



Авлиякулов Нодир Низомович – кандидат технических наук, доцент Бухарского инженерно-технологического института, представитель особой плеяды профессорско-преподавательского состава высшей школы, имеющий и производственный опыт (20 лет), и научно – педагогический опыт (14 лет).

Богатый производственный опыт накоплен им при работе на должностях чертежника проектного института, мастера строительных работ, технолога, инженера технического отдела ОАО «Бухаранефтезаводстрой», инженера производственного отдела ОАО «Бухарагазпромстрой», главного технолога ОАО «Мубарекнефтегазмонтаж». В производственной деятельности особое внимание он уделял вопросам внедрения системы менеджмента качества ISO 9001 – 2000, метрологического обеспечения производства, как гарантии качества выполняемых работ.

Его научная деятельность связана и с запросами производства – повышение надежности и долговечности магистральных нефтегазопроводов проложенных во влагосолесодержащих грунтах Туранской низменности и запросами учебного прогресса; стабильного обеспечения качества обучения, путем ориентации на производственную деятельность специалиста.

Он является руководителем систематически организуемых курсов повышения квалификации линейно-производственных руководящих работников нефтегазовой отрасли, хоздоговорных НИР, автором 75 научных трудов, в том числе 15 опубликованных в журнале «Узбекский журнал нефти и газа» и большой монографии «Современные задачи статики и динамики подземных трубопроводов».

И данное учебное пособие «Метрологическое обеспечение производства в нефтегазовой отрасли», написанное по заказу УДП «Мубарекнефтегаз», является результатом успешной интеграции: «науки – образования – производства», между предприятиями НХК «Узбекнефтегаз» и Бухарским инженерно – техническим институтом.

Н.Н. АВЛИЯКУЛОВ

**МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА
*в нефтегазовой отрасли***



ТАШКЕНТ

553.58/0751
A-22.

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
УЗБЕКИСТАН**

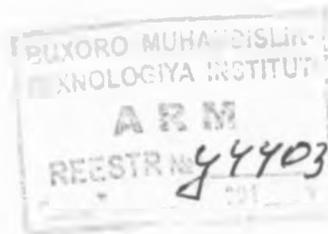
**НАЦИОНАЛЬНАЯ ХОЛДИНГОВАЯ КОМПАНИЯ
«УЗБЕКНЕФТЕГАЗ»**

Н.Н. АВЛЯКУЛОВ

**МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА
В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

Учебное пособие

ТАШКЕНТ – 2013



УДК: 553.98(075)
ББК 30.10.26.343.1
А-22

А-22 Авляякулов Н.Н. Метрологическое обеспечение производства в нефтегазовой отрасли. –Т.: «Fan va texnologiya», 2013, 340 стр.

ISBN 978-9943-10-938-4

В учебном пособии изложены теоретические и справочные материалы раздела «Метрологии» дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» в рамках направлений образования нефтегазовой отрасли изучаемой в профессиональных колледжах и высших учебных заведениях.

В нем широко освещены технические параметры средств измерений и нормативных материалов по их использованию.

Пособие предназначено для учащихся профессиональных колледжей и студентов высших учебных заведений, слушателей курсов повышения квалификации, инженерно - технических работников предприятий Национальной холдинговой компании «Узбекнефтегаз».

УДК: 553.98(075)
ББК 30.10.26.343.1

Рецензенты:

Алимов Б.Д., Пирназаров К.А.,
Адизов З.Н., Атауллаев Ш.Н. – к.т.н., Дускараев Н.А. – к.т.н.

Под общей редакцией: Н.Х. Авляякулова – д.т.н., проф.

ISBN 978-9943-10-938-4

© Изд-во «Fan va texnologiya», 2013.

**НАЦИОНАЛЬНАЯ
ХОЛДИНГОВАЯ КОМПАНИЯ
«УЗБЕКНЕФТЕГАЗ»**



ВВЕДЕНИЕ

В современном обществе метрология как наука в области практической деятельности играет важное значение. Это связано с тем, что практически нет ни одной сферы человеческой деятельности, где бы не использовались результаты измерений. Измерения являются неотъемлемой частью большинства трудовых процессов. Затраты на обеспечение и проведение измерений могут достигать до 20 % от общих затрат на производство продукции.

На основе измерений получают информацию о состоянии производственных, экономических и социальных процессов. Измерительная информация служит основой для принятия решений о качестве продукции при внедрении систем качества, в научных экспериментах. И только достоверность и соответствующая точность результатов измерений обеспечивает правильность принимаемых решений на всех уровнях управления. Получение недостоверной информации приводит к неверным решениям, снижению качества продукции, возможным авариям.

Достигнутая независимость нашей страны стало основой для перехода экономики ориентированной в основном на выработку сырья к производству готовой высоко – технологической продукции. В реализации данного стратегического направления экономического развития важнейшее значение имеет достигнутая энергетическая независимость страны.

Выпуск импортно – заменяющей продукции, продукции ориентированной на экспорт во всех отраслях экономики, в том числе и в нефтегазовой отрасли возможно только лишь на базе организации современного метрологического обеспечения, отвечающим требованиям отечественных и международных стандартов.

