидких и газообразных сред, твердых тел и сыпучих материалов
  - ТС-1088Л: экономичный вариант ТС-1088
  - ТС-1187Ехd: измерение температуры жидких и газообразных сред во взрывоопасных зонах и помещениях (1ExdIICT6 X)
  - ТС-1288: измерение температуры жидких, газообразных и сыпучих сред, твердых тел, воздуха грузовых изотермических вагонов
  - ТС-1288Ф: для работы в концентрированных растворах кислот и щелочей (фторопластовая оболочка)
  - ТС-1388: измерение температуры малогабаритных подшипников, поверхности твердых тел
  - ТС-1388Ех/10А: измерение температуры в установках приготовления буровых растворов
  - ТС-0295: измерение температуры пищевых продуктов при горячей и холодной переработке
  - ТС-1088А, ТС-1288А, ТС-1388А: исполнение атомное (повышенной надежности)
  - ТС-1088Ех, ТС-1288Ех, ТС-1388Ех, ТС-0295Ех: взрывозащищенное исполнение
  - ТС-1088В, ТС 1187ЕхdВ, ТС-1288В, ТС-1388В, ТС-0295В: вибропрочное исполнение: группы F2, F3, G2 по ГОСТ Р 52931-2008
  - ТС по эскизам заказчиков
- Гарантийный срок:
  - 2 года ( $t_{\max} \leq +350$  °C)
  - 1 год ( $+350$  °C <  $t_{\max} \leq +600$  °C)



1

### Комплекты термометров сопротивления платиновых (КТСП)



Регистрационный № 45368-10

Комплекты термометров сопротивления платиновых КТСП предназначены для измерений температуры и разности температур теплоносителей в составе теплосчетчиков систем водяного теплоснабжения. Каждый из термометров комплекта может применяться как отдельное средство измерения температуры.

- НСХ: 100П, Pt100, Pt500, Pt1000
- Диапазон измеряемых температур —  $0...+180$  °C
- Модификации: КТСП-1088, КТСП-1288, КТСП-1388 (в зависимости от конструктивного исполнения)
- КТСП по эскизам заказчиков
- Минимальная измеряемая разность температур  $\Delta t_{\min}$  — 2, 3, 5 °C
- Межповерочный интервал — 4 года
- Гарантийный срок — 1 год



Рисунок 2.4 Датчики температуры (продолжение).



## Датчики температуры

### Преобразователи термоэлектрические (термопары)



Регистрационный № 18524-10

Преобразователи термоэлектрические (ТП, термопары) предназначены для контроля и измерения температуры жидких, твердых, газообразных и сыпучих сред, неагрессивных к материалу корпуса преобразователя.

- Диапазон измеряемых температур:  $-40...+1800\text{ }^{\circ}\text{C}$  (по отдельному заказу: от  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- НСХ: ТХА (К); ТХК (L); ТХКн (E); ТПП (S); ТПП (R); ТПР (B); ТЖК (J); ТНН (N); ТВР (A-1)
- Классы допуска: 1, 2
- Межповерочный интервал:
  - 4 года ( $-40\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +850\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
  - 2 года ( $+850\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
  - 6 месяцев ( $+1100\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +1800\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- Модификации и назначение:
  - ТП-1388: измерение температуры малогабаритных подшипников, поверхности твердых тел, атмосферы в сушильных шкафах и климатических камерах
  - ТП-2088: измерение температуры жидких и газообразных сред, твердых тел и сыпучих материалов. Чувствительный элемент: кабель КТМС
  - ТП-2088Л: экономичный вариант ТП-2088. Чувствительный элемент: проволока ХА или ХК
  - ТП-2388: измерение температуры жидких, газообразных сред, твердых тел и сыпучих материалов
  - ТП-2187Ехd: измерение температуры жидких и газообразных сред во взрывоопасных зонах (IExdIICT6 X). Чувствительный элемент: кабель КТМС
  - ТП-1085: измерение температуры продуктов горения
  - ТП-1085/3: измерение температуры в химических реакторах высокого давления (до 350 МПа). Чувствительный элемент: кабель КТМС
  - ТП-2488: измерение температуры при переработке пластических масс и резиновых смесей. Чувствительный элемент: кабель КТМС
  - ТП-0295: измерение температуры пищевых продуктов при горячей и холодной переработке. Чувствительный элемент: кабель КТМС
  - ТП-0395: для работы при высоких температурах в средах, содержащих  $\text{O}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , а также в расплавах металлов Al, Zn, Cu и расплавах, содержащих медь
  - ТП-0195: высокотемпературные кабельные термопреобразователи
  - ТП-0188: измерение температуры поверхности, воздуха и инертных газов
  - ТП-0198: измерение температуры жидких, газообразных сред и твердых тел. Применяются в местах со сложной топологией
  - ТП-0199: измерение температуры полей в каналах печей термообработки, реакторов установок каталитического синтеза нефтепродуктов
  - ТП-2088А, ТП-2488А, ТП-0198А: исполнение атомное (повышенной надежности)
  - ТП-2088Ех, ТП-2488Ех, ТП-0198Ех, ТП-1085Ех: взрывозащищенное исполнение
  - ТП-1388В, ТП-2088В, ТП-2187В, ТП-2488В, ТП-0295В, ТП-0195В, ТП-0198В, ТП-1085В: вибропрочное исполнение: группы F2, F3, G2 по ГОСТ Р 52931-2008
  - ТП по эскизам заказчиков
- Гарантийный срок:
  - 2 года ( $t_{\text{max}} \leq +600\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
  - 1 год ( $+600\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
  - не более 1000 часов ( $t_{\text{max}} > +1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
  - не более 100 часов ( $t_{\text{max}} > +1000\text{ }^{\circ}\text{C}$  и диаметром кабеля  $\leq 2\text{ мм}$ )

16

Рисунок 2.5 Датчики температуры (продолжение).

## Датчики температуры

### Термопреобразователи с унифицированным выходным сигналом

#### ТХХУ-205-Н



Регистрационный № 15200-06

Термопреобразователи ТххУ-205-Н предназначены для преобразования значения температуры различных, в том числе агрессивных сред в унифицированный токовый выходной сигнал 4...20 мА.

- Тип прибора: аналоговый, однопределный
- Диапазон измеряемых температур:  $-50...+1300\text{ }^{\circ}\text{C}$
- НСХ: 100М, Pt100, ТХА (К)
- Выходной сигнал — 4...20 мА
- Напряжение питания —  $\approx 12...36\text{ В}$
- Класс точности — от  $\pm 0,25\%$
- Межповерочный интервал — 2 года
- Материалы клеммных головок: алюминиевый сплав, нержавеющая сталь, пластик
- Климатические исполнения: С3 ( $-10...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), Т3 ( $-25...+80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), Д3 ( $-50...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- Пылевлагозащита — IP65
- Электромагнитная совместимость — III-A
- Варианты исполнения: общепромышленное, взрывозащищенное Ex (0ExialICT6 X)
- Гарантийный срок:
  - для конструктивов с ТС:
    - 2 года ( $t_{\text{max}} \leq +350\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 1 год ( $+350\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +600\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
  - для конструктивов с ТП:
    - 2 года ( $t_{\text{max}} \leq +600\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 1 год ( $+600\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - не более 1000 часов ( $t_{\text{max}} > +1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - не более 100 часов ( $t_{\text{max}} > +1000\text{ }^{\circ}\text{C}$  и диаметром кабеля  $\leq 2\text{ мм}$ )

#### ТСхУ-0104



Регистрационный № 29336-06

Термопреобразователи ТсхУ-0104 предназначены для преобразования значения температуры различных, в том числе агрессивных сред в унифицированный токовый выходной сигнал 4...20 мА.

- Тип прибора: аналоговый, многопределный
- Диапазон измеряемых температур:  $-50...+600\text{ }^{\circ}\text{C}$
- НСХ: 50М, 100М, Pt100
- Выходной сигнал — 4...20 мА
- Напряжение питания —  $\approx 12...36\text{ В}$
- Класс точности — от  $\pm 0,25\%$  ( $\pm 0,15\%$  по специальному заказу)
- Межповерочный интервал — 2 года
- Индикация (для корпуса МГ): ИТЦ 420(Ex)/М4-1, ИТЦ 420(Ex)/М4-2 (с функцией автоматического регулирования контролируемых параметров)
- Материалы клеммных головок: алюминиевый сплав, нержавеющая сталь, пластик
- Климатические исполнения: С3 ( $-10...+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), С2 ( $-50...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), Т3 ( $-10...+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- Пылевлагозащита: IP54, IP55, IP65
- Электромагнитная совместимость — III-A
- Варианты исполнения: общепромышленное, взрывозащищенное: Ex (0ExialICT6 X), Exd (1ExdICT6 X)
- Гарантийный срок:
  - 2 года ( $t_{\text{max}} \leq +350\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
  - 1 год ( $+350\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +600\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

Рисунок 2.6 Датчики температуры (продолжение).

## Датчики температуры

### Термопреобразователи универсальные

#### ТПУ 0304/М1



Регистрационный № 29935-12

Термопреобразователи универсальные ТПУ 0304/М1 предназначены для измерения и непрерывного преобразования температуры твердых, жидких, газообразных и сыпучих веществ в унифицированный выходной сигнал постоянного тока 4...20 мА.

- Тип прибора — микропроцессорный
- Диапазон измеряемых температур:  $-50...+1800\text{ }^{\circ}\text{C}$
- НСХ: 100М; Pt100; ТЖК (J); ТХК (L); ТХА (K); ТПП (S); ТПР (В); ТНН (N)
- Выходной сигнал — 4...20 мА
- Напряжение питания —  $\approx 18...36\text{ В}$
- Класс точности: от  $\pm 0,15\%$  (индекс заказа А), от  $\pm 0,25\%$  (индекс заказа Б)
- Межповерочный интервал:
  - для конструктивов с ТС:
    - 4 года ( $-50\text{ }^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{max}} \leq +350\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 2 года ( $+350\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +600\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
  - для конструктивов с ТП:
    - 4 года ( $-50\text{ }^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{max}} \leq +850\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 2 года ( $+850\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 6 месяцев ( $+1100\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +1800\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- Гальваническая развязка между входными и выходными цепями
- Материалы клеммной головки: алюминиевый сплав, нержавеющая сталь, пластик
- Климатические исполнения: СЗ ( $-10...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), С2: ( $-50...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), ТЗ ( $-25...+80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), УХЛ.3.1 ( $-25...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), ОМ ( $-25...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- Пылевлагозащита — IP54, IP65
- Электромагнитная совместимость — IV-A
- Варианты исполнений: общепромышленное, атомное (повышенной надежности), взрывозащищенное: (0ExiallCT6 X), Exd (1ExdIICT6 X), ОМ (Речной и Морской Регистры РФ)
- Гарантийный срок:
  - для конструктивов с ТС:
    - 2 года ( $t_{\text{max}} \leq +350\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 1 год ( $+350\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +600\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
  - для конструктивов с ТП:
    - 2 года ( $t_{\text{max}} \leq +600\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 1 год ( $+600\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - не более 1000 часов ( $t_{\text{max}} > +1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - не более 100 часов ( $t_{\text{max}} > +1000\text{ }^{\circ}\text{C}$  и внешним диаметром кабеля  $\leq 2\text{ мм}$ )
  - для конструктивов с ТП в чехлах Luxal или Lunit:
    - 1 год ( $t_{\text{max}} \leq +1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 6 месяцев ( $t_{\text{max}} > +1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

Рисунок 2.7 Датчики температуры (продолжение).

## Датчики температуры

### Термопреобразователи универсальные

#### ТПУ 0304/М1-Н



Регистрационный № 29935-12

Термопреобразователи универсальные ТПУ 0304/М1-Н предназначены для измерения и непрерывного преобразования температуры твердых, жидких, газообразных и сыпучих веществ в унифицированный выходной сигнал постоянного тока 4...20 мА и / или цифровой сигнал на базе HART-протокола.



- Тип прибора — микропроцессорный
- Диапазон измеряемых температур:  $-50...+1800\text{ }^{\circ}\text{C}$
- НСХ: 100М, Pt100, ТЖК (J), ТХК (L), ТХА (K), ТПП (S), ТПР (B), ТНН (N)
- Выходной сигнал — 4...20 мА + HART
- Напряжение питания —  $\approx 10...42\text{ В}$
- Класс точности: от  $\pm 0,15\%$  (индекс заказа А), от  $\pm 0,25\%$  (индекс заказа Б)
- Межповерочный интервал:
  - для конструктивов с ТС:
    - 4 года ( $-50\text{ }^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{max}} \leq +350\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 2 года ( $+350\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +600\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
  - для конструктивов с ТП:
    - 4 года ( $-50\text{ }^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{max}} \leq +850\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 2 года ( $+850\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 6 месяцев ( $+1100\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +1800\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- Гальваническая развязка между входными и выходными цепями
- Материалы клеммных головок: алюминиевый сплав, нержавеющая сталь, пластик
- Климатические исполнения: С3 ( $-25...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), С2 ( $-55...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), Т3 ( $-25...+80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), УХЛ.3.1 ( $-25...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- Пылевлагозащита — IP54, IP65
- Электромагнитная совместимость — IV-A
- Варианты исполнений: общепромышленное, атомное (повышенной надежности), взрывозащищенное: (0ExialICT6 X), Exd (1ExdIICT6 X), OM (Речной и Морской Регистры РФ)
- Гарантийный срок:
  - для конструктивов с ТС:
    - 2 года ( $t_{\text{max}} \leq +350\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 1 год ( $+350\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +600\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
  - для конструктивов с ТП:
    - 2 года ( $t_{\text{max}} \leq +600\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 1 год ( $+600\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - не более 1000 часов ( $t_{\text{max}} > +1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - не более 100 часов ( $t_{\text{max}} > +1000\text{ }^{\circ}\text{C}$  и внешним диаметром кабеля  $\leq 2\text{ мм}$ )
  - для конструктивов с ТП в чехлах Luxal или Lunil:
    - 1 год ( $t_{\text{max}} \leq +1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 6 месяцев ( $t_{\text{max}} > +1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

19

Рисунок 2.8 Датчики температуры (продолжение).

## Датчики температуры

### Термопреобразователи универсальные

#### ТПУ 0304/М2-Н



Регистрационный № 29935-12

Термопреобразователи универсальные ТПУ 0304/М2-Н предназначены для измерения и непрерывного преобразования температуры твердых, жидких, газообразных и сыпучих веществ в унифицированный выходной сигнал постоянного тока 4...20 мА и / или цифровой сигнал на базе HART-протокола.



- Тип прибора — микропроцессорный
- Диапазон измеряемых температур:  $-50...+1800\text{ }^{\circ}\text{C}$
- НСХ: 100М, Pt100, ТЖК (J), ТХК (L), ТХА (K), ТПП (S), ТПР (В), ТНН (N)
- Выходной сигнал — 4...20 мА + HART
- Напряжение питания —  $\approx 24...36\text{ В}$
- Класс точности: от  $\pm 0,15\%$  (индекс заказа А), от  $\pm 0,25\%$  (индекс заказа Б)
- Межповерочный интервал:
  - для конструктивов с ТС:
    - 4 года ( $-50\text{ }^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{max}} \leq +350\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 2 года ( $+350\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +600\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
  - для конструктивов с ТП:
    - 4 года ( $-50\text{ }^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{max}} \leq +850\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 2 года ( $+850\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 6 месяцев ( $+1100\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +1800\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- Индикация: СД-индикатор красный, зеленый или белый; ЖК-индикатор с подсветкой и возможностью поворота с шагом  $90^{\circ}$
- Гальваническая развязка между входными и выходными цепями
- Материал клеммной головки: алюминиевый сплав
- Климатические исполнения: С3 ( $-25...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), С2 ( $-55...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), Т3 ( $-25...+80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), УХЛ.3.1 ( $-25...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- Пылевлагозащита — IP54, IP65
- Электромагнитная совместимость — III-A, IV-A
- Варианты исполнений: общепромышленное, атомное (повышенной надежности), взрывозащищенное: (0ExialICT6 X), Exd (1ExdIICT6 X), OM (Речной и Морской Регистры РФ)
- Гарантийный срок:
  - для конструктивов с ТС:
    - 2 года ( $t_{\text{max}} \leq +350\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 1 год ( $+350\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +600\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
  - для конструктивов с ТП:
    - 2 года ( $t_{\text{max}} \leq +600\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 1 год ( $+600\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - не более 1000 часов ( $t_{\text{max}} > +1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - не более 100 часов ( $t_{\text{max}} > +1000\text{ }^{\circ}\text{C}$  и внешним диаметром кабеля  $\leq 2\text{ мм}$ )
  - для конструктивов с ТП в чехлах Luxal или Lunit:
    - 1 год ( $t_{\text{max}} \leq +1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 6 месяцев ( $t_{\text{max}} > +1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

20

Рисунок 2.9 Датчики температуры (продолжение).

## Датчики температуры

### Термопреобразователи универсальные

#### ТПУ 0304/МЗ-МВ



Регистрационный № 29935-12

Термопреобразователи универсальные ТПУ 0304/МЗ-МВ предназначены для измерения и непрерывного преобразования температуры твердых, жидких, газообразных и сыпучих веществ в цифровой сигнал на базе интерфейса RS-485 с протоколом обмена MODBUS RTU.

- Тип прибора — микропроцессорный
- Диапазон измеряемых температур:  $-60...+1300\text{ }^{\circ}\text{C}$
- НСХ: Pt100, ТХА (К)
- Выходной сигнал: цифровой, на базе интерфейса RS-485, Modbus RTU
- Напряжение питания —  $\approx 24\text{ В}$
- Класс точности: от  $\pm 0,15\%$  (индекс заказа А), от  $\pm 0,25\%$  (индекс заказа Б)
- Межповерочный интервал:
  - для конструктивов с ТС:
    - 4 года ( $-50\text{ }^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{max}} \leq +350\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 2 года ( $+350\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +600\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
  - для конструктивов с ТП:
    - 4 года ( $-50\text{ }^{\circ}\text{C} \leq t_{\text{max}} \leq +850\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 2 года ( $+850\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 6 месяцев ( $+1100\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +1800\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- Скорость обмена данными по интерфейсу — до 115200 бит/с
- Возможность объединения приборов в единую сеть
- Гальваническая развязка между входными и выходными цепями
- Материал клеммной головки — алюминиевый сплав
- Климатические исполнения: С2 ( $-10...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), ДЗ ( $-60...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), УХЛ.3.1 ( $-10...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- Пылевлагозащита — IP65
- Электромагнитная совместимость — IV-A
- Варианты исполнений: общепромышленное, атомное (повышенной надежности), взрывозащищенное Exd (1ExdIICT6 X)
- Гарантийный срок:
  - для конструктивов с ТС:
    - 2 года ( $t_{\text{max}} \leq +350\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 1 год ( $+350\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +600\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
  - для конструктивов с ТП:
    - 2 года ( $t_{\text{max}} \leq +600\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - 1 год ( $+600\text{ }^{\circ}\text{C} < t_{\text{max}} \leq +1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
    - не более 1000 часов ( $t_{\text{max}} > +1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ )



21

### Чехлы, нагреватели



#### Утепляющие чехлы УПВЧ-Р

Чехлы позволяют решить следующие проблемы при эксплуатации оборудования КИПиА:

- защитить от обмерзания (появление сосулек, ледяных наростов и т.п.)
- защитить от загрязнений, осадков, механических воздействий
- поддержать комфортную температуру для работы электроники
- в специальном исполнении защитить от наводок и помех

#### Обогреватели взрывозащищенные ОУ-Р

Обогреватели ОУ-Р-ПЛ предназначены для обогрева защитных чехлов УПВЧ-Р приборов КИПиА, шкафов автоматики, управления, измерения и сигнализации, а также других подобных электроустановок эксплуатируемых в условиях пониженной температуры окружающего воздуха во взрывоопасных зонах.

Рисунок 2.10 Датчики температуры (продолжение).

## Датчики температуры и влажности

### Преобразователи измерительные температуры и влажности

#### РОСА-10/М1, /М2/, М3, /М4



Регистрационный № 27728-09

Преобразователи измерительные температуры и влажности РОСА-10 предназначены для измерения температуры и относительной влажности; расчета температуры точки росы, абсолютной влажности и объемного влагосодержания газообразных сред и непрерывного преобразования их значений в унифицированный электрический выходной сигнал постоянного тока 4...20 мА или 20...4 мА.

- Выходной сигнал: 4...20 мА или 20...4 мА
- Напряжение питания — =12...36 В
- Класс точности:
  - по температуре:  $\pm 0,2$  °С;  $\pm 0,3$  °С
  - по относительной влажности:  $\pm 2$  %,  $\pm 3$  %
- Межповерочный интервал — 2 года
- Принцип обработки сигнала — цифровой
- ЖК-индикация измеряемых и вычисляемых величин
- Измеряемые параметры — температура, относительная влажность
- Вычисляемые параметры — температура точки росы, абсолютная влажность, объемное влагосодержание
- Диапазон измерения температуры:  $-40...+110$  °С
- Диапазон измерения относительной влажности — 0...100 %
- Диапазон вычисления абсолютной влажности — 0...18 г/м<sup>3</sup>
- Диапазон вычисления температуры точки росы —  $-40...+80$  °С
- Диапазон вычисления объемного влагосодержания: 0...25000 × (100/Р) млн<sup>-1</sup> (где Р — абсолютное давление, кПа)
- Модификации: М1, М3 (канальный монтаж), М2, М4 (настенный монтаж)
- Давление измеряемой среды — до 2,5 МПа
- Климатические исполнения: С2 ( $-40...+70$  °С), С3 ( $-10...+70$  °С), Т3 ( $-25...+80$  °С), УХЛ.3.1 ( $-41...+70$  °С)
- Пылевлагозащита: IP 54 (М1, М2); IP65 (М3, М4)
- Варианты исполнения: общепромышленное, атомное (повышенной надежности), взрывозащищенное Ex (0ExiaIICT6 X) — только М1 и М2, OM (Речной и Морской Регистры РФ) — только М3 и М4, тропическое
- Гарантийный срок — 1 год

23

#### ИПТВ-056, ИПТВ-206



Регистрационный № 16447-08

Преобразователи измерительные температуры и влажности ИПТВ-056, ИПТВ-206 предназначены для измерения и непрерывного преобразования температуры и относительной влажности газовых сред в унифицированный токовый выходной сигнал 0...5 мА (ИПТВ-056) или 4...20 мА (ИПТВ-206).

- Принцип обработки сигнала — аналоговый
- Выходной сигнал: 0...5 мА (ИПТВ-056), 4...20 мА (ИПТВ-206)
- Диапазоны измерения температуры:  $-40...+110$  °С
- Диапазоны измерения относительной влажности: 5...98 %, 0...100 %
- Класс точности:
  - по температуре:  $\pm 0,2$  °С;  $\pm 0,4$  °С
  - по относительной влажности:  $\pm 2$  %,  $\pm 3$  %
- Межповерочный интервал — 2 года
- Давление измеряемой среды — до 2,5 МПа
- Климатическое исполнение — С4 ( $-30...+50$  °С)
- Пылевлагозащита — IP54
- Варианты исполнения: общепромышленное, атомное (повышенной надежности), взрывозащищенное Ex (0ExiaIICT6 X) (только для ИПТВ-056)
- Гарантийный срок — 1 год

Рисунок 2.11 Датчики температуры и влажности.

## Вторичные приборы

### Термометры многоканальные с функцией логгера

#### TM 5102(Д), TM 5103 (Д), TM 5104 (Д)

НОВИНКА



40



Регистрационный № 20579-09

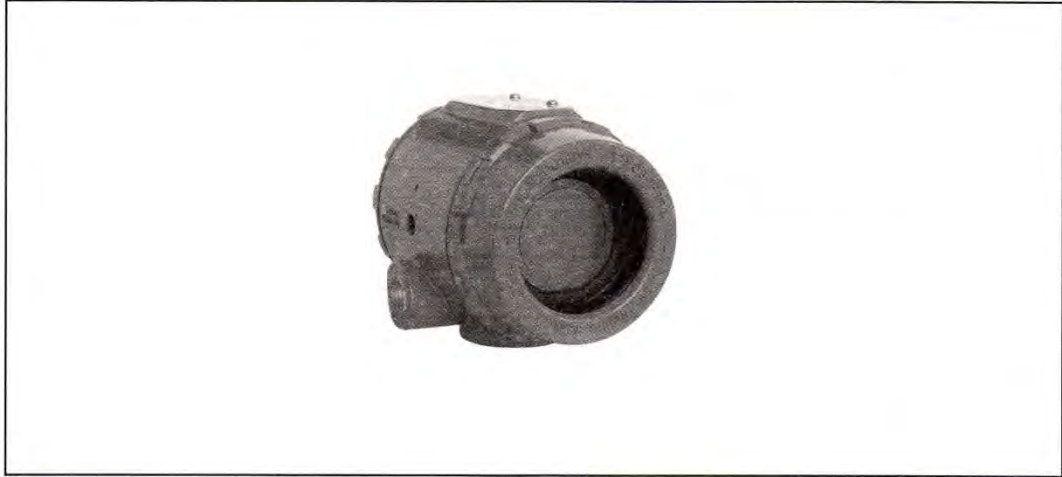
Термометры многоканальные TM 5102(Д), TM 5103 (Д), TM 5104 (Д) предназначены для измерения и автоматического регулирования температуры и других неэлектрических величин, преобразованных в сигналы силы, напряжения постоянного тока или активное сопротивление постоянному току. Встроенный буфер памяти формирует архив измеренных значений.

- Количество универсальных аналоговых входных каналов — 4/8/16
- Количество реле — 3 или 8 ( $\approx 250$  В  $\times$  5 А;  $\approx 250$  В  $\times$  0,1 А)
- Архивирование данных во внутреннюю память прибора
- Входные сигналы — 50М; 53М (Гр. 23); 100М; 50П; 100П; Pt100; ЖК (J); ХА (K); ХК (L); ПП (S); ВР (А-1); 0...5, 0...20, 4...20 мА; 0...75, 0...100 мВ; 0...320 Ом
- Основная приведенная погрешность — от  $\pm 0,1$  %
- Межповерочный интервал — до 4 лет
- Математическая обработка входных сигналов (разность, сумма, произведение, среднее арифметическое любой пары каналов)
- Функция тестирования срабатывания уставок и реле
- Количество уставок — 2 на каждый измерительный канал
- 2 варианта лицевой панели:
  - с 4-разрядным 3-х цветным светодиодным (СД) индикатором текущего значения измеряемой величины (высота цифр 20 мм)
  - с 4-разрядным 3-х цветным СД-индикатором текущего значения измеряемой величины и 3-х цветным графическим СД-индикатором положения измеряемой величины относительно уставок
- Интерфейс — RS-485 (протокол Modbus RTU)
- Настройка прибора — с клавиатуры на лицевой панели или с ПК
- Напряжение питания —  $\approx 130...249$  В, 50 Гц или  $\approx 150...249$  В
- Вырез в щите / монтажная глубина — 88  $\times$  88 / 161 мм
- Электромагнитная совместимость (ЭМС) — III-A
- Климатическое исполнение — СЗ ( $-10...+50$  °С), УХЛ3.1 ( $-10...+50$  °С)
- Пылевлагозащита — IP54 для лицевой панели, IP20 для корпуса
- Варианты исполнения — общепромышленное, атомное (повышенной надежности)
- Гарантийный срок — 2 года

Рисунок 2.12 Вторичные приборы.



## Преобразователи измерительные Rosemount 3144P



- Высокая точность и надежность измерений температуры на самых ответственных участках производства, в системах управления и безопасности
- Выходной сигнал 4-20 мА/HART или Foundation fieldbus
- Гальваническая развязка входа от выхода
- Дистанционное управление и диагностика
- Программируемые уровни аварийных сигналов и насыщения - для Rosemount 3144P-HART
- Возможность работы измерительного преобразователя как с одинарным, так и с двойным первичным преобразователем
- Возможность измерения средней температуры и разности температур расширяют область применения преобразователя
- Сигнализация дрейфа первичного преобразователя и возможность "горячей" замены Hot Backup увеличивают надежность измерений
- Повышенная устойчивость к электромагнитным полям и радиочастотным помехам гарантируют устойчивую работу
- Корпус соединительной головки с двумя отсеками обеспечивает высокую надежность эксплуатации в промышленных условиях
- Превосходная компенсация изменений температуры окружающей среды
- Индивидуальное согласование измерительного преобразователя с первичным (термопреобразователем сопротивления) увеличивает точность измерений на 75%
- Встроенный ЖК-индикатор обеспечивает индикацию текущего значения измеряемой температуры и диагностических сообщений
- 5-летняя стабильность преобразователя
- Преобразователь Rosemount 3144-HART сертифицирован для использования в системах безопасности SIS, т.к. удовлетворяет нормативам IEC 61508, используемым в системах обеспечения безопасности
- Систематический мониторинг процесса повышает производительность предприятия
- Внесены в Госреестр средств измерений под №14683-04, сертификат №19118/2

Рисунок 2.13 Преобразователи измерительные.

### Назначение и область применения

Преобразователи измерительные Rosemount 3144P (далее - преобразователи) предназначены для преобразования сигналов, поступающих от термопреобразователей сопротивления, термоэлектрических преобразователей, омических устройств и милливольтовых устройств постоянного тока в унифицированный выходной сигнал постоянного тока 4-20 мА с наложением цифрового сигнала по HART-протоколу или в полностью цифровой сигнал по протоколу FOUNDATION fieldbus.

Преобразователи измерительные 3144P применяются для измерения температуры на самых ответственных участках производства, в системах управления и безопасности.

### Конструктивные особенности

Корпус соединительной головки преобразователя Rosemount 3144P состоит из двух отсеков: отсек электроники и клеммный отсек. Изоляция между отсеками повышает надежность работы 3144P в жестких промышленных условиях. В отсеке электроники расположен электронный блок с микропроцессором. В клеммном отсеке расположены клеммы для подключения входного сигнала и клеммы питания преобразователя и вывода выходного сигнала.

Электронная схема преобразователя обеспечивает предварительное аналоговое усиление/преобразование сигнала от первичного преобразователя температуры, дальнейшее аналого-цифровое преобразование, цифровую обработку результатов преобразования в микропроцессоре,

цифро-аналоговое преобразование результатов измерения в стандартный унифицированный выходной сигнал 4-20 мА с наложением цифрового сигнала по протоколу HART либо преобразование в стандартный выходной сигнал по цифровому протоколу FOUNDATION fieldbus.

Преобразователи могут работать с омическими устройствами и милливольтовыми устройствами постоянного тока, а также с термопреобразователями сопротивления (подключение по 2-х, 3-х, и 4-х проводной схемам) и термоэлектрическими преобразователями, номинальные статические характеристики преобразования (НСХ) которых указаны в табл.1.

Преобразователи 3144P могут быть одноканальными или двухканальными (код опции «конфигурация типа входа» - 1 или 2).

Цифровая индикация в процессе измерений может осуществляться на встроенном 5-разрядном ЖК-дисплее.

Конфигурацию преобразователя (тип входного сигнала, диапазон измерений, схему подключения и т.д.) можно изменять, используя коммутираторы HART 375, HART+Fieldbus 375 или через интерфейсы FOUNDATION fieldbus при помощи персонального компьютера (см.раздел каталога «Средства коммуникации»).

### Монтаж преобразователя Rosemount 3144P:

- непосредственно с первичным преобразователем;
- выносной монтаж (при заказе указывается дополнительный монтажный кронштейн код опции В4 или В5).

## ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЛЯ ROSEMOUNT 3144P-HART, 3144P-FOUNDATION fieldbus

**Диапазон измерений, минимальный поддиапазон измерений, пределы допускаемой основной погрешности преобразователя по цифровому сигналу и цифро-аналогового преобразования (ЦАП) в зависимости от типа входного сигнала** приведены в табл.1.

Таблица 1

Тип НСХ, входные сигналы	Диапазон измерений	Минимальный поддиапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности	
			по цифровому сигналу	ЦАП, % (от интервала измерений) ***
Pt100, W100=1,3850	-200 ... 850°C	10°C	±0,10°C	±0,02
Pt200, W100=1,3850			±0,22°C	
Pt500, W100=1,3850			±0,14°C	
Pt1000, W100=1,3850	-200... 300°C	±0,10°C		
B*	100... 1820°C	25°C	± 0,75 °C	
E	-50 ... 1000°C		± 0,20 °C	
J	-180... 760°C		±0,25°C	
K**	-180... 1372°C		±0,25°C	
N	-200 ... 1300°C		±0,40°C	
R	0 ... 1768°C		±0,60°C	
S	0... 1768°C		±0,50°C	
T	-200 ... 400°C		±0,25°C	
mB	-10... 100 мВ	3 мВ	±0,015 мВ	
Ом (2-х, 3-х, 4-х пр.сх.)	0 ... 2000 Ом	20 Ом	±0,35 Ом	

\* Пределы допускаемой основной погрешности преобразователя по цифровому сигналу при работе с термомпарами НСХ (В) в диапазоне температур от 100 до 300°C: ± 3°C.

\*\* Пределы допускаемой основной погрешности преобразователя по цифровому сигналу при работе с термомпарами НСХ (К) в диапазоне температур от минус 180 до минус 90°C: ±0,5°C.

\*\*\* Интервал измерений - диапазон измерений, устанавливаемый потребителем с учетом минимального поддиапазона.

### Примечания:

- Типы НСХ термопреобразователей сопротивления и термоэлектрических преобразователей по МЭК 751/ГОСТ 6651 и МЭК 584-95/ГОСТ Р 8.585 соответственно.
- Предел допускаемой основной погрешности преобразователей при обмене данными по протоколу HART или FOUNDATION fieldbus равен пределу допускаемой основной погрешности преобразователя по цифровому сигналу.
- Предел допускаемой основной погрешности аналогового сигнала преобразователей равен сумме основных погрешностей преобразователя по цифровому сигналу и ЦАП.
- Предел допускаемой основной погрешности ЦАП применяется к преобразователям Rosemount 3144P-HART/4-20 мА
- При измерении разности температур (опция с двойным первичным преобразователем (ПП)):

- диапазон измерений находится от X до Y, где X = min ПП1 - max ПП2; Y = max ПП1 - min ПП2;
- предел допускаемой основной погрешности по цифровому сигналу преобразователя 3144P равен:
  - для входных сигналов одного типа (т.е. две термомпары или два термопреобразователя сопротивления): в 1,5 раза больше, чем погрешность по наименее точному цифровому сигналу);
  - для входных сигналов разного типа (т.е. термомпара и термопреобразователь сопротивления): (погрешность по цифровому сигналу 1 + погрешность по цифровому сигналу 2).
- Предел допускаемой основной погрешности преобразователя по цифровому сигналу при измерении термомпарой равен сумме предела допускаемой основной погрешности по цифровому сигналу (см.табл.1) и предела погрешности автоматической компенсации температуры холодных спаев термомпары ±0,25°C.

Рисунок 2.14 Преобразователи измерительные (продолжение).



Рис.8. Схема подключения одинарного первичного преобразователя к Rosemount 3144P-HART/4-20 мА.



Рис.9. Схема подключения двойного первичного преобразователя к Rosemount 3144P-HART/4-20 мА.

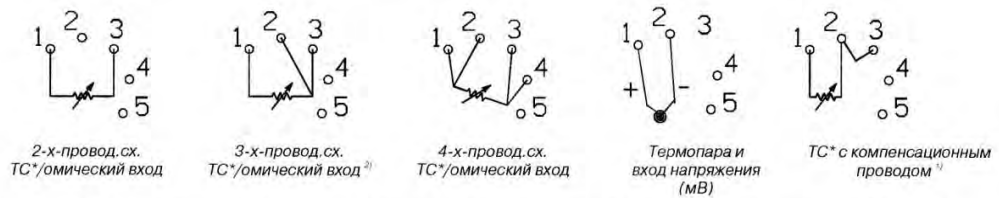


Рис.10. Схема подключения одинарного первичного преобразователя к Rosemount 3144P-Foundation Fieldbus.



Рис.11. Схема подключения двойного первичного преобразователя к Rosemount 3144P-Foundation fieldbus.

Примечания:

\* ТС - термопреобразователь сопротивления;  
\*\* ПП - первичный преобразователь.

1) Преобразователь должен быть сконфигурирован для работы с 3-х-проводным ТС, чтобы распознать терморезистор с компенсационным проводом.

2) Фирма Emerson Process Management поставляет одноэлементные ТС с 4-х-проводной схемой подключения. Эти ТС можно использовать в 3-х-проводной конфигурации, не подключая один из проводов (его следует изолировать изоляционной лентой).

3) Показана типовая конфигурация двухэлементного ТС (R-красный, W-белый, G-зеленый, B-черный).

## Рисунок 2.15 Преобразователи измерительные (продолжение).

## Восьмиканальные преобразователи температуры Rosemount 848T



- Мониторинг температуры в системах с высокой плотностью температурных измерений
- 8 независимо конфигурируемых каналов
- Широкие возможности по проведению диагностики
- Искробезопасное исполнение
- Устойчивость к радиопомехам
- Подключение к традиционным системам с помощью интерфейсного модуля Fielbus Rosemount 3420
- Сокращение монтажных и эксплуатационных расходов
- Превосходная компенсация изменений температуры окружающей среды
- Внесены в Госреестр средств измерений под №23223-02, сертификат №12560

Рисунок 2.16 Восьмиканальные преобразователи температуры.

### Назначение

8-канальный преобразователь температуры Rosemount 848T с использованием протокола Foundation fieldbus (далее - преобразователь) применяется для мониторинга температуры в системах с высокой плотностью температурных измерений, например, в дистилляционных колоннах, резервуарах, реакторах, котлах и т.д. Преобразователи обеспечивают измерение температуры, преобразовывая выходной сигнал от первичных преобразователей и устройств с аналоговым выходным сигналом в цифровой выходной сигнал по протоколу Foundation fieldbus. Преобразователи Rosemount 848T сокращают

стоимость затрат на структуру управления технологическим процессом на предприятии. Использование Rosemount 848T сокращает затраты на 70% на канал по сравнению с прямым подключением термодатчиков и термопреобразователей сопротивления к входам системы управления. Измерения, проводимые преобразователем Rosemount 848T в комбинации с модулем интерфейса fieldbus Rosemount 3420 могут быть согласованы с существующими традиционными системами. Использование интерфейса FOUNDATION fieldbus позволяет осуществить шаг вперед в температурном мониторинге, т.к. обеспечивает самодиагностику и непрерывный статус измерений (исправно, не исправно или не определено).

### ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Типы входных сигналов, диапазон измерений, предел допускаемой основной погрешности и дополнительная погрешность от изменения температуры окружающей среды указаны в табл. 1.

Таблица 1

Тип НСХ, входные сигналы	Диапазон измерений	Пределы допускаемой основной погрешности	Дополнительная погрешность от изменения температуры окружающей среды/1°С*
Pt100, W100=1,3916	-200 ... 850°С	±0,30°С	±0,003°С
Pt100, W100=1,3850		±0,30°С	±0,003°С
Pt200, W100=1,3850		±0,54°С	±0,004°С
Pt500, W100=1,3850		±0,38°С	±0,003°С
Pt1000, W100=1,3850	-200... 300°С	±0,40°С	±0,003°С
Ni120	-70...300°С	±0,30°С	±0,003°С
Cu100, W100=1,428	-185...200°С	±0,48°С	±0,002°С
Cu50, W100=1,428		±0,96°С	±0,004°С
Cu100, W100=1,426	-50...300°С	±0,48°С	±0,002°С
Cu50, W100=1,426		±0,96°С	±0,004°С
B	100... 300°С 301...1820°С	± 6,00°С ±1,54°С	±0,014°С, t**≥1000°С ±0,032°С-(0,0025% от (t-300)), 300°С<t<1000°С ±0,054°С-(0,011% от (t-100)), 100°С≤t<300°С
E	-50 ... 1000°С	± 0,40°С	±0,005°С+(0,00043% от t)
J	-200... 760°С	±0,70°С	±0,0054°С+(0,00029% от t), t≥0°С ±0,0054°С+(0,0025% от  t ), t<0°С
K	-180... 1372°С	±1,00°С	±0,0061°С+(0,00054% от t), t≥0°С ±0,0061°С+(0,0025% от  t ), t<0°С
N	-200 ... 1300°С	±1,00°С	±0,0068°С+(0,00036% от t)
R	0 ... 1768°С	±1,50°С	±0,016°С, t≥200°С
S	0...1768°С	±1,40°С	±0,023°С-(0,0036% от t), t<200°С
T	-200 ... 400°С	±0,70°С	±0,0064°С, t≥0°С ±0,0064°С-(0,0043% от  t ), t<0°С
L (ГОСТ)	-200 ... 400°С	±0,71°С	±0,007°С, t>0°С ±0,007°С+(0,003% от  t ), t<0°С
U	-200 ... 600°С	±0,70°С	±0,0064°С, t≥0°С ±0,0064°С-(0,0043% от  t ), t<0°С
mB (3)	-10... 100 мВ	±0,05 мВ	±0,0005 мВ
Om (2-x, 3-x пр.сх.)	0 ... 2000 Ом	±0,90 Ом	±0,0084 Ом

\* Изменение температуры окружающей среды касается и температуры калибровки преобразователя (20°С при выпуске с завода).  
\*\* t - значение измеряемой температуры, °С.

### Примечания:

1) Типы НСХ термопреобразователей сопротивления и термоэлектрических преобразователей (термопар) по МЭК 751/ГОСТ 6651 и МЭК 584-95/ГОСТ Р 8.585 соответственно.

2) Для входных сигналов от термопар к пределу допускаемой основной погрешности (см.табл.1) добавляется предел абсолютной погрешности автоматической компенсации холодного спая ±0,5°С.

3) Входные сигналы 4-20 мА приведены к шкале 20-100 мВ:

- предел допускаемой основной погрешности ±0,0625% от диапазона;
- дополнительная погрешность от изменения температуры окружающей среды (0,002% от измеряемой величины + 0,000625% от диапазона) на 1,0°С изменения температуры окружающей среды.

4) Многозонные термопары и термопреобразователи

сопротивления можно заказать вместе с преобразователем Rosemount 848T. Диапазон измерений и предел допускаемой основной погрешности многоточечных первичных преобразователей зависит от выбранного типа НСХ первичных преобразователей.

5) Между любыми двумя типами первичных преобразователей (далее ПП) существует возможность измерять разность температур. При измерении разности температур входной диапазон равен от X до +Y, где X = ПП1min-ПП2max, Y = ПП1max-ПП2min.

Погрешность измерения разности температур:  
- если типы ПП одинаковы (т.е. 2 термопары или 2 термопреобразователя сопротивления) - далее ТС), то погрешность измерения разности температур в 1,5 раза больше, чем погрешность наименее точного ПП;  
- если типы ПП различны (т.е. термопара и ТС), то погрешность измерения разности температур равна сумме погрешностей ПП1 и ПП2.

Рисунок 2.17 Восьмиканальные преобразователи температуры (продолжение)

## Датчики температуры Rosemount 248 Измерительные преобразователи Rosemount 248



- Устройство для мониторинга температуры с высокой точностью
- Высокая точность измерений
- Выходной сигнал 4-20 мА/HART
- Цифровая передача информации по HART-протоколу
- Дистанционное управление и диагностика
- Гальваническая развязка входа от выхода
- Программируемые уровни аварийных сигналов и насыщения
- Электромагнитная совместимость по стандарту NAMUR NE 21
- Внесены в Госреестр средств измерений:
  - датчики температуры Rosemount 248 под №28033-04, сертификат №19115/2;
  - измерительные преобразователи Rosemount 248 под №28034-04, сертификат №19116/2
- Простота оформления заказа - датчик Rosemount 248, включающий измерительный преобразователь, первичный преобразователь, соединительную головку, защитную гильзу и удлинитель можно заказать под одним модельным номером
- Размеры ИП Rosemount 248 по стандарту DIN (форма В) позволяет установить его в любой соединительной головке
- Два способа монтажа ИП Rosemount 248:
  - в соединительной головке;
  - на DIN-рейке

Датчики температуры Rosemount 248 и измерительные преобразователи Rosemount 248 применяются в системах сбора, обработки информации и управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности

Рисунок 2.18 Датчики температуры Rosemount.

**Термопреобразователи микропроцессорные  
ТХАУ Метран-271МП, ТСМУ Метран-274МП,  
ТСПУ Метран-276МП**



**Внесены в Госреестр средств измерений**  
под № 21968-05, Сертификат №20149,  
ТУ 4211-003-12580824-2001

**Сертификат соответствия**  
№РОСС RU.ГБ06.В00088 требованиям  
ГОСТ Р 51330.0; ГОСТ Р 51330.1; ГОСТ Р 51330.10

Термопреобразователи ТХАУ Метран-271МП-Ех,  
ТСМУ Метран-274МП-Ех, ТСПУ Метран-276МП-Ех  
могут применяться во взрывоопасных зонах, в  
которых возможно образование взрывоопасных  
смесей газов, паров, горючих жидкостей с  
воздухом категорий IIA, IIB и IIC групп T1-T6 по  
ГОСТ 12.1.011.

Термопреобразователи микропроцессорные предназначены для измерения температуры жидких и газообразных сред, по отношению к которым материал защитной арматуры является коррозионностойким.

Чувствительный элемент первичного преобразователя и встроенный в головку датчика микропроцессорный преобразователь преобразуют измеряемую температуру в унифицированный выходной сигнал постоянного тока, что дает возможность построения АСУТП без применения дополнительных нормирующих преобразователей.

Рисунок 2.19 Термопреобразователи микропроцессорные.

## Термопреобразователи сопротивления платиновые ТСП Метран-245 (50П, 100П), ТСП Метран-246 (Pt50, Pt100)

**Внесен в Госреестр средств измерений:**

№19982-00, сертификат №12218/1, ТУ 4211-002-12580824-2002 (ТСП Метран-245).  
№26224-03, сертификат №22420, ТУ 4211-011-12580824-2003 (ТСП Метран-246).  
Код ОКП 42 1142.

**Назначение:** для измерения температуры малогабаритных подшипников и поверхности твердых тел.

**Количество чувствительных элементов:** 1.

**НСХ:** 50П для ТСП Метран-245-01, -02, -03\*, -04\*;  
Pt50 для ТСП Метран-246-01, -02, -03, -04;  
100П для ТСП Метран-245-01, -02;  
Pt100 для ТСП Метран-246-01, -02, -03, -04.

\* По спецзаказу.

Номинальное значение  $W_{100}=1,3910$  - для 50П, 100П;  $W_{100}=1,3850$  - для Pt50, Pt100.

**Класс допуска:** В, С.

**Схема соединений:** 4-х проводная.

**Диапазон измеряемых температур:** -50...120°C.

**Проверка:** периодичность - не реже одного раза в год, методика проверки - соответствии с ГОСТ 8.461.

**Климатическое исполнение:** У1.1 по ГОСТ 15150, но для значений температуры окружающего воздуха от -45° до 60°C; ТЗ по ГОСТ 15150, но для значений температуры окружающего воздуха от -10° до 60°C и относительной влажности до 98% при температуре 35°C.

**Масса:** не более 0,09...0,3 кг в зависимости от исполнения.

**Средний срок службы:** не менее 5 лет.

**Гарантийный срок эксплуатации:** 18 месяцев с момента ввода в эксплуатацию.

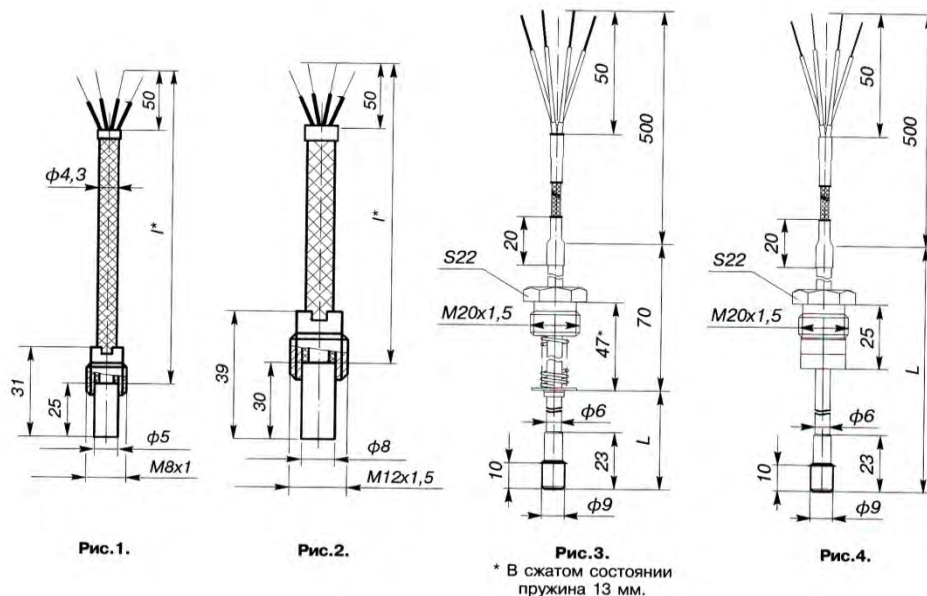


Рисунок 2.20 Термопреобразователи сопротивления платиновые.



**ПЕРЕНОСНЫЕ ПИРОМЕТРЫ СЕРИИ RAYNGER МОДЕЛЕЙ  
ST20Pro, ST25Pro, ST60ProPlus, ST80ProPlus**



**Внесены в Госреестр средств измерений**  
под №18128-04

Быстродействующие, компактные и легкие пирометры пистолетного типа обеспечивают бесконтактные точные измерения температуры малых, вредных, опасных и труднодоступных объектов, просты и удобны в эксплуатации.

Профессиональный выбор для обслуживания систем отопления, вентиляции, кондиционирования, электродиагностики и энергоаудита, обслуживания автомобилей и противопожарных систем, контроля качества продуктов, производства строительных материалов.

Пирометры ST80ProPlus выпускаются обыкновенного и взрывозащищенного исполнения (IS), остальные - только обыкновенного исполнения.

**Диапазон измерений, °C**

-32...535°C	ST20Pro, ST25Pro
-32...600°C	ST60ProPlus
-32...760°C	ST80ProPlus

**Оптическое разрешение (D:S)\***

12 : 1	ST20Pro
16 : 1	ST25Pro
30 : 1	ST60ProPlus
50 : 1	ST80ProPlus

**Рекомендуемое максимальное расстояние до объекта, м**

1,5	ST20Pro
0,2-0,6	ST25Pro
5	ST60ProPlus
8	ST80ProPlus

**Погрешность**

**ST20Pro, ST60ProPlus, ST80ProPlus**

±3°C в диапазоне -32...-26°C;  
±2,5°C в диапазоне -26...-18°C;  
±2%ИВ\*\* в диапазоне -18...23°C;  
±1%ИВ или 1°C в диапазоне выше 23°C

**ST25Pro**

±3°C в диапазоне -32...-26°C;  
±2,5°C в диапазоне -26...-18°C;  
±2°C в диапазоне -18...23°C;  
±1%ИВ\*\* или 1°C в диапазоне 23...510°C;  
±1,5%ИВ\*\* в диапазоне 510...535°C

**Воспроизводимость**

±0,5%ИВ, но не менее (1±1)°C

**Прицелы**

лазерные (одноточечный, двухлучевой с пересекающимися лучами)

**Спектральная чувствительность**

8...14 мкм

**Время отклика**

500 мс

**Индикатор**

ЖК-дисплей с подсветкой и разрешением  
0,1°C ST60ProPlus  
0,2°C ST20Pro, ST25Pro, ST80ProPlus

**Температура окружающей среды**

0...50°C

**Питание**

9 Вx1 батарея или NiCad батарея (обыкновенное исполнение);  
9 Вx1 батарея (взрывозащищенное исполнение)

**Габаритные размеры, мм**

160 x 200 x 55

**Масса**

0,32 кг

\* D:S - отношение расстояния до объекта к диаметру пятна (площади измерения).

\*\* ИВ - значение измеряемой величины.

Рисунок 2.21 Переносные пирометры.

### 3 ИЗМЕРЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ

Измерение давления необходимо практически в любой области науки и техники: как при изучении происходящих в природе физических процессов, так и для нормального функционирования технических устройств и технологических процессов, созданных человеком. Давление определяет состояние веществ в природе (твердое тело, жидкость, газ). Чрезвычайно многообразно применение давления в науке, технике и производстве. Энергетические возможности тепло- и гидроэлектростанций, а также атомных электростанций определяются давлением пара или воды на лопасти турбин; под действием давления по каналам и трубопроводам на тысячи километров транспортируется вода, нефть и газ. Давление приводит в движение автомобили и самолеты, геодезические ракеты и космические корабли, открывает и закрывает двери лифта, вагонов метро, троллейбусов и автобусов, подает воду и газ в квартиры наших домов.

Посредством давления осуществляется работа разнообразных станков, механизмов и установок в различных отраслях производства. По давлению контролируют состояние рабочих сред в различных технологических процессах нефтехимической промышленности, при производстве искусственных волокон и пр. Во многих отраслях науки при проведении физических, термодинамических и метрологических исследований (определение концентрации газов в твердых веществах, констант уравнений состояния различных веществ, эталонные температурные и линейные измерения) также требуется измерять давление.

#### 3.1 Основные термины и определения

Давление характеризует напряженное состояние жидкостей и газов в условиях всестороннего сжатия и определяется следующим частным от деления нормальной к поверхности силы на площадь этой поверхности:

$$p = N/F \quad (3.1)$$

где  $p$  - давление;  $N$  - нормальная сила, действующая на поверхность;  
 $F$  - площадь поверхности.

При этом принимается, что нормальная сила равномерно распределена по поверхности, а в жидкости или газе отсутствуют касательные напряжения. Так как действующая сила всегда перпендикулярна к поверхности вне зависимости от ее расположения, то давление является скалярной величиной. При сравнении значений двух давлений одно из них принимается за начало отсчета их разности. По этому признаку различают следующие виды давления.

**Абсолютное давление** - давление, значение которого при измерении отсчитывается от давления, равного нулю. Абсолютное давление воздушной оболочки Земли на ее поверхность называется **атмосферным давлением**.

Давление, равное нулю, характеризует состояние жидкости или газа, обусловленное различными физическими причинами, при котором в них отсутствуют напряжения сжатия.

Во всех других случаях измеряемое давление сравнивается с давлением, значение которого не равно нулю. Данные виды давления, в отличие от абсолютного давления, являются относительными. Здесь следует выделить разность давлений и избыточное давление.

**Разность давлений** - разность двух произвольных давлений, значение одного из которых принято за начало отсчета. В этом случае основное значение имеет разность давлений, а не абсолютные значения каждого из них.

Разность давлений

$$\Delta p = p_1 - p_2, \quad (3.2)$$

где  $p_1$  и  $p_2$  - сравниваемые между собой абсолютные давления, причем  $p_2$  принято за начало отсчета. При  $p_1 > p_2$  разность давлений положительна, при  $p_1 < p_2$  - отрицательна.

Следует подчеркнуть, что понятие „разность давлений равна нулю" по определению не адекватно равенству нулю давлений  $p_1$  и  $p_2$ .

**Избыточное давление** - разность давлений, одно из которых, принятое за начало отсчета, является абсолютным давлением окружающей среды. В большинстве случаев абсолютное давление окружающей среды - это атмосферное давление в месте измерений.

Избыточное давление  $p$  равно:

$$p = p_{\text{абс}} - p_{\text{атм}}, \quad (3.3)$$

где  $p_{\text{абс}}$  - абсолютное давление;  $p_{\text{атм}}$  - атмосферное давление.

Для газовых смесей применяется специальный термин - **парциальное давление** - абсолютное давление одного из компонентов газовой смеси. Под этим понимается абсолютное давление данного компонента при условии, что он займет весь объем, в котором находится газовая смесь.

Сумма парциальных давлений всех компонентов газовой смеси равна абсолютному давлению смеси газов, т.е.

$$p_{\text{абс}} = \sum_{i=1}^k p_{ni}, \quad (3.4)$$

где  $p_{\text{абс}}$  - абсолютное давление смеси газов;  $p_{ni}$  - парциальные давления каждого из компонентов смеси.

**Вакуум** - состояние среды, абсолютное давление которой существенно меньше атмосферного давления.

Виды давления графически изображены на рисунке 3.1. Нижняя горизонтальная линия с индексом „О" соответствует абсолютному давлению  $P_{абс} = 0$ , горизонтальная линия с индексом „Б" - атмосферному давлению ( $P_{абс} = P_{атм}$ ). Горизонтальные штриховые линии выше и ниже линии Б ограничивают зону изменений атмосферного давления в месте измерений. Заштрихованными столбиками обозначены подлежащие измерению давления в соответствии с их видом.

Измерения абсолютного давления широко распространены в области вакуумной техники (от  $10^{-12}$  до  $10^3$  Па), в метеослужбе, геодезии и авиационной технике (от  $10^2$  до  $4 \cdot 10^5$  Па). Более высокие давления (до 1 - 10 МПа) измеряют при научных исследованиях, в том числе в термодинамике. Более высокие абсолютные давления измеряют крайне редко, так как в этих случаях их можно измерить более простыми методами измерения избыточного давления.

Пределы измерений избыточного давления на несколько порядков выше. В области микроманометрии диапазон измерений составляет от  $10^{-1}$  до  $4 \cdot 10^4$  Па, в области средних давлений - от  $4 \cdot 10^4$  Па до 250 МПа и в области высоких и сверхвысоких давлений - от 250 МПа до 10 ГПа. Наиболее широкое применение в науке и технике находит диапазон средних избыточных давлений, особенно давлений до (10 - 25) МПа.

Широкое применение в технике находят также измерения разности давлений, например, при определении расхода, уровня и плотности жидкостей и газов. Пределы измерений разности давлений составляет от- 1 Па до 1 МПа, а в некоторых случаях до 10 МПа и выше.

С учетом специфики каждого из видов давления при измерениях применяются специальные средства измерений - манометры и измерительные преобразователи давления.

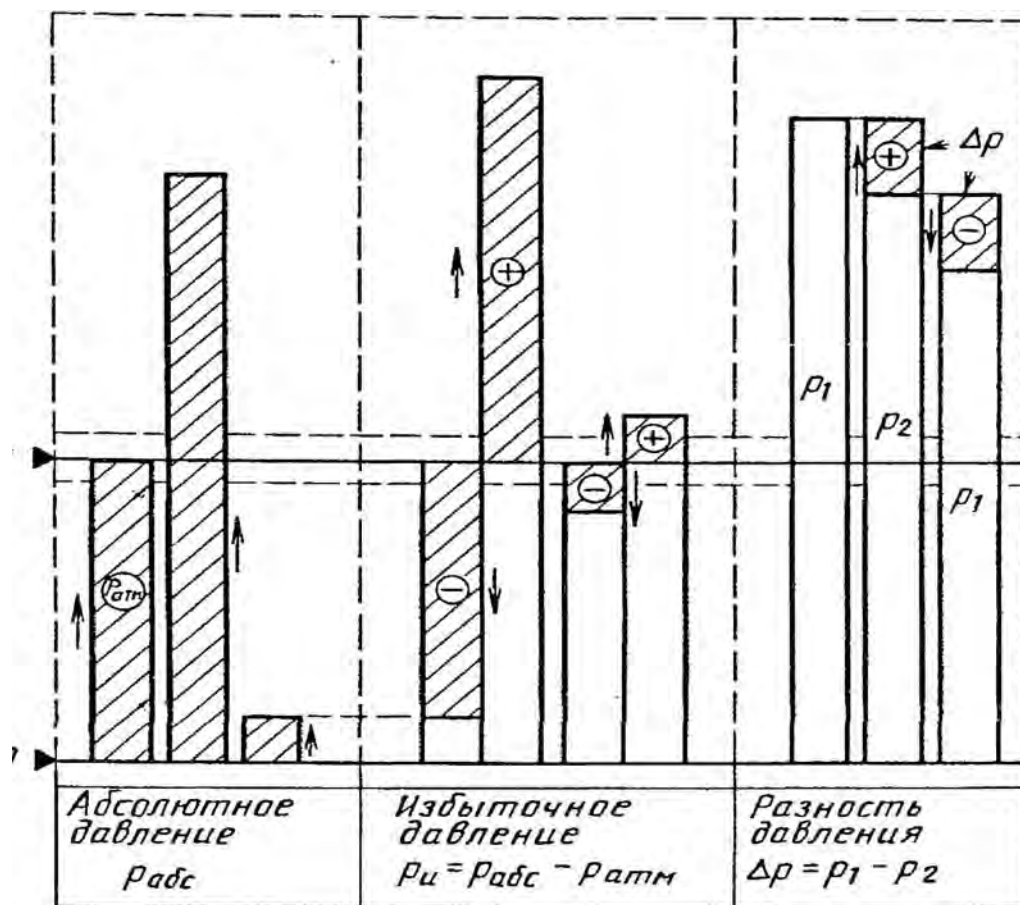


Рисунок 3.1. Виды давления.

**Манометр** - измерительный прибор или измерительная установка для измерения давления или разности давлений с непосредственным отсчетом их значения.

**Измерительный преобразователь давления (датчик)** - первичный преобразователь, выходной сигнал которого функционально связан с измеряемым давлением или разностью давлений. Выходной сигнал датчика вторичными приборами преобразуется в показания значения давления или поступает в различные системы управления и регулирования.

В соответствии с видами измеряемого давления применяют следующие виды средств измерения давления: манометр абсолютного давления - манометр для измерения абсолютного давления; барометр - манометр для измерения атмосферного давления; манометр избыточного давления - манометр для измерения положительного избыточного давления, вакуумметр - манометр для измерения отрицательного избыточного давления; мановакуумметр - манометр для измерения как положительного, так и отрицательного избыточного давления; дифференциальный манометр (дифманометр) - манометр для измерения разности двух давлений, каждое из которых отличается от атмосферного давления;

микроманометр - дифференциальный манометр для измерения малых разностей двух давлений, каждое из которых существенно больше их разности.

### 3.2. Единицы измерения давления

Единицей измерения давления Международной системы единиц (СИ) является паскаль (Па). По определению (3.1) единица давления Паскаль представляет собой отношение единицы силы Ньютона к единице площади квадратному метру:

$$1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2 = 1 \text{ кг/ (м/с}^2\text{)}.$$

Размер единицы давления Па очень мал, его значение соответствует давлению столба воды высотой 0,1 мм. Поэтому на практике применяются единицы давления, кратные 1 Па, которые образуются добавлением к наименованию паскаль приставок, узаконенных СИ: килопаскаль (кПа), мегапаскаль (МПа) и гигапаскаль (ГПа). Численно указанные единицы давления  $1 \text{ кПа} = 1 \cdot 10^3 \text{ Па}$ ;  $1 \text{ МПа} = 1 \cdot 10^6 \text{ Па}$ ;  $1 \text{ ГПа} = 1 \cdot 10^9 \text{ Па}$ .

Наряду с единицами давления СИ во многих отраслях народного хозяйства нашей страны, а также в зарубежных странах в настоящее время применяются единицы давления, которые должны быть изъяты по мере перехода на СИ.

Наиболее близка к СИ единица давления бар (бар), размер которой очень удобен для практики ( $1 \text{ бар} = 1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ). Широко применяются также дольные и кратные значения этой единицы - миллибар (мбар) и килобар (кбар):

$$1 \text{ мбар} = 1 \cdot 10^2 \text{ Па}, 1 \text{ кбар} = 1 \cdot 10^8 \text{ Па}.$$

В области измерения малых и средних давлений широкое распространение получили единицы давления килограмм-сила на квадратный сантиметр ( $\text{кгс/см}^2$ ) и килограмм-сила на квадратный метр ( $\text{кгс/м}^2$ ). Размеры указанных единиц давления:  $1 \text{ кгс/см}^2 = 0,980665 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ;  $1 \text{ кгс/м}^2 = 9,80665 \text{ Па}$ .

В применяемых до настоящего времени жидкостных манометрах мерой измеряемого давления является высота столба жидкости. Поэтому естественно применение единиц давления, определяемых высотой столба жидкости, т. е. основанных на единицах длины. В странах с метрическими системами мер получили распространение единицы давления миллиметр и метр водяного столба (мм вод. ст. и м вод. ст.) и миллиметр ртутного столба (мм рт. ст.), а в странах с дюймовыми системами - дюйм и фут водяного столба (in H<sub>2</sub>O и ft H<sub>2</sub>O), дюйм ртутного столба (in Hg).

Размеры этих единиц давления  $p$  пересчитываются в единицы СИ на основании следующей формулы:

$$P = H\rho g, \quad (3.5)$$

где  $H$  - высота столба жидкости, м,  $\rho$  - плотность жидкости,  $\text{кг/м}^3$ ,  
 $g$  - ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ .

Размеры единиц регламентированы условиями:

плотность воды соответствует температуре, равной  $4 \text{ }^\circ\text{C}$ , равна  $1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ;

плотность ртути соответствует температуре, равной  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  и равна  $13595,1 \text{ кг/м}^3$ ;

ускорение свободного падения, равное нормальному, составляет  $9,80665 \text{ м/с}^2$ .

Расчет по формуле (1.6) дает следующие значения размеров единиц:

1 мм вод. ст. =  $9,80665 \text{ Па}$ ; 1 мм рт. ст. =  $133,322 \text{ Па}$ ; 1 in  $\text{H}_2\text{O}$  =  $249,089 \text{ Па}$ ;  
1 in Hg =  $3386,39 \text{ Па}$ .

Соотношения наиболее распространенных единиц давления приведены в таблице 3.1.

Пользуясь данными таблицы, можно легко пересчитать результаты измерений. Например, если при измерении атмосферного давления показания барометра дают

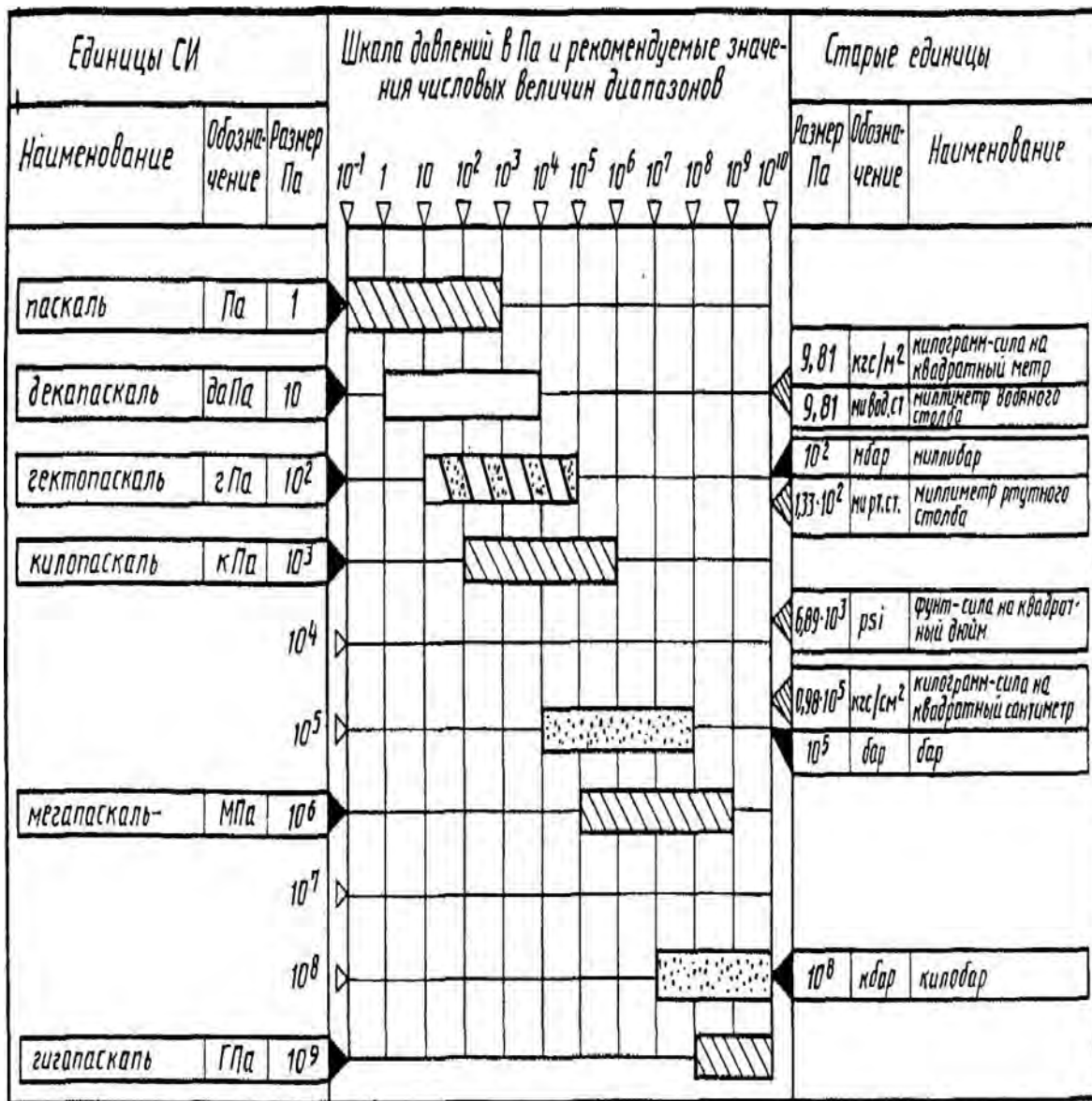
$p_{\text{атм}} = 737,2 \text{ мм рт. ст.}$ , то при пересчете на Па получим  $p_{\text{атм}} = 98,285 \text{ кПа}$ .

Диапазоны измерения давления (рисунок 3.2), в которых применяется одна и та же единица давления, рекомендуется выбирать так, чтобы числовое значение давления находилось в диапазоне от 0,1 до 1000. Размеры узаконенных СИ единиц давления (Па, кПа, МПа, ГПа) последовательно увеличиваются в  $10^3$  раза. Поэтому диапазоны их применения взаимно перекрываются (см. рисунок 3.2), что позволяет проводить измерения во всем диапазоне давлений.

В таблице 3.1 показаны также размеры применяемых в настоящее время единиц давления, которые подлежат изъятию по мере внедрения единиц СИ ( $\text{кгс/м}^2$ ,  $\text{кгс/см}^2$ , мм вод. ст., мм рт. ст.). Как видно из рисунка, размеры этих единиц не соответствуют размерам узаконенных единиц. Поэтому помимо последних в период перехода на СИ допускается применение кратных Па единиц с приставками, предусмотренными СИ, размеры которых близки к размерам старых единиц.

Таблица 3.1. Размерности единиц давления.

Наименование единиц	Па	бар	$\text{кгс/см}^2$	$\text{кгс/м}^2$ (мм вод.ст.)	мм рт.ст. (торр)	фунт-сила на кв. дюйм
	Pa	Bar	$\text{kgf/cm}^2$	$\text{kgf/m}^2$ (mm $\text{H}_2\text{O}$ )	mm Hg (Torr)	psi
Паскаль	1	$1 \cdot 10^{-5}$	$1,01972 \cdot 10^{-5}$	$1,01972 \cdot 10^{-1}$	$7,50062 \cdot 10^{-3}$	$1,45038 \cdot 10^{-4}$
Бар	$1 \cdot 10^5$	1	1,01972	$1,01972 \cdot 10^4$	$7,50062 \cdot 10^2$	$1,45038 \cdot 10$
Килограмм-сила на квадратный сантиметр	$0,980665 \cdot 10^5$	0,980665	1	$1 \cdot 10^4$	$7,35559 \cdot 10^2$	14,2233 p
Килограмм-сила на квадратный метр (миллиметр водяного столба)	9,80665	$0,980665 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	1	$7,35559 \cdot 10^{-2}$	$1,42233 \cdot 10^{-3}$
Миллиметр ртутного столба (торр)	$1,33322 \cdot 10^2$	$1,33322 \cdot 10^{-3}$	$1,35951 \cdot 10^{-5}$	13,5951	1	$1,93368 \cdot 10^{-2}$
Фунт-сила на квадратный дюйм	$6,89476 \cdot 10^8$	$6,89476 \cdot 10^{-2}$	$7,03070 \cdot 10^{-2}$	$7,03070 \cdot 10^2$	51,7149	1



-1; -2; -3; -4

Рисунок 3.2. Диапазоны давления, охватываемые единицей давления (Па) и ее десятичными кратными:

1 - единицы давления, установленные СИ; 2 - единицы давления с приставками, разрешенными СИ; 3 - единицы давления, основанные на единице бар, допускаемые к применению до принятия международного решения; 4 - единицы давления ГПа и набор (1 ГПа = 1 мбар)

### 33. Методы и средства измерения давления

Методы измерения давления во многом определяют как принципы действия, так и конструктивные особенности средств



измерений. В этой связи в первую очередь следует остановиться на наиболее общих методологических вопросах техники измерения давления.

Давление, исходя из самых общих позиций, может быть определено как путем его непосредственного измерения, так и посредством измерения другой физической величины, функционально связанной с измеряемым давлением. В первом случае измеряемое давление воздействует непосредственно на чувствительный элемент прибора, который передает информацию о значении давления последующим звеньям измерительной цепи, преобразующим ее в требуемую форму. Этот метод определения давления является методом прямых измерений и получил наибольшее распространение в технике измерения давления. На нем основаны принципы действия большинства манометров и измерительных преобразователей давления.

Во втором случае непосредственно измеряются другие физические величины или параметры, характеризующие физические свойства измеряемой среды, значения которых закономерно связаны с давлением (температура кипения жидкости, скорость распространения ультразвука, теплопроводность газа и т. д.). Этот метод является методом косвенных измерений давления и применяется, как правило, в тех случаях, когда прямой метод по тем или иным причинам неприменим, например, при измерении сверхнизкого давления (вакуумная техника) или при измерении высоких и сверхвысоких давлений.

Особое место среди применяемых в настоящее время единиц занимает единица давления бар, которая имеет размер, кратный размеру Па ( $1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па}$ ), но при этом коэффициент кратности  $10^5$  не предусмотрен СИ. К тому же указанная единица имеет собственное наименование и вместе с ее дольными и кратными единицами (мбар, кбар) образует формально не зависимый от Па ряд, что противоречит основным принципам построения СИ. Вместе с тем, единица бар имеет ряд очевидных достоинств. Применение единицы давления бар, сохраняя десятичную кратность к основной единице Па, во многом упрощает переградуировку приборов при изъятии старых единиц ( $\text{кгс}/\text{см}^2$ ); дольная единица мбар численно равна гПа; кратная единица кбар более удобна при измерениях высоких и сверхвысоких давлений, чем ГПа. Единицы бар, мбар и кбар находят в настоящее время ограниченное применение и будут применяться вплоть до принятия соответствующего международного решения.

Современные средства измерений давления представляют собой измерительные системы, звенья которых имеют различное функциональное назначение. Обобщенные блок-схемы манометров и измерительных преобразователей давления приведены соответственно

на рисунке 3.3, а и б. Важнейшим звеном любого средства измерения давления является его чувствительный элемент (ЧЭ), который воспринимает измеряемое давление и преобразует его в первичный сигнал, поступающий в измерительную цепь прибора. С помощью промежуточных преобразователей сигнал от ЧЭ преобразуется в показания манометра или регистрируется им, а в измерительных преобразователях (ИПД) - в унифицированный выходной сигнал, поступающий в системы измерения, контроля, регулирования и управления. При этом промежуточные преобразователи и вторичные приборы во многих случаях унифицированы и могут применяться в сочетании с ЧЭ различных типов. Поэтому принципиальные особенности манометров и ИПД зависят, в первую очередь, от типа ЧЭ.

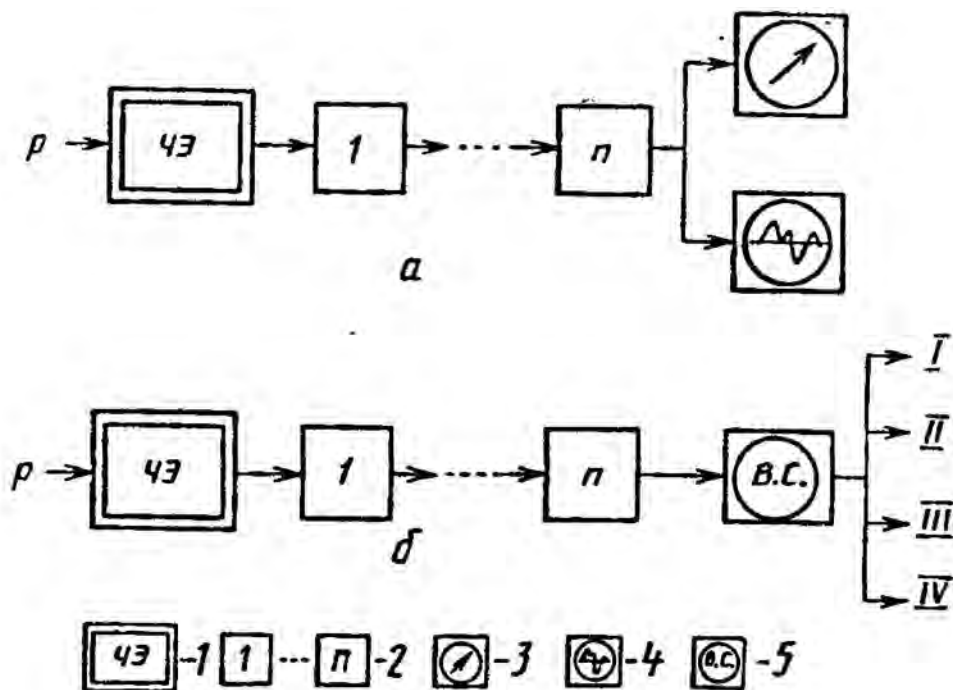


Рисунок 3.3. Структурные блок-схемы:

а - манометра; б - измерительного преобразователя давления;  $p$  - измеряемое давление; 1 - чувствительный элемент (первичный преобразователь); 2 - промежуточные преобразователи; 3 - показания; 4 - регистрация; 5 - выходной сигнал к системам: I — измерение и контроль; II — регистрация; III — регулирование; IV — управление.

**По принципу действия чувствительные элементы измерения давления можно разделить на следующие основные группы:**

1 Средства измерения давления, основанные на прямых абсолютных методах; поршневые манометры и измерительные преобразователи давления, в том числе и грузопоршневые манометры, манометры с нецилиндрическим неуплотненным поршнем, колокольные, кольцевые и жидкостные манометры.

В первом случае метод измерений реализуется уравнением (3.1), основанным на определении величины давления по отношению силы к площади; во втором (жидкостных манометрах) - уравнением, основанным на уравнивании давления столбом жидкости.

2 Средства измерения давления, основанные на прямых относительных методах: деформационные манометры и ИПД, в том числе и с силовой компенсацией: полупроводниковые манометры к ИПД; манометры

3 Средства измерения давления, основанные на методах косвенных измерений: установки и приборы для определения давления по результатам измерения других физических величин; установки и приборы для определения давления по результатам измерения параметров физических свойств измеряемой среды.

Соотношение между применяемыми единицами давления приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2. Соотношение между единицами давления.

Единицы	Па	кгс м <sup>-2</sup>	кгс см <sup>-2</sup>	мм вод. ст.	мм рт. ст.
1 Па	1	0,10197	10,197 10 <sup>-6</sup>	0,101197	7,50 10 <sup>-3</sup>
1 кгс м <sup>-2</sup>	9,80665	1	10 <sup>-4</sup>	1	73,56 10 <sup>-3</sup>
1 кгс см <sup>-2</sup>	98,0665 10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	1	10 <sup>4</sup>	735,56
1 мм вод.ст	9,80665	1	10 <sup>-4</sup>	1	73,56 10 <sup>-3</sup>
1 мм рт. ст.	133,322	13,595	13,595 10 <sup>-4</sup>	13,595	1

### 3.4 Жидкостные приборы давления с видимым уровнем

Приборы U-образные (двухтрубные) и чашечные (однотрубные) относятся к группе жидкостных приборов с видимым уровнем. Они применяются в качестве манометров (напорометров) для измерения избыточного давления воздуха и неагрессивных газов до 700 мм вод. ст. (7000 Па) и 735 мм рт. ст. (0,1 МПа), тягомеров для измерения разрежения газовых сред до 700 мм вод. ст. (7000 Па), вакуумметров для измерения вакуума (разрежения) до 760 мм рт. ст. (0,101 МПа) и дифференциальных манометров для измерения разности давлений неагрессивных газов, находящихся под давлением, близким к атмосферному, до 700 мм вод. ст. (7000 Па) и неагрессивных жидкостей, газов и паров, находящихся под давлением более 1 кгс/см<sup>2</sup> (0,1 МПа), до 700 мм рт. ст. (0,09 МПа).

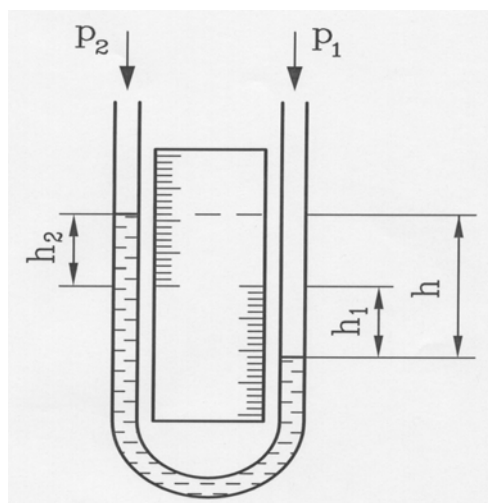


Рисунок 3.4. Схема U-образного (двухтрубного) манометра.

Приборы U-образные и чашечные используются в промышленности как местные приборы, т. е. они устанавливаются на площадках обслуживания или на отдельных элементах технологического оборудования. Приборы этого типа применяют в качестве контрольных и образцовых манометров и вакуумметров для поверки рабочих приборов, рассчитанных на одинаковые диапазоны измерения давления, разрежения или разности давлений

На рисунке 3.1 показана схема U-образного двухтрубного манометра. Он состоит из U-образной стеклянной трубки, заполняемой, примерно, до половины своей высоты рабочей жидкостью и шкалы, позволяющей производить отсчет уровней в обоих коленях. Измеряемое давление, разрежение или разность давлений уравнивается и измеряется столбом  $h$  рабочей жидкости, определяемым как сумма столбов  $h_1$  и  $h_2$  в обоих коленях. При этом устраняется погрешность из-за некоторого возможного различия сечений обоих колен U-образной трубки.

В качестве рабочей жидкости обычно применяют воду или ртуть, а иногда и другие жидкости. Внутренний диаметр стеклянной трубки для изготовления U-образного прибора должен быть не менее (8 - 10) мм и по возможности одинаков по всей ее длине. При малом диаметре трубки капиллярные свойства воды не позволяют применять ее в качестве рабочей жидкости в приборах этого типа. В этом случае в качестве рабочей жидкости рекомендуется применять спирт.

При применении U-образный манометр должен устанавливаться вертикально по отвесу.

Для измерения избыточного давления в объекте правое колено трубки прибора соединяют с объектом, а левое оставляют открытым (сообщенным с атмосферой); при измерении разрежения левое колено прибора соединяют с объектом, а правое - оставляют открытым. При измерении разности давлений большее давление подводится к правому, а меньшее - к левому колену трубки прибора.

Обычно с помощью U-образного прибора давление, разрежение или разность давлений измеряют в миллиметрах водяного или ртутного столба.

Результат измерения может быть выражен не в миллиметрах столба рабочей жидкости, а в паскалях по формуле

$$p = hg(\rho - \rho_c), \quad (3.6)$$

где  $g$  - местное ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;  $h$  - разность уровня рабочей жидкости,  $\text{м}$ ;  $\rho$  - плотность рабочей жидкости,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\rho_c$  - плотность среды над рабочей жидкостью,  $\text{кг/м}^3$ . Если  $\rho_c \ll \rho$ , уравнение принимает вид:

$$p = h\rho g. \quad (3.7)$$

Для перевода значения давления, выраженного в Па, в значение, выраженное в  $\text{кгс/м}^2$ , необходимо полученный результат умножить на 0,102.

Если отсчет высоты столба  $h$  рабочей жидкости по U-образному прибору производят невооруженным глазом, то при цене деления шкалы в 1 мм при отсчете в двух коленах пределы допускаемой основной погрешности измерения давления, разрежения или разности давлений не превышают  $\pm 2$  мм столба рабочей жидкости (при этом учитывается и погрешность самой шкалы). Значения плотности рабочих жидкостей, наиболее часто применяемых в этих приборах (вода, ртуть), могут быть взяты из таблиц с погрешностью, не превышающей 0,005 %. При этом необходимо быть уверенным в чистоте взятых жидкостей. Таким образом, практически погрешность определения плотности рабочей жидкости настолько мала, что на точность измерения она влиять не может и относительная погрешность при измерении давления, разрежения или разности давлений U-образным прибором зависит в основном от высоты столба рабочей жидкости и точности его отсчета.

### 3.5 Барометры ртутные

Барометры предназначаются для измерения атмосферного давления. Применение их в технике необходимо главным образом при определении абсолютного давления. Ртутные барометры бывают двух типов: чашечные и сифонные. Наибольшее распространение получили чашечные барометры.

На рисунке 3.5 показан чашечный ртутный барометр. В барометре этого типа широкий сосуд и стеклянная трубка вставлены в металлическую оправу 1 и 8. В верхней части этой оправы имеется сквозная прорезь 3 для наблюдения уровня ртути в стеклянной трубке. Вдоль прорези на латунной оправе нанесена шкала в миллиметрах с ценою деления 1 мм рт. ст. В прорези оправы помещен специальный визир 4, снабженный нониусом с ценой деления 0,1 мм рт. ст. Визир можно перемещать в прорези с помощью винта 5. Этим винтом осуществляется точная наводка визира на верхний уровень мениска ртути в трубке. Погрешность отсчета для барометров этого типа не превышает 0,1 мм рт. ст.

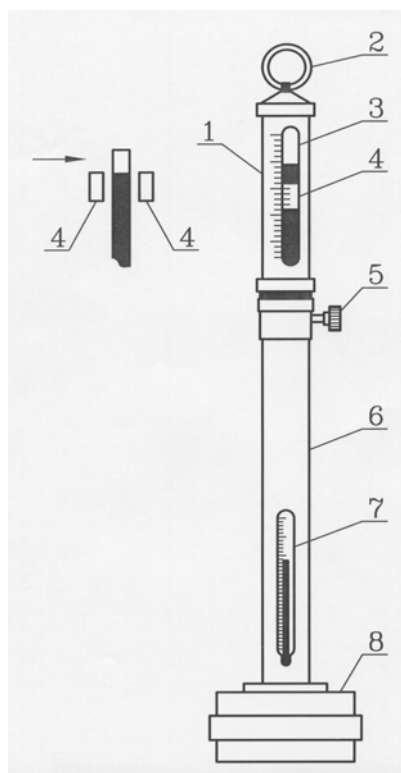


Рисунок 3.5. Чашечный ртутный барометр.

Барометр должен находиться в вертикальном положении, для чего он свободно подвешивается на кольце 2. Снаружи к оправе 6 прикреплен термометр 7, который позволяет определять температуру ртутного столба и шкалы барометра.