Нынешнее состояние метрологического обеспечения производства требует высокой квалификации специалистов. Необходимо иметь достаточно широкий кругозор, чтобы творчески подходить к выработке и принятию решений на основе измерительной информации. Это касается не только работников производственной сферы. Знания в области метрологии важны и для специалистов по реализации продукции, менеджеров, экономистов, которые должны использовать достоверную измерительную информацию в своей деятельности.

Проблема обеспечения высокого качества продукции тесным образом связана с проблемой качества измерений. Между ними явно прослеживается непосредственная связь: там, где качество измерений не

соответствует требованиям технологического процесса, не возможно достичь высокого уровня качества продукции. Поэтому обеспечение качества в значительной степени зависит от успешного решения вопросов, связанных с точностью измерений параметров качества материалов и комплектующих изделий, поддержания заданных технологических режимов. То есть, технический контроль качества осуществляется путем замеров параметров технологических процессов, результаты измерений которых необходимы для управления процессом. Функционирование системы эффективного метрологического обеспечения производства базируется на требованиях интенсивного научно – технического прогресса отраженные в нормативных материалах.

В стандарте ИСО 9001-2008 «Системы менеджмента качества. Требования» в разделе №7.6. «Управление устройствами для мониторинга и измерений» по обеспечению единства измерений отмечается, что организация должна определить мониторинг и измерения, которые предстоит осуществлять, а также устройства для мониторинга и измерения, необходимые для обеспечения свидетельства соответствия продукции установленным требованиям.

Из этого следует, что метрологическое обеспечение является важнейшей составной частью функционирования современного производства.

Это определяет важность качественного усвоения основ метрологического обеспечения производства учащимися и студентами в профессиональных колледжах и высших учебных заведениях. Данное учебное пособие предназначено именно для оказания содействия в этом.

Пособие базируется на «Законе об метрологии» Республики Узбекистан, требованиях отечественных и международных стандартов и нормативных материалах Национальной холдинговой компании «Узбекнефтегаз».

Автор выражает признательность руководящему персоналу УДП «Мубарекнефтегаз» Ш.Ж. Шамсиеву, А.С. Мустафаеву, Х.Ф. Ашурову, Н.М. Якубову и Р.А. Жураеву за создание необходимых условий для написания и публикации данного пособия; доценту Бухарского инженерно – технического института высоких технологий, к.п.н. Н.Н. Мусаевой, оказавшая содействие в использовании технологии непрерывности обучения с целью дифференциации учебных целей курса «Метрологическое обеспечение производства» для учащихся профессиональных колледжей и студентов высших учебных заведений; преподавателю Бухарского колледжа нефтегазовой промышленности, к.т.н. М.Н. Муродову за участие в работе с нормативными материалами среднеспециального профессионального образования.

ГЛАВА I. Организационные основы метрологического обеспечения производства

1.1. Основные понятия метрологического обеспечения производства

Метрологическое обеспечение – это установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений. Таким образом, метрологическое обеспечение имеет научную, техническую и организационную основы (рис.1.1).

Научной основой метрологического обеспечения является метрология.

Метрология (от греч. "метро"- мера, "логос" - учение) - наука об измерениях, методах и средствах обеспечения единства и требуемой точности измерений.

К основным понятиям метрологии, отраженные в «Законе Республики Узбекистан о метрологии», относятся (Приложение №1): единство измерений; средство измерений; эталон единицы; государственный эталон; метрологическая служба; государственный метрологический надзор; поверка средств измерений; калибровка средств измерений; лицензия на изготовление (ремонт, продажу, прокат) средств измерений; метрологическая аттестация средств измерений; аккредитация метрологических служб, центров, лабораторий; аккредитация метрологической службы юридических лиц на право калибровки средств измерений; метрологическая аттестация методик выполнения измерений; методика выполнения измерений.

Для количественного определения (измерения) того или иного параметра, характеристики продукции, процесса, явления, т.е. любого объекта измерения, необходимо: выбрать параметры, характеристики, которые определяют интересующие нас свойства объекта; установить степень достоверности, с которой следует определять выбранные параметры, установить допуски, нормы точности; выбрать методы и средства измерений для достижения требуемой точности; обеспечить готовность средств измерений выполнять свои функции привязкой средств измерений к соответствующим эталонам (посредством периодической поверки, калибровки средств измерений); обеспечить учет или создание требуемых условий проведения измерений; обеспечить обработку результатов измерений и оценку характеристик погрешностей.

Перечисленные положения представляют собой своеобразную цепь, изъятие из которой какого-нибудь звена неизбежно приводит к получению недостоверной информации, и как следствие, к значительным экономическим потерям и принятию ошибочных решений.



Рис.1.1. Блок – схема курса «Метрологическое обеспечение производства».

Возможность применения результатов измерений для правильного и эффективного решения любой измерительной задачи определяется следующими тремя условиями:

- результаты измерений выражаются в узаконенных единицах;
- значения показателей точности результатов измерений известны с необходимой заданной достоверностью;
- значения показателей точности обеспечивают оптимальное в соответствии с выбранными критериями решение задачи, для которой эти результаты предназначены (результаты измерений получены с требуемой точностью).