За меру атмосферного давления, как известно, принимают высоту ртутного столба, выраженную в миллиметрах при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  и нормальном ускорении свободного падения  $g_{\text{н}} = 9,80665\text{ м/с}^2$ . В действительности высота ртутного столба по барометру обычно отсчитывается при иных значениях температуры и ускорения свободного падения. Поэтому показания барометра необходимо приводить к  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  и нормальному ускорению свободного падения по формулам:

$$h_0 = h_t [1 - (\beta - \alpha)t], \quad (3.8)$$

$$h_{\text{н}} = h_t \frac{g}{g_{\text{н}}}, \quad (3.9)$$

где  $h_0$  - показания барометра, приведенные к  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , мм рт. ст.;  $h_t$  - показания барометра при температуре  $t$ , мм рт. ст.;  $\beta$  - коэффициент расширения ртути, равный  $0,00018\text{ К}^{-1}$ ;  $\alpha$  - коэффициент линейного расширения латуни (шкалы барометра), равный  $0,000019\text{ К}^{-1}$ ;  $h_{\text{н}}$  - показания барометра, приведенные к нормальному ускорению силы тяжести, мм рт. ст.

Некоторые современные приборы и устройства для измерений давления приведены на рисунках 3.6...3.16.

## Обозначения в тексте

	Погрешность
	Межповерочный интервал
	Климатическое исполнение
	Класс пылевлагозащиты
	Электромагнитная совместимость
	Вибропрочное исполнение
	Архивирование данных
	Взрывозащищенное исполнение
	Рекомендовано к использованию на объектах Госкорпорации «Росатом» Атомное исполнение (повышенной надежности)
	Рекомендовано к использованию на объектах ОАО «Газпром»
	Гарантийный срок

Рисунок 3.6 Обозначения в тексте.

## Электронные манометры

### ЭКМ-1005



Регистрационный № 40713-09

Электронный контактный манометр предназначен для измерения и контроля значений абсолютного давления, избыточного давления, избыточного давления-разрежения и разности давлений жидких и газообразных, в том числе агрессивных сред.

- Напряжение питания — ≈15...36 В
- Сигнализирующие устройства — 2 оптореле, параметры коммутации ( $\approx$ /~220 В × 0,3 А)
- Выходной сигнал (опция) — 4...20 мА
- Конфигурирование — микропереключатели, клавиатура на лицевой панели под крышкой, клавиатура на корпусе и брелок.
- Основная приведенная погрешность — от ±0,25 %
- Межповерочный интервал — 3 года
- Индикация — цифро-графический ЖК-индикатор с подсветкой
- Верхние пределы измерений:
  - абсолютное давление (ДА) — 25 кПа...6 МПа
  - избыточное давление (ДИ) — 4 кПа...60 МПа
  - избыточное давление-разрежение (ДИВ) — ±30 кПа...(-0,1...2,4) МПа
  - дифференциальное давление (ДД) — 10 кПа...2,5 Мпа
- Глубина перенастройки диапазонов — 1:4
- Пылевлагозащита — IP65
- Климатические исполнения — С3 (-5...+50 °С, -25...+70 °С), С2 (-40...+70 °С)
- Электромагнитная совместимость (ЭМС) — III-A...IV-B
- Виброустойчивость — группа N4 по ГОСТ Р 52931-2008
- Варианты исполнения — общепромышленное, Ex (ExIICT6 X), Exd (1ExdIICT6)
- Гарантийный срок — 5 лет

### ЭКМ-2005



Скоро! Исполнение Exd!



Регистрационный № 40713-09

Электронный контактный манометр предназначен для измерения и контроля значений абсолютного давления, избыточного давления, избыточного давления-разрежения и разности давлений жидких и газообразных, в том числе агрессивных сред.

- Напряжение питания — ~110...249 В (40...100 Гц); =150...249 В; =24...36 В (питание от цепей коммутации, гальванически развязанные цепи питания и коммутации, бистабильные реле)
- Сигнализирующие устройства — 2 электромагнитных реле, параметры коммутации (~220 В × 5 А, =220 В × 0,1 А)
- Выходной сигнал (опция) — 4...20 мА
- Конфигурирование — клавиатура на лицевой панели, с
- Функция тестирования и задержки срабатывания реле от 0,1 до 250 с
- Основная приведенная погрешность — от ±0,25 %
- Межповерочный интервал — 3 года
- Индикация — цифро-графический ЖК-индикатор с подсветкой
- Верхние пределы измерений:
  - абсолютное давление (ДА) — 25 кПа...6 МПа
  - избыточное давление (ДИ) — 4 кПа...60 МПа
  - избыточное давление-разрежение (ДИВ) — ±30 кПа...(-0,1...2,4) МПа
  - дифференциальное давление (ДД) — 6,3 кПа...2,5 Мпа
- Глубина перенастройки диапазонов — 1:4
- Пылевлагозащита — IP65
- Климатические исполнения — С3 (-5...+50 °С, -25...+70 °С), С2 (-40...+70 °С, -50...+70 °С), УХЛ 3.1 (-25...+70 °С), УХЛ 4.1 (-5...+50 °С)
- Электромагнитная совместимость (ЭМС) — IV-A
- Виброустойчивость — группа N4 по ГОСТ Р 52931-2008
- Варианты исполнения — общепромышленное, атомное (повышенной надежности)
- Гарантийный срок — 5 лет (7 лет — для приборов в атомном исполнении)

7

Рисунок 3.7 Электронные манометры.



## Датчики давления

### АИР-10L



Регистрационный № 31654-09

Малогабаритный 2-диапазонный датчик давления с аналоговой обработкой сигнала. Предназначен для непрерывного преобразования в унифицированный токовый выходной сигнал 4...20 мА абсолютного и избыточного давления; отличается высоким быстродействием (до 100 мс).

- Напряжение питания — 9...42 В
- Выходной сигнал — 4...20 мА
- Конфигурирование — микропереключатель, подстроечные резисторы
- Основная приведенная погрешность — от ±0,25 %
- Межповерочный интервал — для ОПП 0,25 % — 3 года, 0,4 % и 0,6 % — 5 лет
- Индикация — ИТЦ 420(Ex)/M4-1, ИТЦ 420(Ex)/M4-2 (опция)
- Верхние пределы измерений:
  - абсолютное давление (ДА) — 100 кПа...6 МПа
  - избыточное давление (ДИ) — 25 кПа...6 МПа
- Глубина перенастройки диапазонов — 1:1,6
- Пылевлагозащита — IP65
- Климатические исполнения — В4 (+5...+50 °С), С3 (-10...+70 °С), С2 (-40...+80 °С)
- Электромагнитная совместимость (ЭМС) — II-A, IV-B
- Варианты исполнения — общепромышленное, Ex (ExIICT6 X)
- Гарантийный срок — 5 лет

8

### АИР-10Н



Регистрационный № 31654-09

Малогабаритный микропроцессорный 8-диапазонный датчик давления с поддержкой HART-протокола, обеспечивающей возможность интегрирования его в современные автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП).

- Напряжение питания — 9...42 В
- Выходной сигнал — 4...20 мА + HART
- Конфигурирование — HART-протокол
- Функция извлечения квадратного корня
- Основная приведенная погрешность — от ±0,1 %
- Межповерочный интервал — для ОПП 0,1 % и 0,2 % — 3 года, 0,5 % — 5 лет
- Индикация — ИТЦ 420(Ex)/M4-1, ИТЦ 420(Ex)/M4-2 (только для разъема GSP)
- Верхние пределы измерений:
  - абсолютное давление (ДА) — 4 кПа...2,5 МПа
  - избыточное давление (ДИ) — 0,4 кПа...60 МПа
  - избыточное давление-разрежение (ДИВ) — ±5 кПа...(-0,1...+2,4) МПа
  - дифференциальное давление (ДД) — 0,4 кПа...2,5 МПа
  - гидростатическое (ДГ) — 1,6 кПа...2,5 МПа
- Глубина перенастройки диапазонов — 1:25
- Пылевлагозащита — IP65
- Климатические исполнения — В4 (+5...+50 °С), С2 (-40...+70 °С), С3 (-10...+50 °С, -25...+70 °С)
- Электромагнитная совместимость (ЭМС) — III-A, IV-B
- Виброустойчивость — группа N3.G1.G2 по ГОСТ Р 52931-2008
- Варианты исполнения — общепромышленное, Ex (ExIICT6 X), Exd (1ExdIICT6)
- Гарантийный срок — 5 лет

Рисунок 3.8 Датчики давления.

## Датчики давления

### АИР-10SH



Регистрационный № 31654-09

Малогабаритный микропроцессорный 8-диапазонный датчик давления для суровых условий эксплуатации. Предназначен для непрерывного преобразования абсолютного давления, избыточного давления, избыточного давления-разрежения, дифференциального давления в унифицированный выходной токовый сигнал 4...20 мА с поддержкой HART-протокола.

- Напряжение питания — 9...42 В
- Выходной сигнал — 4...20 мА + HART
- Конфигурирование — HART-протокол
- Основная приведенная погрешность — от  $\pm 0,1\%$
- Межповерочный интервал — ОПП 0,1% и 0,2% — 3 года, 0,5% — 5 лет
- Индикация — светодиодная красного цвета (корпус АГ15)
- Верхние пределы измерений:
  - абсолютное давление (ДА) — 4 кПа...2,5 МПа
  - избыточное давление (ДИ) — 0,4 кПа...60 МПа
  - избыточное давление-разрежение (ДИВ) —  $\pm 5$  кПа...(-0,1...+2,4) МПа
  - дифференциальное давление (ДД) — 0,4 кПа...2,5 МПа
  - гидростатическое давление (ДГ) — 1,6 кПа...250 кПа
- Глубина перенастройки диапазонов — 1:40
- Пылевлагозащита — IP65, IP67
- Климатические исполнения — С2 (-40...+70 °С, -60...+70 °С, -25...+80 °С, -25...+70 °С), С3 (-10...+70 °С, -25...+70 °С, -10...+60 °С, -25...+60 °С), ОМ (-40...+70 °С)
- Электромагнитная совместимость (ЭМС) — IV-A
- Варианты исполнения — общепромышленное, Ex (ExIIICT6 X), Exd (1ExIIICT6), ОМ (Речной и Морской Регистры РФ), атомное (повышенной надежности)
- Гарантийный срок — 5 лет (7 лет — для приборов в атомном исполнении)

9

### АИР-20/М2-Н



Регистрационный № 46375-11

Датчик предназначен для непрерывного преобразования абсолютного давления, избыточного давления, избыточного давления-разрежения, дифференциального давления, гидростатического давления в унифицированный выходной токовый сигнал 0...5 мА или 4...20 мА + HART. В приборе реализован двойной комбинированный токовый выход 0...5 / 4...20 мА.

- Напряжение питания — 12...42 В
- Выходной сигнал — 4...20 мА + HART; 0...5 / 4...20 мА одновременно
- Конфигурирование — клавиатура на лицевой панели, HART-протокол
- Функция восстановления заводских установок
- Основная приведенная погрешность — от  $\pm 0,1\%$
- Межповерочный интервал — ОПП 0,1% и 0,2% — 3 года, ОПП 0,5% — 5 лет
- Индикация — ЖК с подсветкой, СД (с возможностью поворота на 90°, 180°, 270°)
- Верхние пределы измерений:
  - абсолютное давление (ДА) — 1,0 кПа...6,0 МПа
  - избыточное давление (ДИ) — 0,16 кПа...60 МПа
  - давление-разрежение (ДВ) — 0,4 кПа...100 кПа
  - избыточное давление-разрежение (ДИВ) —  $\pm 0,15$  кПа...(-0,1...+2,4) МПа
  - дифференциальное давление (ДД) — 0,063 кПа...16 МПа
  - гидростатическое давление (ДГ) — 1,6 кПа...250 кПа
  - гидростатическое давление (ДГ) (погружные) — 4 кПа...250 кПа
- Глубина перенастройки диапазонов — 1:25
- Пылевлагозащита — IP65, IP54
- Климатические исполнения: С2 (-40...+70 °С, -55...+70 °С), С3 (-10...+70 °С, -25...+70 °С, -10...+60 °С, -25...+60 °С)
- Электромагнитная совместимость (ЭМС) — IV-A
- Варианты исполнения — общепромышленное, Ex (ExIIICT6 X), Exd (1ExIIICT6), кислородное, атомное (повышенной надежности)
- Гарантийный срок — 5 лет (7 лет — для приборов в атомном исполнении)

Рисунок 3.9 Датчики давления (продолжение).

## Датчики давления

### САПФИР-22ЕМ



Регистрационный № 46376-11

Интеллектуальный датчик давления для атомной энергетики (АЭС). САПФИР-22ЕМ имеет цифро-графический ЖК-индикатор с подсветкой, встроенные клавиатуры (внутренняя и наружная) с русскоязычным меню, защиту от несанкционированного доступа.

- Напряжение питания —  $\approx 12...42$  В
- Выходной сигнал — 2 аналоговых сигнала (по выбору)  $0...5$  мА /  $4...20$  мА;  $4...20$  мА+HART
- Конфигурирование — клавиатура внутренняя и внешняя, HART-протокол
- Функция восстановления заводских установок
- Основная приведенная погрешность — от  $\pm 0,15$  %
- Межповерочный интервал — для ОПП  $0,15$  % — 3 года,  $0,25$  % и ОПП  $0,50$  % — 5 лет
- Индикация — 5-разрядный ЖК-индикатор с подсветкой и графической шкалой; вращение индикатора на  $330^\circ$
- Верхние пределы измерений:
  - абсолютное давление (ДА) —  $4$  кПа... $16$  МПа
  - избыточное давление (ДИ) —  $0,16$  кПа... $100$  МПа
  - давление-разрежение (ДВ) —  $0,1$  кПа... $100$  кПа
  - избыточное давление-разрежение (ДИВ) —  $\pm 0,05$  кПа... $(-0,1...2,4)$  МПа
  - дифференциальное давление (ДД) —  $0,16$  кПа... $16$  МПа
  - гидростатическое давление (ДГ) —  $1$  кПа... $250$  кПа
- Глубина перенастройки диапазонов — 1:25
- Пылевлагозащита — IP65, IP54
- Климатические исполнения — УХЛ 3.1 ( $+5...+50$  °С), ( $-25...+70$  °С), У2 ( $-40...+70$  °С), Т3 ( $-25...+80$  °С), ТС1 ( $-10...+70$  °С), ТВ1 ( $+1...+70$  °С), ТМ1 ( $+1...+70$  °С)
- Электромагнитная совместимость (ЭМС) — III-A (базовое исполнение), IV-A
- Варианты исполнения — общепромышленное, атомное (повышенной надежности)
- Гарантийный срок — 5 лет (7 лет — для приборов в атомном исполнении)

10

### ЭЛЕМЕР-100



Регистрационный № 39492-08

ЭЛЕМЕР-100 — один из лучших российских интеллектуальных датчиков давления. Предназначен для непрерывного преобразования в унифицированный токовый выходной сигнал и/или цифровой сигнал в по протоколу HART входных измеряемых величин.

- Напряжение питания —  $\approx 15...42$  В
- Выходной сигнал —  $0...5$  мА;  $4...20$  мА + HART
- Конфигурирование — клавиатура на лицевой панели, HART-протокол
- Функция восстановления заводских установок
- Основная приведенная погрешность — от  $\pm 0,15$  %
- Межповерочный интервал — для ОПП  $0,15$  % — 3 года,  $0,25$  % и  $0,50$  % — 5 лет
- Индикация — 5-разрядный ЖК-индикатор с подсветкой и графической шкалой; вращение индикатора на  $330^\circ$
- Верхние пределы измерений:
  - абсолютное давление (ДА) —  $2,5$  кПа... $16$  МПа
  - избыточное давление (ДИ) —  $0,04$  кПа... $100$  МПа
  - давление-разрежение (ДВ) —  $0,04$  кПа... $100$  кПа
  - избыточное давление-разрежение (ДИВ) —  $\pm 0,0315$  кПа... $(-0,1...2,4)$  МПа
  - дифференциальное давление (ДД) —  $0,063$  кПа... $16$  МПа
  - гидростатическое давление (ДГ) —  $4$  кПа... $250$  кПа
- Глубина перенастройки диапазонов — 1:25
- Пылевлагозащита — IP65, IP54
- Климатические исполнения — УХЛ 3.1 ( $+5...+50$  °С), У2 ( $-40...+70$  °С), Т3 ( $-25...+70$  °С), ТС1 ( $-10...+70$  °С), ТВ1 ( $+1...+70$  °С), ТМ1 ( $+1...+70$  °С)
- Электромагнитная совместимость (ЭМС) — III-A (базовое исполнение), IV-A (при заказе опции «БФП»)
- Варианты исполнения — общепромышленное, Ex (ExIICT5 X, ExIIBCT5 X), Exd (1ExdIICT4/H2X, 1ExdIICT6 X), кислородное
- Гарантийный срок — 5 лет

Рисунок 3.10 Датчики давления (продолжение).

## Датчики давления

### ЭЛЕМЕР-АИР-30



Регистрационный № 39492-08

Серия интеллектуальных датчиков давления с широкими функциональными возможностями. Датчики предназначены для непрерывного преобразования в унифицированный токовый выходной сигнал и / или цифровой сигнал в стандарте протокола HART входных измеряемых величин. Возможно применение датчиков в хлоросодержащих средах.

- Напряжение питания — =15...42 В
- Выходной сигнал — 0...5 мА / 4...20 мА, 4...20 мА+ HART
- Устройства сигнализации и регулирования:
  - 2 уставки и 2 оптореле (~250 В × 0,1 А)
  - 2 уставки и 2 электромагнитных реле (~250 В × 3 А)
- Конфигурирование — клавиатура на лицевой панели, HART-протокол
- Функция восстановления заводских установок
- Основная приведенная погрешность — от ±0,075 %
- Межповерочный интервал — ОПП 0,075 %, 0,1 % и 0,2 % — 3 года, ОПП 0,4 % — 5 лет
- Индикация — ЖК-индикатор с подсветкой и графической шкалой
- Вращение индикатора на 90°, 180°, 270°
- Сенсоры датчиков:
  - модели «S1» — тензометрические сенсоры
  - модели «S2» — емкостные сенсоры
  - модели «S3» — тензометрические мультисенсоры с компенсацией влияния статического давления
- Верхние пределы измерений:
  - абсолютное давление (штуцерные ТА) — 0,4 кПа...6 МПа
  - избыточное давление (штуцерные ТГ, фланцевые СГ) — 0,04 кПа...60 МПа
  - избыточное давление-разрежение (штуцерные ТВ, фланцевые СВ) — ±0,02 кПа...(-0,1...+2,4) МПа
  - дифференциальное давление (фланцевые CD) — 0,025 кПа...16 МПа
  - гидростатическое давление (фланцевые СЛ) — 1 кПа...250 кПа
- Глубина перенастройки диапазонов — 1:60
- Пылевлагозащита — IP65, IP67
- Климатические исполнения — С3 (-20...+70 °С), С2 (-40...+70 °С), ДЗ (-50...+70 °С), ТВ4.1 (-50...+70 °С), УХЛ 3.1 (-50...+70 °С)
- Электромагнитная совместимость (ЭМС) — IV-A
- Варианты исполнения — общепромышленное, Ex (ExialIICT6 X), Exd (1ExdIICT6), кислородное, атомное (повышенной надежности)
- Гарантийный срок — 5 лет (7 лет — для приборов в атомном исполнении)

11

### Чехлы, нагреватели



#### Утепляющие чехлы УПВЧ-Р

Чехлы позволяют решить следующие проблемы при эксплуатации оборудования КИПиА:

- защитить от обмерзания (появление сосулек, ледяных наростов и т.п.)
- защитить от загрязнений, осадков, механических воздействий
- поддерживать комфортную температуру для работы электроники
- в специальном исполнении защитить от наводок и помех

#### Обогреватели взрывозащищенные ОУ-Р

Обогреватели ОУ-Р-ПЛ предназначенные для обогрева защитных чехлов УПВЧ-Р приборов КИПиА, шкафов автоматики, управления, измерения и сигнализации, а также других подобных электроустановок эксплуатируемых в условиях пониженной температуры окружающего воздуха во взрывоопасных зонах.

Рисунок 3.11 Датчики давления (продолжение).

## Датчики давления Rosemount 3051S

### НОВИНКА



Лучшие в мире функциональные и эксплуатационные характеристики!

- Измеряемые среды: жидкости, в т.ч. нефтепродукты; пар, газ, газовые смеси.
- Диапазоны измеряемых давлений:  
минимальный 0-0,025 кПа;  
максимальный 0-68,9 МПа
- Диапазон температур:  
окружающей среды от -51 до 85°C;  
измеряемой среды от -73 до 205°C
- Выходные сигналы:  
4-20/HART;  
Foundation Fieldbus;  
беспроводной HART-протокол
- Основная приведенная погрешность:  
±0,025% (вариант Ultra);  
±0,055% (вариант Classic)
- Основная относительная погрешность  
±0,04 % (вариант Ultra for Flow)
- Диапазон перенастройки пределов измерений 200:1, 100:1
- Наличие взрывозащитного исполнения
- Внесены в Госреестр средств измерений под №24116-02, сертификат №13768

В датчиках давления Rosemount 3051S применяется конструкция SuperModule. Она представляет собой полностью герметичный узел, обеспечивающий самую высокую защиту от проникновения пыли и воды (IP68). В состав узла входит плата электроники и емкостный преобразователь давления, выполненный по сенсорной технологии Saturn. Основной и дублирующий сенсоры емкостной ячейки, выполненные по этой технологии, увеличивают надежность работы датчика и значительно улучшают метрологические характеристики.

Использование беспроводного датчика для измерения параметров технологического процесса позволяет увеличить количество собираемой информации для более эффективного управления.

Применение корпуса датчика типа PlantWeb позволяет встраивать дополнительные платы расширения и модули, что увеличивает функциональность датчика, обеспечивает удобство диагностики, значительно снижает стоимость обслуживания.

Рисунок 3.12 Датчики давления Rosemount.

СХЕМЫ ВНЕШНИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ДАТЧИКА

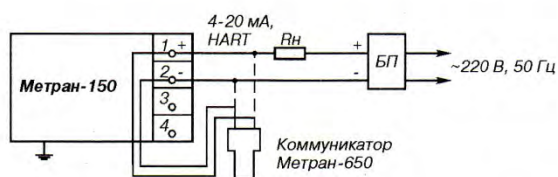


Рис.6. Выходной сигнал 4-20 мА (2-х-проводная линия связи).

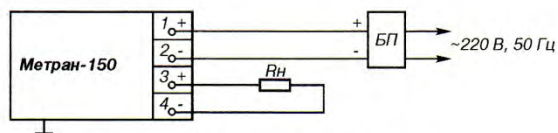


Рис.7. Выходной сигнал 0-5 мА (4-х-проводная линия связи).

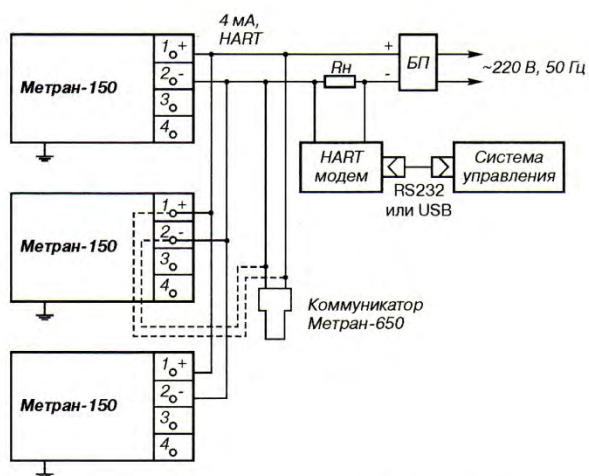


Рис.8. Многоточечный режим работы.

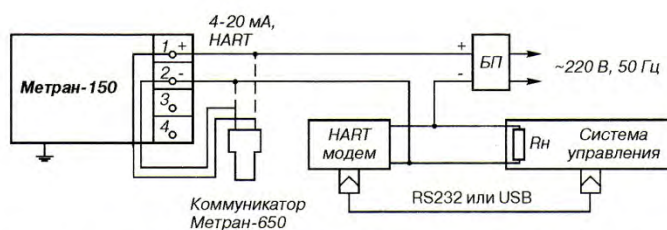


Рис.9. Вариант включения датчика с HART-модемом или HART-коммуникатором.

Рисунок 3.13 Схемы внешних соединений датчика.

## Интеллектуальные датчики давления Метран-150



- Измеряемые среды: жидкости, в т.ч. нефтепродукты; пар, газ, газовые смеси
- Диапазоны измеряемых давлений: минимальный 0-0,025 кПа; максимальный 0-60 МПа
- Выходные сигналы: 4-20 мА с HART-протоколом; 0-5 мА
- Основная приведенная погрешность до  $\pm 0,075\%$ ; до  $\pm 0,2\%$  (опция)
- Диапазон температур окружающей среды от  $-40$  до  $80^\circ\text{C}$ ; от  $-55$  до  $80^\circ\text{C}$  (опция)
- Дополнительная температурная погрешность до  $\pm 0,05\%/10^\circ\text{C}$
- Перенастройка диапазонов измерений 50:1
- Высокая стабильность характеристик
- Взрывозащищенное исполнение вида "искробезопасная цепь и взрывонепроницаемая оболочка"
- Гарантийный срок эксплуатации - 3 года
- Внесены в Госреестр средств измерений под №32854-06, сертификат №25415, ТУ 4212-022-51453097-2006

Интеллектуальные датчики давления серии Метран-150 предназначены для непрерывного преобразования в унифицированный токовый выходной сигнал и/или цифровой сигнал в стандарте протокола HART входных измеряемых величин:

- избыточного давления;
- абсолютного давления;
- разности давлений.

Управление параметрами датчика:

- с помощью HART-коммуникатора;
- удаленно с помощью программы HART-Master, HART-модема и компьютера или программных средств АСУТП;
- с помощью клавиатуры и ЖКИ.

Улучшенный дизайн и компактная конструкция. Поворотный электронный блок и ЖКИ. Высокая перегрузочная способность. Защита от переходных процессов. Внешняя кнопка установки "нуля". Непрерывная самодиагностика.

[www.metran.ru](http://www.metran.ru)

Россия, 454138, Челябинск, Комсомольский проспект, 29, а/я 11608  
т.(351) 798-85-10, 247-1-555, 247-16-02; ф.247-16-67. info.metran@emerson.com

Рисунок 3.14 Интеллектуальные датчики давления Метран-150.



Рисунок 3.15 Датчик Метран – 662.

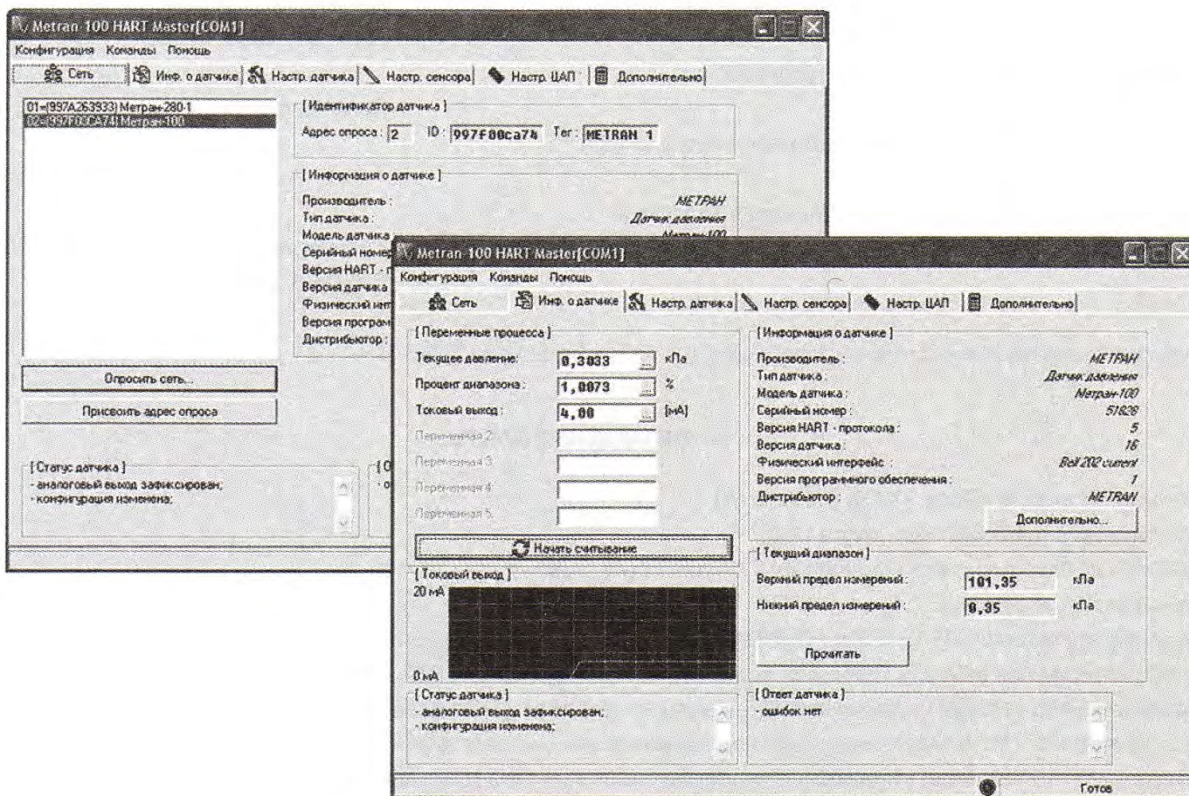


Рисунок 3.16 Вспомогательная информация



## 4 МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ЖИДКОСТЕЙ

### 4.1 Уровнемеры с визуальным отсчетом

Измерение уровня жидкостей и сыпучих тел играет важную роль при автоматизации технологических процессов, особенно если поддержание уровня связано с условиями безопасной работы оборудования. Уровнемеры широко используются в пищевой, нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности, при производстве медикаментов и пищевых продуктов. Уровнемеры применяются либо для контроля за отклонением уровня от номинального и в этом случае они имеют двустороннюю шкалу, либо для определения количества вещества (в сочетании с известными размерами емкости) и в этом случае они имеют одностороннюю шкалу. Большую группу составляют сигнализаторы уровня, в которых выходной сигнал возникает при достижении уровнем верхнего или нижнего предельных значений.

В зависимости от условий измерения, характера контролируемой среды используются различные методы измерения уровня. Если нет необходимости в дистанционной передаче показаний, то уровень жидкости можно измерять уровнемерами с визуальным отсчетом (указательные стекла). При необходимости дистанционного измерения уровня применяются более сложные уровнемеры: гидростатические (дифманометрические и барботажные), буйковые и поплавковые, емкостные, индуктивные, радиоизотопные, волновые, акустические, термокондуктометрические. Разнообразие принципов действия и конструктивных исполнений уровнемеров обусловлено их использованием для измерения уровня воды, растворов и суспензий, нефтепродуктов, границ раздела сред, содержащих взвеси, сыпучих тел в различных отраслях народного хозяйства.

Такие уровнемеры основаны на визуальном измерении высоты уровня жидкости. При невысоких давлениях среды высота уровня измеряется в стеклянной трубке (указательном стекле), сообщающейся с жидкостным и газовым пространствами контролируемого резервуара (рисунок 4.1). При повышенных давлениях применяются плоские стекла, на поверхности которых со стороны жидкости нанесены вертикальные граненые канавки. Из условий прочности не рекомендуется применять указательные стекла длиной более 0,5 м, поэтому при большом диапазоне изменения уровня устанавливается несколько стекол в шахматном порядке таким образом, чтобы их диапазоны измерения перекрывались.

Основным источником дополнительной погрешности таких уровнемеров является разница плотностей жидкости в контролируемом резервуаре и в стекле, вызываемая различием температур (особенно если жидкость в резервуаре имеет высокую температуру, а указательное стекло находится на значительном удалении). Различие плотностей приводит к различию уровней в резервуаре  $h_1$  и указательном стекле  $h_2$  (уровень в стекле иногда называют «весовым уровнем»); при этом абсолютная погрешность измерения может быть вычислена по следующей формуле:

$$\Delta h = h_2 - h_1 = h_2 \left( 1 - \frac{\rho_2}{\rho_1} \right), \quad (4.1)$$

где  $\rho_1$  и  $\rho_2$  - плотность жидкости в резервуаре и в указательном стекле. Погрешность может достигать существенных значений, поэтому в целях ее уменьшения необходима либо тепловая изоляция уровнемера, либо продувка его жидкостью из резервуара перед отсчетом.

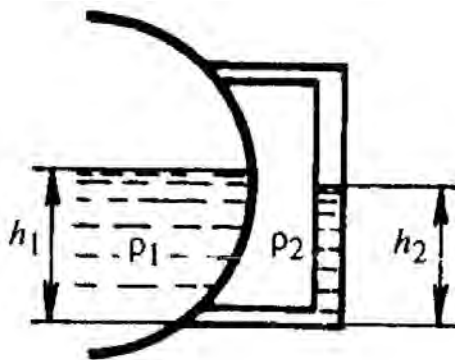


Рисунок 4.1 Схема уровнемера с визуальным отсчетом

## 4.2 Гидростатические уровнемеры

В данных уровнемерах измерение уровня  $H$  жидкости постоянной плотности  $\rho$  сводится к измерению гидростатического давления  $p$ , создаваемого жидкостью:

$$p = \rho g H. \quad (4.2)$$

Измерение высоты уровня непосредственно по величине гидростатического давления можно производить в резервуарах, находящихся как под атмосферным, так и под отличающимся от него давлением. Измерительный зонд представляет собой трубку, внутренняя полость которой сообщается с жидкостью, таким образом давление внутри трубки совпадает с давлением жидкости. В нижней части трубки находится измерительная мембрана из нержавеющей стали. Ее деформация вызывает изменение сопротивления измерительного моста на тензорезисторах. Измерительная мембрана, тензопреобразователь и электроника защищены от измеряемой среды. Зонд выдерживает перегрузку до 0,6 МПа; выходной сигнал составляет 4...20 мА, погрешность не превышает  $\pm 0,3\%$ .

Гидростатический уровнемер, в котором гидростатическое давление жидкости измеряется дифманометром, называется дифманометрическим.

### 4.3 Дифманометрические уровнемеры

Схема подключения дифманометра к открытому резервуару, находящемуся под атмосферным давлением, изображена на рисунке 4.2. Обе импульсные трубки дифманометра 2 заполняются контролируемой жидкостью (если она не агрессивна). Дифманометр измеряет разность давлений, действующих на его чувствительный элемент.

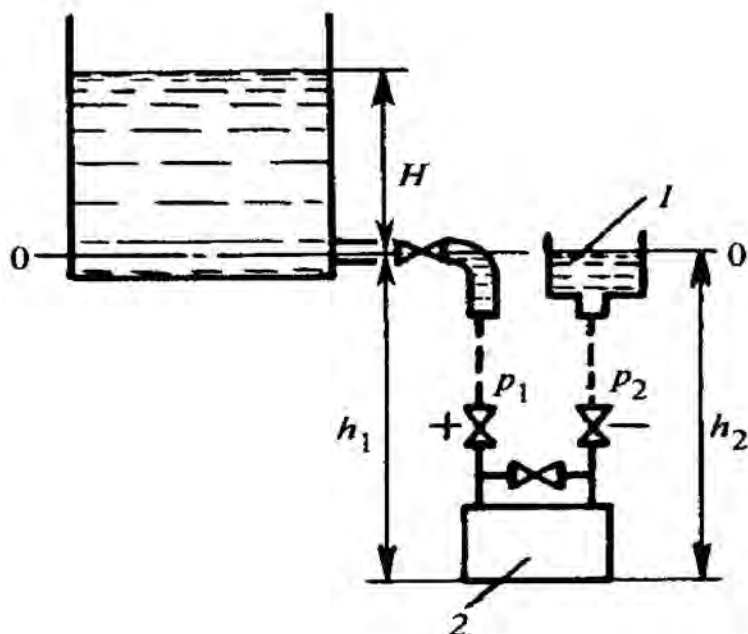


Рисунок 4.2 Схема подключения дифманометра при измерении уровня в открытом резервуаре, где 1 - уравнительный сосуд; 2 –дифманометр

### 4.4 Механические уровнемеры

К этим уровнемерам относятся поплавковые, буйковые и гидростатические уровнемеры. Все они реализуют абсолютный метод измерения уровня, основанный на использовании различия плотностей веществ, образующих границу раздела. В качестве первичного преобразователя поплавкового уровнемера используется тело (поплавок) обычно шарообразной или цилиндрической формы, плавающее на поверхности жидкости и имеющее постоянную осадку. Поплавок под действием выталкивающей („архимедовой“) силы перемещается вместе с уровнем жидкости. Положение поплавка, являющееся мерой текущего значения уровня жидкости, фиксируется вторичным преобразователем и преобразуется в электрический, пневматический, частотный сигнал и (или) отсчитывается по шкале показывающего прибора. Связь поплавка со вторичным преобразователем может осуществляться с помощью механических элементов (троса, ленты, рычага) или с помощью бесконтактных (оптических, акустических, радиоизотопных и др.) следящих систем.

Характерная особенность поплавковых уровнемеров с механической связью - необходимость герметизации вывода при измерении уровня токсичных, легкоиспаряющихся жидкостей, в сосудах с избыточным давлением, а также наличие

дополнительных погрешностей» связанных с упругой деформацией и трением элементов связи.

В то же время использование для фиксации положения поплавка бесконтактных следящих систем усложняет конструкцию уровнемеров, обуславливает, как правило, нелинейность их характеристик преобразования. При тщательной градуировке и правильной эксплуатации поплавковых уровнемеров их основная погрешность может быть сведена к значению порядка  $\pm 1$  мм в диапазоне измерений до 15 - 20 м.

Наиболее существенное влияние на точность измерения уровня поплавковыми расходомерами оказывает изменение температуры в рабочей полости сосуда. Изменение температуры обуславливают температурную деформацию поплавка, изменение плотности жидкости и газа в полости над жидкостью, что, в конечном счете, приводит к изменению осадки поплавка.

#### 4.5 Акустические уровнемеры

Существуют и находят применение акустические уровнемеры трех основных типов - локационные уровнемеры, уровнемеры поглощения и резонансные. Все они реализуют различные физические явления, связанные с распространением звука в упругой (жидкостной или газовой) среде.

Так, локационные уровнемеры (рисунок 4.3) реализуют эффект отражения звуковой волны от поверхности раздела сред. Генератор излучает в жидкость пачку импульсов высокой (ультразвуковой) частоты.

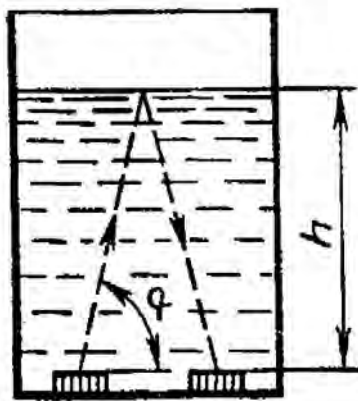


Рисунок 4.3 Локационный уровнемер

Отраженный от границы раздела «жидкость – газ» сигнал улавливается приемником ультразвуковых колебаний. Время  $t$  между моментом послышки зондирующего импульса и моментом прихода отраженного от уровня импульса связано с текущим значением уровня  $h$  следующей зависимостью:

$$t = \frac{2h}{c \cdot \sin \alpha}, \quad (4.3)$$

где  $c$  — скорость звука в контролируемой среде;  $\alpha$  — угол наклона излучателя к горизонтальной плоскости. Время  $t$  фиксируется соответствующей измерительной схемой и преобразуется в выходной сигнал уровнемера, пропорциональный (при постоянном и известном значении  $c$ ) текущему значению уровня  $h$ .

Локация уровня может производиться снизу (как показано на рисунке 4.3) и сверху. Во втором случае по времени прохождения ультразвуковых колебаний через газ определяется толщина газовой подушки. Локация снизу предпочтительней, так как при этом требуется меньшая мощность излучателя и меньшее усиление сигнала в приемной части уровнемера.

Большинство локационных уровнемеров имеет одноэлементные датчики, у которых функции излучателя и приемника попеременно выполняет один и тот же элемент. Иногда, например, при измерении уровня агрессивных жидкостей или недопустимости нарушения целостности сосуда, датчик помещается в специальном кармане вне сосуда, и излучение зондирующего и прием отраженного сигналов производится через стенку дна сосуда. В этом случае карман заполняется веществом с акустическим сопротивлением, близким к сопротивлению контролируемой среды, а частота зондирующего сигнала выбирается такой, при которой влияние стенки сосуда на показания уровнемеров было бы минимальным. Обычно диапазон рабочих частот составляет 20 - 100 кГц при зондировании через газ и (0,1 - 2,0) МГц - при зондировании через жидкость.

Одно из основных условий нормального функционирования локационных уровнемеров - определенное взаимное положение источника - приемника ультразвуковых колебаний и отражающей поверхности уровня жидкости. Волнение поверхности жидкости в сосуде, наклон сосуда или датчика-излучателя могут привести к тому, что отраженный сигнал либо вообще не попадет на приемник, либо попадет настолько ослабленным, что не вызовет срабатывания системы измерения времени. В подобных условиях приходится применять специальные меры.

Недостаток локационных уровнемеров - их повышенная чувствительность к включениям в жидкости (микровзвесей, пузырьков газа). Этот недостаток отсутствует у двухканальных уровнемеров, работающих по схеме совпадений. В этом случае излучение ультразвуковых колебаний осуществляется одновременно двумя датчиками. Отраженные сигналы усиливаются и суммируются, срабатывание системы измерения времени происходит только от суммарного сигнала. Если же из-за наличия включений в зоне работы какого-либо датчика один из отраженных сигналов опережает другой, система измерения времени не срабатывает и, тем самым, исключается возможность

ошибочного измерения уровня. Другой способ устранения влияния неоднородности жидкости и деформации уровня - использование звуководов. В этом случае локация уровня производится сверху, но не через газ, а через специальный жидкостной или металлический звуковод. В точке встречи звуковода с жидкостью происходит отражение сигнала, по времени прихода которого к приемнику и определяется положение уровня жидкости. Такие уровнемеры (со звуководами) обладают сравнительно невысокой точностью (порядка  $\pm 3\%$ ), но зато значительно расширяются их эксплуатационные возможности. В частности, они могут использоваться для измерения уровня низкокипящих жидкостей, при высоких температурах контролируемых веществ.

Основными факторами (кроме погрешностей измерительной схемы), влияющими на точность локационных уровнемеров, являются тепловое расширение сосуда и изменение скорости звука в среде. Влияние последнего фактора особенно существенно при локации через газ, так как скорость звука в газе зависит от его температуры, давления, влажности. Обычно скорость звука в рабочей среде определяется экспериментально в процессе градуировки уровнемера. Для этого на точно измеренном расстоянии от излучателя - приемника - устанавливают специальный отражатель, а измерительную схему дополняют переключающим устройством, позволяющим индицировать отраженный от него сигнал. Скорость звука определяется по времени прохождения сигнала от излучателя до отражателя и обратно на приемник.

#### **4.6 Электрические уровнемеры**

Принцип действия электрических уровнемеров основан на различии электрических свойств жидкостей и газов. При этом жидкости, уровень которых измеряется, могут быть как проводниками, так и диэлектриками; газы же, находящиеся в пространстве над жидкостью - всегда диэлектрики. Основным параметром, определяющим электрические свойства проводников, является их электропроводность, а диэлектриков - относительная диэлектрическая проницаемость, показывающая, во сколько раз по сравнению с вакуумом уменьшается в данном веществе сила взаимодействия между электрическими зарядами.

В зависимости от того, какой выходной параметр (сопротивление, емкость или индуктивность) первичного преобразователя реагирует на изменение уровня, электрические уровнемеры подразделяются на кондуктометрические, емкостные и индуктивные.

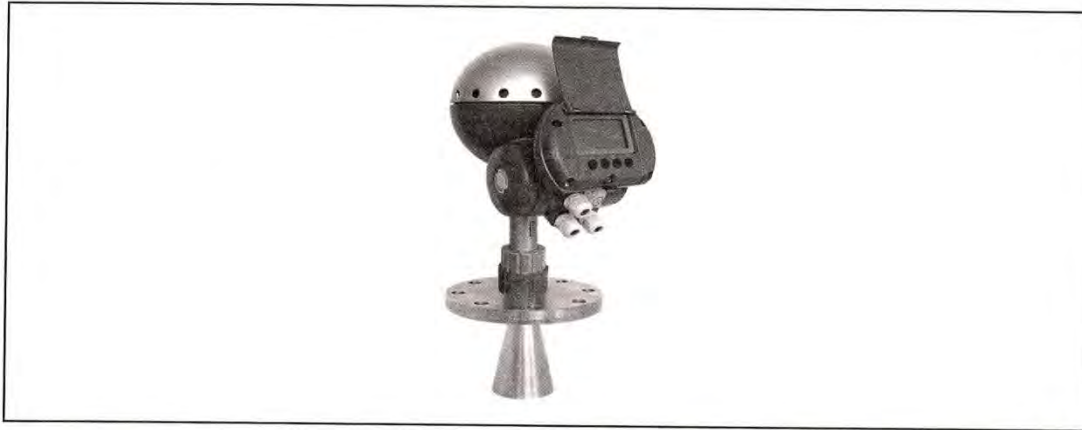
## 4.7. Оптические уровнемеры

При измерении уровня жидкостей оптическими методами могут быть использованы различные явления, связанные с прохождением света через среды, образующие поверхность раздела: отражение или преломление света на поверхности раздела, ослабление его интенсивности в поглощающей среде и др. Однако на практике наибольшее распространение получили оптические уровнемеры с визуальной фиксацией границы раздела жидкость - газ и фотоэлектрические уровнемеры, использующие эффект отражения света от поверхности жидкости.

При соответствующем (исключающем влияние мениска) диаметре мерной трубки, подсветке поверхности раздела и использовании специальных средств отсчета (например, катетометров) погрешность визуальных уровнемеров при неподвижной поверхности жидкости может быть сведена к десятым и даже сотым долям миллиметра. Вследствие этого они находят широкое применение в поверочных установках с мерными баками, образцовых мерниках. Сложность дистанционных измерений уровня, невозможность использования в системах регулирования автоматизированными технологическими процессами препятствуют широкому промышленному применению визуальных уровнемеров.

Некоторые типы современных приборов и устройств для измерений уровня приведены на рисунках 4.4...4.9.

## Радарный уровнемер Rosemount серии 5600



- **Измеряемые среды:**
  - нефтепродукты, щелочи, кислоты, растворители, водные растворы, алкогольные напитки;
  - суспензии, глина, извести, руды и бумажная пульпа;
  - гранулированные материалы от руды до пластиковых гранул, мелкодисперсионные порошковые материалы, цемент и пр.
- Температура процесса -40...400°C
- Температура окружающего воздуха -40...70°C
- **Выходные сигналы:** 4-20 мА с цифровым сигналом на базе HART-протокола или Foundation™ fieldbus
- **Исполнение:**
  - общепромышленное;
  - взрывозащищенное (маркировка взрывозащиты 2Exde[ia][ib]IICT6X
- Степень защиты от воздействия пыли и воды IP66
- Межповерочный интервал - 2 года
- Внесены в Госреестр средств измерений под №25548-03, сертификат №15817

Радарные уровнемеры серии 5600 - интеллектуальные приборы для бесконтактных измерений уровня различных продуктов в резервуарах и емкостях любого типа и размеров. Рекомендуются для технологического учета продуктов с погрешностью измерений уровня  $\pm 5$  мм. Серия уровнемеров 5600 позволяет осуществлять успешные измерения как в простых, так и сложных условиях технологического процесса. Благодаря высокой чувствительности радарные уровнемеры серии 5600 могут применяться для измерений уровня продуктов с малой диэлектрической проницаемостью, работать в широком диапазоне значений температур и давлений. В датчике серии 5600 собрано все лучшее, что позволяет обеспечить радарная технология при данных измерениях. Уровнемеры обладают высокой гибкостью измерений благодаря широкому выбору сменных антенн и материалов, просты в обслуживании и управлении, что в совокупности удешевляет затраты на обслуживание и обладание ими в целом.

Рисунок 4.4 Радарный уровнемер Rosemount.



## НАЗНАЧЕНИЕ

Радарный уровнемер Rosemount серии 5600 представляет собой сложный интеллектуальный прибор нового поколения, предназначенный для бесконтактных измерений уровня разных сред в резервуарах любого типа. Рекомендуется для измерений уровня сырой нефти, нефтепродуктов и других жидких, пастообразных, сыпучих материалов и продуктов. Уровнемер может использоваться как для автономной эксплуатации, так и для работы в составе различных автоматизированных систем управления. Полное соответствие уровнемера стандарту интерфейса HART позволяет конфигурировать и осуществлять мониторинг измеренных величин при помощи ручного коммуникатора HART или персонального компьютера в зависимости от требований к системе измерений. Дополнительно уровнемер может комплектоваться удобной в эксплуатации дисплейной

панелью, позволяющей вести оперативный мониторинг измеряемых и вычисляемых величин, поддерживать основные функции конфигурирования и, кроме того, обеспечивающей дополнительную возможность подключения температурного сенсора. Благодаря высокой чувствительности и уникальной способности обработки сигнала уровнемеры находят широкое применение в разных условиях технологических процессов. Широкий выбор источников питания постоянного или переменного тока повышает его универсальность при подключении к электрической сети. Уровнемер совместим с полевой шиной FOUNDATION fieldbus, поддерживает цифровую архитектуру PlantWeb® и имеет аналоговый сигнал 4-20 мА с наложенным цифровым сигналом HART, что позволяет встраивать его в системы АСУТП любой сложности.

## КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП ИЗМЕРЕНИЙ

Уровнемер 5600 состоит из основного блока и модуля подсоединения к резервуару, включая антенну. Основной блок и его электронная начинка могут быть легко заменены без нарушения герметичности резервуара. В уровнемере серии 5600 установлен микропрограммный модуль, в котором учтен весь накопленный опыт работы тысяч радарных уровнемеров, применяемых в различных отраслях современной промышленности по отслеживанию ложных сигналов и истинного сигнала от поверхности среды. Для мониторинга и управления непосредственно на месте

установки датчик оборудован встроенным дисплеем и клавиатурой с четырьмя клавишами управления, которые позволяют выполнять базовые функции конфигурирования. Кроме того, датчик серии 5600 обеспечивает возможность установки выносного дисплея и подключения до шести внешних температурных сенсоров. Выносная дисплейная панель, позволяет выполнять те же функции, что и пакет программного обеспечения "Radar Master". Четыре программируемые клавиши обеспечивают доступ к процедурам конфигурирования и обслуживания уровнемера.



Рис. 1. Конструкция уровнемера.

### Принцип измерений

В основу работы уровнемеров 5600 положен принцип бесконтактного радиолокационного измерения расстояния до уровня раздела сред: воздушная среда/контролируемый продукт, в процессе работы датчик контактирует с парогазовой составляющей внутреннего объема резервуара, а не с продуктом. Принцип измерений (см.рис.2), реализованный в уровнемерах 5600, основан на методе линейного частотно-модулированного непрерывного излучения (FMCW), который в настоящее время широко применяется в высокоточных радиолокационных уровнемерах, предназначенных для работы в системах коммерческого учета. Излученная антенной радиоволна отражается от поверхности продукта и, через определенное время, зависящее от скорости распространения и расстояния до поверхности

продукта, вновь попадает в антенну. В электронном модуле датчика происходит преобразование излученного и принятого сигнала. В результате, на выходе образуется сигнал, частота которого равна разности частот принятого и излученного сигнала. По разности частот определяется расстояние до продукта, а затем вычисляется уровень наполнения резервуара. Используемая радарная технология позволяет применить к обработке сигнала средства спектрального анализа, обеспечивающие высокоэффективное подавление ложных отражений, а также помех, связанных с волнением поверхности измеряемого продукта и загрязнениями антенны датчика уровня. Таким образом, можно с высокой точностью вычислить расстояние до продукта и уровень продукта в резервуаре.

Рисунок 4.5 Радарный уровнемер Rosemount (продолжение).

## Радарные уровнемеры Rosemount серии 5400



- **Измеряемые среды:** нефтепродукты, щелочи, кислоты, растворители, водные растворы, алкогольные и слабоалкогольные напитки, пульпы, суспензии и прочие жидкости
- **Температура процесса** от -40 до 150°C
- **Давление процесса** от -0,1 до 1 МПа
- **Температура окружающего воздуха**  
- от -40 до 80°C (безопасные зоны);  
- от -20 до 70°C - с ЖКИ
- **Выходные сигналы:** 4-20 мА с цифровым на базе протокола HART или Foundation™ Fieldbus
- **Исполнения:** обыкновенное; взрывозащищенное (маркировка взрывозащиты 0ExialICT4X, 1ExiadICT4X)
- **Степень защиты от воздействия пыли и воды** IP67
- **Межповерочный интервал** - 2 года
- **Внесены в Госреестр средств измерений** под №30247-05, сертификат №22076

Радарный уровнемер Rosemount 5400 - это превосходное решение для бесконтактных измерений уровня жидкостей, обладающих различными свойствами и имеющих широкий диапазон температур и давлений. Благодаря новаторским решениям, улучшающим способность слежения за поверхностью продукта и обеспечивающим уникальную способность обработки сигнала, уровнемеры 5400 рекомендуются для работы в парогазовых смесях и запыленном пространстве внутри резервуара.

Настройка 5400 необычайно проста, что упрощает его адаптивность для широкого круга применений и условий технологического процесса. Радары серии 5400 предлагают уникальные возможности, с помощью которых Вы можете ускорить пуско-наладку, одновременно увеличив время безотказной работы и достоверность измерений.

Уровнемер 5400 может быть оснащен целым набором антенн и дополнительных опций для достижения максимальной гибкости измерения и формирования оптимального предложения для потребителя.

Рисунок 4.6 Радарный уровнемер Rosemount (продолжение).

## Ультразвуковые уровнемеры Rosemount серии 3100

**НОВИНКА**



- **Измеряемые среды:** жидкие (нефть, темные и светлые нефтепродукты, вода, водные растворы, сжиженный газ, кислоты, щелочи, растворители, алкогольные напитки и др.)
- **Диапазон измерений:** от 0,3 до 11 м
- **Температура окружающей среды:**
  - 20...70°C (модель 3101);
  - 40...70°C (модели 3102 и 3105)
- **Давление процесса:**
  - от -0,025 до 0,3 МПа
- **Выходные сигналы:**
  - 4-20 мА (модель 3101);
  - 4-20 мА с цифровым сигналом на базе HART®-протокола (модели 3102 и 3105)
- **Степень защиты от воздействия пыли и влаги IP66**
- **Наличие взрывозащищенного исполнения (модель 3105)**

Ультразвуковой уровнемер Rosemount серии 3100 предназначен для обеспечения непрерывного измерения уровня жидкости и расстояния до поверхности жидкости в резервуарах, хранилищах, сточных ямах, демпферных резервуарах, а также расчёта объёма и расхода в открытых каналах и водосборниках.

Достоинства:

- недорогое и надёжное решение для непрерывного измерения уровня;
- простой ввод в эксплуатацию и использование;
- отсутствие движущихся частей и частей, контактирующих со средой;
- отсутствие необходимости в калибровке;
- минимальное время простоев;
- наличие встроенного дисплея и кнопок для конфигурирования в стандартной комплектации;
- наличие двух встроенных реле для выполнения оповещений и конфигурирования (модель 3102);
- наличие встроенного датчика температуры;
- функция автоматической температурной компенсации;
- возможность подключения внешнего датчика температуры (модели 3102 и 3105).

Рисунок 4.7 Ультразвуковые уровнемеры Rosemount.

## Волноводный уровнемер Rosemount серии 5300



- **Измеряемые среды:** жидкие (нефть, темные и светлые нефтепродукты, вода, водные растворы, сжиженный газ, кислоты и др.), сыпучие (пластик, зольная пыль, цемент, песок, сахар, злаки и т.д.)
- **Давление процесса:**  
от -0,1 до 1 МПа (стандартно);  
от -0,1 до 34,5 МПа (исполнения НТНР и НР)
- **Диапазон измерений уровня:** от 0,4 до 50 м
- **Выходной сигнал:** 4-20 мА с цифровым сигналом на базе HART-протокола, Foundation™ fieldbus
- **Погрешность измерений уровня**  $\pm 3$  мм
- **Наличие взрывозащищенного исполнения**
- **Степень защиты от воздействия пыли и воды** IP66/IP67

Уровнемеры Rosemount серии 5300 применяются в следующих отраслях промышленности: химическая и нефтехимическая; нефтегазовая; целлюлозно-бумажная; фармацевтическая; пищевая промышленность и производство напитков; контроль питьевой воды и сточных вод; энергетика (плотины и гидроэлектростанции).

#### Достоинства:

- широкие диапазоны измерений и достоверные измерения средс низким коэффициентом отражения благодаря технологии прямого переключения и функции проецирования конца зонда;
- улучшенные характеристики электромагнитной совместимости благодаря интеллектуальной гальванической развязке;
- возможность использования зондов от уровнемеров Rosemount серии 3300;
- повышенная безопасность благодаря модульной конструкции электронного блока;
- расширенная диагностика и возможность профилактического техобслуживания по протоколам HART® и Foundation™ fieldbus.

Рисунок 4.8 Волновой уровнемер Rosemount.

## НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП ИЗМЕРЕНИЙ

Rosemount серии 5300 - это двухпроводный волноводный уровнемер для измерения уровня и уровня поверхности раздела жидкостей, суспензий и твердых сыпучих сред. Rosemount 5300 обеспечивает высокую надежность, современные меры обеспечения безопасности, простоту использования и неограниченные возможности подключения и интеграции в системы АСУ.

Принцип действия волноводного уровнемера Rosemount серии 5300 основан на технологии рефлектометрии с временным разрешением (TDR = Time Domain Reflectometry) (см. рис.1). Микроволновые наносекундные радиоимпульсы малой мощности направляются вниз по зонду, погруженному в технологическую среду. Когда радиоимпульс достигает среды с другим коэффициентом диэлектрической проницаемости, часть энергии импульса отражается в обратном направлении. Разница во времени между моментом передачи радиоимпульса и моментом приема эхо-сигнала пропорциональна расстоянию, согласно которому рассчитывается уровень жидкости или уровень границы раздела двух сред. Интенсивность отраженного сигнала зависит от диэлектрической проницаемости среды. Чем выше коэффициент диэлектрической проницаемости, тем выше интенсивность отраженного сигнала. Волноводная технология имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами измерений уровня, поскольку радиоимпульсы практически невосприимчивы к составу среды, атмосфере резервуара, температуре и давлению. В уровнемере серии 5300 для удобства применения и обслуживания в различных условиях использованы следующие принципы и конструкторские решения:

- модульность конструкций;
- усовершенствованная аналоговая и цифровая обработка сигнала;
- возможность использования зондов нескольких типов в зависимости от условий применения уровнемера;
- подключение двухпроводным кабелем (питание подается по сигнальному контуру);

- поддержка коммуникационного цифрового протокола HART®, что обеспечивает вывод данных в цифровом виде и возможность дистанционной настройки прибора при помощи портативного коммуникатора модели 375 либо персонального компьютера с установленным программным обеспечением Rosemount Radar Master или AMS и HART-модемом;
- поддержка Foundation™ fieldbus.

Поскольку радиоимпульсы направляются по зонду, а не свободно распространяются в пространстве резервуара, то волноводная технология может с успехом применяться для малых и узких резервуаров, а также для резервуаров с узкими горловинами.

Точность и надежность измерений двух параметров одним уровнемером: уровня верхней среды и уровня границы раздела двух сред обеспечивается цифровой обработкой сигнала микропроцессорной электроникой уровнемера.



Рис. 1.

## ОСОБЕННОСТИ УРОВНЕМЕРОВ СЕРИИ 5300

### Технология прямого переключения

Rosemount 5300 обеспечивает наилучшие рабочие характеристики с применением технологии прямого переключения (DST), которая представляет собой быстродействующий переключатель для передачи сигналов между излучателем и приемником. Он минимизирует потери сигнала, что позволяет получать более сильные отраженные сигналы (в два - пять раз сильнее) по сравнению с аналогичными волноводными уровнемерами. Это приводит к лучшему отношению сигнал/шум и улучшенной способности преодоления влияния возмущающих факторов. Это также дает возможность увеличить диапазон измерений (до 50 м) и проводить измерения сред с низкой отражающей способностью (диэлектрическая постоянная от 1.4) даже при использовании однопроводного зонда.

### Функция проецирования конца зонда

Для работы с большими диапазонами измерений на средах с низким значением диэлектрической постоянной используется функция проецирования конца зонда. Если сигнал не отражается от поверхности, то уровнемер серии 5300 использует конец зонда в качестве базы для вычисления фактического уровня.

### Интеллектуальная гальваническая развязка

Инновационная конфигурация плоского экранирующего элемента между электроникой, микроволновым генератором и корпусом приводит к более устойчивым микроволновым рабочим характеристикам и минимизирует нежелательные помехи. Это улучшает рабочие характеристики по электромагнитной совместимости и обеспечивает проведение более стабильных измерений.

### Расширенная функциональность PlantWeb™

5300 поддерживает архитектуру PlantWeb™, предоставляя лучшие возможности многопараметрических измерений (измерение уровня и уровня границы раздела двух сред одним двухпроводным уровнемером), обеспечивает широкий спектр применений и возможности расширенной диагностики по протоколам HART® и Foundation™ fieldbus. Это делает возможным осуществлять профилактическое техническое обслуживание для расширения технологических возможностей использования.

### Конструкция

Компания Rosemount обладает огромным опытом разработки уровнемеров для эксплуатации в тяжелых условиях на химических и нефтеперерабатывающих производствах. Весь этот опыт был использован для конструирования цельнометаллического корпуса уровнемеров Rosemount серии 5300 с отдельными отсеками для электроники и клеммного блока. Отличительной его чертой является эргономично расположенный встроенный дисплей. Корпус имеет степень защиты IP67 и может использоваться в окружающей среде с относительной влажностью до 100%.

В настоящее время выпускается три модели уровнемеров серии 5300:

- Модель 5301 - для измерений уровня жидкостей или уровня границы раздела двух сред при полном погружении зонда.
- Модель 5302 - для одновременного измерения уровня жидкостей или уровня границы раздела двух сред.
- Модель 5303 - для измерений уровня твердых/сыпучих сред.

Каждая из этих моделей имеет исполнения, сертифицированные на искробезопасность и на взрывобезопасность.

Рисунок 4.9 Волновой уровнемер Rosemount (продолжение).

## 5 ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА

При измерениях, связанных с учетом количества вещества, важнейшими исходными понятиями являются количество вещества и расход.

**Количество вещества** можно измерять либо в единицах массы [килограмм (кг), тонна (т)], либо в единицах объема [кубический метр ( $\text{м}^3$ ), литр (л)]. **Расход** есть количество вещества, протекающего через сечение трубопровода в единицу времени. В соответствии с выбранными единицами может производиться измерение либо массового расхода  $G_M$  (единицы кг/с, кг/ч, т/ч), либо объемного расхода  $G_Q$  (единицы  $\text{м}^3/\text{с}$ , л/с,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ). Единицы массы и массового расхода дают более полные сведения о количестве или расходе вещества, чем единицы объема, так как объем вещества, особенно газов, зависит от давления и температуры. При измерении объемных расходов газов для получения сопоставимых значений результаты измерения приводят к определенным (так называемым нормальным) условиям. Такими нормальными условиями принято считать температуру, равную 20 град. С, давление, равное 101,325 кПа (760 мм рт. ст.) и относительную влажность, равную нулю. В этом случае объемный расход обозначается  $G_H$  и выражается в объемных единицах (например,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ).

Измерительный прибор, служащий для измерения расхода вещества, называется **расходомером**, а прибор для измерения количества вещества - **счетчиком количества** (счетчиком). В каждом конкретном случае к этим терминам следует добавлять наименование контролируемой среды. Во многих случаях показания расходомеров суммируются во времени и используются, как и показания счетчиков, для определения количеств израсходованного газа, отпущенной горячей воды или пара при проведении коммерческих расчетов или определении экономических показателей работы оборудования.

## 5.1 Расходомеры. Общая классификация

Технические устройства, предназначенные для измерения массового или объемного расхода, называют расходомерами. При этом в зависимости от того, для измерения какого (объемного или массового) расхода предназначены расходомеры, их подразделяют на объемные и массовые.

Существует различные признаки, по которым можно классифицировать расходомеры (например, по точности, диапазонам измерений, виду выходного сигнала и т. п.). Однако наиболее общей является классификация по принципам измерений, по тем физическим явлениям, с помощью которых измеряемая величина преобразуется в выходной сигнал первичного преобразователя расходомера.

По принципу измерений расходомеры классифицируют по следующим основным группам (указываемый для каждой классификационной группы расходомеров принцип преобразования относится к их первичным преобразователям - датчикам).

- 1 Расходомеры переменного перепада давления (с сужающими устройствами; с гидравлическими сопротивлениями; центробежные; с напорными устройствами; струйные), преобразующие скоростной напор в перепад давления.
- 2 Расходомеры обтекания (расходомеры постоянного перепада - ротаметры, поплавковые, поршневые, гидродинамические), преобразующие скоростной напор в перемещение обтекаемого тела.
- 3 Тахометрические расходомеры (турбинные с аксиальной или тангенциальной турбиной; шариковые), преобразующие скорость потока в угловую скорость вращения обтекаемого элемента (лопастей турбинки или шарика).
- 4 Электромагнитные расходомеры, преобразующие скорость движущейся в магнитном поле проводящей жидкости в ЭДС.
- 5 Ультразвуковые расходомеры, основанные на эффекте увлечения звуковых колебаний движущейся средой.
- 6 Инерциальные расходомеры (турбосиловые; кориолисовы; гироскопические), основанные на инерционном воздействии массы движущейся с линейным или угловым ускорением жидкости.
- 7 Тепловые расходомеры (калориметрические; термоанемометрические), основанные на эффекте переноса тепла движущейся средой от нагретого тела.
- 8 Оптические расходомеры, основанные на эффекте увлечения света движущейся средой (Физо-Френели) или рассеяния света движущимися частицами (Допплера).
- 9 Меточные расходомеры (с тепловыми, ионизационными, магнитными, концентрационными, турбулентными метками), основанные на измерении скорости или состоянии метки при прохождении ее между двумя фиксированными сечениями потока.

## **5.2. Расходомеры переменного перепада давления. Принцип действия**

Принцип действия расходомеров данного типа, объединенных единым методом измерений, основан на измерении перепада давления, образующегося в результате местного изменения скорости потока жидкости, газа или пара. Метод переменного перепада давления - один из наиболее старых и изученных методов измерения расхода. Возможность косвенной градуировки и поверки стандартизованных первичных преобразователей - сужающих устройств, реализующих метод, их простота и надежность, серийный выпуск вторичных преобразователей - дифманометров обусловило его широкое использование в практике промышленных измерений расхода.

Данный метод измерения расхода основан на зависимости перепада давления в неподвижном сужающем устройстве (СУ), устанавливаемом в трубопроводе, от расхода измеряемой среды. Это устройство следует рассматривать как первичный преобразователь расхода. Создаваемый в сужающем устройстве перепад давления измеряется дифманометром, который может быть показывающим со шкалой в единицах расхода. При необходимости дистанционной передачи показаний дифманометр снабжается преобразователем,

который линией связи соединяется с вторичным прибором и другими устройствами. Данный метод в основном используется для измерения расхода пара, газа, жидкостей в трубопроводах диаметром свыше 300 мм.

Рассматриваемый принцип измерения заключается в том, что при протекании потока через отверстие сужающего устройства повышается скорость потока по сравнению со скоростью до сужения. Увеличение скорости, а, следовательно, и кинетической энергии вызывает уменьшение потенциальной энергии и статического давления. Расход может быть определен при известной градуировочной характеристике по перепаду давления на сужающем устройстве, измеренному дифманометром. Использование рассматриваемого метода измерения требует выполнения определенных условий:

Сужающие устройства условно подразделяются на стандартные, специальные и нестандартные. Стандартными называются сужающие устройства, которые рассчитаны, изготовлены и установлены в соответствии с руководящими нормативными документами. К числу специальных относятся стандартные диафрагмы для трубопроводов с внутренним диаметром менее 50 мм. Сужающие устройства, не относящиеся к этим двум группам, называются нестандартными. Градуировочная характеристика стандартных сужающих устройств определяется с помощью расчетов без индивидуальной градуировки. Этот момент обусловил широкое применение данного метода для измерения расходов воды, пара, газа в трубопроводах больших диаметров. Градуировочные характеристики нестандартных сужающих устройств определяются в результате индивидуальной градуировки.

Данному методу присущи следующие недостатки:

- узкий динамический диапазон, не превышающий трех-пяти при использовании одного дифманометра;
- диаметр трубопровода должен быть более 50 мм, в противном случае необходима индивидуальная градуировка;
- значительные длины линейных участков;
- наличие потери давления.



### 5.3. Тахометрические счетчики и расходомеры

Тахометрическими называются расходомеры, в которых скорость движения рабочего тела пропорциональна объемному расходу измеряемой среды. В большинстве случаев рабочее тело - преобразователь расхода (крыльчатка, турбинка, шарик и т.п.) под воздействием потока вращается. В зависимости от устройства рабочего тела тахометрические расходомеры подразделяются на крыльчатые, турбинные, шариковые, камерные, кольцевые и др.

Тахометрические преобразователи расхода могут использоваться как в счетчиках количества, так и в расходомерах. В первом случае преобразователь расхода (например, турбинка) связан со счетным механизмом. Тахометрические расходомеры содержат электрические тахометрические преобразователи частоты вращения чувствительного элемента в электрический сигнал, измеряемый затем вторичным прибором. Электрические преобразователи скорости оказывают незначительное тормозящее действие на подвижный элемент (по сравнению с механической передачей в счетчиках), в силу чего точность тахометрических расходомеров выше точности счетчиков с механическим редуктором. Тахометрические приборы измеряют объемные расходы. При необходимости измерения массовых расходов они должны снабжаться либо измерителями температуры и давления, либо плотномерами, вычислительными устройствами.

Тахометрические расходомеры применяются для измерения расхода различных жидкостей (реже газов), причем некоторые их разновидности могут использоваться на загрязненных жидкостях. Наиболее широко эти расходомеры используются в коммунальном хозяйстве для учета индивидуального потребления горячей и холодной воды, газа.

Крыльчатые и турбинные расходомеры применяются для измерения расхода различных жидкостей за исключением очень вязких и загрязненных, поскольку для них важной является смазывающая способность измеряемой среды. Для измерения расхода газа турбинные расходомеры применяются реже. Это связано с тем, что из-за малой плотности газа достаточно большой вращающий момент получается только при больших расходах, что уменьшает диапазон измерения расходомера и повышает порог чувствительности. Кроме того, в газовой среде ускоряется износ подшипников.

При диаметрах трубопроводов от 15 до 40 мм применяются крыльчатые расходомеры, а от 50 до 250 мм - турбинные. В расходомерах частота вращения турбинки, пропорциональная объемному расходу, с помощью тахометрического преобразователя преобразуется в частоту импульсов выходного сигнала. При известной цене импульса их суммарное число определяет объемный расход на интервале времени. Импульсный сигнал с помощью специальной схемы преобразуется в аналоговый выходной сигнал.

## 5.4 Электромагнитные расходомеры

Принцип действия электромагнитных расходомеров основан на законе электромагнитной индукции, в соответствии с которым в электропроводной жидкости, пересекающей магнитное поле, индуцируется ЭДС, пропорциональная скорости движения жидкости. Серийные электромагнитные расходомеры предназначены для измерения расхода жидкостей с электропроводностью не менее  $10^3$  См/м (соответствует электропроводности водопроводной воды). Имеются специальные расходомеры, позволяющие измерять расход жидкостей с электропроводностью до  $10^5$  См/м. В настоящее время электромагнитные расходомеры распространены для измерения расхода воды в трубопроводах диаметром менее 250 мм. Это объясняется их следующими свойствами:

- показания не зависят от вязкости и плотности среды;
- динамический диапазон достигает 100 и более;
- преобразователи расхода являются безынерционными;
- они не имеют частей, выступающих внутрь трубы, и, таким образом, не создают потери давления;
- влияние местных сопротивлений значительно меньше, чем у других расходомеров, поэтому требуемая длина прямых участков для них минимальная;
- электромагнитные расходомеры применяются на трубопроводах диаметром от 2 до 4000 мм;
- электромагнитные расходомеры могут быть использованы в ряде случаев, когда применение расходомеров других типов затруднено или невозможно вовсе: при измерении расхода агрессивных, абразивных и вязких жидкостей, пульп, жидких металлов.

К числу недостатков электромагнитных расходомеров следует отнести требования к минимальному значению электропроводности измеряемой среды, что сужает круг использования таких расходомеров. Другой недостаток расходомеров - низкий уровень информативного сигнала (мкВ) и необходимость тщательной защиты преобразователя и линий связи от внешних помех.

## 5.5. Ультразвуковые расходомеры

Принцип действия ультразвуковых расходомеров основан на измерении зависящего от расхода того или иного акустического эффекта, возникающего при прохождении ультразвуковых колебаний через контролируемый поток жидкости или газа.

В последнее время используются две разновидности ультразвуковых расходомеров: расходомеры, основанные на перемещении ультразвуковых колебаний движущейся средой и доплеровский. Наибольшее распространение получила первая группа приборов. В таких расходомерах ультразвуковые колебания, создаваемые пьезоэлементами, направляются по потоку жидкости и против него. Разность времен прохождения ультразвуковыми импульсами

расстояния между излучателем и приемником по потоку и против потока пропорциональна скорости потока, т.е. скорость ультразвука относительно стенок трубы зависит от скорости потока. Основные трудности использования ультразвукового метода связаны с тем, что скорость ультразвука в среде зависит от физико-химических свойств последней: температуры, давления, и она значительно больше скорости среды, так что действительная скорость ультразвука в движущейся среде мало отличается от скорости в неподвижной среде. Разность времени прохождения достаточно мала и это обстоятельство обуславливает необходимость применения сложных электронных схем в сочетании с микропроцессорной техникой, обеспечивающих компенсацию влияния различных факторов.

Некоторые типы современных приборов и устройств для измерений расхода приведены на рисунках 5.1...5.19.

## Расходомеры — новые приборы от НПП «ЭЛЕМЕР»

### Электромагнитные расходомеры

#### FLONET FN20XX.1



Регистрационный № 52848-13

Измерение текущего и суммарного расхода электропроводных жидкостей в энергетике, ЖКХ, химической и пищевой промышленности.

- Размерный ряд — DN6...DN900
- Максимальное давление — 0,6...4 МПа
- Максимальная температура измеряемой среды — 150 °С
- Погрешность измерений — от  $\pm 0,2\%$
- Компактное и разнесенное исполнения
- Материалы футеровки: техническая резина, PTFE (тефлон), ECTFE (этиленхлортрифторэтилен), фторопласт
- Материалы электродов: нержавеющая сталь, Хастеллой С-4, платина, тантал, титан
- Технические особенности: функция дозирования, определение «сухой трубы», автоматическая очистка сенсоров, определение направления потока, установка нуля
- Виды присоединений: фланцевое, бесфланцевое (сэндвич)
- Класс пылевлагозащиты — до IP68
- Напряжение питания: ~24, 220 В, 50 Гц; =24 В
- Интерфейсы: RS-232, RS-485
- Выходные сигналы: частотный, импульсный, токовый, реле
- Климатическое исполнение: -5...+55 °С
- Гарантийный срок — 2 года

#### FLONET FF10XX.1



Регистрационный № 52848-13

Измерение текущего и суммарного расхода электропроводных жидкостей в пищевой и химической промышленности.

- Размерный ряд — DN10...DN100, ½...2½ " (Clamp)
- Максимальное давление — 1 МПа.
- Максимальная температура измеряемой среды — 150 °С.
- Погрешность измерений — от  $\pm 0,2\%$
- Компактное и разнесенное исполнения
- Материалы электродов: Хастеллой С-4, платина, тантал, титан
- Материал футеровки: PTFE или без футеровки
- Виды присоединений: Clamp (по DIN 32676), Tri Clamp (Tri Clover), резьбовые соединения для пищевых применений (по DIN 11851)
- Технические особенности: функция дозирования, автоматическая очистка электродов, определение направления потока, установка нуля, определение «сухой трубы»
- Класс пылевлагозащиты — до IP68
- Напряжение питания: ~24, 220 В, 50 Гц; =24 В
- Интерфейсы: RS-232, RS-485
- Выходные сигналы: частотный, импульсный, токовый, реле
- Климатическое исполнение: -5...+55 °С
- Гарантийный срок — 2 года

#### FLONET FH10XX



Регистрационный № 52848-13

Измерение текущего и суммарного расхода электропроводных жидкостей в энергетике, ЖКХ, химической, пищевой промышленности и т.д.

- Размерный ряд — DN6...DN900
- Максимальное давление — 0,6...4 МПа
- Максимальная температура измеряемой среды — 150 °С
- Погрешность измерений — от  $\pm 0,3\%$
- HART-протокол
- Компактное и разнесенное исполнения
- Материалы электродов: Хастеллой С-4, платина, тантал, титан, нержавеющая сталь
- Материал футеровки: техническая резина, ECTFE (этиленхлортрифторэтилен), PTFE (тефлон), фторопласт
- Виды присоединений: фланцевое, бесфланцевое (сэндвич)
- Технические особенности: определение направления потока, установка нуля
- Класс пылевлагозащиты — до IP67
- Напряжение питания: ~24, 115, 220 В, 50 Гц; =24 В
- Интерфейсы: RS-232, RS-485
- Выходные сигналы: импульсный, токовый
- Климатическое исполнение: -20...+60 °С
- Гарантийный срок — 2 года

25

Рисунок 5.1 Расходомеры.

## Расходомеры — новые приборы от НПП «ЭЛЕМЕР»

### Электромагнитные расходомеры

#### FLONET FS10XX



Регистрационный № 52848-13

Измерение текущего и суммарного расхода электропроводных жидкостей с абразивными включениями.

- Размерный ряд — DN150...DN450
- Максимальное давление — 1...1,6 МПа
- Максимальная температура измеряемой среды — 150 °С
- Погрешность измерений — от ±0,5 %
- HART-протокол
- Компактное и разнесенное исполнения
- Материалы электродов: нержавеющая сталь, Хастеллой С-4
- Футеровка из износостойкого материала (макс. износ — 5 см<sup>2</sup> / 50 см<sup>2</sup> по DIN 52108)
- Виды присоединений: фланцевое, бесфланцевое (сэндвич)
- Класс пылевлагозащиты — до IP67
- Напряжение питания: ~220 В, 50 Гц; =10...30 В
- Интерфейсы: RS-232, RS-485
- Выходные сигналы: частотный, импульсный, токовый
- Климатическое исполнение: -40...+70 °С
- Гарантийный срок — 2 года

### Ультразвуковые расходомеры

#### SONOELIS SE404X, SONOELIS SE406X



Регистрационный № 52847-13

Измерение текущего и суммарного расхода электропроводящих, непроводящих и агрессивных жидкостей в различных отраслях промышленности.

- Варианты исполнения: 1-лучевое (SONOELIS SE404X), 2-лучевое (SONOELIS SE406X)
- Размерный ряд — DN32...DN300
- Максимальное давление — 1,6...4 МПа
- Максимальная температура измеряемой среды — 150 °С (180 °С — опция для разнесенного исполнения)
- Погрешность измерений — от ±0,5 %
- Компактное и разнесенное исполнения
- Скорость течения жидкости — 0,1...10 м/с
- Технические особенности: функция определения направления потока, учет накопленного расхода, установка нуля
- Фланцевое присоединение к процессу
- Класс пылевлагозащиты — до IP67
- Напряжение питания: ~220 В, 50 Гц, (+ резервный источник питания 3 В)
- Интерфейсы: RS-485
- Выходные сигналы: частотный, импульсный, токовый, реле
- Климатическое исполнение: +5...+55 °С
- Гарантийный срок — 2 года

26

#### SONOELIS SE4015, SONOELIS SE4025



Регистрационный № 52847-13

Измерение текущего и суммарного расхода электропроводящих, непроводящих и агрессивных жидкостей в различных отраслях промышленности.

- Варианты исполнения: 1-лучевое (SONOELIS SE4015), 2-лучевое (SONOELIS SE4025)
- Размерный ряд — DN200...DN900
- Максимальное давление — 1...2,5 МПа (SE4015T — до 25 МПа)
- Максимальная температура измеряемой среды — 150 °С (180 °С — опция)
- Погрешность измерений — от ±0,5 %
- Разнесенное исполнение
- Скорость течения жидкости — 0,1...10 м/с
- Технические особенности: функция определения направления потока, учет накопленного расхода, установка нуля
- Фланцевое присоединение к процессу
- Класс пылевлагозащиты — до IP68
- Напряжение питания: ~220 В, 50 Гц, (+ резервный источник питания 3 В)
- Интерфейсы: RS-485
- Выходные сигналы: частотный, импульсный, токовый, реле
- Климатическое исполнение: 0...+55 °С
- Гарантийный срок — 2 года

Рисунок 5.2 Расходомеры (продолжение).

## Расходомеры — новые приборы от НПП «ЭЛЕМЕР»

### Ультразвуковые расходомеры

#### SONOELIS SE804X, SONOELIS SE806X



Регистрационный № 52847-13

Измерение текущего и суммарного расхода электропроводящих, непроводящих и агрессивных жидкостей в различных отраслях промышленности.

- Варианты исполнения: 1-лучевое (SONOELIS SE804X), 2-лучевое (SONOELIS SE806X)
- Размерный ряд — DN200...DN1200
- Максимальное давление — 0,6...4 МПа
- Максимальная температура измеряемой среды — 150 °С (180 °С опция)
- Погрешность измерений — от ±1 %
- Разнесенное исполнение
- Скорость течения жидкости — 0,1...10 м/с
- Технические особенности: функция определения направления потока, учет накопленного расхода, установка нуля
- Присоединение к процессу с помощью приварных датчиков
- Класс пылевлагозащиты — до IP68
- Напряжение питания: ~220 В, 50 Гц, (+ резервный источник питания 3В)
- Интерфейсы: RS-485
- Выходные сигналы: частотный, импульсный, токовый, реле
- Климатическое исполнение: +5...+55 °С
- Гарантийный срок — 2 года

#### SONOELIS SE409X



Регистрационный № 52847-13

Измерение текущего и суммарного расхода электропроводящих, непроводящих и агрессивных жидкостей в различных отраслях промышленности.

- Размерный ряд — DN18...DN43
- 1-лучевое исполнение
- Максимальное давление — 1,6 МПа
- Максимальная температура измеряемой среды — 130 °С
- Погрешность измерений — от ±0,5 %
- Разнесенное исполнение
- Скорость течения жидкости: 0,1...10 м/с
- Технические особенности: функция определения направления потока, учет накопленного расхода, установка нуля
- Присоединение к процессу: наружная резьба G¾", G1" G1¼", G1½", G2"
- Класс пылевлагозащиты — до IP65
- Напряжение питания: ~220 В, 50 Гц, (+ резервный источник питания 3 В)
- Интерфейсы: RS-485
- Выходные сигналы: частотный, импульсный, токовый, реле
- Климатическое исполнение: +5...+55 °С
- Гарантийный срок — 2 года

27

### Ультразвуковые водомеры

#### FLOMIC FL5024, FLOMIC FL5044



Регистрационный № 52849-13

Измерение текущего и суммарного расхода воды.

- Размерный ряд — DN32...DN200
- Варианты исполнения: 1-лучевое (FLOMIC FL5024), 2-лучевое (FLOMIC FL5044)
- Максимальное давление — 1,6 МПа
- Максимальная температура измеряемой среды — 50 °С
- Метрологические характеристики — ISO 4064-1 класс В
- Компактное исполнение
- Технические особенности: функция измерения давления, учет накопленного расхода, установка нуля, определение направления потока (опция)
- Фланцевое присоединение к процессу
- Архивирование данных
- Класс пылевлагозащиты — до IP68
- Литиевый источник питания — 3,6 В, 19 Ач (срок службы 8 лет)
- Интерфейсы: RS-232, оптический, GSM (опция)
- Выходные сигналы: импульсный, токовый
- Климатическое исполнение: +5...+55 °С
- Гарантийный срок — 2 года

Рисунок 5.3 Расходомеры (продолжение)

## Расходомеры — новые приборы от НПП «ЭЛЕМЕР»

### Ультразвуковые расходомеры

#### FLOMIC FL5034, FLOMIC FL5054



Регистрационный № 52849-13

Измерение текущего и суммарного расхода проводящих и непроводящих жидкостей в различных отраслях промышленности и энергетики.

- Размерный ряд — DN32...DN300
- Варианты исполнения: 1-лучевое (FLOMIC FL5034), 2-лучевое (FLOMIC FL5054)
- Максимальное давление — 1,6...4 МПа
- Максимальная температура измеряемой среды — 50 °С
- Метрологические характеристики — ISO 4064-1 класс В
- Компактное исполнение
- Технические особенности: функция измерения давления, учет накопленного расхода, установка нуля, определение направления потока (опция)
- Фланцевое присоединение к процессу
- Архивирование данных
- Класс пылевлагозащиты — до IP68
- Литиевый источник питания — 3,6 В/19 Ач (срок службы 8 лет)
- Интерфейсы: RS-232, RS-232 + USB устройство, оптический, GSM (опция)
- Выходные сигналы: импульсный, токовый
- Климатическое исполнение: +5...+55 °С
- Гарантийный срок — 2 года



#### FLOMIC FL3005



Регистрационный № 52849-13

Измерение текущего и суммарного расхода проводящих и непроводящих жидкостей в различных отраслях промышленности и энергетики.

- Размерный ряд — DN200...DN2000
- 1-лучевое исполнение
- Максимальное давление — 4 МПа
- Максимальная температура измеряемой среды — 150 °С
- Погрешность — от ±2 %
- Разнесенное исполнение
- Технические особенности: учет накопленного расхода, установка нуля
- Присоединение к процессу — с помощью врезки сенсоров
- Архивирование данных
- Класс пылевлагозащиты — до IP65 (IP68 опция).
- Литиевый источник питания — 3,6 В, 16 Ач (срок службы 4 года)
- Интерфейсы: RS-232, M-bus, оптический, GSM (опция)
- Выходные сигналы: импульсный, токовый
- Климатическое исполнение: +5...+55 °С
- Гарантийный срок — 2 года



#### FLOMIC FL3085



Регистрационный № 52849-13

Измерение текущего и суммарного расхода проводящих и непроводящих жидкостей в различных отраслях промышленности и энергетики.

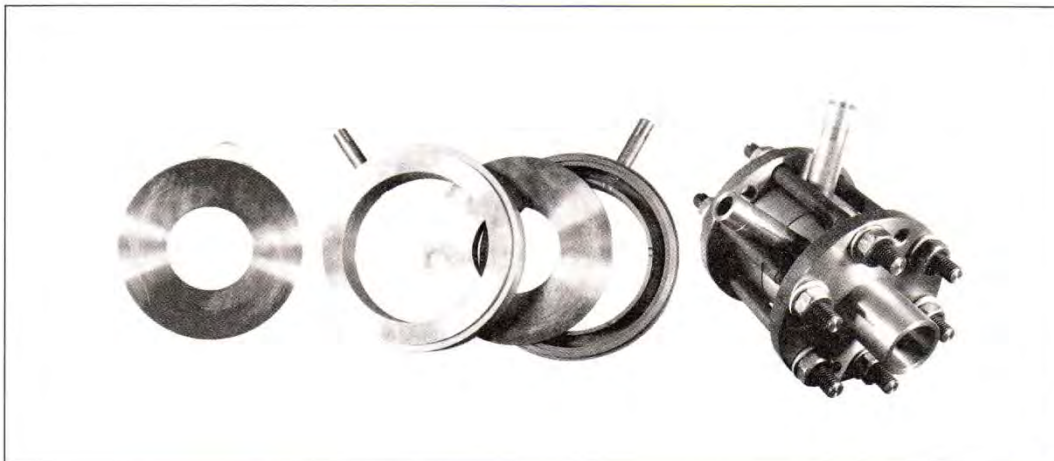
- Размерный ряд — DN200...DN900
- 1-лучевое исполнение
- Максимальное давление — 1...2,5 МПа
- Максимальная температура измеряемой среды — 150 °С
- Погрешность — от ±1 %
- Разнесенное исполнение
- Технические особенности: учет накопленного расхода, установка нуля
- Фланцевое присоединение к процессу
- Архивирование данных
- Класс пылевлагозащиты — до IP65 (IP68 опция)
- Литиевый источник питания — 3,6 В, 16 Ач (срок службы 4 года)
- Интерфейсы: RS-232, M-bus, оптический, GSM (опция)
- Выходные сигналы: импульсный, токовый
- Климатическое исполнение: 0...+50° С
- Гарантийный срок — 2 года



Рисунок 5.4 Расходомеры (продолжение).

## Расходомерные диафрагмы

по ГОСТ 8.586-2005, МИ 2638-2001, РД50-411



- Диаметр условного прохода трубопровода Ду: от 20 до 1000 мм в зависимости от типа и исполнения диафрагмы
- Условное давление в трубопроводе Р<sub>у</sub> до 10 МПа
- Надежность конструкции
- Беспроводная поверка в любом региональном центре стандартизации и метрологии
- Межповерочный интервал - 1 год

Расходомерные диафрагмы предназначены для измерения расхода жидкостей, пара, газов методом переменного перепада давления в комплекте с датчиками разности давлений, а также с датчиками избыточного (абсолютного) давления, датчиками температуры и вычислителем.

Рисунок 5.5 Расходомерные диафрагмы.



В зависимости от конструкции, износостойчивости, способа установки, условного давления  $P_u$  и диаметра условного прохода трубопровода  $D_u$  диафрагмы подразделяются на:

1. **ДКС** по ГОСТ 8.586-2005 - диафрагма камерная стандартная, устанавливаемая во фланцах трубопровода.
2. **ДБС** по ГОСТ 8.586-2005 - диафрагма бескамерная стандартная, устанавливаемая во фланцах трубопровода.
3. **ДФК** (разработана по типу ДКС для  $D_u < 50$  мм) - диафрагма фланцевая, камерная, имеет оригинальную конструкцию, которая позволяет сочетать камерный способ отбора давления и фланцевое соединение.

**4. Специальные диафрагмы по РД 50-411:**

Специальные исполнения диафрагм ДКС, ДБС, ДФК в зависимости от  $D_u$  приведены в табл.1.

Таблица 1

Специальное исполнение	D <sub>у</sub> , мм				
	20...40	50...100	30...40	50...500	300...1000
С коническим входом	ДФК	ДКС	-	-	-
Износостойчивые (стандартные со снятой фаской по входной кромке)	-	-	ДФК	ДКС	ДБС

**СПОСОБЫ ОТБОРА ДАВЛЕНИЯ**

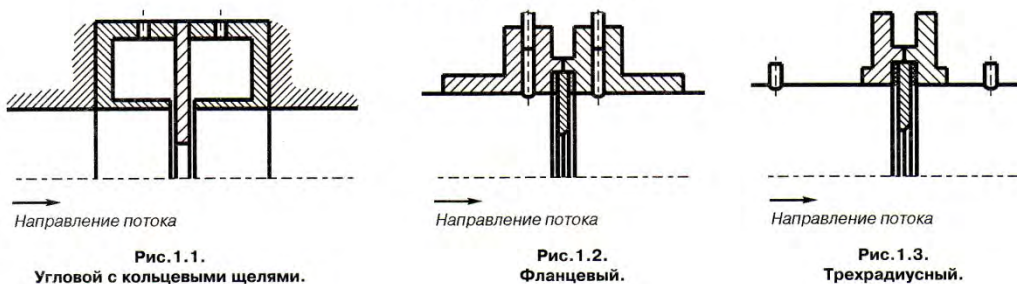


Таблица 2

Тип диафрагмы	Способ отбора давления		
	Угловой с кольцевыми щелями	Фланцевый	Трехрадиусный
ДКС	+	-	-
ДБС	+	+	+
ДФК	+	-	-
Достоинства способа	Удобство применения - не нужно сверлить стенку трубопровода	Диаметры отверстий для отбора давления существенно больше по сравнению с угловым способом, поэтому влияние шероховатости и вероятность засорения гораздо ниже	
Недостатки способа	Очень малые диаметры отверстий для отбора давления, поэтому велика вероятность засорения и велико влияние шероховатости	-	Необходимость дополнительного сверления 2-х отверстий в стенке трубопровода

Рисунок 5.6 Расходомерные диафрагмы (продолжение).

## Расходомеры на базе ОНТ Annubar Метран-350, Probar, MassProbar



- Измеряемые среды: жидкость, газ, пар
- Температура измеряемой среды:  
-40...400°C - интегральный монтаж датчика,  
-187...677°C - удаленный монтаж датчика
- Избыточное давление в трубопроводе до 25 МПа
- Диаметр условного прохода Ду 12,5...1800 мм и более
- Пределы измерений расхода рассчитываются для конкретного техпроцесса
- Динамический диапазон от 5:1 до 14:1
- Пределы основной относительной погрешности измерений расхода до  $\pm 1\%$
- Выходной сигнал 4-20 мА/HART
- Наличие взрывозащищенного исполнения
- Межповерочный интервал - 2 года
- Внесены в Госреестр средств измерений под №25407-05, сертификат №21682/1 (Метран-350); №27144-04, сертификат №17984 (Rosemount MassProbar); №2010-04, сертификат №17983 (Rosemount Probar)

Расходомеры на базе осредняющей напорной трубки Annubar предназначены для измерения расхода жидкости, газа, пара в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности, а также в системах технологического и коммерческого учета.

- Основные преимущества:
- многопараметрические измерения и вычисление расхода;
  - установка в трубопровод через одно отверстие;
  - возможность установки в трубопровод без сброса давления (конструкция Flo-Tap);
  - минимальная вероятность утечек измеряемой среды благодаря интегральной конструкции;
  - низкие потери давления по сравнению с большинством других расходомеров;
  - существенное снижение стоимости монтажа и обслуживания благодаря особенности конструкции Annubar;
  - легкость взаимодействия с существующими АСУТП или вычислителями расхода посредством интеллектуального протокола коммуникаций HART;
  - простота перенастройки динамического диапазона;
  - высокая надежность, отсутствие движущихся частей.

[www.metran.ru](http://www.metran.ru)

Россия, 454138, Челябинск, Комсомольский проспект, 29, а/я 11608  
т.(351) 247-1-555, 247-16-02, 798-85-10; ф.247-16-67. info.metran@emerson.com

Рисунок 5.7 Расходомеры Метран – 350.

### УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Принцип действия расходомеров основан на измерении расхода среды (жидкости, газа, пара) методом переменного перепада давления с использованием осредняющей напорной трубки (далее ОНТ) Annubar.

**ОНТ Annubar 485** (рис.1) представляет собой погружную конструкцию, использующую в основе профиль Т-образной формы. Такая конструкция применяется для измерения расхода в трубах с Ду от 50 до 1800 мм. и выше (спецаказ).

Annubar 485 устанавливается фронтальной частью навстречу потоку, пересекая его по всему сечению. В центре фронтальной поверхности профиля, по всей его длине симметрично относительно центра оси трубопровода располагаются щелевидные пазы, осредняющие скорость потока измеряемой среды и воспринимающие давление торможения, которое передается в «плюсовую» камеру р1. Важно то, что благодаря замене точечных отверстий щелевидными пазами, осреднение скорости стало более полным и точным, а сама ОНТ меньше засоряется.

Фронтальная часть профиля Т-образной формы широкая и плоская, поэтому точка отрыва потока более стабильна (значит, стабильнее сигнал перепада давления), а зона повышенного давления перед профилем более обширна. В результате, сигнал давления, передаваемый камерой р1 на измерительную мембрану датчика, на Т-образном профиле выше, чем на других формах профилей при том же расходе.

По всей длине Annubar 485 с тыльной стороны профиля расположены отверстия, воспринимающие давление разрежения, которое передается в «минусовую» камеру р2. Благодаря вогнутости тыльной стороны Т-образного профиля, мертвые зоны за ним также больше, чем на других профилях ОНТ. Следовательно, сигнал давления, передаваемый камерой р2, ниже при том же расходе.

В итоге, сигнал перепада давления  $\Delta p = p_1 - p_2$  на ОНТ Annubar 485 выше и стабильнее при том же значении расхода (рис.4, 5). Благодаря этому, с помощью Annubar 485 мы можем измерять те расходы, которые другие профили «почувствовать» не могут.

В конструкции Annubar 485 предусмотрена гильза для установки термопреобразователя ТСП Pt 100, что обеспечивает измерение температуры процесса без дополнительной врезки в трубопровод.

**ОНТ Annubar DNF+10** (рис.2) представляет собой готовую калиброванную трубную секцию с фланцами и встроенной в нее ОНТ Annubar DNF+10. Такая конструкция применяется для измерения расхода в трубах с Ду от 15 до 50 мм. В данном случае ОНТ Annubar - это две отдельные напорные трубочки, сваренные в трубную секцию. «Плюсовая» камера р1 изготовлена в виде круглой трубочки с отверстиями на фронтальной части по потоку по всей длине трубки. «Минусовая» камера р2 ромбовидной формы с отверстиями на тыльной грани. В случае необходимости, термопреобразователь сопротивления ТСП Pt100 поставляется установленным в калиброванную секцию. Принцип работы Annubar DNF+10 аналогичен работе Annubar 485.

**ОНТ Annubar MSR/MSL** (рис.3) представляет собой цельный массивный профиль ромбовидной формы с отверстиями по всей длине профиля, расположенными симметрично относительно оси трубопровода и камерами р1 и р2, просверленными внутри профиля. Отверстия расположены на передней и задней гранях ОНТ. Гильза для установки ТСП Pt 100 в данном типе профилей не предусмотрена. В случае необходимости ТСП устанавливается отдельной врезкой в трубопровод. Принцип работы профиля MSR/MSL аналогичен работе Annubar 485, однако цельнометаллическая конструкция позволяет использовать данный профиль в тех. процессах с очень высокими значениями давлений и температур.

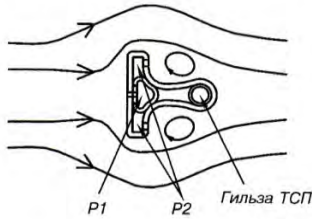


Рис.1. ОНТ Annubar 485.

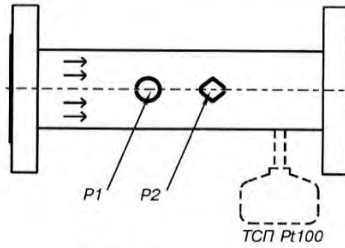


Рис.2. ОНТ Annubar DNF+10.

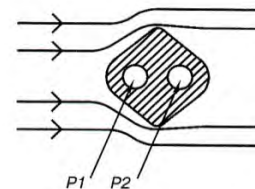


Рис.3. ОНТ Annubar MSR/MSL.

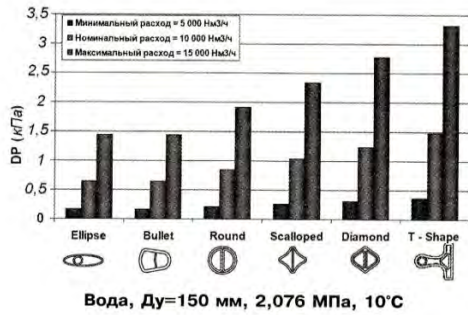


Рис.4. Сигнал перепада давления.

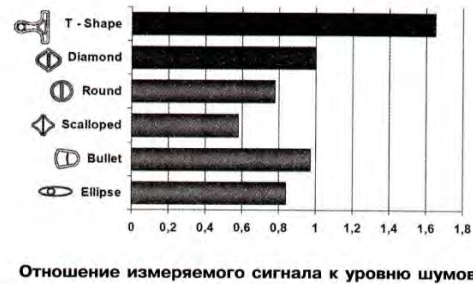


Рис.5. Стабильность сигнала.

### Рисунок 5.8 Расходомеры Метран – 3 (продолжение).

## УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Принцип действия расходомеров основан на измерении расхода среды (жидкости, газа, пара) методом переменного перепада давления.

Расходомеры состоят из компактной диафрагмы Rosemount 405 и датчика разности давлений Rosemount 3051S (для расходомера Rosemount 3051SFC) или многопараметрического датчика Rosemount 3095MV (для расходомера Rosemount 3095MFC).

Компактная диафрагма Rosemount 405 представляет собой жесткую неразборную конструкцию, состоящую из собственно диска измерительной диафрагмы с угловым отбором давления, кольцевых камер, удлинителя, а также монтируемых на удлинителе вентильного блока (для интегрального датчика) либо переходников (для подсоединения датчика импульсными линиями). Диафрагма 405 зажимается между фланцами трубопровода. Также в комплекте поставляется полукольцо для центровки компактной диафрагмы между болтами стандартных фланцев. Материал диафрагмы и вентильного блока - нержавеющая сталь 316.

Компактные диафрагмы Rosemount серии 405 выпускаются 2-х моделей 405C и 405P.

**Компактная стабилизирующая диафрагма Rosemount 405C** имеет четыре отверстия, расположенные симметрично относительно оси трубопровода. Измеряемая среда, проходя через отверстия, перемешивается. Это приводит к осреднению скорости потока, что позволяет значительно сократить прямые участки трубопровода (до 2Dy до расходомера и 2Du после независимо от типа местного сопротивления). Одновременно обеспечивается высокая повторяемость создаваемого перепада давления и, как следствие, высокая точность измерения расхода.

**Компактная стандартная диафрагма Rosemount 405P** имеет одно отверстие.

Диафрагмы 405C и 405P изготавливаются нескольких типоразмеров (Dy 15...200 мм) и с разными значениями коэффициента β-отношения диаметра отверстия (для 405C - двух диаметров отверстия) к внутреннему диаметру.

**Датчик 3051S** обеспечивает:

- измерение создаваемого диафрагмой перепада давления;
- передачу сигнала, соответствующего перепаду давления (если выходная функция датчика линейная) или сигнала, соответствующего объемному расходу, не приведенному к

стандартным условиям (если выходная функция датчика корнеизвлекающая);

- выходной сигнал датчика 4-20 мА/HART;
- показания расхода на ЖК-индикаторе (опция).

Датчики 3051S имеют три исполнения электроники: Classic, Ultra, Ultra for flow.

**Многопараметрический датчик Rosemount 3095MV** обеспечивает:

- **измерение** создаваемого на диафрагме перепада давления;
- **измерение** абсолютного давления измеряемой среды;
- **прием** сигнала температуры измеряемой среды (при этом необходима отдельная встройка в трубопровод ТСП типа Pt100);
- **вычисление** мгновенного массового расхода или объемного расхода, приведенного к стандартным условиям по ГОСТ 2939-63 (су 20°C; 101, 325 кПа);
- вычисление количества измеряемой среды (функция счетчика);
- выходной сигнал датчика 4-20 мА/HART;
- показания и передача сигналов, соответствующих расходу, количеству, перепаду давления, избыточному и/или абсолютному давлению, температуре измеряемой среды.

Датчики 3095MV имеют два исполнения электроники: стандартное, Ultra for flow.

**Модели расходомеров на базе компактных диафрагм**

Таблица 1

Модель расходомера	Модель компактной диафрагмы	Модель датчика
3051SFCC	405C	3051S
3051SFCP	405P	
3095MFCC	405C	3095MV
3095MFCP	405P	

Все расходомеры имеют встроенную систему самодиагностики.

Датчики Rosemount 3051S и 3095MV могут монтироваться непосредственно на диафрагмах (интегральный монтаж) или отдельно с помощью импульсных линий (удаленный монтаж).

## ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

В зависимости от свойств измеряемой среды, параметров технологического процесса и диаметра трубопровода расходомеры Rosemount 3051SFC и 3095 MFC могут измерять расход от нескольких л/ч (кг/ч) до тысяч м³/ч (т/ч). Расчет модели расходомера, с учетом данных техпроцесса и требований Заказчика, производится в специализированной программе Toolkit (Rosemount) согласно информации опросного листа.

### ● Перечень измеряемых сред

Таблица 2

1,1,2,2-тетрафлуорэтан	1-пентен	Ацетон	Метанол	Фенол
1,1,2-трихлорэтан	1-ундеканол	Ацетонитрил	Метил акрилат	Флуорен
1,2,4-трихлорбензол	2,2-диметилбутан	Бензальдегид	Метил виниловый эфир	Фуран
1,2-бутадиен	2-метил-1-пентен	Бензиловый спирт	Метил этил кетон	Хлорин
1,3,5-трихлорбензол	m-дихлорбензол	Бензол	Монокись углерода	Хлористый водород
1,3-бутадиен	m-хлоронитро-бензол	Бифенил	Неон	Хлоротрифлуорэтилен
1,4-гексадиен	n-бутан	Винил ацетат	Неопентан	Хлоропропен
1,4-диоксан	n-бутанол	Винил хлорид	Нитробензол	Цианид водорода
1-бутен	n-бутуральдегид	Винил циклогексан	Нитрометан	Циклогексан
1-гексадеканол	n-бутуронитрил	Вода	Нитроэтан	Циклогептан
1-гексен	n-гексан	Водород	Оксид этилена	Циклопентан
1-гептан	n-гептадекан	Воздух	Оксид азота	Циклопентин
1-гептанол	n-гептан	Гелий-4	Пентафлуорэтан	Циклопропан
1-деканал	n-декан	Гидразин	Перекись водорода	Четыреххлористый
1-деканол	n-додекан	Двуокись серы	Пирен	углерод
1-децен	n-октан	Двуокись углерода	Природный газ	Этан
1-додеканол	n-пентан	Дивиниловый эфир	Пропилен	Этанол
1-додецен	Азот	Закись азота	Пропан	Этиламин
1-нонанал	Азотная кислота	Изобутан	Пропилен	Этилбензол
1-нонанол	Акрилонитрил	Изобутил бензол	Сернистый водород	Этилен
1-октанол	Аллиловый спирт	Изопентан	Стирен	Этилен гликоль
1-октен	Аммоний	Изопрен	Толуол	
1-пентадеканол	Аргон	Изопропанол	Трихлорэтилен	
1-пентанол	Ацетилен	Метан	Уксусная кислота	

Рисунок 5.9 Расходомеры Метран – 3 (продолжение).

## Преобразователь расхода вихреакустический Метран-300ПР



- Измеряемые среды: вода (теплофикационная, питьевая, техническая, дистиллированная и т.п.), водные растворы, кроме абразивных, вязкостью до  $2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  (2 сСт)
- Диапазон температур измеряемой среды 1...150°C
- Избыточное давление измеряемой среды до 1,6 МПа
- Диаметр условного прохода присоединяемого трубопровода 25...300 мм
- Пределы измерения расхода 0,18...2000 м<sup>3</sup>/ч
- Динамический диапазон 1:100
- Пределы относительной погрешности измерения объема до  $\pm 1,0\%$
- Выходные сигналы:
  - импульсные (базовые);
  - унифицированный токовый (опция) 0-5 или 0-20 или 4-20 мА;
  - цифровой интерфейс RS485/HART (опция);
  - 3-х-строчный ЖКИ (опция)
- Питание от источника пост.тока стабилизированным напряжением от 16 до 36 В
- Межповерочный интервал - 4 года
- ТУ 4213-026-12580824-96

**Применение:** в системах коммерческого учета тепловой энергии, ГВС, ХВС, а также для технологических измерений расхода воды и водных растворов в промышленности, в т.ч в составе АСУТП.

Используется в составе счетчика тепла Метран-400, выпускаемого ПГ "Метран", а также в составе счетчиков тепла, сертифицированных и производимых другими предприятиями (счетчики тепла СТД, ТСК-5, ТВМ-Вымпел, Эльф, Карат-ТМК.10, ТЭКОН-17Т, ТЭКОН-20К, ИМ2300Т).

Внесен в Госреестр средств измерений под №16098-02, сертификат №12877.

Санитарно-эпидемиологическое заключение №74.50.02.421.П.000996.07.05.

Сертификат соответствия "Газпромсерт" НГОО 00 RU.1109.H00028.

Разрешение Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору НРСС 00-18673.

Рисунок 5.10 Преобразователь расхода Метран – 300ПР.

## Расходомеры электромагнитные Rosemount 8700



- **Измеряемые среды:** электропроводные жидкости, имеющие минимальную электропроводность  $5 \cdot 10^{-4}$  См/м (для расходомера с датчиком 8707 минимальная электропроводность  $5 \cdot 10^{-3}$  См/м)
- **Диаметр условного прохода** 4...900 мм
- **Пределы основной относительной погрешности** до  $\pm 0,25\%$  (опция  $\pm 0,15\%$ )
- **Давление измеряемой среды** 0,05...4,00 МПа
- **Выходные сигналы:** 4-20 мА, HART, частотно-импульсный, Foundation Fieldbus
- **Наличие взрывозащищенного исполнения**
- **Фланцевые и бесфланцевые модели**
- **Интегральный или удаленный (до 300 м) монтаж преобразователя**
- **Внесен в Госреестр средств измерений под №15906/3**

Расходомеры электромагнитные серии Rosemount 8700 предназначены для измерений объемного расхода электропроводных жидкостей.

Используются в системах автоматического контроля и управления технологическими процессами в энергетике, химической, пищевой, бумажной и других отраслях промышленности, а также в системах коммерческого учета жидкостей.

Основные преимущества:

- применение для измерения расхода агрессивных сред;
- широкий размерный ряд;
- различные материалы электродов и футеровок;
- высокая точность измерений;
- отсутствие движущихся частей;
- малые потери давления.

Рисунок 5.11 Расходомеры электромагнитные.

## КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Расходомеры электромагнитные состоят из датчика расхода и преобразователя. Датчик расхода устанавливается непосредственно в трубопровод и представляет собой трубу, выполненную из нержавеющей или углеродистой стали, бесфланцевую или с фланцами. На трубе устанавливаются две катушки индуктивности (индуктор). При подаче на катушки тока возбуждения от электронного блока преобразователя создается магнитное поле, которое наводит в электропроводной жидкости, движущейся в трубе, ЭДС. Значение ЭДС, пропорциональное скорости движения жидкости, а, значит, и расходу, снимается с двух измерительных электродов, расположенных напротив друг друга в диаметральной плоскости трубы, подается в электронный блок преобразователя, где усиливается и обрабатывается, формируя выходные сигналы расходомера.

Внутренняя поверхность трубы футеруется неэлектропроводным материалом.

### Особенности составных частей расходомера:

#### I. Датчики расхода

**Фланцевые датчики расхода моделей 8705 и 8707 с индуктором повышенной мощности**

Dу от 15 до 900 мм.

Герметичный корпус гарантирует максимальную надежность, защищая все внутренние элементы и кабели от самых агрессивных сред.

**Бесфланцевые датчики расхода модели 8711**

Dу от 4 до 200 мм.

Бесфланцевая конструкция делает это изделие экономичной, компактной и легкой альтернативой фланцевым расходомерам. Центровочные кольца, поставляемые с каждым датчиком 8711, центрируют его на трубопроводе и упрощают установку.

**Датчик расхода модели 8721 для санитарных исполнений**

Dу от 15 до 100 мм.

Применяемые материалы отвечают санитарным требованиям. Присоединение на трубопровод: санитарные соединения Tri-Clamp, IDF, Cherry-Barrell I-Line и приварной ниппель.

#### II. Преобразователи

**Удаленно монтируемые преобразователи 8712D и 8712H**

Имеет легкий в использовании операторский интерфейс. 15-элементная клавиатура обеспечивает доступ к наиболее часто используемым функциям, а дисплей, состоящий из 2 строк по 20 знаков в каждой, ясно и четко отображает всю необходимую информацию. Вместе они обеспечивают быстрое и простое конфигурирование.

Преобразователь 8712D совместим со всеми датчиками расхода серии 8700 и датчиками расхода (кроме датчика расхода 8707) любого производителя.

Преобразователи 8712H в комплекте с датчиками расхода 8707 (с индуктором повышенной мощности) применяются для измерения расхода жидкостей в условиях повышенного уровня шума.

Выходные сигналы: цифровой протокол HART, аналоговый выходной сигнал 4-20 мА, частотно-импульсный выходной сигнал 0-10000 Гц (преобразователь 8712H - 0-1000 Гц).

**Преобразователи 8732E и 8742C**

Совместимы с датчиками расхода 8705, 8711 и 8721. Возможен интегральный или удаленный монтаж. Имеют локальный операторский интерфейс, состоящий из двухстрочного дисплея по 16 знаков в каждой строке и 4 оптических кнопок для настройки и конфигурирования расходомера в опасных зонах без снятия крышки.

Выходной сигнал преобразователя 8732E - цифровой протокол HART, аналоговый выходной сигнал 4-20 мА, частотно-импульсный выходной сигнал 0-10 000 Гц.

Расширенные функции самодиагностики преобразователей 8732E: проверка параметров проточной части и электронного блока с помощью технологии Rosemount 8714i; индикация повышенного уровня зашумленности сигналов, определение пустой или не полностью заполненной трубы при наличии расхода, неисправности в заземлении и внешних подключениях, а также в катушке и преобразователе; определение нулевого расхода и обратного потока.

Преобразователь 8732E совместим с датчиками расхода других производителей.

Выходной сигнал преобразователя 8742C - цифровой протокол Foundation Fieldbus.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДАТЧИКОВ РАСХОДА

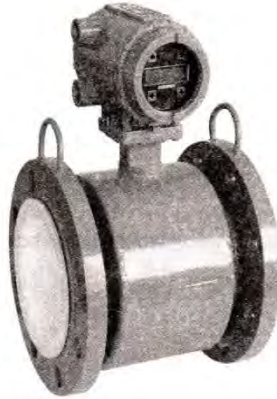
Таблица 1

Характеристика датчика	Модель			
	8705	8711	8721	8707
Тип монтажа	Фланцевый	Бесфланцевый	Спец.исполнение	Фланцевый
Dу трубопровода, мм	15-900	4-200	15-100	80-900
Материал футеровки	PFA, Teflon, Tefzel, полиуретан, неопрен, ланатекс (натуральная резина)	Teflon, Tefzel	PFA	PFA, Teflon, Tefzel, полиуретан, ланатекс (натуральная резина), неопрен
Материал электродов	Hastelloy C-276, нержавеющая сталь, тантал, титан, сплав платина-иридий		Hastelloy C-276, нержавеющая сталь, тантал, титан, сплав платина-иридий	Hastelloy C-276, нержавеющая сталь, тантал, титан, сплав платина-иридий
Минимальная электропроводность среды, См/м	5·10 <sup>-4</sup>			5·10 <sup>-3</sup>
Совместимость с преобразователями	8712D, 8732E, 8742C			8712H*
Пределы допускаемых основных и дополнительных погрешностей измерений	см.табл.3, 4, 5, 6			
Прямой участок трубопровода: - до расходомера, Ду - после расходомера, Ду	5 2			

Рисунок 5.12 Расходомеры электромагнитные (продолжение).

## Расходомеры электромагнитные Метран-370

**НОВИНКА**



- Измеряемые среды: жидкости с минимальной электропроводностью  $5 \cdot 10^{-4}$  См/м
- Диаметр условного прохода 15...200 мм
- Пределы основной относительной погрешности  $\pm 0,5\%$  в диапазоне скоростей измеряемой среды от 0,3 до 10 м/с
- Давление измеряемой среды: 0,05...4,00 МПа; 0,05...2,5 МПа (для Ду 150, 200 мм)
- Выходные сигналы: 4-20 мА, HART, частотно-импульсный
- Интегральный или удаленный (до 300 м) монтаж преобразователя
- Наличие взрывозащищенного исполнения
- Соответствие требованиям ГОСТ Р51649 и ГОСТ Р51522 по электромагнитной совместимости
- Внесен в Госреестр средств измерений под №32246-06, сертификат №24676, ТУ 4213-053-12580824-2006

Расходомеры электромагнитные Метран-370 предназначены для измерений объемного расхода электропроводных жидкостей. Представляют собой российский аналог расходомеров электромагнитных серии 8700.

Используются в системах автоматического контроля и управления технологическими процессами в энергетике, химической, пищевой, бумажной и других отраслях промышленности, а также в системах коммерческого учета жидкостей.

Основные преимущества:

- возможность применения для измерения расхода агрессивных сред;
- широкий размерный ряд;
- высокая точность измерений;
- отсутствие движущихся частей;
- малые потери давления.

Рисунок 5.13 Расходомеры электромагнитные (продолжение).



## Интеллектуальный вихревой расходомер Rosemount 8800D



- Измеряемые среды: газ, пар, жидкость
- Диаметр условного прохода трубопровода  
Dy 15, 25, 40, 50, 80, 100, 150, 200, 250, 300 мм
- Избыточное давление измеряемой среды  
до 25 МПа
- Выходные сигналы:
  - 4-20 мА с цифровым сигналом на базе HART - протокола;
  - частотно-импульсный с перенастраиваемой ценой и длительностью импульсов;
  - Foundation fieldbus (FF)
- Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений расхода:
  - по цифровому и импульсному выходу:  
для жидкости  $\pm 0,65\%$ ,  
для пара, газа  $\pm 1,35\%$ ;
  - по токовому выходу:  
дополнительно  $\pm 0,025\%$  от диапазона
- Нестабильность  $\pm 0,1\%$  от расхода в течение 12 месяцев
- Внесен в Госреестр средств измерений под №14663-06, сертификат №23997

Интеллектуальный вихревой расходомер Rosemount 8800D принадлежит к известному семейству приборов Rosemount SMART FAMILY.

Достоинства:

- уникальная незасоряющаяся конструкция;
- отсутствие импульсных линий, уплотнений повышает надежность;
- повышенная устойчивость к вибрации;
- новая улучшенная платформа электроники;
- возможность замены сенсоров без остановки процесса;
- малое время отклика;
- возможность имитационной поверки;
- встроенная самодиагностика;
- для 8800DR дополнительно:
  - расширен динамический диапазон в область малых расходов;
  - отсутствует необходимость выполнения сужения трубопровода.

Опция MTA (встроенный температурный сенсор) позволяет измерять массовый расход насыщенного пара с компенсацией по температуре для технологического учета.

Рисунок 5.14 Интеллектуальный вихревой расходомер.

## ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Принцип действия: определение частоты вихрей, образующихся в потоке измеряемой среды при обтекании тела специальной формы. Частота вихрей пропорциональна объемному расходу.

Расходомеры 8800D имеют разнообразные конструкции проточной части: фланцевая, бесфланцевая, со встроенными коническими переходами, двоянная и на высокое давление.

В конструкции расходомеров отсутствуют отверстия и полости, которые могут засоряться в процессе эксплуатации.

Конструктивно бесфланцевый расходомер **8800DW** отличается от фланцевого **8800DF** только способом монтажа и диаметрами условного прохода (Du от 15 до 200 мм). Установочное кольцо, поставляемое с расходомерами **8800DW**, позволяет точно отцентрировать корпус расходомера при установке расходомера между существующими на трубопроводе фланцами.

Сдвоенный расходомер **8800DD** состоит из двух одинаковых расходомеров, сваренных и откалиброванных так, чтобы в результате получился один расходомер с двумя независимыми каналами измерения расхода для повышения надежности измерений.

Конструкция расходомера **8800DR** со встроенными коническими переходами (REDUCER) снижает на 50% стоимость установки, а также уменьшает проектные риски, т.к. стандартные фланцевые расходомеры **8800DF** и **8800DR** имеют одинаковую монтажную длину, т.е. любой из них может быть использован без влияния на компоновку трубопровода.

**Расходомеры на высокое давление** отличаются усиленной конструкцией проточной части.

### ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПАРАМЕТРЫ

- Измеряемая среда (однородная и однофазная): газ, пар, жидкость
- Диапазон температур измеряемой среды:
  - стандартное исполнение -40...232°C
  - расширенное исполнение -200...427°C
  - с опцией МТА -40...427°C
- Избыточное давление в трубопроводе до 25 МПа
- Диаметр условного прохода трубопровода Ду: 15, 25, 40, 50, 80, 100, 150, 200, 250, 300 мм - 8800DF, 8800DD; 25, 40, 50, 80, 100, 150, 200, 250, 300 мм - 8800DR; 15, 25, 40, 50, 80, 100, 150, 200 - 8800DW
- Пределы измерений расхода воды при температуре 25°C и абсолютном давлении 103,3 кПа приведены в табл.1

Таблица 1

Диаметр условного прохода, Ду	Пределы измерений расхода воды, м³/ч			
	8800DF		8800DR	
	мин.	макс.	мин.	макс.
15	0,4	5,4	-	-
25	0,67	15,3	0,4	5,4
40	1,10	35,9	0,67	15,3
50	1,81	59,4	1,10	35,9
80	4,00	130	1,81	59,4
100	6,86	225	4,00	130
150	15,6	511	6,86	225
200	27,0	885	15,6	511
250	52,2	1395	27,0	885
300	88,8	2002	52,2	1395

- Пределы измерений расхода воздуха и пара приведены в табл.2 и 3 соответственно
- Выходные сигналы:
  - токовый 4-20 мА с цифровым сигналом на базе HART-протокола;
  - частотно-импульсный от 0 до 10 кГц с перенастраиваемой ценой и длительностью импульсов;
  - Foundation fieldbus (FF)

- Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений объемного расхода:
  - по цифровому и частотно-импульсному выходу
    - для жидкости ±0,65%;
    - пара, газа ±1,35%;
  - для 8800DR Ду 150...300 ±1,5% (газ, пар); ±1,0% (жидкость)
  - по токовому выходу: к указанным выше погрешностям дополнительно ±0,025% от диапазона

- Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений массового расхода насыщенного пара ±2% при номинальном избыточном давлении 1 МПа и более и наличии опции МТА; дополнительная погрешность при давлении < 1 МПа составляет ±0,08%/0,1 МПа от номинального значения расхода

- Пределы погрешности измерений температуры (при наличии опции МТА) ±1,2°C или ±0,4% от измеренного значения в зависимости от того, что выше

- Нестабильность ±0,1% от измеренного значения расхода в течение 12 месяцев

- Время демпфирования устанавливается в пределах от 0,2 до 255 с

- Температура окружающей среды: -40...85°C (-20...85°C - для расходомеров с ЖКИ)

- Относительная влажность до 95% при температуре 35°C и более низких температурах без конденсации влаги

- Допускаемые уровни вибрации при нормальной установке расходомера и расходе, близком к минимальному, приведены в табл.2.

Таблица 2

Измеряемая среда	Допускаемые уровни вибрации	
	Максимальная полная амплитуда, мм	Ускорение, g
Жидкость	2,21	1
Газ	1,09	0,5

\*Выбирается меньшее значение.

- Уменьшение влияния высокого уровня вибраций обеспечивается балансировкой массы сенсорной системы и использованием запатентованного цифрового фильтра ADSP (адаптивной обработки цифрового сигнала)

- Расходомер может быть установлен на прямолинейном участке трубы, имеющем длину не менее 10Du до и 5Du после расходомера с учетом поправок К-фактора, как описано в разделе "Влияние установки" листа технических данных 00816-0100. Поправка К-фактора не требуется, если до и после датчика имеются участки длиной 35Du и 10Du соответственно.

- ЖКИ отображает: текущий расход в технических единицах или в процентах от диапазона; значение выходного тока; объем; частоту пульсаций; температуру электроники; температуру процесса\*; плотность измеряемой среды\*; скорость потока измеряемой среды; частоту частотного выхода.

\* При наличии опции МТА.

Рисунок 5.15 Интеллектуальный вихревой расходомер (продолжение).

## НАЗНАЧЕНИЕ

Метран-360 - кориолисовый расходомер предназначен для измерения массового и вычисления объемного расхода жидких и газообразных сред; используется в системах автоматического контроля и управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности, а также в системах коммерческого учета.

## УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Расходомер Метран-360 имеет модульную конструкцию (рис.1), состоящую из:

- датчика расхода (сенсора) серий R;
- измерительного микропроцессорного преобразователя моделей 1500, 1700;
- основного процессора (с преобразователями 1500, 1700);
- фланцев для присоединения к трубопроводу.

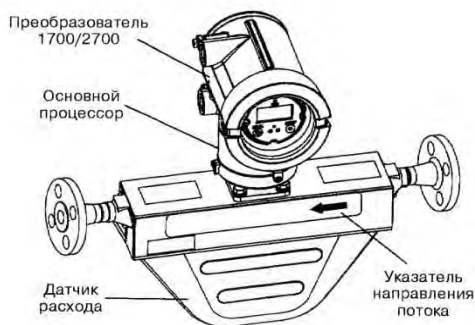


Рис.1. Конструкция расходомера.

Основными элементами **сенсора** являются две расходомерные трубки, на которых монтируются:

- соединительная коробка с силовой электромагнитной (задающей) катушкой возбуждения и магнитом;
- два тензодатчика с магнитами и электромагнитными катушками;
- терморезистор.

Элементы сенсора закрыты защитным кожухом, на котором нанесен указатель направления потока.

Масса сенсора не превышает 27 кг.

Принцип действия кориолисовых расходомеров приведен в разделе "Массовые кориолисовые расходомеры и плотномеры" настоящего каталога.

## Измерительные преобразователи (далее ИП)

имеют следующие отличия:

- **модель 1500** - ИП одной переменной, т.е. токовый и частотно-импульсный выходы могут отображать только одну переменную процесса (массовый или объемный расход); частотно-импульсный выход отображает то, что назначено переменной для токового выхода; ИП монтируется на рейку DIN;

- **модель 1700** - ИП одной переменной, т.е. токовый и частотно-импульсный выход могут отображать только одну переменную процесса (массовый или объемный расход); частотно-импульсный выход отображает то, что назначено переменной для токового выхода; ИП полевого монтажа.

ИП может комплектоваться жидкокристаллическим индикатором (ЖКИ), имеющим сегментированный двухстрочный дисплей с оптическими органами управления и светодиодами состояния расходомера.

ИП 1700 с ЖКИ поддерживают следующие функции:

- в рабочем режиме: просмотр переменных процесса, запуск, остановку и сброс сумматоров;
- в автономном режиме (дополнительно к функциям рабочего режима): просмотр диагностических сообщений, установку нуля расходомера, запуск моделирования выхода и диагностическую самопроверку, конфигурацию выходов.

На ЖКИ выводятся:

- текущие значения массового, объемного расхода, суммарной массы, объема, плотности. Появление значений переменных процесса может осуществляться автоматически или ручным нажатием оптического переключателя ("кнопки") на панели ЖКИ;
- размерность технических единиц, в которых измеряется массовый (объемный) расход, суммарная масса (объем) и плотность.

Управление ЖКИ осуществляется посредством оптических переключателей, которые работают через стекло и имеют красные светодиоды обратной связи, указывающие на нажатие "кнопки".

ЖКИ имеет возможность поворота на преобразователе на 360° с шагом 90°.

С помощью трехцветного светодиодного индикатора на панели ЖКИ можно оценить состояние расходомера. Это состояние определяется непрерывно светящимся или мигающим зеленым, желтым или красным цветом индикатора. Световой индикатор позволяет определить степень серьезности возникшей неполадки.

В ИП 1500 ЖКИ отсутствует.

Для внешних подключений в ИП имеются клеммы: выходные, питания и порта обслуживания, причем выходные клеммы физически отделены от остальных клемм.

На корпусе ИП расположена клемма с винтом для заземления корпуса.

Входы для кабельных уплотнителей - отверстия для кабельных вводов с внутренней резьбой 1/2"-14NPT или M20x1,5.

Масса ИП - не более 1 кг.

**Основной процессор** служит для преобразования служебных сигналов, поступающих с сенсора в стандартный цифровой протокол RS485, который значительно улучшает качество передаваемого сигнала.

Рисунок 5.16 Интеллектуальный вихревой расходомер (продолжение).

### Измерение плотности

Соотношение между массой и собственной частотой колебаний сенсорной трубки - это основной закон измерения плотности в кориолисовых расходомерах.

В рабочем режиме задающая катушка (рис.2) питается от преобразователя, при этом сенсорные трубки колеблются с их собственной частотой. Как только масса измеряемой среды увеличивается, собственная частота колебаний трубок уменьшается; соответственно, при уменьшении массы измеряемой среды, собственная частота колебаний трубок увеличивается.

Частота колебаний трубок зависит от их геометрии, материала, конструкции и массы. Масса состоит из двух частей: массы самих трубок и массы измеряемой среды в трубках. Для

конкретного типоразмера сенсора масса трубок постоянна. Поскольку масса измеряемой среды в трубках равна произведению плотности среды и внутреннего объема, а объем трубок является также постоянным для конкретного типоразмера, то частота колебаний трубок может быть привязана к плотности среды и определена путем измерения периода колебаний.

Частота колебаний измеряется выходным детектором (рис.6) в циклах в секунду (Гц). Период колебаний, как известно, обратно пропорционален частоте. Измерить время цикла легче, чем считать количество циклов, поэтому преобразователи вычисляют плотность измеряемой жидкости, используя период колебаний трубок в микросекундах (рис.6). Плотность прямо пропорциональна периоду колебаний сенсорных трубок.

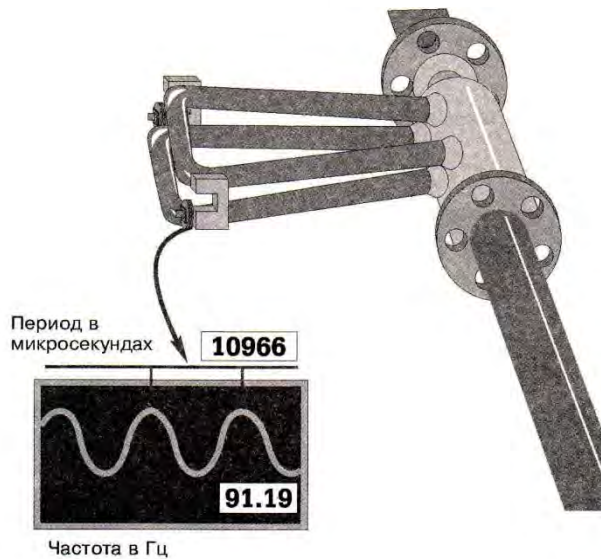
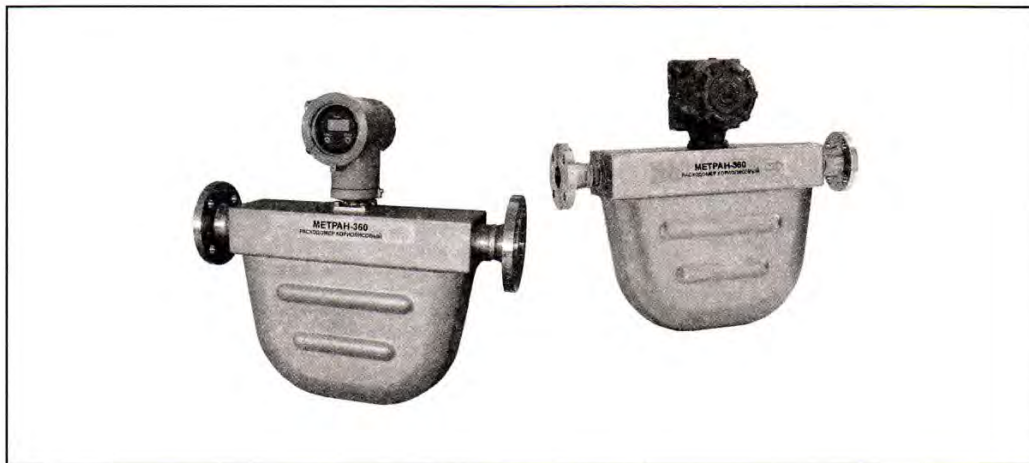


Рисунок 5.17 Измерение плотности.

## Расходомеры кориолисовые Метран-360



- Измеряемая среда - газы, от сверхлегких ( $H_2$ ); жидкости (в т.ч. агрессивные); эмульсии, суспензии, взвеси, тяжелые и высоковязкие среды (сырая нефть, мазут, битум, гудрон)
- Рабочее избыточное давление в трубопроводе до 15,8 МПа
- Условный диаметр трубопровода Ду 15, 25, 40, 50 мм
- Пределы основной относительной погрешности измерений массового и объемного расходов жидкостей  $\pm 0,5\%$ ; газов  $\pm 0,75\%$
- Наличие взрывозащищенного исполнения
- Средний срок службы - 18 лет
- Межповерочный интервал - 4 года
- Внесен в Госреестр средств измерений под №23814-06, сертификат №23235
- Санитарно-эпидемиологическое заключение №74.50.06.421П.000982.05.03

### Основные преимущества:

- высокая точность измерений параметров в течение длительного времени;
- возможность работы вне зависимости от направления потока;
- отсутствие прямолинейных участков трубопровода до и после расходомера;
- отсутствие затрат на установку вычислителей расхода;
- надежная работа при наличии вибрации трубопровода, при изменении температуры и давления рабочей среды;
- длительный срок службы и простота обслуживания благодаря отсутствию движущихся и изнашивающихся частей;
- отсутствие необходимости в периодической перекалибровке и регулярном техническом обслуживании;
- возможность работы от разных источников питания с помощью самопереключающегося встроенного блока питания;
- допущены к использованию в пищевой и фармацевтической промышленности.

Рисунок 5.18 Расходомеры кориолисовые Метран – 360.

## Массовые кориолисовые расходомеры и плотномеры Micro Motion

Кориолисовые расходомеры и плотномеры предназначены для прямого измерения массового расхода, плотности, температуры, вычисления объемного расхода жидкостей, газов и взвесей. Все измерения выполняются в реальном времени. Какого-либо дополнительного оборудования для измерений не требуется.

Выпускается девять типов моделей датчиков расхода (сенсоров) и три модели микропроцессорных преобразователей, функциональные возможности которых отвечают самым различным требованиям. Краткие технические характеристики моделей, приведенные в настоящем документе, позволяют сравнить различные модели сенсоров и преобразователей между собой.

Кроме высокой точности и повторяемости результатов измерений, сенсоры кориолисовых расходомеров характеризуются низкой стоимостью эксплуатации. Сенсоры не накладывают особых требований по монтажу, не требуют прямолинейных участков или специального оборудования для формирования потока, в них нет движущихся деталей.

Использование сенсоров Micro Motion позволяет почувствовать все преимущества оборудования, которое совсем или почти не требует технического обслуживания.

Широкий набор преобразователей включает модели, сконструированные на основе MVD™ технологии (Multi Variable Digital - цифровая многопараметрическая) и предназначены для установки в опасных зонах, требующих обеспечения взрывобезопасности, а также модели, которые интегрально монтируются на сенсоре. Преобразователи поддерживают коммуникационные протоколы HART®, Modbus®, FOUNDATION™ fieldbus и Profibus.

Кориолисовые расходомеры и плотномеры позволяют увеличить производительность и эффективность производства, а также экономическую эффективность предприятия. Более 500 000 приборов уже установлены и успешно работают на многих предприятиях во всем мире. Обратитесь к нам и откройте для себя наиболее точные расходомеры и плотномеры из выпускаемых в настоящее время.

Рисунок 5.19 Массовые расходомеры и плотномеры.

## **6 КАЛИБРАТОРЫ**

Калибраторы - измерители унифицированных сигналов и давления предназначены для применения в качестве эталонных и измерений электрических сигналов силы и напряжения постоянного тока, сопротивления постоянному току, а также для воспроизведения и измерения сигналов термопреобразователей сопротивления (ТС) по ГОСТ 6651-94 и DIN N 43760 и преобразователей термоэлектрических (ТП) по ГОСТ Р 8.585-2001, а также преобразователей давления.

Калибраторы - измерители используются в качестве эталонных средств измерений при поверке (калибровке) рабочих средств измерений, также в качестве высокоточных рабочих средств измерений при калибровке, поверке и настройке рабочих средств измерений в лабораторных и промышленных условиях.

### **6.1 Калибратор - измеритель унифицированных сигналов эталонный**

#### **ИКСУ-2000**

##### **Назначение**

ИКСУ-2000 предназначен для воспроизведения и измерения:

- электрических сигналов силы постоянного тока;
- электрических сигналов напряжения постоянного тока;
- сопротивления постоянному току;
- сигналов термопреобразователей сопротивления по ГОСТ 6651-2009, ГОСТ 8.625-2006, ГОСТ 6651-94, DIN 43760;
- сигналов преобразователей термоэлектрических по ГОСТ Р 8.585-2001.

ИКСУ-2000 используются в качестве эталона для поверки (калибровки и градуировки):

- термопреобразователей сопротивления (ТС);
- термоэлектрических преобразователей (ТП, термопар);
- преобразователей с унифицированным входным и выходным сигналом 0...5, 0...20 и 4...20 мА.

##### **Краткое описание**

ИКСУ-2000 - это многофункциональный микропроцессорный прибор, режимы работы которого задаются как при помощи клавиатуры, расположенной на лицевой панели прибора, так и при помощи программного обеспечения (ПО), установленного на персональном компьютере (ПК) (ПО поставляется по отдельному заказу).

##### **Состав ИКСУ-2000:**

- электронный блок;
- сетевой блок питания;
- аккумуляторы;

- зарядное устройство;
- соединительные кабели;
- один канал воспроизведения;
- воспроизведение сигналов ТС и ТП различных НСХ;
  - ручная или автоматическая компенсация температуры холодного спая;
  - встроенный стабилизатор напряжения для питания первичных преобразователей напряжением 24 В постоянного тока;
  - полнофункциональная кнопочная клавиатура;
  - время установления рабочего режима - не более одной минуты;
  - ЖК-дисплей с подсветкой;
    - на экране дисплея ИКСУ-2000 отображаются результаты воспроизведения и измерения в цифровом виде, а также сведения о режимах работы ИКСУ;
  - пластмассовый корпус;
- в состав программного обеспечения (ПО) входят две программы:
  - программа калибровки ИКСУ-2000 (индекс заказа «ПО1») (программа калибровки ИКСУ-2000 является бесплатной (скачать программу можно с сайта [www.elemer.ru](http://www.elemer.ru));
  - АРМ ИКСУ-2000 - автоматизированное рабочее место, позволяющее калибровать первичные преобразователи и вторичные приборы как в режиме воспроизведения, так и в режиме измерения сигналов (индекс заказа «ПО2»);
- функции ПО АРМ ИКСУ-2000:
  - конфигурирование (настройка) измерительного канала;
  - управление ИКСУ-2000;
  - сбор оперативной информации и организация ее хранения;
  - отображение информации в цифровом и графическом виде;
  - обработка и анализ полученных данных;
  - связь ИКСУ-2000 с ПК осуществляется по интерфейсу RS-232;
- напряжение питания:
  - напряжение 9,6 В постоянного тока от встроенных аккумуляторов;
  - напряжение 12 В постоянного тока от сетевого блока питания;
- потребляемый ток в режиме работы прибора (без подсветки) - не более 200 мА;
- масса - не более 1 кг.

#### **Показатели надежности, гарантийный срок**

ИКСУ-2000 соответствует:

- по устойчивости к климатическим воздействиям - группе исполнения В2 (+10...+ 40) °С;
  - по степени защиты от попадания внутрь ИКСУ-2000 пыли и воды - IP30.
- Ресурс ИКСУ-2000 - 10000 ч в течение срока службы, равного 5 лет

Гарантийный срок эксплуатации прибора - 12 месяцев со дня продажи.



Таблица 6.1 Метрологические характеристики

Тип преобразователя, измеряемая/ воспроизводимая величина	Диапазон		Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности (в нормальных условиях)	
	воспроизведения	измерения	воспроизводимых величин	измеряемых величин
Ток	0...25 мА	0...25 мА	$\pm(10-4 \cdot I + 1)$ мкА	$\pm(10-4 \cdot I + 1)$ мкА
Напряжение	-10...+100 мВ	-10...+100 мВ	$\pm(7 \cdot 10^{-5} \cdot  U  + 3)$ мкВ	$\pm(7 \cdot 10^{-5} \cdot  U  + 3)$ мкВ
	0...12 В	0...120 В	$\pm 3$ мВ	$\pm 20$ мВ
Сопротивление	0...180 Ом	0...320 Ом	$\pm 0,015$ Ом	$\pm 0,01$ Ом
	180...320 Ом	—	$\pm 0,025$ Ом	—
50М	—	—	$\pm 0,08$ °С	$\pm 0,05$ °С
100М	-50...+200 °С	-50...+200 °С	$\pm 0,05$ °С	$\pm 0,03$ °С
50П	-200...+600 °С	-200...+600 °С	$\pm 0,08$ °С	$\pm 0,05$ °С
100П, Pt100	-200...+200 °С	-200...+600 °С	$\pm 0,03$ °С	$\pm 0,03$ °С
	+200...+600 °С	—	$\pm 0,05$ °С	—
ТХА (К)	-210...+1300 °С	-210...+1300 °С	$\pm 0,3$ °С	$\pm 0,3$ °С
ТХК (L)	-200...+600 °С	-200...+600 °С	$\pm 0,3$ °С	$\pm 0,3$ °С
ТЖК (J)	-200...+1100 °С	-200...+1100 °С	$\pm 0,3$ °С	$\pm 0,3$ °С
ТПР (В)	+300...+1800 °С	+300...+1800 °С	$\pm 2$ °С	$\pm 2$ °С
ТПП (S)	0...+1700 °С	0...+1700 °С	$\pm 1$ °С	$\pm 1$ °С
ТВР (А-1)	0...+1200 °С	0...+1200 °С	$\pm 2$ °С	$\pm 2$ °С
	+1200...+2500 °С	+1200...+2500 °С	$\pm 2,5$ °С	$\pm 2$ °С

Предел допускаемой дополнительной погрешности, вызванной изменением температуры окружающего воздуха от нормальной ( $20 \pm 5$ ) °С до предельных рабочих температур, равных, соответственно, +5 и +40 °С, не превышает предела допускаемой основной погрешности.

**Соединительные кабели, входящие в комплект поставки:**

- № 1 и № 2 - для связи ИКСУ с термопарами (ТП) типа ХА (К) и ХК (L) соответственно при работе в режиме измерения температуры, а также для связи с устройствами в режиме воспроизведения сигналов от указанных типов (ТП);
- № 3 - для связи ИКСУ с термометрами сопротивлений (ТС) по 3-проводной схеме подключения при работе в режиме измерения температуры и для связи с устройствами по 3-проводной схеме подключения в режиме воспроизведения сигналов от ТС;
- № 4 - для связи с устройствами по 4-проводной и 2-проводной схемам подключения в режиме воспроизведения сигналов от ТС;
- № 5/1 - для связи с устройствами в режимах измерения и генерации сигналов напряжения до 100 мВ;
- № 5/2 - для связи с устройствами в режимах измерения сигналов напряжения до 120 В и генерации сигналов напряжения до 12 В;
- № 6 - для связи с устройствами при работе в режиме воспроизведения сигналов силы постоянного тока;
- № 7 - для связи с устройствами при работе в режиме измерения сигналов силы постоянного тока;
- интерфейсный кабель для соединения ИКСУ с СОМ-портом персонального компьютера (ПК).

На рисунке 6.1 представлен внешний вид калибратора ИКСУ-2000,

на рисунке 6.2 – подключение калибратора ИКСУ-2000 для калибровки измерительного модуля контроллера.



Рисунок 6.1- Внешний вид калибратора ИКСУ-2000

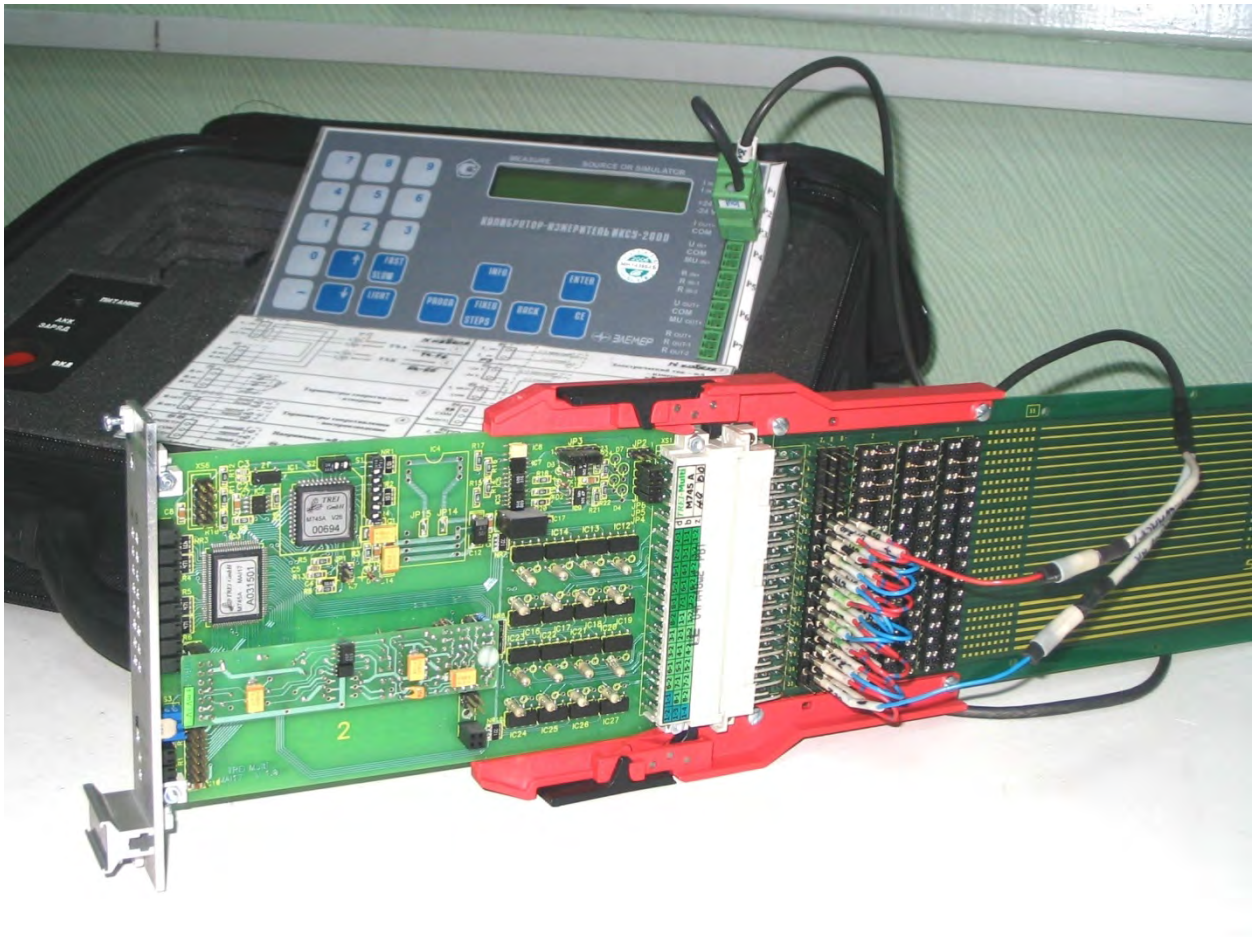


Рисунок 6.2- Подключение калибратора ИКСУ-2000 для калибровки измерительного модуля контроллера

## 6.2 Калибратор – измеритель унифицированных сигналов эталонный ИКСУ-260



### Назначение

Калибратор - измеритель унифицированных сигналов ИКСУ-260 предназначен для воспроизведения и измерения электрических сигналов силы и напряжения постоянного тока, сопротивления постоянному току, а также для воспроизведения и измерения сигналов термометров сопротивления (ТС) и преобразователей термоэлектрических (ТП).

ИКСУ-260 используется в качестве эталонного (образцового) средства измерений при поверке рабочих средств измерений, а также в качестве высокоточного рабочего средства измерений при калибровке, поверке и настройке рабочих средств измерений как в лабораторных и промышленных, так и в полевых условиях.

ИКСУ-260 входит также в состав поверочного комплекса давления и стандартных сигналов ЭЛЕМЕР ПКДС-210. В составе комплекса ЭЛЕМЕР ПКДС-210 ИКСУ-260 измеряет давление, поступающее от эталонного преобразователя давления ПДЭ-010, осуществляет питание поверяемого первичного преобразователя давления и тестирование реле датчиков давления.

### Краткое описание

ИКСУ-260 - это многофункциональный микропроцессорный прибор, режимы работы которого задаются как при помощи клавиатуры, расположенной на лицевой панели прибора, так и при помощи программного обеспечения (ПО), установленного на персональном компьютере (ПК); связь с ПК осуществляется по интерфейсу RS-232;

в состав ПО входит программа «АРМ (автоматизированное рабочее место) ИКСУ-260» - программное обеспечение, позволяющее калибровать первичные преобразователи и вторичные приборы как в режиме воспроизведения, так и в режиме измерения сигналов.

### **Функции ИКСУ-260**

С помощью программного обеспечения:

- конфигурирование (настройка) измерительного канала,
- управление ИКСУ-260,
- сбор оперативной информации и организация ее хранения,
- обработка и анализ полученных данных.

Ручная или автоматическая компенсация температуры холодного спая термопары.

Функция поверки датчиков давления.

2 канала тестирования реле.

Интуитивно понятный интерфейс.

ЖК-экран с подсветкой - 128 x 64 пиксела.

Питание - от встроенных аккумуляторов или сетевого блока питания.

Запись результатов во встроенную память.

Прочный металлический корпус ЭМС - Ш-А.

Регулировка контрастности экрана.

Звуковой сигнал при перегрузке в режиме калибровки преобразователей давления.

Воспроизведение сигналов термометров сопротивления различных НСХ и электрического сопротивления в диапазоне 0...320 Ом.

4-проводная схема измерения.

2 канала тестирования реле.

Запись в архив до 2000 кадров по 32 байта (в архив записываются все измеряемые и воспроизводимые величины, режимы работы ИКСУ и последовательность действий оператора).

Сохранение результатов и режимов работы при выключении питания.

На экране дисплея ИКСУ-260 отображаются результаты воспроизведения и измерения в цифровом виде, а также сведения о режимах работы.

### **Режимы работы**

**Измерение** - в данном режиме пользователь имеет возможность проводить высокоточные измерения сигналов от:

термоэлектрических преобразователей (ТП) с преобразованием входного сигнала в градусы Цельсия в соответствии с НСХ выбранного первичного преобразователя;

термометров сопротивления (ТС) с преобразованием входного сигнала в градусы Цельсия в соответствии с НСХ выбранного первичного преобразователя;

источника напряжения (мВ); источника постоянного тока (мА);

сопротивления постоянному току (Ом).

термоэлектрических преобразователей (ТП);

ручная или автоматическая компенсация температуры «холодного спая» в режимах работы с термоэлектрическими преобразователями (ТП);

время установления рабочего режима - не более 1 мин;

напряжение питания:

ИКСУ-260 – напряжение 4,8 В постоянного тока от встроенных аккумуляторов;

ИКСУ-260 – напряжение 12 В постоянного тока от сетевого блока питания (адаптера), входящего в комплект поставки;

ИКСУ-260Ex - напряжение 4,8 В постоянного тока (во взрывоопасной зоне может осуществляться от искробезопасной цепи встроенного блока аккумуляторов);

ИКСУ-260Ex - напряжение 7,2 В постоянного тока (вне взрывоопасной зоны может осуществляться от сетевого блока питания (адаптера); зарядка блока аккумуляторов осуществляется от адаптера вне взрывоопасной зоны);

ток, потребляемый прибором в режиме работы без подсветки, не более 200 мА;

климатическое исполнение - группа исполнения С4 (20...+60) °С;

степень защиты от пыли и влаги - IP54;

масса - не более 1 кг;

гарантийный срок эксплуатации - 5 лет;

ПО поставляется по отдельному заказу.

**Эмуляция** - данный режим предназначен для генерации ИКСУ выходного сигнала с последующей передачей его на вход поверяемого измерительного прибора с целью проверки точности проводимых им измерений от источников различного типа. Использование ИКСУ в этом режиме может быть полезно при организации демонстрационных макетов и стендов, а также для проверки корректности работы систем управления без подключения к реальному объекту. Пользователь имеет возможность выбирать тип генерируемого выходного сигнала в виде:

термоэлектрического преобразователя (ТП);

термометра сопротивления (ТС);

источника постоянного напряжения (мВ);

источника постоянного тока (мА);

сопротивления постоянному току (Ом).

**Поверка ПД** - для проведения поверки датчиков давления путем сравнения их показаний с показаниями эталонного датчика давления. Результаты измерений от поверяемого и эталонного датчиков выводятся на дисплей ИКСУ. Пользователь имеет возможность произвести визуальную оценку измерений и по величине рассогласований сделать заключение о точности работы поверяемого датчика и возможности его дальнейшего использования.

**Симуляция** - данный режим предназначен для проверки точности работы измерительных преобразователей и других аналогичных приборов. Выходной сигнал от ИКСУ подается на вход испытываемого прибора, на его выходе в результате генерируется унифицированный токовый сигнал, который поступает на

измерительный вход ИКСУ, преобразуется далее в физическую величину по заданному пользователем линейному закону, и результат сигнал, имитирующий:

- термоэлектрический преобразователь (ТП);
- термометр сопротивления (ТС);
- источник постоянного напряжения (мВ); источник постоянного тока (мА);
- сопротивление постоянному току (Ом).

Возможно осуществление поверки различных приборов контроля давления: преобразователей давления, манометров, тягонапорометров, реле давления и т. п. Возможность быстрого и плавного регулирования эталонного установочного давления, автоматический расчет погрешности, одновременная визуализация всех данных на дисплее калибратора - все это делает работу по поверке датчиков давления легкой, понятной и продуктивной. Питание поверяемых электронных преобразователей давления осуществляется от калибратора ИКСУ.

### Метрологические характеристики:

Таблицы 6.2 и 6.3 - пределы допускаемой основной погрешности

Таблица 6.2

таблица 2

Измеряемая величина	Диапазон		Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности (в нормальных условиях при температуре $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ )		Пределы допускаемой абсолютной погрешности (при предельных рабочих температурах от $-20$ до $+60 ^\circ\text{C}$ )	
	воспроизведения	измерений	воспроизводимых величин	измеряемых величин	воспроизводимых величин	измеряемых величин
ток	0...25 мА	0...25 мА	$\pm(10^{-4} \times  I  + 1)$ мкА		$\pm(2 \times 10^{-4} \times  I  + 2)$ мкА	
напряжение	-10...100 мВ	-10...100 мВ	$\pm(7 \times 10^{-5} \times  U  + 3)$ мкВ		$\pm(14 \times 10^{-5} \times  U  + 6)$ мкВ	
сопротивление	0...180 Ом	0...320 Ом	$\pm 0,015$ Ом	$\pm 0,01$ Ом	$\pm 0,025$ Ом	$\pm 0,02$ Ом
	180...320 Ом	—	$\pm 0,025$ Ом	—	$\pm 0,04$ Ом	—

Таблица 6.3

Тип термо-преобразователя	Диапазон		Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности			
			в нормальных условиях при температуре (20±5) °С		в пределах рабочих температур от -10 до +60 °С	
	воспроизведения, °С	измерения, °С	воспроизводимых температур, °С	измеряемых температур, °С	воспроизводимых температур, °С	измеряемых температур, °С
50М	-50...+200	-50...+200	±0,08	±0,05	±0,15	±0,08
100М			±0,05	±0,03	±0,08	±0,05
50П	-200...+600	-200...+600	±0,08	±0,05	±0,15	±0,08
100П, Pt100	-200...+200	-200...+600	±0,03	±0,03	±0,05	±0,05
	+200...+600	—	±0,05	—	±0,08	—
ХА (К)	-210...+1300	-210...+1300	±0,3	±0,3	±0,5	±0,5
ХК (L)	-200...+600	-200...+600	±0,3	±0,3	±0,5	±0,5
ЖК (J)	-200...+1100	-200...+1100	±0,3	±0,3	±0,5	±0,5
ПР (В)	+300...+1800	+300...+1800	±2	±2	±2,5	±2,5
ПП (S)	0...+1700	0...+1700	±1	±1	±2	±2
ВР (А-1)	0...+1200	0...+1200	±2	±2	±3,5	±3,5
	+1200...+2500	+1200...+2500	±2,5	±2	±3,5	±3,5
МК (Т)	-50...+400	-50...+400	±0,3	±0,3	±0,35	±0,35
НН (N)	-110...+1300	-110...+1300	±0,2	±0,2	±0,25	±0,25

Схемы подключения калибратора ИКСУ-260 приведены на рисунках 6.3...6.5.

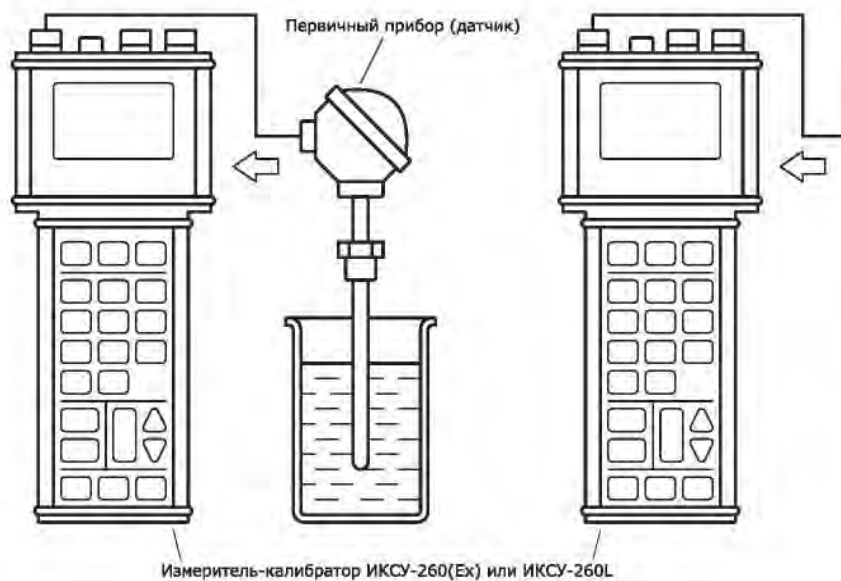
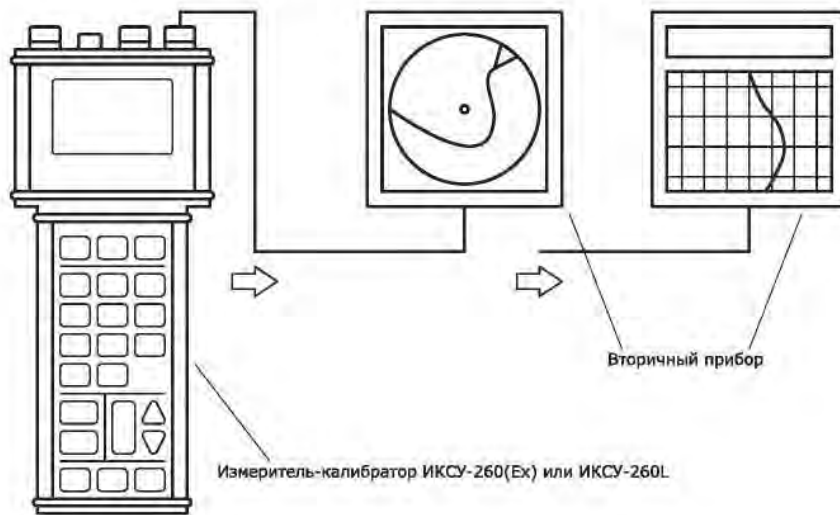


Рисунок 6.3 Схема подключения калибратора ИКСУ-260.





6.4 Схема подключения калибратора ИКСУ-260.

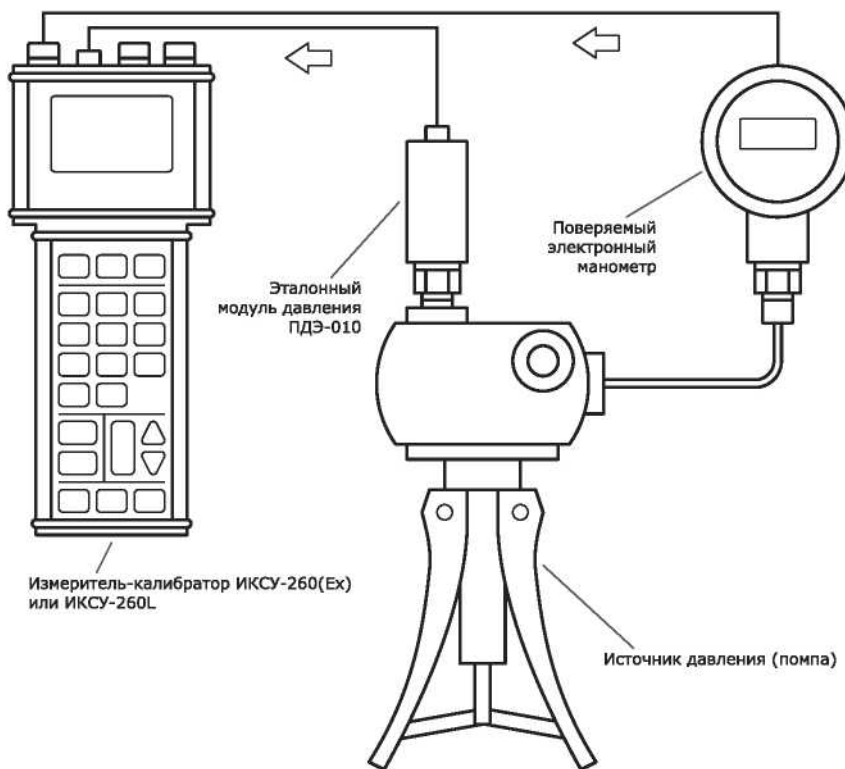


Рисунок 6.5 Измеритель-калибратор ИКСУ-260.

### 6.3 Калибратор-измеритель стандартных сигналов КИСС-03

Руководство по эксплуатации 2.085.003 РЭ



### Назначение

Калибратор-измеритель стандартных сигналов КИСС-03 предназначен для проверки, настройки и поверки показывающих и регистрирующих приборов, различных измерительных комплексов, а также может применяться при выполнении пуско-наладочных работ в различных отраслях промышленности.

### Основные функции:

- измерение значений постоянного тока или напряжения;
- измерение сопротивления;
- измерение температуры с помощью термопреобразователей сопротивлений (ТС) с номинальной статической характеристикой преобразования 50М, 100М, 50П, 100П (в дальнейшем – ТСМ50, ТСМ100, ТСП50, ТСП100, соответственно), Pt100, подключенных по 4-х проводной линии связи;
- измерение температуры с помощью термопар (ТП) типов: S, K, L, В, А-1 (ГОСТ Р 8.585-2001) с компенсацией температуры холодных спаев;
- генерация сигналов постоянного тока или напряжения с возможностью плавной регулировки и задания от одного до шести значений генерируемого параметра. Вывод значений осуществляется циклически, с помощью нажатия одной клавиши. Имеется возможность изменять направление вывода значений;
- генерация ЭДС термопар (ТП) типов: S, K, L, В, А-1 с возможностью компенсации ЭДС холодных спаев и плавной регулировки выходного сигнала;
- генерация и измерение постоянного тока и/или напряжения одновременно, с возможностью задания одного значения генерируемого параметра.

### Дополнительные функции:

- сервисный режим «Таблица значений ТС», который обеспечивает возможность просмотра на индикаторе значений сопротивлений ТСП и ТСМ по ГОСТ 6651-94, в Ом , при задании температуры в град.С;
- измерение температуры с помощью внутреннего Pt100 ( $W_{100} = 1,3850$ ) в диапазоне температуры от 5 до 45 град.С;
- режим работы – «Калибровка КИСС-03».

#### Технические характеристики:

- калибратор работает в трех основных режимах: измерение, генерация, измерение и генерация одновременно;
- характеристики основных функций калибратора приведены в таблице 6.1.
- характеристики плавных регулировок калибратора в режимах генерации приведены в таблице 6.2;
- пределы допускаемой основной погрешности калибратора приведены в таблице 6.3.

Таблица 6.4. Характеристики основных функций калибратора

Функция прибора	Диапазон	Разрешающая способность	Примечание	Колич. индицируемых разрядов
Измерение напряжения	$\pm 0,500000$ В $\pm 2,50000$ В $\pm 12,5000$ В	1 мкВ 10 мкВ 100 мкВ	-	6
Измерение тока	$\pm 22,000$ мА	1 мкА	-	5
Измерение сопротивления	200,00 Ом 2000,0 Ом	0,01 Ом 0,1 Ом	-	5
Измерение температуры с помощью ТС	См. далее по тексту	0,1 °С	Подключение по 4-х проводной линии с сопротивлением каждой линии не более 5 Ом.	4
Измерение температуры с помощью ТП	Согласно таблице 3	0,1°С	Общее сопротивление линий ТП - не более 100 Ом	5
Генерация напряжения	+0,100000 В +1,00000 В +11,0000 В	1 мкВ 10 мкВ 100 мкВ	При токе нагрузки не более 2,5 мА	6
Генерация тока	22,000 мА	1 мкА	Сопротивление нагрузки – от 50 до 500 Ом	5
Генерация э.д.с. ТП	100,000 мВ	1 мкВ	-	5
Таблица значений ТС	См. далее по тексту	0,01 Ом	-	5

Таблица 6.5 Характеристики плавных регулировок калибратора

Функция прибора	Диапазон	Величина шага регулировки
Генерация напряжения	+0,100000 В	10 мкВ
	+1,000000 В	100 мкВ
	+11,000000 В	1 мВ
Генерация тока	22,000 мА	1 мкА
Генерация э.д.с. ТП	-	1 °С

Таблица 6.6 Пределы допускаемой основной погрешности калибратора

Функции прибора	Предел допускаемой основной погрешности	Примечание
Генерация напряжения	$\pm \left[ 0,05 + 0,0075 \left( \frac{U}{U_K} - 1 \right) \right], \%$	$U_K, I_K, R_K$ – контрольные значения.  $U, I, R$ – предельные значения диапазона измерения (генерации).
Генерация и измерение тока	$\pm \left[ 0,05 + 0,01 \left( \frac{I}{I_K} - 1 \right) \right], \%$	
Измерение сопротивления	$\pm \left[ 0,08 + 0,05 \left( \frac{R}{R_K} - 1 \right) \right], \%$	
Измерение напряжения	$\pm \left[ 0,05 + 0,0025 \left( \frac{U}{U_K} - 1 \right) \right], \%$	
Измерение температуры прилагаемым датчиком Pt100	$\pm 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}$	-
Измерение температуры внешним датчиком ТСМ	$\pm 0,3 \text{ } ^\circ\text{C}$	Без учета погрешности датчика.
Измерение температуры внешним датчиком ТСП, Pt100: От минус 185,0 до +250 °С От +250,1 до +850 °С	$\pm 0,3 \text{ } ^\circ\text{C}$ $\pm 0,7 \text{ } ^\circ\text{C}$	
Измерение температуры с помощью ТП	Согласно таблице 3	
Генерация э.д.с. ТП	Согласно таблице 3	-

## 6.4 Поверочный комплекс давления и стандартных сигналов

### ЭЛЕМЕР-ПКДС-210

#### ЭЛЕМЕР ПКДС-210

##### Эталонный модуль давления

Эталонные преобразователи (модули) давления ПДЭ-010(Ex) (без индикации) или ПДЭ-010И (с ЖК-индикацией).

В зависимости от требуемого диапазона измерений давления подбирается необходимый набор эталонных преобразователей.

##### Источники задания давления

Пневматические, пневмогидравлические насосы или пресс

##### Шланги и кабели

В комплекте поставляются шланги и переходники для подключения преобразователей давления с различными присоединительными размерами.

Дополнительно поставляются кабели для измерения и воспроизведения сигналов первичных преобразователей, тока, напряжения и сопротивления при помощи ИКСУ, кабелю для подключения ИКСУ к ПК, ПДЭ-010.

##### Персональный компьютер

Персональный компьютер (ПК) с программным обеспечением (ПО) для управления режимами работы ИКСУ и создания протоколов поверки.

В качестве ПК может использоваться как стационарный, так и переносной компьютер типа Notebook.

#### Состав комплекса

##### Измеритель-калибратор

Измеритель-калибратор унифицированных сигналов ИКСУ-260(Ex) или ИКСУ-260L со встроенным программным обеспечением «Поверка датчиков давления».

На экране калибратора отображаются эталонное и измеряемое на поверяемом датчике давление, погрешность измерения.

##### Поверяемый преобразователь

Электронный или механический преобразователь (датчик) давления (манометр).

Питание поверяемых электронных преобразователей осуществляется от измерителя-калибратора ИКСУ.

##### Переходники

Переходники с различными видами присоединительных размеров для подключения поверяемых преобразователей.

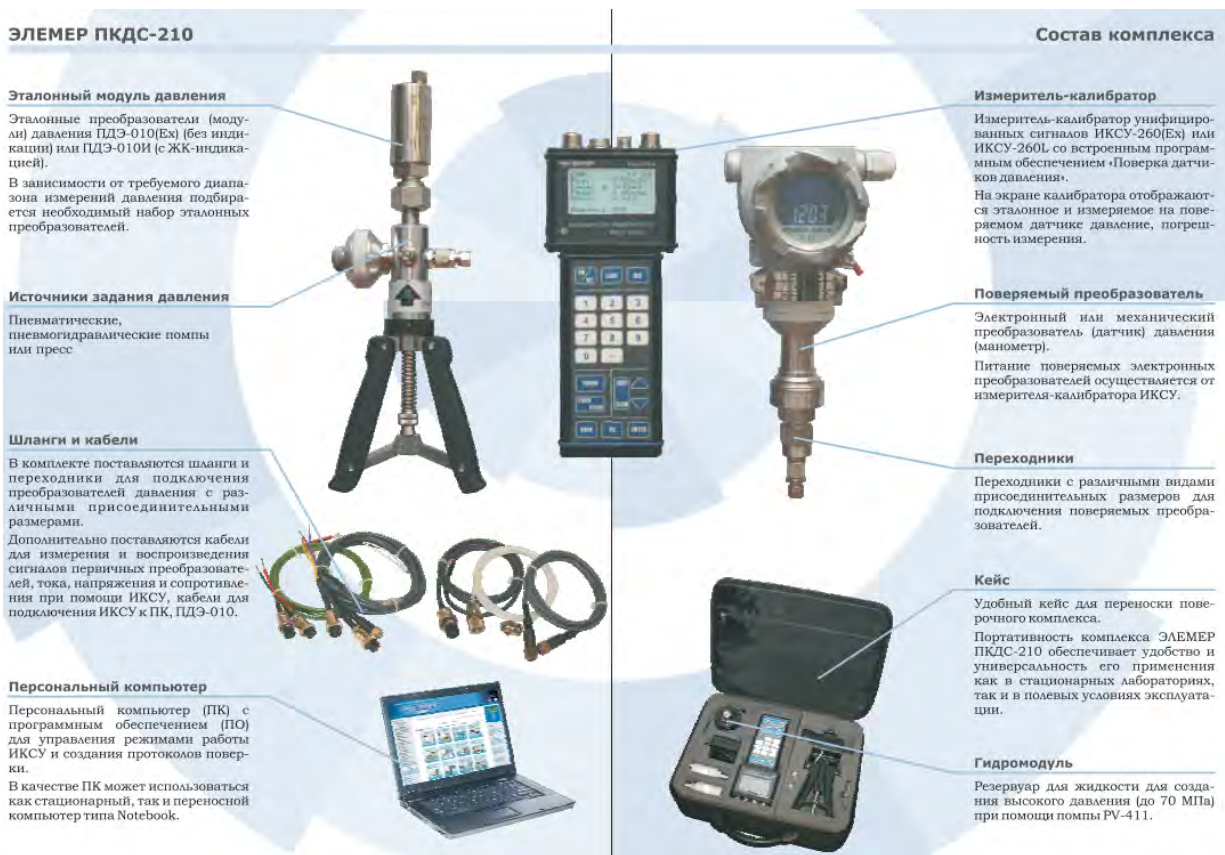
##### Кейс

Удобный кейс для переноски поверочного комплекса.

Портативность комплекса ЭЛЕМЕР ПКДС-210 обеспечивает удобство и универсальность его применения как в стационарных лабораториях, так и в полевых условиях эксплуатации.

##### Гидро модуль

Резервуар для жидкости для создания высокого давления (до 70 МПа) при помощи насоса PV-411.



## ПДЭ-010, ПДЭ-010И — эталонные модули давления

Модули ПДЭ-010 и ПДЭ-010И предназначены для измерения и непрерывного преобразования значений абсолютного и избыточного давления жидкостей и газов, а также разрежения газов в цифровой выходной сигнал. Модули ПДЭ являются эталонными средствами измерения давления.



ПДЭ-010 и ПДЭ-010И могут использоваться:

- в составе калибраторов давления при регулировке, калибровке и поверке измерительных преобразователей давления и манометров в условиях эксплуатации;
- в составе автоматизированных поверочных и измерительных лабораторных установок;
- в качестве высокоточного средства измерений давления для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами в различных областях промышленности.



Модификации ПДЭ

- **ПДЭ-010** — эталонное средство измерения давления; цифровой выходной сигнал в формате ASCII-протокола;
- **ПДЭ-010И** — эталонное средство измерения давления; цифровой выходной сигнал в формате ASCII-протокола; встроенные аккумуляторы для автономной работы; ЖК-дисплей с подсветкой; возможность использования в качестве автономного прецизионного измерителя давления.

В энергонезависимой памяти (ППЗУ) преобразователя хранятся калибровочные коэффициенты, предназначенные для вычисления значений давления микропроцессором электронного устройства. Также в энергонезависимой памяти хранится информация, необходимая для настройки преобразователя (установки числа измерений для усреднения значений, параметров градуировки по эталонному средству измерения давления).

Для обеспечения заданной высокой точности измерений и минимизации влияния на результат температуры окружающей среды применяется температурная компенсация сигнала чувствительного элемента и параметров измерительных цепей.

Преобразователи ПДЭ могут подключаться к последовательному порту персонального компьютера (ПК) по интерфейсу RS-232 для обработки и индикации показаний измеряемых значений давления, настройки (конфигурирования) преобразователей. Также ПДЭ могут подключаться к вторичной измерительной аппаратуре, принимающей цифровой сигнал по специальному протоколу, аналогичному протоколу Modbus ASCII.

Питание преобразователей ПДЭ-010 осуществляется от стабилизированного источника постоянного тока напряжением (5±0,2) В. Питание ПДЭ-010И — от встроенного аккумуляторного блока напряжением 4,8 В. Питание ПДЭ-010Ех — от выходной искробезопасной цепи измерителя-калибратора ИКСУ-260Ех напряжением 5 В.

Степень защиты от пыли и влаги — IP54. Средняя наработка на отказ для преобразователей ПДЭ превышает 100 000 часов, средний срок службы — не менее 12 лет.

## Источники давления



Модели источников давления и диапазоны

Модель помпы	Диапазон задания давления
ЭЛЕМЕР-PV-03 — насос ручная пневматическая	-0,095...0,2 МПа
PV-210 — насос ручная пневматическая	-0,09...0,2 МПа
PV-211 (2,5) — насос ручная гидравлическая	-0,095...2,5 МПа
PV-211 (4) — насос ручная гидравлическая	-0,09...4 МПа
ЭЛЕМЕР-PV-60 — насос ручная пневматическая	-0,095...6 МПа
ЭЛЕМЕР-P-250 — насос ручная пневматическая	0...25 МПа
PV-411 — насос ручная пневматическая	гидравлическое давление: -0,095...6 МПа пневматическое давление: -0,095...2,5 МПа
ЭЛЕМЕР-PR-1200 — насос ручная пневматическая	до 120 МПа

Особенность помпы PV 411 в том, что она позволяет сделать из пневматической помпы пневмогидравлическую путем простой установки резервуара для жидкости. Наполнение системы жидкостью не требует длительной прокачки помпы — достаточно лишь создать разрежение, и система сама заполнится рабочим веществом. Одна помпа PV 411 позволяет заменить все прочие устройства для задания давления — от вакуумного насоса до прессы в 70 МПа. В качестве рабочих жидкостей рекомендуется к применению деминерализованная вода или минеральные масла низкой вязкости.

## Модели и диапазоны измерения

Модель	Вид измеряемого давления	Диапазон измерений
ПЭ0	абсолютное	0...120 кПа
ПЭ0	абсолютное	0...600 кПа
ПЭ0	абсолютное	0...4,5 МПа
ПЭ0	избыточное	0...16 кПа
ПЭ0	избыточное	0...120 кПа
ПЭ0	избыточное	0...600 кПа
ПЭ0	избыточное	0...2,5 МПа
ПЭ0	избыточное	0...6 МПа
ПЭ0	избыточное	0...16 МПа
ПЭ0	избыточное	0...60 МПа
ПЭ0	избыточное-разрежение	-100...600 кПа

## Допускаемая основная приведенная погрешность

Поддиапазон измерения, %	Погрешность, % для класса	
	A	B
0...4	±0,2	±0,3
0...6	±0,15	±0,2
0...10	±0,1	±0,15
0...16	±0,075	±0,1
0...25	±0,05	±0,075
0...60	±0,03	±0,05
0...60	±0,03	±0,05
0...100	±0,03	±0,05

## Исполнения по материалам

Модель преобразователя	Материал	
	исполнение	исполнение
150, 160, 170, 180, 190, 350	титановый сплав BT-9	нержавеющая сталь 12X19H10T
030, 050, 060, 130	нержавеющая сталь А181 316L	нержавеющая сталь 12X19H10T

Тип преобразователя	Материал корпуса
ПДЭ-010	нержавеющая сталь 12X19H10T
ПДЭ-010И	сплав алюминия с низким содержанием цинка

## Варианты исполнения ПДЭ-010\*

Код исполнения	Исполнение
Ех	пневмоизолирующая взрывозащита (класс защиты ИС) (ЕхIIBTSTEx)

\* — ПДЭ-010И выпускается только в двухматериальном исполнении

## ИКСУ-260, ИКСУ-260L — измерители-калибраторы

Электронный блок комплекса представляет собой измеритель-калибратор унифицированных сигналов эталонный ИКСУ-260, ИКСУ-260Ех или ИКСУ-260L с функцией верки датчиков давления. Встроенный в ИКСУ стабилизатор напряжения (24 В) обеспечивает питание поверяемых (калибруемых или градуируемых) датчиков давления другие первичные преобразователи с выходным унифицированным сигналом постоянного тока.

Помимо функции поверки датчиков давления ИКСУ предназначены для воспроизведения и измерения электрических сигналов силы, напряжения постоянного тока, тока, а также для воспроизведения и измерения сигналов температуры сопротивления (ТС) и преобразователей термомолекулярных (ТП).

ИКСУ используется в качестве эталонного (образцового) средства измерений при поверке рабочих средств измерений, а также в качестве высокоточного рабочего средства измерений при калибровке, поверке и настройке рабочих средств измерений лабораторных и промышленных, так и в полевых условиях.



## Модификации ИКСУ

- **ИКСУ-260, ИКСУ-260Ех** — эталонный измеритель-калибратор в корпусе из алюминиевого сплава; общепромышленное или взрывозащищенное исполнение «ис безопасная электрическая цепь» (Ех) с маркировкой взрывозащиты «Exia IAT6 X»; электромагнитная совместимость (ЭМС) — III-A;
- **ИКСУ-260L** — эталонный измеритель-калибратор — бюджетный вариант; пластмассовый корпус; несколько ограниченные функциональные возможности и метрологические характеристики; общепромышленное исполнение; электромагнитная совместимость (ЭМС) — II-A



## Основные характеристики

- ИКСУ-260 — это многофункциональный микропроцессорный прибор, режимы работы которого задаются при помощи клавиатуры, расположенной на панели нели прибора, так и при помощи программного обеспечения (ПО), установленного на персональном компьютере (ПК);

- воспроизведение сигналов ТС, ТП, силы и напряжения постоянного тока, электрического сопротивления;
- жидкокристаллический (ЖК) экран с подсветкой, 128 x 64 точек, с возможностью регулировки контрастности;
- звуковой сигнал при перегрузке в режиме поверки преобразователей давления;
- 2-, 3- и 4-проводные схемы подключения;
- режим тестирования 2 каналов реал;
- запись в архив до 2000 кадров по 32 байта. В архив записываются все измеренные и воспроизводимые величины, режимы работы ИКСУ и последовательные действия оператора;
- сохранение результатов и режимов работы при выключении питания;

## ИКСУ-260, ИКСУ-260L — измерители-калибраторы

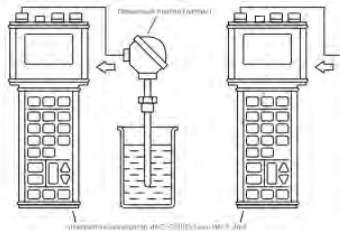
### Основные характеристики (продолжение)

- ручная или автоматическая компенсация температуры «холодного спая» в режимах работы с термоэлектрическими преобразователями (ТП);
- питание ИКСУ-260 и ИКСУ-260L осуществляется от встроенных аккумуляторов с напряжением 4,8 В или от сетевого блока питания (адаптера) с номинальным напряжением 12 В (входит в комплект поставки);
- питание ИКСУ-260Ex во взрывозащитной зоне может осуществляться от искробезопасной цепи встроенного блока аккумуляторов напряжением 4,8 В. Зарядка блока аккумуляторов осуществляется от адаптера вне взрывозащитной зоны;
- питание ИКСУ-260Ex вне взрывозащитной зоны может осуществляться от сетевого блока питания (адаптера) с номинальным напряжением 7,2 В;
- климатическое исполнение — группа С4 (-20...+60 °С);
- степень защиты от пыли и влаги — IP54 (ИКСУ-260Ex), IP20 (ИКСУ-260L);
- масса — не более 1 кг;
- межповерочный интервал — 5 лет (ИКСУ-260), 3 года (ИКСУ-260L);
- гарантийный срок эксплуатации — 1 год;
- с помощью программного обеспечения (ПО) выполняются следующие функции:
  - конфигурирование (настройка) измерительного канала;
  - управление режимами работы ИКСУ;
  - сбор оперативной информации и организация ее хранения;
  - обработка и анализ полученных данных.

### Режимы работы ИКСУ

#### 1. Измерение

В данном режиме пользователь имеет возможность проводить высокоточные измерения сигналов от термоэлектрических преобразователей (ТП) с преобразованием входного сигнала в физическую величину (°С) в соответствии с НСХ выбранного первичного преобразователя; термометров сопротивления (ТС) с преобразованием входного сигнала в физическую величину (°С) в соответствии с НСХ выбранного первичного преобразователя; источника напряжения (мВ); источника постоянного тока (мА); сопротивления постоянному току (Ом).



Сигналы от всех типов термосопротивлений и терморезисторов с нормированием (переводом) в градусы.

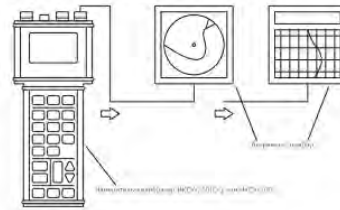
Сигналы силы и напряжения постоянного тока, электрического сопротивления (датчики давления, тензорезисторы преобразователи с унифицированным выходным сигналом, тензорезисторные мосты и т.д.).

Прибор может использоваться как позиционный электронный тестер (мультиметр) при наблюдении пределов и номиналов измерения.

### Режимы работы ИКСУ (продолжение)

#### 2. Эмуляция

Режим предназначен для генерации ИКСУ выходного сигнала с последующей передачей его на вход поверяемого измерительного прибора с целью проверки точности проводимых им измерений от источников различного типа. Использование ИКСУ в этом режиме может быть полезно при организации демонстрационных макетов и стендов, а также для проверки корректности работы систем управления без подключения к реальному объекту. Пользователь имеет возможность выбрать тип генерируемого выходного сигнала в виде термоэлектрического преобразователя (ТП); термометра сопротивления (ТС); источника напряжения (мВ); источника постоянного тока (мА); сопротивления постоянному току (Ом).



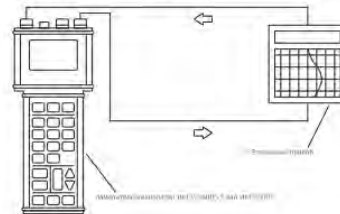
Эмуляция сигналов всех типов термосопротивлений и терморезисторов с заданием значений в градусах.

Эмуляция сигналов силы и напряжения постоянного тока, электрического сопротивления.

При проверке и калибровке вторичных приборов, используя калибратор попеременно в режимах измерения и эмуляции, можно с четкой уверенностью диагностировать, что же действительно вышло из строя, а также оценить погрешность измерительного канала в целом.

#### 3. Симуляция

Данный режим предназначен для проверки точности работы измерительных преобразователей и других аналоговых приборов. Выходной сигнал от ИКСУ подается на вход испытываемого прибора, на его выходе в результате генерируется унифицированный токовый сигнал, который поступает на измерительный вход ИКСУ, преобразуется далее в физическую величину по заданному пользователем линейному закону, и результат выводится на дисплей. В режиме симуляции ИКСУ формирует выходной сигнал, имитирующий термоэлектрический преобразователь (ТП); термометр сопротивления (ТС); источник напряжения (мВ); источник постоянного тока (мА); сопротивление постоянному току (Ом).



Эмуляция сигналов всех типов термосопротивлений, терморезисторов, силы и напряжения постоянного тока, электрического сопротивления с возможностью подачи сигналов на любые типы вторичной функциональной аппаратуры и последующим измерением выходного сигнала, сгенерированного аппаратурой.

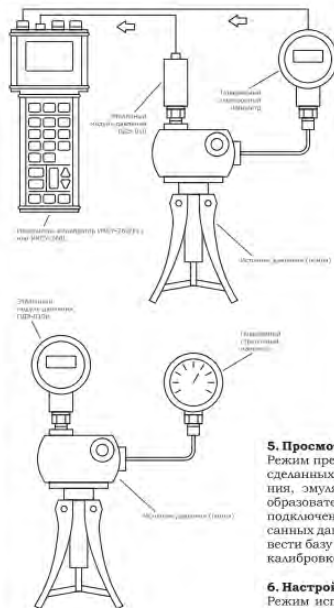
Осуществляется одновременная проверка не только измерительной, но и генерирующей части вторичных приборов, оценка их функционирования и параметров точности.

## ИКСУ-260, ИКСУ-260L — измерители-калибраторы

### Режимы работы ИКСУ (продолжение)

#### 4. Проверка преобразователей давления

Режим для проведения проверки датчиков давления путем сравнения его показаний с показаниями эталонного датчика давления. Результаты измерений от поверяемого эталонного датчиков выводятся на дисплей ИКСУ. Пользователь имеет возможность произвести визуальную оценку измерений и по величине расхождений сделать заключение о точности работы поверяемого датчика и возможности его дальнейшего использования.



Возможно осуществление поверки различных приборов контроля давления: преобразователей давления, манометров, тягоманометров, реле давления и т.п.

Возможность быстрого и плавного регулирования эталонного установочного давления, автоматический расчет погрешности, одновременная визуализация всех данных на дисплее калибратора — все это делает работу по поверке датчиков давления легкой, понятной и продуктивной.

Питание поверяемых электронных преобразователей давления осуществляется от калибратора ИКСУ.

Использование эталонного преобразователя давления ПДЗ-010И с индикатором позволяет производить проверку различных, в том числе и стрелочных манометров непосредственно в местах эксплуатации.

Калибраторы имеют функцию тестирования коммутации реле, тем самым реализуя возможность поверки и контроля функционирования реле напора и тяги, реле давления и электропневмопреобразователей.

#### 5. Просмотр архива

Режим предназначен для просмотра записей, сделанных пользователем в режимах измерения, эмуляции, симуляции и поверки преобразователей давления. При последующем подключении ИКСУ к ПК на основании записанных данных можно формировать отчеты и вести базу данных учета работы по поверке и калибровке средств измерений.

#### 6. Настройка

Режим используется при конфигурировании (настройке) прибора.

### Варианты исполнения ИКСУ-260

Таблица 7

Код исполнения	Исполнение
—	общепромышленное
Ex	«искоряжающая электрическая дуга» уровень «ик» (Exib IIC6 T4)

ИКСУ-260L имеет только общепромышленное исполнение.

### Метрологические характеристики ИКСУ-260 (Ex)

Таблица 8

Параметр	Диапазон		Предел абсолютной погрешности	
	воспроизведения	измерения	воспроизведения	измерения
Ток	0...25 мА	—	$\pm(10^{-3} \times I + 1)$ мА	—
Напряжение	-10...100 мВ	—	$\pm(7 \times 10^{-3} \times U + 3)$ мВ	—
Сопротивление	0...180 Ом	0...320 Ом	$\pm 0,015$ Ом	$\pm 0,01$ Ом
	180...320 Ом	—	$\pm 0,025$ Ом	—

### Метрологические характеристики ИКСУ-260L

Таблица 9

Параметр	Диапазон		Предел абсолютной погрешности	
	воспроизведения	измерения	воспроизведения	измерения
Ток	0...25 мА	—	$\pm(10^{-3} \times I + 2)$ мА	$\pm(10^{-3} \times I + 1)$ мА
Напряжение	-10...100 мВ	—	$\pm(7 \times 10^{-3} \times U + 6)$ мВ	$\pm(7 \times 10^{-3} \times U + 3)$ мВ
Сопротивление	0...180 Ом	0...320 Ом	$\pm 0,015$ Ом	$\pm 0,01$ Ом
	180...320 Ом	—	$\pm 0,025$ Ом	—

### Метрологические характеристики ИКСУ-260 (Ex), ИКСУ-260L

Таблица 10

Тип преобразователя	Диапазон температур, °С		Предел абсолютной погрешности, °С	
	воспроизведения	измерения	воспроизведения	измерения
SDH	—	-50...+200	$\pm 0,08$	$\pm 0,05$
100H	—	-50...+200	$\pm 0,05$	$\pm 0,02$
50H	—	-200...+600	$\pm 0,08$	$\pm 0,05$
100H, P100	-200...+200	-200...+600	$\pm 0,05$	—
X8 (E)	-210...+1300	—	—	$\pm 0,1$
X8 (L)	-200...+600	—	—	$\pm 0,1$
X8 (Z)	-200...+1100	—	—	$\pm 0,1$
TR (B)	+300...+1600	—	—	$\pm 0,1$
TT (B)	0...+1700	—	—	$\pm 0,1$
BP (A-1)	0...+1200	—	—	$\pm 0,1$
—	+1200...+2500	—	—	$\pm 0,1$
MS (T)	0...+400	—	—	$\pm 0,1$
MS (W)	1100...+1300	—	—	$\pm 0,1$

## 6.5 Калибраторы Метран

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АСУТП

ГРУППА ПРЕДПРИЯТИЙ  
**МЕТРАН**  
ТРАДИЦИИ ТОЧНОСТИ

А.С. ФИЛИМОНОВ  
(ЗАО "ПГ Метран")

### Автоматизация поверки средств измерений.

#### Калибраторы серии Метран-500

В статье рассмотрены калибраторы серии Метран-500 с интерфейсом RS-232 для связи с персональным компьютером. Приводятся описания возможностей аппаратно-программных интерфейсов, основанных на методиках поверки (манометров, датчиков давления, вторичных измерительных преобразователей).

*Metran-500 Series calibrators with RS-232 interface for PC communication are presented. The capabilities of hardware/software interfaces based on calibration procedures (manometers, pressure sensors, secondary measurement transducers) are described.*

На многих предприятиях значительное внимание уделяется повышению производительности труда при поверке средств измерений. Наблюдается постепенный переход от использования большого набора образцовых средств измерений и ручного заполнения протокола поверки, свидетельства о поверке к одному-двум образцовым средствам измерений, заменяющим собой весь большой набор, применяемый при традиционном способе. Это стало возможным благодаря микропроцессорной технике, применяемой в современных образцовых средствах измерений. В этих приборах имеется связь с персональным компьютером, что делает возможным автоматическое формирование протокола поверки и архивирования результатов поверки.

Портативность, малый вес и легкость в работе делают микропроцессорные образцовые средства измерений незаменимыми не только для поверки, но и для оперативной диагностики и контроля оборудования КИП в условиях эксплуатации<sup>1</sup>.

#### Автоматизация поверки датчиков давления и манометров

Промышленная Группа Метран выпускает серию портативных калибраторов давления, которая включает в себя три калибратора: Метран-502-ПКД-10П, Метран-ПКД-10М, Метран-501-ПКД-Р. Конструктивно все калибраторы состоят из электронного блока, внешних модулей давления и источников создания давления. Калибраторы Метран-502-ПКД-10П, Метран-501-ПКД-Р имеют интерфейс (RS-232) для связи с персональным компьютером.

#### Поверка манометров

Калибратор Метран-502-ПКД-10П предназначен для поверки технических манометров класса точности 0,6 с метрологическим запасом 1:4 ( $\alpha_p = 0,25$ ). Поверка технических манометров производится методом сравнения: устанавливается давление по поверяемому манометру и смотрят, что показывает образцовый манометр (калибратор), или наоборот.



Калибратор может иметь в своем составе до шести модулей избыточного давления с диапазонами измерения от 0-40 кПа до 0-60 МПа и до двух модулей разрежения с диапазонами 0-40 и 0-100 кПа.

В калибраторе Метран-502-ПКД-10П имеется полезная функция *мониторинга процессов давления*. Задается время, в течение которого калибратор будет производить измерения давления, или задается количество измерений (точек) давления (до 1875). Запускается процесс измерения, по окончании которого в режиме просмотра на экран выводятся минимальное и максимальное значения давления (с привязкой ко времени). Все сохраненные в памяти данные по измерению давления можно посмотреть на индикаторе электронного блока.

Для дистанционного управления калибратором и автоматического заполнения поверочной документации к калибратору дополнительно поставляется аппаратно-программный интерфейс *Мониторинг давления*, состоящий из интерфейсного кабеля связи и диска с программным обеспечением.

Программное обеспечение имеет несколько режимов работы, наиболее важными из которых являются режимы: *архив*, *мониторинг* и *поверка*.

Режим *архив* предназначен для считывания информации из памяти калибратора. Считанные значения давления фиксируются в таблице, и по этим значениям строится временная зависимость измеренного давления.

Режим *мониторинг* позволяет отслеживать изменение измеряемого давления в реальном времени (рис. 1) и устанавливать три контрольных значения (уставки) давления.

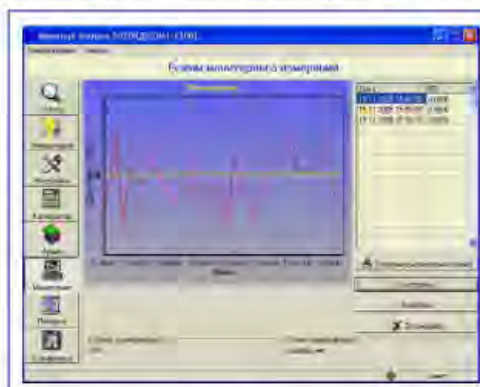


Рис. 1. Метран-502-ПКД-10П. Вид окна программного обеспечения в режиме мониторинга

<sup>1</sup> Борниловский Л.И. Серия портативных калибраторов давления "Метран" // Разработка, производство, применение и метрологическое обеспечение средств измерений давления и вакуума. IX Международный научно-технический семинар. Тезисы докладов.





Рис. 2. Метран-502-ПКД-10П. Вид окна программного обеспечения в режиме поверки (поверка)



Рис. 3. Метран-502-ПКД-10П. Вид окна программного обеспечения в режиме поверки (отчет)

В режиме *поверки* вводится информация о характеристиках поверяемого манометра, условиях поверки, опробовании.

Автоматизация поверки манометра достигается следующим образом. Поверитель подает на вход манометра давление, указанное в таблице ряда нагружения (рис. 2). С помощью регулятора плавной настройки источника давления добиваются совпадения стрелки манометра с цифрой, указанной в таблице. Фиксируют показание калибратора при данном значении давления с помощью специальной кнопки в окне программы.

Выполняется поверка по указанным на экране персонального компьютера точкам давления, автоматически формируется протокол поверки манометра (рис. 3).

#### Поверка датчиков давления

Калибратор Метран-501-ПКД-Р имеет лучшие технические характеристики в серии портативных калибраторов давления и способен поверять датчики давления

класса точности 0,15 с метрологическим запасом 1:2 ( $\alpha_p = 0,5$ ). Отличительной особенностью данной модели является применение активных модулей давления, в которых размещены аналого-цифровой преобразователь и микросхема памяти EEPROM с данными о характеристиках сенсора давления. Благодаря такому схемному решению модули давления независимы от электронного блока и взаимозаменяемы. Погрешность измерения давления снижена до 0,04 %.



Калибратор может иметь в своем составе до девяти модулей избыточного давления с диапазонами измерения от 0-1,6 кПа до 0-60 МПа и до трех модулей разрежения с диапазонами 0-25, 0-63 и 0-100 кПа. Имеется функция генерации тока и напряжения.

К калибратору дополнительно поставляется аппаратно-программный интерфейс *Поверка РВ*, состоящий из интерфейсного кабеля связи и диска с программным обеспечением.

Программное обеспечение позволяет выполнять следующие операции: *сохранения в персональном компьютере архива измерений калибратора, поверки средства измерения в интерактивном режиме, формирования и печати протокола поверки датчика давления.*

#### Операция сохранения в персональном компьютере архива измерений калибратора

Благодаря портативности калибратора имеется возможность поверять датчики давления непосредственно на месте эксплуатации. Архив измерений калибратора позволяет сохранить данные по 14-ти датчикам давления.

Функция *чтение из архива* программного обеспечения позволяет (рис. 4) перенести данные из архива калибратора в расположенный на персональном компьютере архив измерений. Данные для любого датчика, размещенные в архиве персонального компьютера, можно использовать для их просмотра на экране персонального компьютера или последующего формирования протокола поверки.

Датчик	Давление	Погрешность	Точность	Дата	Время
1	0,001 кПа (0,001)	0,025 кПа	0,18%	14.06.2002	10:30:17
2	0,240 кПа (24,374)	0,025 кПа	0,15%	14.06.2002	10:30:56
3	12,456 кПа (145,559)	1,237 кПа	0,12%	14.06.2002	10:32:12
4	10,787 кПа (124,381)	0,014 кПа	0,10%	14.06.2002	10:32:00
5	25,000 кПа (316,327)	20,014 кПа	0,04%	14.06.2002	10:33:22
6	16,742 кПа (174,972)	16,013 кПа	0,10%	14.06.2002	10:34:16
7	12,456 кПа (145,559)	0,025 кПа	0,14%	14.06.2002	10:35:06
8	6,243 кПа (74,372)	0,025 кПа	0,18%	14.06.2002	10:35:50
9	0,004 кПа (0,025)	0,025 кПа	0,20%	14.06.2002	10:36:47

Рис. 4. Метран-501-ПКД-Р. Вид окна программного обеспечения в режиме чтения из архива

**Операция поверки средства измерения в интерактивном режиме**

На первых этапах вводится информация о характеристиках поверяемого датчика давления, условиях поверки, опробовании.

Непосредственно на этапе поверки на экране персонального компьютера (рис. 5) представлено девять точек давления для проведения измерений на прямом и обратном ходе поверки. Значения давления в девяти точках автоматически рассчитываются программой после ввода характеристик поверяемого датчика. Измерения начинаются с запуска режима *измерения* и обнуления давления в первой точке измерений. Переход к последующей точке осуществляется после подтверждения текущих результатов измерений специальной командой *снять точку*.

Программа записывает в таблицу измерений (рис. 5) текущее значение давления и электрического сигнала с выхода поверяемого датчика, дату и время измерений. Рассчитывает и записывает значение погрешности и вариации для текущих значений давления и электрического сигнала.

Одновременно программа обеспечивает "контроль качества" снятия данных, который заключается в анализе расчетных значений на предмет выхода за пределы допускаемых значений. Результат контроля отображается в таблице измерений путем выделенного цветом соответствующего измерения. Текст предупреждения (сообщения об ошибке) выводится на экран персонального компьютера. Таким образом, пользователь сразу получает индикацию и развернутое сообщение об ошибке (рис. 5).

Если бы пользователь выполнял измерения во всех девяти точках давления в ручном режиме, а затем обнаружил ошибку в какой-либо точке измерений, то ему для соблюдения требований методики поверки нужно было бы повторить заново все девять измерений (известно, что требуется четкое выполнение последовательности измерений прямого и обратного хода).

На окончательном этапе автоматически формируется протокол поверки с заключением о годности датчика для дальнейшей эксплуатации.



Рис. 5. Metran-510-ПКД-P. Вид окна программного обеспечения в режиме поверки

С аппаратно-программным интерфейсом *Поверка РВ* возможна поставка DLL-библиотеки, которая позволяет управлять всеми функциями калибратора из программного обеспечения пользователя.

**Автоматизация поверки измерительных преобразователей**

Промышленная Группа Метран производит многофункциональный калибратор Метран-510-ПКМ.

Калибратор Метран-510-ПКМ предназначен для поверки измерительных преобразователей (ИП), вторичных приборов и датчиков температуры. Имеется несколько режимов работы калибратора: воспроизведение физической величины (ФВ), измерение ФВ, одновременное воспроизведение и измерение ФВ.



При воспроизведении/измерении ФВ калибратор, в зависимости от выбранного режима, воспроизводит/измеряет сигналы постоянного тока и напряжения, сопротивления, а также воспроизводит/измеряет выходные сигналы датчиков температуры – термоэлектрических преобразователей (ТП) и термопреобразователей сопротивления (ТС).

При одновременном воспроизведении и измерении ФВ возможна *автоматическая поверка* ИП. Происходит одновременное воспроизведение и измерение сигнала в нескольких точках характеристики поверяемого ИП с подсчетом погрешности. Калибратор позволяет поверять ИП, имеющие линейную, квадратичную или корневую функции преобразования, при этом от калибратора на вход ИП следует подавать любой из следующих сигналов:

напряжение, ток, сопротивление, сигналы ТП и ТС. Выходные сигналы от ИП – напряжение и ток (рис. 6).

Калибровка ИП осуществляется по пяти точкам: 0 %, 25 %, 50 %, 75 % и 100 % относительно входного диапазона ИП. Весь цикл поверки происходит под управлением калибратора, и по его завершении на экран прибора выдается таблица или протокол поверки. Полученные результаты можно занести в архив, который позволяет хранить данные о 196 поверенных ИП.

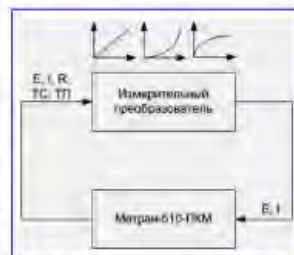


Рис. 6. Metran-510-ПКМ. Виды воспроизводимых и измеряемых сигналов при автоматической поверке

К калибратору дополнительно поставляется аппаратно-программный интерфейс *Поверка ИП*, состоящий из интерфейсного кабеля связи и диска с программным обеспечением.

Программное обеспечение позволяет выполнять следующие операции: *создание методики поверки, получение данных об ИП, формирование протокола поверки*.

**Операция создания методики поверки**

Пользователь определяет типы и число измерительных каналов, общие характеристики ИП, условия поверки, т.е. создает методику поверки ИП с помощью калибратора. Описание методики поверки создается один раз (рис. 7) для данного типа ИП и сохраняется в файл.

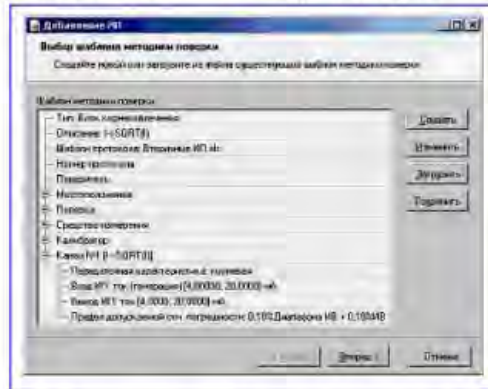


Рис. 7. Metran-510-ПКМ. Вид окна программного обеспечения в режиме создания методики поверки

При следующей поверке пользователю достаточно выбрать соответствующий шаблон методики. Таким образом, создается пользовательская библиотека описаний методик поверки приборов. Она охватывает как первичные измерительные приборы, так и вторичную аппаратуру.

Некоторые заготовки для этой библиотеки, т.е. шаблоны для наиболее популярных типов приборов (универсальный шаблон поверки вторичных преобразователей, шаблон поверки ТП и ТС, шаблон для поверки самого калибратора), входят в комплект поставки программного обеспечения.

**Операция получения данных об ИП**

Пользователю предлагается на выбор два варианта получения данных об ИП:

- поверка в интерактивном режиме с пользователем, используя ПК и программное обеспечение;
- использование архива измерений калибратора.

При первом варианте получения данных программа использует преимущества графического интерфейса Windows для наглядного отображения данных и контроля действий пользователя (рис. 8). Программа отображает текущие значения воспроизводимого и измеряемого сигналов, значение погрешности в каждой поверяемой точке, а также вспомогательные диагностические сообщения. Этот режим предоставляет максимальные удобства пользователю.

При втором варианте получения данных, благодаря автономности калибратора, пользователь может произвести необходимые измерения прямо на объекте без использования дополнительных средств. Затем уже в лабораторных условиях можно занести данные в архив поверок на ПК и сформировать протоколы для всех поверенных ИП.



Рис. 8. Metran-510-ПКМ. Вид окна программного обеспечения в режиме получения данных об ИП

Полученные данные заносится в архив поверок программы и доступны пользователю в любой момент. Данные из архива поверок можно экспортировать в различные форматы файлов (Microsoft Excel, XML, CSV, текстовый формат), а также непосредственно передавать в Microsoft Excel. Это позволяет проводить последующую обработку (архивирование) данных в программном обеспечении пользователя.

**Операция формирования протокола поверки**

После получения данных о поверяемом ИП пользователь имеет возможность сформировать протокол поверки средства измерения, который может быть использован при метрологической аттестации. Форма протокола определяется шаблоном протокола поверки. Пользователь может самостоятельно создавать неограниченное количество шаблонов протоколов поверки. Сформированный программой протокол представляет собой обычный документ Microsoft Excel, который можно распечатать или сохранить в файл.

С аппаратно-программным интерфейсом Поверка ИП возможна поставка DLL-библиотеки, которая позволит на основе многофункционального калибратора Metran-510-ПКМ создавать многоканальные стенды для калибровки измерительных каналов и сбора данных (рис. 9).

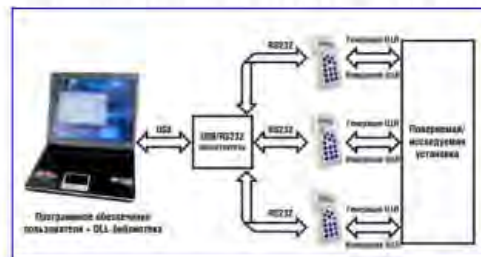


Рис. 9. Metran-510-ПКМ. Вариант использования DLL-библиотеки - стенд для калибровки измерительных каналов и сбора данных

www.asucontrol.ru

**Заключение**

Приобретая калибраторы серии Метран-500, вы получаете значительное увеличение производительности поверки датчиков давления, технических манометров, измерительных преобразователей, вторичных приборов.

При этом вы имеете возможность:

- поверять высокоточные датчики давления класса точности 0,15 (используя калибратор Метран-501-ПКД-Р);
- поверять технические манометры класса точности 0,6 (используя калибратор Метран-502-ПКД-10П);
- поверять вторичные измерительные преобразователи, имеющие линейную, квадратичную или корневую функции преобразования, а также термопреобразователи сопротивления и термоэлектрические преобразователи любых градуировок (используя калибратор Метран-510-ПКМ);

- управлять всеми функциями калибраторов Метран-501-ПКД-Р, Метран-510-ПКМ из программного обеспечения пользователя, используя поставляемую по заказу DLL-библиотеку.

Заказы на калибраторы вы можете разместить в любом из 16 региональных представительств ЗАО "Промышленная Группа Метран" (координаты на сайте [www.metran.ru](http://www.metran.ru)).

*Артём Сергеевич Фильминов – менеджер по  
метрологическому оборудованию  
ЗАО "ГП Метран" (г. Челябинск).  
Телефоны: 8(351) 798-85-10, 741-83-43,  
факс 741-45-17.  
E-mail: [artem.filimov@metran.ru](mailto:artem.filimov@metran.ru)  
<http://www.metran.ru>*

42 2164



группа предприятий  
**МЕТРАН**  
традиции точности

**КАЛИБРАТОР МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОРТАТИВНЫЙ**

**МЕТРАН 510-ПКМ**

Руководство по эксплуатации

1580.000 РЭ

Настоящее руководство по эксплуатации (РЭ) распространяется на калибратор многофункциональный портативный Метран 510-ПКМ (далее по тексту - калибратор) и предназначено для изучения его устройства, принципа действия и правил эксплуатации.

В руководстве по эксплуатации приведены основные технические характеристики, указания по применению, правила транспортирования, хранения и другие сведения, необходимые для правильной эксплуатации калибратора. При эксплуатации калибратора дополнительно руководствоваться паспортом «Многофункциональный портативный калибратор Метран 510-ПКМ. 1580.000 ПС».

Конструкция калибратора предприятием-изготовителем постоянно совершенствуется, поэтому могут быть незначительные отличия от приведенного в настоящем документе описания, не влияющие на работоспособность и технические характеристики калибратора.

## **1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА**

### **1.1 Назначение изделия**

1.1.1 Калибратор предназначен для измерений и воспроизведений сигналов силы и напряжения постоянного электрического тока, сопротивления, для измерения и воспроизведения электрических сигналов термодпар (ТП) и термопреобразователей сопротивления (ТС).

1.1.2 Калибратор применяется в полевых и лабораторных условиях как рабочее или как эталонное средство измерений для поверки, калибровки и настройки различных измерительных и измерительно - вычислительных комплексов, а также показывающих и регистрирующих приборов.

1.1.3 Порядок записи условного обозначения калибратора при его заказе и в документации другой продукции, в которой он может быть применен:

Метран 510 - ПКМ - RS - ТУ 4221 - 002 - 34567480 - 2003

I                      II                      III

I - наименова

II – код наличия порта RS-232 для связи с ПК и ПО ПК

III – нормативный документ (технические условия) на калибратор

## 1.2 Характеристики

1.2.1 Калибратор обеспечивает следующие режимы работы:

- измерение сигналов постоянного тока, напряжения постоянного тока, активного сопротивления;
- воспроизведение (генерация) сигналов постоянного тока, напряжения постоянного тока, активного сопротивления.

Примечание - Сигналы постоянного тока, напряжения и сопротивления возможны специальной формы: пила, обратная пила, треугольник, меандр, синусоида;

- одновременная генерация и измерение любого параметра:
  - сигналов постоянного тока;
  - напряжения;
  - сопротивления.

Диапазоны измерения и воспроизведения (генерации) и предел допускаемой основной погрешности для соответствующей функции калибратора приведены в таблице 1.

Таблица 1

Функция	Диапазон	Цена младшего разряда	Предел допускаемой основной погрешности в диапазоне температур от 10 до 40 °С, $\pm(\%ТВ+\%ВП)$
Измерение силы постоянного тока	$\pm(0 - 5 \text{ мА})$ $\pm(5 - 22 \text{ мА})$	0,0001 мА	0,015 % + 0,005 %
Воспроизведение силы постоянного тока	0 - 5 мА 5 - 20 мА	0,0001 мА	0,015 % + 0,005 % 0,015 % + 0,005 %
Измерение напряжения постоянного тока	0 - 0,1 В 0,1 - 1 В 1 - 11 В	1 мкВ 0,01 мВ 0,1 мВ	0,015 % + 0,01 % 0,015 % + 0,005 % 0,015 % + 0,005 %
Воспроизведение напряжения постоянного тока	0 - 0,1 В 0,1 - 1 В 1 - 5 В	10 мкВ 0,01 мВ 0,1 мВ	0,015 % + 0,01 % 0,015 % + 0,005 % 0,015 % + 0,005 %
Измерение сопротивления постоянному току	0 - 400 Ом 400 - 2000 Ом	0,001 Ом 0,01 Ом	0,015 % + 0,005 % 0,015 % + 0,005 %
Воспроизведение сопротивления постоянному току	0 - 400 Ом 400 - 2000 Ом	0,001 Ом 0,01 Ом	0,015 % + 0,005 % 0,015 % + 0,005 %
Примечания 1 ТВ – значение текущей измеряемой или генерируемой величины. 2 ВП – верхний предел измеряемой или генерируемой величины.			

1.2.2 Дополнительная погрешность в диапазоне температур от 0 до 10 °С и от 40 до 50 °С не более  $\pm 0,001\% \text{ВП/}^\circ\text{С}$  при измерении и воспроизведении (генерации) тока, напряжения и сопротивления.

1.2.3 Входное сопротивление каналов:

- не более 18 Ом – при измерении тока (при +23°C) ;
- не менее 100 МОм - при измерении напряжения от нуля до 1 В;
- не менее 700 кОм - при измерении напряжения от нуля до 11 В;
- динамическое сопротивление более 10 кОм.

Выходное сопротивление каналов:

- не менее 200 МОм - при генерации постоянного тока;
- не более 0,005 Ом плюс сопротивление соединительных проводов - при генерации напряжения.

Сопротивление нагрузки должно быть:

- не более 260 Ом при генерации тока в диапазоне 5-20 мА;
- не более 1040 Ом при генерации тока в диапазоне 0-5 мА;
- не менее 1 кОм при генерации напряжения в диапазоне 0-100 мВ;
- не менее 5 кОм при генерации напряжения в диапазоне 0,1-5 В.

Ток возбуждения при генерации сопротивления должен быть:

- не более 1,3 мА при  $I_{\text{возб.}} < 1,3 \text{ мА}$  и не более 2,5 мА при  $I_{\text{возб.}} > 1,3 \text{ мА}$  в диапазоне 0-400 Ом,
- не более 0,6 мА в диапазоне 400-2000 Ом.

Ток возбуждения при измерении сопротивления –  $(0,5 \pm 0,1) \text{ мА}$ :

1.2.4 Калибратор измеряет и воспроизводит выходные сигналы термомпар с НСХ по ГОСТ Р.585-01 с возможностью автоматической или ручной компенсации температуры "холодного спая". Типы ТП, пределы допускаемой основной погрешности и диапазоны измерения и воспроизведения выходных сигналов ТП приведены в таблице 2.

Таблица 2

Тип ТП	Диапазон измерения и воспроизведения выходных сигналов, °С	Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности, ( $\pm$ )°С	Цена младшего разряда, °С
R (ПП)	от - 49 до + 1767	$1,20 \pm 1$ ед. мл. разр.	0,01
S (ПП)	от - 49 до + 1767	$1,25 \pm 1$ ед. мл. разр.	



B (ПР)	от 250 до + 1820	1,60 ± 1 ед. мл. разр.	
N (НН)	от - 200 до + 1300	0,55 ± 1 ед. мл. разр.	
K (ХА)	от - 200 до + 1370	0,50 ± 1 ед. мл. разр.	
T (МК)	от - 200 до + 400	0,35 ± 1 ед. мл. разр.	
J (ЖК)	от - 200 до + 1200	0,38 ± 1 ед. мл. разр.	
E (ХКн)	от - 200 до + 1000	0,33 ± 1 ед. мл. разр.	
L (ХК)	от - 180 до + 790	0,50 ± 1 ед. мл. разр.	
A-1, A-2, A-3(BP)	от 10 до + 2500(1800)	1,10 ± 1 ед. мл. разр.	
Примечание - Пределы допускаемой абсолютной погрешности канала компенсации температуры холодного спая ± 0,5 °С .			

1.2.5 Калибратор измеряет и воспроизводит выходные сигналы термометров сопротивления ( ТСП, ТСМ, ТСН ) с НСХ по ГОСТ 6651-94. Типы ТС, пределы допускаемой основной погрешности и диапазоны измерения и воспроизведения выходных сигналов термометров приведены в таблице 3.

Таблица 3

Тип ТС	$W_{100}$	Диапазон температур, °С	Пределы допускаемой основной погрешности, °С	Цена младшего разряда, °С
1	2	3	4	5
50П	1,3910	от - 199 до +1099	± (0,14+2,4·10 <sup>-4</sup> · t) ± 1 ед. мл. разр. для тем - ры от -200 до +870 °С: ± (0,09+2,1·10 <sup>-4</sup> · t) ± 1 ед. мл. разр. для тем - ры от 870 до 1100°С: ± (0,20+4,0·10 <sup>-4</sup> · t) ± 1 ед. мл. разр.	0,01
100П			± (0,06+1,7·10 <sup>-4</sup> · t) ± 1 ед. мл. разр. для тем - ры от 260 до 1100°С: ± (0,15+2,7·10 <sup>-4</sup> · t) ± 1 ед. мл. разр.	
200П			для тем - ры от -200 до -50°С: ± (0,05+1,7·10 <sup>-4</sup> · t) ± 1 ед. мл. разр. для тем - ры от -50 до +850°С: ± (0,09+2,1·10 <sup>-4</sup> · t) ± 1 ед. мл. разр.	
500П		от - 195 до +849	для тем - ры от -200 до -150°С: ± (0,04+1,6·10 <sup>-4</sup> · t) ± 1 ед. мл. разр. для тем - ры от -150 до +250°С: ± (0,06+1,7·10 <sup>-4</sup> · t) ± 1 ед. мл. разр.	
1000П		от - 195 до +250	от - 195 до +845	± (0,14+2,4·10 <sup>-4</sup> · t) ± 1 ед. мл. разр. ± (0,09+2,1·10 <sup>-4</sup> · t) ± 1 ед. мл. разр. для тем - ры от -200 до +265°С: ± (0,06+1,8·10 <sup>-4</sup> · t) ± 1 ед. мл. разр. для тем - ры от 265 до 850 °С: ± (0,15+2,6·10 <sup>-4</sup> · t) ± 1 ед. мл. разр.
Pt 50	1,3850	от - 195 до +845	± (0,14+2,4·10 <sup>-4</sup> · t) ± 1 ед. мл. разр.	
Pt 100			± (0,09+2,1·10 <sup>-4</sup> · t) ± 1 ед. мл. разр.	
Pt 200			для тем - ры от -200 до +265°С: ± (0,06+1,8·10 <sup>-4</sup> · t) ± 1 ед. мл. разр. для тем - ры от 265 до 850 °С: ± (0,15+2,6·10 <sup>-4</sup> · t) ± 1 ед. мл. разр.	

Pt 500			для тем - ры от -200 до -50°C: $\pm (0,05+1,7 \cdot 10^{-4} \cdot t) \pm 1$ ед. мл. разр. для тем - ры от -50 до +850°C: $\pm (0,09+2,1 \cdot 10^{-4} \cdot t) \pm 1$ ед. мл. разр.	0,01
Pt 1000		от - 195 до +250	для тем - ры от -200 до -150°C: $\pm (0,04+1,6 \cdot 10^{-4} \cdot t) \pm 1$ ед. мл. разр. для тем - ры от -150 до +250°C: $\pm (0,06+1,7 \cdot 10^{-4} \cdot t) \pm 1$ ед. мл. разр.	
50M	1,4280	от - 184 до +200	$\pm (0,13+1,5 \cdot 10^{-4} \cdot t) \pm 1$ ед. мл. разр	
53M				
100M				
Cu 50	1,4260	от - 49 до +199	$\pm (0,13+1,5 \cdot 10^{-4} \cdot t) \pm 1$ ед. мл. разр.	
Cu 100				
100H				
Ni -100	1,6170	от - 59 до +179	$\pm 0,07 \pm 1$ ед. мл. разр.	

1.2.6 Время установления рабочего режима калибратора после его включения не более 5 мин.

1.2.7 Калибратор обеспечивает индикацию:

- электрических сигналов – 6 значащих разрядов;
- значений температуры – 6 значащих разряда.

1.2.8 Пользовательский интерфейс калибратора обеспечивает доступность следующих функций:

- вкл. \ выкл. калибратора;
- вкл. \ выкл. заряда аккумулятора;
- выбор номера проверяемого прибора.
- выбор измеряемого параметра;
- выбор диапазона измеряемого параметра;
- выбор воспроизводимого (генерируемого) параметра;
- выбор диапазона воспроизводимого (генерируемого) параметра;
- выбор режима воспроизведения (генерации) сигналов I/U/R;
- выбор режима расчета погрешности проверяемого прибора;
- одновременное отображение величин входного и выходного сигналов;
- работа с памятью: занесение, извлечение, обновление, очистка;
- обнуление показаний измерения ;

1.2.9 Питание калибратора осуществляется от четырех аккумуляторных батарей 1,2 В (NiCd, NiMH - типоразмера AA) или от блока питания, включаемого в сеть переменного однофазного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц.

## Примечания

1 При разряде аккумулятора предусмотрена индикация информации на ЖКИ.

2 Заряд аккумуляторных батарей осуществляется автоматически или по таймеру.

1.2.10 Продолжительность непрерывной работы калибратора при полностью заряженных аккумуляторах (800мАч) не менее:

- 4 ч - в режиме генерации тока 20 мА без подсветки ЖКИ;
- 8 ч - в режиме измерения без подсветки.

1.2.11 Калибратор имеет встроенный RS232- интерфейс и сервисное программное обеспечение (ПО) для PC.

1.2.12 Калибратор устойчив к воздействию температуры окружающей среды от 0 до плюс 50 °С – соответствует климатическому исполнению обыкновенное УХЛ.3.1 по ГОСТ15150-69.

1.2.13 Калибратор устойчив к воздействию атмосферного давления от 84 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт.ст.) и соответствует группе исполнения P1 по ГОСТ 12997.

1.2.14 Калибратор устойчив к воздействию относительной влажности окружающего воздуха до 80 % при температуре плюс 25 °С без конденсации влаги.

1.2.15 По степени защиты от воздействия пыли и воды калибратор соответствует группе IP54 по ГОСТ 14254.

1.2.16 Калибратор устойчив к воздействию вибрации соответствующей группе N2 по ГОСТ 12997.

1.2.17 Калибратор в транспортной таре выдерживает воздействие:

- температуры окружающей среды от минус 25 до плюс 50 °С;
- относительной влажности воздуха (95 ± 3) % при температуре плюс 35 °С;
- вибрации по группе F3 ГОСТ 12997 .

1.2.18 Габаритные размеры калибратора приведены в приложении А.

1.2.19 Масса калибратора не превышает 0,55 кг

1.2.20 Средняя наработка на отказ – не менее 8000 ч.

1.2.21 Средний срок службы - не менее 8 лет.

### 1.3 Состав изделия

1.3.1 Калибратор представляет собой электронный прибор, в состав которого входят следующие элементы:

- электронный блок с жидкокристаллическим буквенно-цифровым дисплеем (ЖКИ);
- блок питания;
- адаптер RS 232 для связи с ПК (по заказу);

- сервисное программное обеспечение для PC (диск) (по заказу);
- аккумулятор (NiCd, NiMH – типоразмер AA);
- термозонд для компенсации температуры холодного спая термопар;
- переходник для термопар;
- электрический кабель для подключения поверяемого прибора;
- электрические кабели для генерации / измерения сопротивления

#### Примечания

1. Схема внешних электрических соединений калибратора приведена в приложении Б.

2. В кабеле для генерации / измерения сопротивления:

короткие выводы – токовые; длинные выводы – напряжение;  
красные – (+); черные – (-).

### 1.4 Устройство и работа

1.4.1 Калибратор выполнен в виде портативного ручного прибора в пластмассовом корпусе, на лицевой поверхности которого размещены клавиатура и жидкокристаллический буквенно-цифровой дисплей.

На верхней поверхности калибратора расположены гнезда и разъемы для подключения к внешним объектам и приборам соответственно в режимах измерения и генерации электрических сигналов, также имеется гнездо для подключения блока питания от сети переменного тока 220 В и последовательный порт RS-232 для связи с персональным компьютером.

На задней стороне калибратора устанавливаются аккумуляторы для обеспечения работы в автономном режиме.

1.4.2 Калибратор включает в себя интерфейсный модуль и модуль сбора и обработки данных.

Измеряемые электрические сигналы через цепи защиты, предохраняющие электронную схему от перегрузок, попадают на вход многоканального АЦП, преобразующего величину измеренного электрического сигнала в цифровой код, который об-

работывается микропроцессором. Для обеспечения заданной высокой точности предназначены источник опорного напряжения (ИОН) и датчик температуры (ДТ) при помощи которого осуществляется термокомпенсация ИОН и измерительных цепей,

минимизируя тем самым зависимость погрешности измерения от температуры окружающей среды.

1.4.3 Функции управления калибратором и обработки результатов измерений возложены на микропроцессор модуля сбора и обработки информации электронного блока, а функции вывода информации на дисплей и ввода с клавиатуры – на контроллер дисплея и клавиатуры интерфейсного модуля.

1.4.4 Питание калибратора осуществляется от встроенного аккумулятора или от внешнего источника питания от сети переменного тока 220 В.

1.4.5 Для взаимодействия с персональным компьютером служит адаптер, который подключается к разьему RS-232 на корпусе калибратора.

1.4.6 Обозначение и назначение клавиш и мест внешнего подсоединения калибратора приведены в приложении Г.

## **1.5 Маркировка и пломбирование**

1.5.1 Маркировка калибратора нанесена на прикрепленной к нему табличке и содержит следующую информацию:

- наименование;
- товарный знак предприятия-изготовителя;
- знак утверждения типа средств измерений по ПР 50.2.009;
- условное обозначение калибратора;
- порядковый номер по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- дата выпуска (год и месяц).

1.5.2 Калибратор опломбирован на предприятии – изготовителе.

## **1.6 Упаковка**

1.6.1 Упаковка и транспортная тара обеспечивают сохранность в условиях транспортирования и хранения в соответствии с разделом 5 настоящего руководства по эксплуатации.

1.6.2 На транспортной таре в соответствии с ГОСТ 14192 нанесены

несмываемой краской, контрастной цвету тары, основные, дополнительные информационные надписи и манипуляционные знаки, соответствующие обозначениям: "Осторожно - хрупкое!", "Беречь от влаги" и "Верх".

## **2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ**

### **2.1 Подготовка калибратора к использованию**

#### **2.1.1 Меры безопасности**

К работам по эксплуатации, поверке и обслуживанию калибратора допускаются лица, имеющие необходимую квалификацию, изучившие комплект эксплуатационных документов и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

Калибратор соответствует требованиям по безопасности по ГОСТ 12997.

По уровню электробезопасности калибратор соответствует классу 0 при работе с встроенными источниками питания и классу 0 при подключении зарядного устройства к электросети по ГОСТ 12.2.007.0.

#### **2.1.2 Подготовка к работе**

Внимательно изучить руководство по эксплуатации.

Извлечь калибратор из транспортной тары. Проверить комплектность и убедиться в отсутствии внешних повреждений. В холодное время года калибратор необходимо выдержать в нормальных климатических условиях не менее трех часов.

**ВНИМАНИЕ !** Перед работой снять защитную пленку с дисплея.

2.1.3 Установить калибратор на рабочем месте, обеспечив удобство работы.

При этом должны соблюдаться следующие требования:

- среда, окружающая калибратор, не должна содержать примесей, вызывающих коррозию его деталей;
- калибратор не должен подвергаться воздействию тепловых потоков воздуха

**ВНИМАНИЕ !** Откидной упор у корпуса устанавливать по схеме, указанной на упоре.

2.1.4 Соединить калибратор с сетью питания и с внешними устройствами в соответствии со схемами, приведенными в приложении В

Примечание - подключения осуществлять только с помощью шнуров из комплектации калибратора и медного зацепа.

2.1.5 Максимально – допустимые значения электрических параметров при эксплуатации калибратора:

## Портативный калибратор давления Метран-515



- Диапазоны измерений:
  - давления от 0...1,6 кПа до 0...60 МПа;
  - разрежения от 0...-0,025 до 0...-0,1 МПа
- Диапазоны измерений и воспроизведения электрических сигналов: 0-1 В; 0-20 мА
- Погрешность измерений давления  $\pm 0,05\%$  ВПИ поддиапазона
- Питание поверяемых датчиков напряжением 24 В от блока питания Метран-516
- Единицы измерения давления: Па, кПа, МПа, кгс/м<sup>2</sup>, кгс/см<sup>2</sup>, ммНг, смНг, ммН<sub>2</sub>О, mbar, bar
- Аппаратный интерфейс ПК RS232 или USB
- Программное обеспечение "Поверка СИД"
- Питание калибратора:
  - от встроенного Ni-MH аккумулятора;
  - от сетевого блока питания Метран-516
- Степень защиты калибратора от воздействий пыли и воды IP54
- Заменяет калибратор Метран-ПКД-10М
- Внесен в Госреестр средств измерений под №32813-06, сертификат №25395
- ТУ 4212-001-51453097-2006

Портативный калибратор давления Метран-515 предназначен для точного измерения и воспроизведения избыточного давления, разрежения, напряжения и силы постоянного тока. Применяется в качестве эталона при поверке и калибровке датчиков давления, разности давлений, разрежения, образцовых манометров, вторичных показывающих и регистрирующих приборов, а также для проверки сигнализирующих устройств электроконтактных манометров, реле давления.

Основные функциональные возможности:

- калибровка средств измерений давления в условиях эксплуатации;
- автоматическое вычисление погрешности датчиков давления;
- сохранение в энергонезависимой памяти калибратора до 14 результатов калибровки датчиков давления, передача результатов калибровки в ПК;
- автоматическое формирование протоколов поверки датчиков давления, образцовых и технических манометров.

## УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Устройство и принцип действия калибратора Метран-515 аналогичны устройству и принципу действия калибратора Метран-501-ПКД-Р (см. соответствующий раздел данного каталога).

## ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПАРАМЕТРЫ

### ДИАПАЗОНЫ ИЗМЕРЕНИЙ ДАВЛЕНИЯ

Таблица 1

Код модуля давления	Диапазоны измерений модулей давления, МПа	Поддиапазоны измерений давления, МПа				Предельно-допускаемое давление, МПа
<b>Модули избыточного давления</b>						
<b>K2,5</b>	0-0,0025	0-0,0016		0-0,0025		0,0035
<b>K2,5Д</b>						0,005
<b>K6</b>	0-0,006	0-0,004		0-0,006		0,0085
<b>K6Д</b>						0,012
<b>K25</b>	0-0,025	0-0,01		0-0,016	0-0,025	0,035
<b>K25Д</b>						0,05
<b>M0,16</b>	0-0,16	0-0,04	0-0,06	0-0,1	0-0,16	0,22
<b>M0,16Д</b>						0,32
<b>M1</b>	0-1,0	0-0,25	0-0,4	0-0,6	0-1,0	1,4
<b>M1Д</b>						2
<b>M2,5</b>	0-2,5	0-1,6		0-2,5		3,5
<b>M10</b>	0-10	0-4,0		0-6,0	0-10,0	14
<b>M25</b>	0-25	0-16,0		0-25,0		35
<b>M60</b>	0-60	0-40		0-60		70
<b>Модули вакуумметрического давления (разрежения)</b>						
<b>V25</b>	-0,025...0	-				-0,035
<b>V63</b>	-0,063...0	-				-0,09
<b>V100</b>	-0,1...0	-				-0,1

#### Примечания:

- С одним электронным блоком может работать произвольное количество модулей давления.
- Для обеспечения минимальной погрешности поверки (калибровки) датчиков давления диапазон измерений каждого сменного аталонного модуля разбит на 2-4 поддиапазона, при этом погрешность измерения давления нормируется от верхнего предела измерений поддиапазона.
- Модули K2,5, K6, K25, M0,16 и M1 рассчитаны на измеряемую среду – чистый воздух. Модули K2,5Д, K6Д, K25Д, M0,16Д, M1Д, M2,5, M10, M25 и M60 имеют в своей конструкции разделительную диафрагму (мембрану) из нержавеющей стали и обеспечивают работу с любыми средами, не вызывающими коррозию стали марки 12Х18Н10Т.

### ДИАПАЗОНЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Таблица 2

Параметр	Диапазон измерений
<b>В режиме "Измерение"</b>	
Постоянный ток	0-20 мА*
Напряжение постоянного тока	0-1 В
<b>В режиме "Генерация"</b>	
Постоянный ток	0-20 мА
Напряжение постоянного тока	0-1 В

\* Калибратор Метран-515 позволяет измерять выходные сигналы датчиков давления 0-5, 5-0, 4-20, 20-4 мА.

**Питание поверяемых датчиков** напряжением постоянного тока 24 В (при работе от блока питания Метран-516). Максимальный ток нагрузки 50 мА.

#### Входное сопротивление электронного блока:

- не менее 10 МОм - при измерении напряжения;
- не более 75 Ом - при измерении тока.

**Мощность**, потребляемая электронным блоком от сетевого блока, не более

- 0,4 Вт - в режиме измерения;
- 0,6 Вт - в режиме генерации.

#### Масса электронного блока

не более 0,45 кг

**Средний срок службы** - не менее 8 лет

#### Число разрядов для индикации параметров:

- 5 десятичных разрядов - индикация давления, разрежения;
- 6 десятичных разрядов - индикация тока, напряжения



**ПОГРЕШНОСТЬ КАЛИБРАТОРА**

Таблица 3

Параметр	Диапазон	Предел допускаемой основной погрешности, не более
<b>В режиме "Измерение"</b>		
Избыточное давление	0-0,16...0-60 МПа	±0,05%ВПИ
	0-25 кПа	±0,06%ВПИ
	0-2,5; 0-6 кПа	±0,1%ВПИ
Разряжение	-25-0 кПа...-100-0 кПа	±0,06%ВПИ
Ток	0-20 мА	±(0,02%ИВ+0,001 мА)
Напряжение	0-1 В	±(0,02%ИВ+0,0002 В)
<b>В режиме "Генерация"</b>		
Ток	0-20 мА	±(0,04%ГВ+0,001 мА)
Напряжение	0-1 В	±(0,04%ГВ+0,0002 В)

ВПИ - верхний предел измерений поддиапазона модуля давления;  
 ИВ - текущее значение измеряемой величины;  
 ГВ - текущее значение генерируемой (воспроизводимой) величины.

**ПОВЕРКА**

Периодичность поверки - 1 раз в год.  
 Поверку Вы можете провести у изготовителя или в территориальных органах Ростехрегулирования.

**УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Температура окружающего воздуха от 0 до 50°С.  
 Относительная влажность от 30 до 80%.  
 Атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

**ГАРАНТИЙНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА**

Гарантийные обязательства - 12 месяцев со дня ввода в эксплуатацию, но не более 18 месяцев со дня отгрузки с предприятия-изготовителя.

**КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ**

В комплект поставки датчика входят:

- электронный блок	1 шт.
- модуль давления	по заказу
- источник создания давления	по заказу
- аккумулятор	1 шт.
- электрический кабель для подключения калибруемого прибора	1 шт.
- сетевой блок питания Метран-516	1 шт.*
- футляр	1 шт.
- паспорт 1592.000.00ПС	1 экз.
- руководство по эксплуатации 1592.000.00РЭ	1 экз.
- свидетельство о поверке	1 экз.
- методика поверки	1 экз.
- опции	по заказу

\* Блок питания Метран-516 обеспечивает питание калибратора, питание поверяемых датчиков напряжением 24 В (см.раздел "Вспомогательное оборудование").

**ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС**

ПГ "Метран" осуществляет следующие виды работ:

1. Профилактические работы;
- проверка герметичности, работоспособности;
- устранение дефектов;
- определение метрологических характеристик.
2. Средний или сложный ремонт в короткие сроки.
3. Поставка дополнительных модулей давления и источников создания давления для ранее приобретенных калибраторов.
4. Калибровка (если погрешность больше допускаемой основной погрешности).
5. Поверка (выполняется на метрологической базе изготовителя с привлечением Челябинского ЦСМ).

**ОПЦИИ**

1. Аппаратный интерфейс ПК с адаптером RS232 или USB (по заказу) для подключения к ПК и программное обеспечение "Поверка СИД" (компакт-диск).
2. HART-коммуникатор Метран-650, 375 или HART-модем Метран-682 и программное обеспечение H-Master (см.раздел "Оборудование для визуализации выходных сигналов датчиков по HART-протоколу" данного каталога).
3. Штуцеры переходные для подключения поверяемых датчиков с различными резьбами к пневмошлангу (гидравлическому рукаву) источника создания давления (см.раздел "Вспомогательное оборудование").

**Применение опции "HART-коммуникатор Метран-650" или "HART-модем Метран-682" и "Программное обеспечение H-Master".**

Опция введена для поверки датчиков давления Метран-100 и аналогичных датчиков других фирм, имеющих опцию выходного сигнала с HART-протоколом.

Поскольку входной сигнал по HART-протоколу является цифровым измерительным сигналом, то датчики давления необходимо поверять как по аналоговому, так и по сигналу HART. Для этого калибратор давления Метран-515 по заказу потребителя комплектуется HART-модемом Метран-682, программным обеспечением H-Master, которые вместе обеспечивают преобразование HART-сигнала от датчика в интерфейс связи RS232 и расшифровку показаний датчика на мониторе ПК, а также возможна комплектация калибратора HART-коммуникатором.

## 6.6 Калибратор элметро-Паскаль

### Калибратор-контроллер давления ЭЛМЕТРО-Паскаль

Новинки в 2010 году!



- Предназначен для построения высокоточных и эффективных автоматизированных систем калибровки приборов давления
- Диапазоны генерируемых давлений:
  - избыточное от 0...0,2 МПа до 0...2,0 МПа
  - избыточное - разрежение от -0,1...+0,2 МПа до -0,1...+2,0 МПа.
- Ручной, автоматический и полуавтоматический режимы работы
- Нестабильность поддержания давления  $\pm 0,0015\%$  верхнего предела измерения
- Точность измерения давления:
  - до  $\pm(0,01\%$  верхнего предела поддиапазона +  $0,015\%$  измеряемой величины) с внутренним модулем давления
  - до  $\pm(0,01\%$  верхнего предела поддиапазона +  $0,01\%$  измеряемой величины) с внешним модулем давления
  - Высокое качество регулирования давления при малых и больших присоединенных объемах
- Встроенный блок питания 24 В калибруемых / поверяемых датчиков

Калибратор-контроллер давления обеспечивает высокостабильное и точное опорное давление для калибровки / поверки датчиков давления и манометров. Он значительно упрощает процедуру калибровки, делая ее более оперативной и безошибочной. В ручном режиме работы целевое значение давления задается с клавиатуры на передней панели. В автоматическом режиме генерируется шаг за шагом предварительно запрограммированная последовательность давлений.

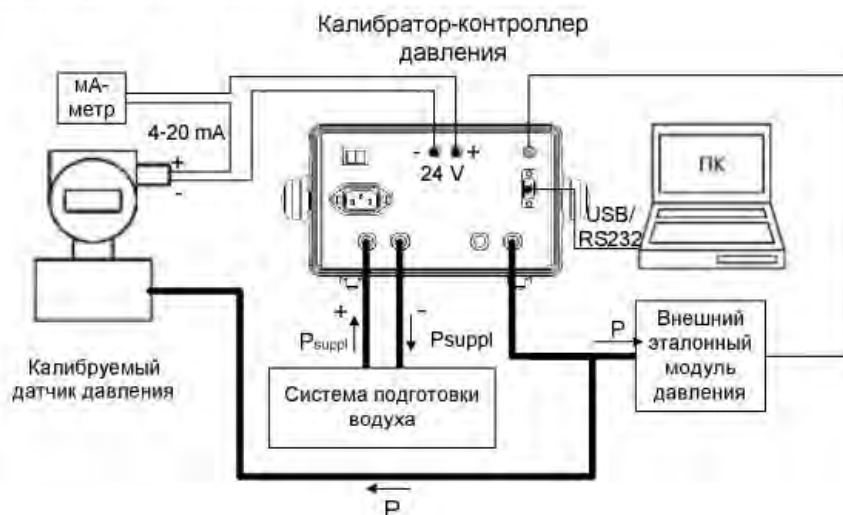
Калибратор-контроллер может комплектоваться эталонными модулями давления классов: **Z, A, B** (в порядке убывания точности), причем внутри КД устанавливается только один эталонный модуль – класса А или класса Б. По умолчанию он и используется в качестве **рабочего модуля** для измерения и регулирования давления. Диапазоны, поддиапазоны и точности этих модулей приведены в таблицах 1, 2, 3. Кроме этого, к калибратору может быть подключен внешний сменный модуль любого из вышеуказанных классов (**при этом в меню прибора надо указать внешний модуль в качестве рабочего**). Число внешних модулей, поставляемых в комплекте с КД, – опционально. Внешние модули, подключаемые к КД, не должны иметь пределы измерения шире, чем у внутреннего модуля, во избежание перегрузки последнего.

Применение внешних модулей позволяет:

- расширить динамический диапазон в область более низких давлений применением внешних сменных модулей с меньшим диапазоном измерения давления, чем внутренний
- повысить точность калибратора-контроллера, например, применением внешних модулей более высокого класса, чем внутренний.

Контроллер может быть подключен к компьютеру через RS232 или USB соединение. Это позволяет построить на базе контроллера «ЭЛМЕТРО-Паскаль» и цифрового мультиметра полностью автоматизированную систему калибровки датчиков давления.

### Типичная схема применения



### Технические характеристики

Таблица 1 – Диапазоны давления и пределы допускаемой погрешности эталонного модуля давления класса А

Модуль	Пределы измерения давления	Поддиапазоны			
		Предел допускаемой основной погрешности измерения			
A02	избыточное 0...0,2 МПа	-	0...0,2 МПа 0,01%*0,16 МПа + 0,015%ИВ	0...0,07 МПа 0,01%*0,063МПа + 0,015%ИВ	0...0,025 МПа 0,015%*0,025 МПа +0,015% ИВ
A07	избыточное 0...0,7 МПа	-	0...0,7 МПа 0,01%*0,63МПа а + 0,015%ИВ	0...0,25 МПа 0,01%*0,25 МПа + 0,015%ИВ	0...0,07 МПа 0,015%*0,063 МПа +0,015% ИВ
A20	избыточное 0...2,0 МПа	-	0...2,0 МПа 0,01%*1,6 МПа + 0,015%ИВ	0...0,7 МПа 0,01%*0,63МПа + 0,015%ИВ	0...0,25 МПа 0,015%*0,25 МПа+ 0,015% ИВ
A02B	избыточное- вакуум: -0,1...-0,2 МПа	-0,1...0 МПа 0,01%*0,1 МПа + 0,015%ИВ	0...0,2 МПа 0,01%*0,16 МПа + 0,015%ИВ	0...0,07 МПа 0,01%*0,063МПа + 0,015%ИВ	0...0,025 МПа 0,015%*0,025 МПа +0,015% ИВ
A07B	избыточное- вакуум: -0,1...-0,7 МПа	-0,1...0 МПа 0,01%*0,1 МПа + 0,015%ИВ	0...0,7 МПа 0,01%*0,63МПа а + 0,015%ИВ	0...0,25 МПа 0,01%*0,25 МПа +0,015%ИВ	0...0,07 МПа 0,015%*0,063МПа +0,015% ИВ
A20B	избыточное- вакуум: -0,1...-2,0 МПа	-0,1...0 МПа 0,01%*0,1 МПа + 0,015%ИВ	0...2,0 МПа 0,01%*1,6 МПа + 0,015%ИВ	0...0,7 МПа 0,01%*0,63МПа + 0,015%ИВ	0...0,25 МПа 0,015%*0,25 МПа +0,015% ИВ

**Таблица 2** – Диапазоны давления и пределы допускаемой погрешности эталонного модуля давления серии Б

Модуль	Пределы измерения давления	Поддиапазоны			
		Предел допускаемой основной погрешности измерения			
<b>Б02</b>	избыточное 0...0,2 МПа	-	<b>0...0,2 МПа</b> 0,01%*0,16 МПа + 0,02%ИВ	<b>0...0,07 МПа</b> 0,01%*0,063МПа + 0,02%ИВ	<b>0...0,025 МПа</b> 0,015%*0,025 МПа + 0,02% ИВ
<b>Б07</b>	избыточное 0...0,7 МПа	-	<b>0...0,7 МПа</b> 0,01%*0,63МПа а + 0,02%ИВ	<b>0...0,25 МПа</b> 0,01%*0,25 МПа + 0,02%ИВ	<b>0...0,07 МПа</b> 0,015%*0,063МПа + 0,02% ИВ
<b>Б20</b>	избыточное 0...2,0 МПа	-	<b>0...2,0 МПа</b> 0,01%*1,6 МПа + 0,02%ИВ	<b>0...0,7 МПа</b> 0,01%*0,63МПа + 0,02%ИВ	<b>0...0,25 МПа</b> 0,015%*0,25 МПа + 0,02% ИВ
<b>Б02В</b>	избыточное- вакуум: -0,1...0,2 МПа	<b>-0,1...0 МПа</b> 0,01%*0,1 МПа + 0,015%ИВ	<b>0...0,2 МПа</b> 0,01%*0,16 МПа + 0,02%ИВ	<b>0...0,07 МПа</b> 0,01%*0,063МПа + 0,02%ИВ	<b>0...0,025 МПа</b> 0,015%*0,025 МПа + 0,02% ИВ
<b>Б07В</b>	избыточное- вакуум: -0,1...0,7 МПа	<b>-0,1...0 МПа</b> 0,01%*0,1 МПа + 0,015%ИВ	<b>0...0,7 МПа</b> 0,01%*0,63МПа а + 0,02%ИВ	<b>0...0,25 МПа</b> 0,01%*0,25 МПа + 0,02%ИВ	<b>0...0,07 МПа</b> 0,015%*0,063МПа + 0,02% ИВ
<b>Б20В</b>	избыточное- вакуум: -0,1...2,0 МПа	<b>-0,1...0 МПа</b> 0,01%*0,1 МПа + 0,015%ИВ	<b>0...2,0 МПа</b> 0,01%*1,6 МПа + 0,02%ИВ	<b>0...0,7 МПа</b> 0,01%*0,63МПа + 0,02%ИВ	<b>0...0,25 МПа</b> 0,015%*0,25 МПа + 0,02% ИВ

**Таблица 3** – Диапазоны давления и пределы допускаемой погрешности внешнего эталонного модуля давления серии Z

Модуль	Пределы измерения давления	Поддиапазоны			
		Предел допускаемой основной погрешности измерения			
<b>Z001</b>	избыточное 0...0,01 МПа	-	<b>0...0,01 МПа</b> 0,01%*0,01 МПа + 0,01%ИВ	<b>0...0,002 МПа</b> 0,015%*0,002МПа а + 0,01%ИВ	-
<b>Z01</b>	избыточное 0...0,1 МПа	-	<b>0...0,1 МПа</b> 0,01%*0,1МПа + 0,01%ИВ	<b>0...0,025 МПа</b> 0,01%*0,025 МПа + 0,01%ИВ	<b>0...0,01МПа</b> 0,015%*0,01МПа +0,01% ИВ
<b>Z02</b>	избыточное 0...0,2 МПа	-	<b>0...0,2 МПа</b> 0,01%*0,16 МПа + 0,01%ИВ	<b>0...0,07 МПа</b> 0,01%*0,063МПа + 0,01%ИВ	<b>0...0,025 МПа</b> 0,015%*0,025 МПа +0,01% ИВ
<b>Z05</b>	избыточное 0...0,5 МПа	-	<b>0...0,5 МПа</b> 0,01%*0,5МПа + 0,01%ИВ	<b>0...0,25 МПа</b> 0,01%*0,25 МПа + 0,01%ИВ	<b>0...0,07 МПа</b> 0,015%*0,063МПа а +0,01% ИВ
<b>Z20</b>	избыточное 0...2,0 МПа	-	<b>0...2,0 МПа</b> 0,01%*1,6 МПа + 0,01%ИВ	<b>0...0,7 МПа</b> 0,01%*0,63МПа + 0,01%ИВ	<b>0...0,25 МПа</b> 0,015%*0,25МПа а +0,01% ИВ
<b>Z02В</b>	избыточное- вакуум: -0,1...0,2 МПа	<b>-0,1...0 МПа</b> 0,01%*0,1 МПа + 0,01%ИВ	<b>0...0,2 МПа</b> 0,01%*0,16 МПа + 0,01%ИВ	<b>0...0,07 МПа</b> 0,01%*0,063МПа + 0,01%ИВ	<b>0...0,025 МПа</b> 0,015%*0,025МПа а +0,01% ИВ

## 6.7 Фирма «ВИКА». Задание и измерение температуры и давления

# Устройства создания давления

## Простота создания давления

Устройства создания давления необходимы для воспроизведения давления. При этом используется метод сличения показаний между эталонным и поверяемым СИ. Устройства создания давления могут применяться стационарно в лаборатории или на местах эксплуатации СИ.

### СРР30

Ручной насос, пневматический



- Диапазон воспроизведения: -95 кПа ... +3500 кПа
- Среда: Воздух
- Избыточное положительное или отрицательное
- Компактные размеры
- Типовой лист: СТ 91.06

### СРР700Н, 1000Н

Ручной насос, гидравлический



- Диапазон воспроизведения: 0 ... 700/0 ... 100 МПа
- Среда: Масло, вода
- Встроенный резервуар
- Эргономичное использование
- Типовой лист: СТ 91.07

### СРР1000-М, -L

Ручной насос с маховиком, гидравлический



- Диапазон воспроизведения: 0 ... 100 МПа
- Среда: Масло, вода
- Плавность задани через маховик
- Компактные размеры
- Типовой лист: СТ 91.05

### СРР-Х

Компаратор давления, гидравлический



- Диапазон воспроизведения: 0 ... 100/0 ... 160 МПа  
0 ... 300/0 ... 500/0 ... 700 МПа
- Среда: Масло, вода
- Встроенный резервуар и насос предварительного создания давления
- Прочная лабораторная версия
- Типовой лист: СТ 91.05

# Переносные калибраторы давления

Портативные мобильные калибраторы давления используются для...

Возможности поверки и/или калибровки средств измерения на местах. Калибраторы могут поставляться с образцовыми датчиками до 1500 МПа.

## CPH6200

Цифровой манометр



- Диапазон давления: 0 ... 0,01 до 0 ... 100 МПа
- Погрешность: 0,2%/0,1 %
- Среда: Неагрессивные газы и жидкости
- Возможен с вариантом измерения дифференциального давления, исполнение ATEX
- Типовой лист: СТ 11.01

## CPH6400

Цифровой манометр



- Диапазон давления: 0 ... 0,04 до 0 ... 1500 МПа
- Погрешность: 0,025 %
- Среда: Неагрессивные газы и жидкости
- Встроенная память
- Типовой лист: СТ 14.01

## CPH6000

Калибратор давления



- Диапазон давления: 0 ... 0,025 до 0 ... 800 МПа
- Погрешность: 0,025 %
- Среда: Неагрессивные газы и жидкости
- Функции калибровки, проверка переключателей
- Типовой лист: СТ 15.01

## CPH6600

Калибратор давления с встроенным насосом



- Диапазон давления: 0 ... 2 до 0 ... 20 bar
- Погрешность: 0,025 %
- Среда: Чистые, сухие и Неагрессивные газы
- Встроенный насос
- Типовой лист: СТ 16.01

## Полностью укомплектованные сервисные чемоданы

Различные варианты комплектация для удовлетворения требований заказчика.



Калибровочный набор

Дополнительная информация на [www.wika.ru](http://www.wika.ru)

# Высокоточные цифровые СИ давления

Цифровые СИ давления преобразуют давления в электрический сигнал и, как вариант, отображают его на дисплее

Вследствие высокой точности данные СИ могут быть использованы как в качестве рабочих эталонов предприятий, так и для проведения поверки, калибровки и/или испытаний на местах.

## CPG1000

Цифровой манометр



- Диапазон давления: 0 ... 0,007 до 0 ... 70 МПа
- Погрешность: 0,05 %
- Среда: Жидкость или газ
- АTEX одобрение, встроенная память, прочный корпус из нержавеющей стали
- Типовой лист: СТ 10.01

## CPT61x0

Высокоточный преобразователь давления



- Диапазон давления: 0 ... 0,0025 до 0 ... 40 МПа
- Погрешность: 0,01 %
- RS-232 или RS-485 интерфейс
- Дополнительная опция - аналоговый выход

## CPG2500

Цифровой манометр, 1 или 2-х канальное исполнение



- Диапазон давления: 0 ... 0,0025 до 0 ... 70 МПа
- Погрешность: 0,01 %
- Среда: Неагрессивные газы, > 0,1 МПа - жидкости
- До 2-х встроенных датчиков и барометра
- Типовой лист: СТ 25.02

# Контроллеры(датчики) давления

Данные средства обеспечивают быструю и автоматическую задачу давления

Высокая точность и стабильность задачи давления делает данный вид оборудования наиболее подходящим для проведения испытаний и/или поверки(калибровки) СИ давлений на производственных линиях или лабораториях.

## CPC2000

Исполнение для низких давлений



- Диапазон давления: 0 ... 100 Па до 0 ... 100 кПа
- Погрешность: 0,1/0,3 % (для 0 ... 100 Па)
- Среда: Воздух
- Встроенный насос
- Типовой лист: СТ 27.51

## CPC3000

Высокоскоростное исполнение



- Диапазон давления: 0 ... 0,035 до 0 ... 7 МПа
- Погрешность: 0,025 %
- Среда: сухой, чистый воздух или азот
- Очень быстрая скорость выхода на режим
- Типовой лист: СТ 27.55

## CPC6000

Стандартное исполнение



- Диапазон давления: 0 ... 0,0025 до 0 ... 10 МПа
- Погрешность: 0,01 %
- Среда: сухой, чистый воздух или азот
- До 2-х независимых каналов, в каждом из которых до 2-х датчиков (быстрореактивные датчики!!!)
- Типовой лист: СТ 27.61



# Грузопоршневые манометры

**Грузопоршневые манометры - наиболее точные эталонные технические устройства для калибровки и/или поверки средств измерения давления.**

Прямые измерения давления, как вес приложенный к площади и использование высококлассных материалов дают превосходную неопределенность измерений и долговременную стабильность в течении 5 лет. Вследствие замкнутой системы создания давления и простого принципа действия CPB5000 идеально подходит для испытаний на местах и обслуживания высокоточных средств измерений.

## CPB3000

**Компактное исполнение**



- Диапазон давлений: 0,02 ... 5 до 0,2 ... 100 МПа
- Погрешность: 0,025 %
- Среда: Специальное масло
- Хранение грузов непосредственно на корпусе прибора
- Типовой лист: СТ 31.05

## CPB5000

**Стандартное исполнение**



- Диапазон давлений: -0,003 ... -0,1 до 0,2 ... 160 МПа
- Погрешность: 0,015 ... 0,001 %
- Среда: Неагрессивные газы или масло
- Унификация: возможность применения различных диапазонов с одним набором грузов и одним устройством создания давления
- Типовой лист: СТ 31.01

## CPB5000-DP

**Измерение дифференциального давления**



- Диапазон давлений: 0,003 ... 0,2/0,2 ... 160 МПа
- Погрешность: 0,015 ... 0,003 %
- Среда: Неагрессивные газы или масло
- Два совместно смещенных устройства для создания реального перепада давления под необходимым статическим давлением
- Типовой лист: СТ 31.52

## CPB5000-HP

**Исполнение для высоких давлений**



- Диапазон давлений: 2 ... 250/7...700 МПа
- Погрешность: 0,025 ... 0,02 %
- Среда: Специальное масло
- Устройство создания давления до 700 МПа
- Типовой лист: СТ 31.51

# Калибраторы тока, напряжения, сопротивления

Портативные средства для мобильной калибровки на местах

Вследствие высокой точности, данные СИ используются для калибровки измерительных каналов и СИ в лабораториях, производственных линиях и в отделах обеспечения качества.

## CEP1000

Калибратор токовой цепи



- Диапазон измерений: 0 ... 24 мА, 0 ... 28 Вольт
- Погрешность: 0.015 %
- Симуляция, питание и измерение 2-х проводных преобразователей
- Типовой лист: СТ В1.01

## CEP3000

Калибратор температуры



- Диапазон измерений: -10 ... +75 мВольт, 5 ... 3200 Ω, -200 ... +1200 °C (Тип J), -200 ... +800 °C (PT100)
- Погрешность: 0.4 °C (Тип J), 0.33 °C (PT100)
- Измерение и симуляция термопар и термометров сопротивления
- Типовой лист: СТ В2.01

## CEP6000

Многофункциональный калибратор



- Диапазон: 0 ... 24 мА, 0 ... 30 Вольт, 5 ... 4000 Ω, 2 СРМ ... 10 кгц, -210 ... +1200 °C (Тип J), -200 ... +800 °C (PT100)
- Погрешность: 0.015 %
- Измерение и симуляция термопар и термометров сопротивления, сопротивление, ток, напряжение, частота, пульсация (источник) и давление (измер-е)
- Типовой лист: СТ В3.01

# Эталонные термометры

## Эталонные термометры для контактных измерений

Превосходная долговременная стабильность и геометрические размеры, позволяют использовать данное эталонное оборудование для определения метрологических характеристик поверяемых СИ методом сличения в термостатах, печах или сухоблочных калибраторах температуры.

### СТР1000

#### Платиновый термометр сопротивления



- Температура:  $-100 \dots +670 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Стабильность:  $< 40 \text{ мК}$  после 100 часов при  $660 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Размеры: 6,35 мм, длина = 450 мм
- 4-проводное присоединение
- Типовой лист: СТ 61.10

### СТР2000

#### Платиновый термометр сопротивления



- Температура:  $-200 \dots +450 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Стабильность:  $< 50 \text{ мК}$  после 100 часов при  $450 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Размеры: 4 мм, длина = 500 мм
- 4-проводное присоединение
- Типовой лист: СТ 61.10

# Цифровые термометры

## Портативные средства измерения и калибровки средств измерения температуры на местах

Данные средства измерения температуры возможны в различных вариантах исполнения. Практическое использование данные средства находят в технологических процессах, пищевой промышленности и машиностроении.

### CTR1000

#### Инфракрасный термометр



- Температура: -60 ... +1000 °C
- Погрешность: 2 К или 2 % ИВ
- Возможно присоединение термостата
- Типовой лист: СТ 55.21

### СТН6200

#### Цифровой термометр



- Температура: -50 ... +250 °C
- Погрешность: < 200 мК/вариант < 50 мК
- Тип щупа: Pt100
- Встроенная память
- Типовой лист: СТ 51.01

# Портативные калибраторы температуры

**Сухоблочные калибраторы температуры для быстрого и автоматического создания температуры**

Высокая повторяемость, точность и простота сухоблочных калибраторов позволят использовать их как заводской/рабочий эталон для автоматических испытаний и/или калибровки СИ температуры.

## СТИ5000

**Инфракрасный калибратор**



- Температура: 50 ... 500 °C
- Погрешность: 1 K
- Стабильность: 0.1 ... 0.4 K
- Большой диаметр поверхности измерения
- Типовой лист: СТ 41.42

## CTD9100-375

**Компактный сухоблочный калибратор**



- Температура:  $t_{\text{max}}$  ... 375 °C
- Погрешность: 0.2 K
- Стабильность: 0.05 K
- Глубина погружения: 100 мм
- Типовой лист: СТ 41.32

## CTD9100

**Сухоблочные калибраторы температуры**



- Температура: -35 ... +650 °C
- Погрешность: 0.15 ... 0.8 K
- Стабильность: 0.01 ... 0.05 K
- Глубина погружения: 150 мм
- Типовой лист: СТ 41.28

# Термостаты

## Термостаты для быстрого и автоматического создания температуры

Высокая повторяемость, долговременная стабильность, гомогенность измерительной камеры и надежность позволяют использовать данные средства как заводские/рабочие эталонные средства для поверки, калибровки и испытаний средств измерения температуры. Микротермостаты были специально разработаны для применений на местах эксплуатации СИ температуры.

### СТВ9100

#### Микротермостаты



- Температура:  $-35 \dots +225 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Погрешность:  $0.2 \dots 0.3 \text{ K}$
- Стабильность:  $\pm 0.05 \text{ K}$
- Малое время нагрева и охлаждения, простота использования
- Типовой лист: СТ 46.30

### СТВ92xx

#### Термостаты, средние температуры



- Температура:  $40 \dots 250 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Стабильность:  $0.01 \text{ K}$
- Глубина погружения: 200 мм
- Среда: Вода, масло или схожие среды
- Типовой лист: СТ 46.10

### СТВ94xx

#### Термостаты, низкие температуры



- Температура range:  $-40 \dots +200 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Стабильность:  $0.01 \text{ K}$
- Глубина погружения: 200 мм
- Среда: Вода, масло или схожие среды
- Типовой лист: СТ 46.10

### СТМ9100-150

#### Многофункциональные калибраторы температуры



- Температура:  $-20 \dots +150 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Погрешность:  $0.3 \dots 1 \text{ K}$  зависит от применения
- Глубина погружения: 150 мм
- Применение как сухоболочный калибратор, микротермостат, инфракрасный калибратор
- Типовой лист: СТ 41.40

### CTD9300

#### Температура dry well calibrators



- Температура:  $-35 \dots +650 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Погрешность:  $0.1 \dots 0.65 \text{ K}$
- Стабильность:  $0.01 \dots 0.1 \text{ K}$
- Глубина погружения: 150 мм
- Типовой лист: СТ 41.38

### CTD9100-1100

#### High-Температура dry well calibrators



- Температура:  $200 \dots 1100 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Погрешность:  $3 \text{ K}$
- стабильность:  $0.3 \text{ K}$
- Глубина погружения: 225 мм
- Типовой лист: СТ 41.29

## Оснастка

Давление



## Оснастка

Температура



## ПО

Давление и Температура



## CPU5000

Калибратор CPB5000 для работы с ГПМ



## **Список используемой литературы**

- 1 Закон Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений». № 163-З от 20.07.2006 г.
- 2 Иванова Г.М. и др. Теплотехнические измерения и приборы. – М.:Издательство МЭИ, 2005, 459 с.
- 3 Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы. - М.:Энергия, 1978, 703 с.
- 4 Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология.- М.: «Логос», 2001, 375 с.
- 5 Хансуваров К.И., Цейтлин В.Г. Техника измерения давления, расхода, количества и уровня жидкости, газа и пара. Учебное пособие для техникумов.- М.:Издательство стандартов, 1990, 287 с.
- 6 Каталоги фирм «МЕТРАН», «ЭЛЕМЕР», «ЭЛИМЕТРО» и «ВИКА».