Если результаты измерений удовлетворяют первым двум условиям, то о них известно все, что необходимо знать для принятия обоснованного решения о возможности их использования. Такие результаты можно сопоставлять, они могут использоваться в различных сочетаниях, различными людьми, организациями. Это означает, что обеспечено единство измерений.

Правила и нормы по обеспечению единства измерений установлены в Законе "Об обеспечении единства измерений" и в нормативных документах Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ) (Приложение №2).

Государственный надзор за обеспечением единства измерений осуществляют государственные инспекторы, права и обязанности которых также определены Законом.

Следует отметить, что в деятельности по метрологическому обеспечению участвуют не только метрологи, т.е. лица или организации, ответственные за единство измерений, но и каждый специалист: или как потребитель количественной информации, в достоверности которой он заинтересован, или как участник процесса ее получения и обеспечения достоверности измерений.

Основу ГСИ Узбекистана составляют основополагающие нормативные документы, разрабатываемые и утверждаемые национальным органом по метрологии, в которых устанавливаются основные правила и процедуры в области законодательной метрологии, содержащие государственные требования, касающиеся единиц, методов и средств измерений, измерительных лабораторий, сферы действия, права и полномочия субъектов и объектов метрологического контроля и надзора (Приложение №2).

Утверждение и государственную регистрацию нормативных документов по обеспечению единства измерений, устанавливающих метрологические нормы и правила и имеющих обязательную силу на территории Республики Узбекистан, осуществляет Агентство «Узстандарт».

Органы государственного и хозяйственного управления, субъекты предпринимательства Республики Узбекистан могут, в пределах своей компетенции, разрабатывать и утверждать нормативные документы в области метрологии, устанавливающие нормы и правила вне сферы распространения государственного метрологического контроля и надзора, конкретизирующие утвержденные Агентством «Узстандарт» нормативные документы по обеспечению единства измерений и не противоречащие им.

Третье из перечисленных выше условий определяет требование к точности применяемых методов и средств измерений. Недостаточная точность измерений приводит к увеличению ошибок контроля, к экономическим потерям. Завышенная точность измерений требует затрат на приобретение более дорогих средств измерений. Поэтому это требование является не только метрологическим, но и экономическим требованием, т.к. связано с затратами и потерями при проведении измерений (затраты и потери - экономические критерии).

Если при измерениях соблюдаются все три условия (обеспечивается единство и требуемая точность измерений), то говорят о метрологическом обеспечении.

Организационной основой метрологического обеспечения является метрологическая служба, функционирующая в соответствии с «Законом Республики Узбекистан о метрологии».

Метрологическая служба - это сеть государственных органов и метрологических служб юридических лиц и их деятельность, направленная на обеспечение единства измерений.

Метрологическая служба Республики Узбекистан состоит из государственной метрологической службы и метрологических служб юридических лиц.

Государственное управление деятельностью по метрологии осуществляет национальный орган по метрологии - Узбекское агентство стандартизации, метрологии и сертификации (Агентство "Узстандарт").

К компетенции агентства "Узстандарт" относятся:

- осуществление единой государственной политики в области метрологии, межрегиональной и межотраслевой координации метрологической деятельности;
- установление правил создания, утверждения, хранения и поддержания национальных эталонов и обеспечения их сличения на международном уровне;
- определение общих метрологических требований к средствам, методам и результатам измерений;

- осуществление государственного метрологического контроля и надзора;
- принятие нормативных актов по вопросам метрологии, в том числе совместно с другими государственными органами управления, имеющих обязательную силу на всей территории Республики Узбекистан;
- подготовка научных и инженерно-технических кадров в области метрологии;
- осуществление контроля за соблюдением международных договоров Республики Узбекистан в области метрологии;
- участие в деятельности международных организаций по вопросам метрологии;
- обеспечение функционирования и развития системы обеспечения единства измерений Республики Узбекистан и ее гармонизации с международной системой измерений и системами измерений других стран;
- осуществление мер по защите прав потребителей, здоровья и безопасности граждан, окружающей среды и интересов государства от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений.

▼ В государственную метрологическую службу входят (рис.1.2.):

- центр национальных эталонов;
- главный центр метрологической службы;
- главный центр стандартных образцов;
- научно-исследовательский институт стандартизации, метрологии и сертификации (НИИСМС) с Центром повышения квалификации (ЦПК);
- центр по оказанию метрологических услуг;
- метрологические лаборатории территориальных центров испытаний и сертификации (ЦИС);
- центр штрихового кодирования;
- информационно-справочный центр;
- территориальные управления стандартизации и метрологии (УСМ).

▼ Основными задачами территориальных УСМ являются:

- выполнение комплекса мер по обеспечению реализации и контроля за соблюдением на территории закрепленного региона (области) всеми физическими лицами и хозяйствующими субъектами независимо от форм собственности Законов Республики Узбекистан "О стандартизации", "О метрологии", "О сертификации продукции и услуг", "О качестве и безопасности пищевой продукции", "О защите прав потребителей" и других законодательных и нормативных актов в области стандартизации, метрологии и сертификации;

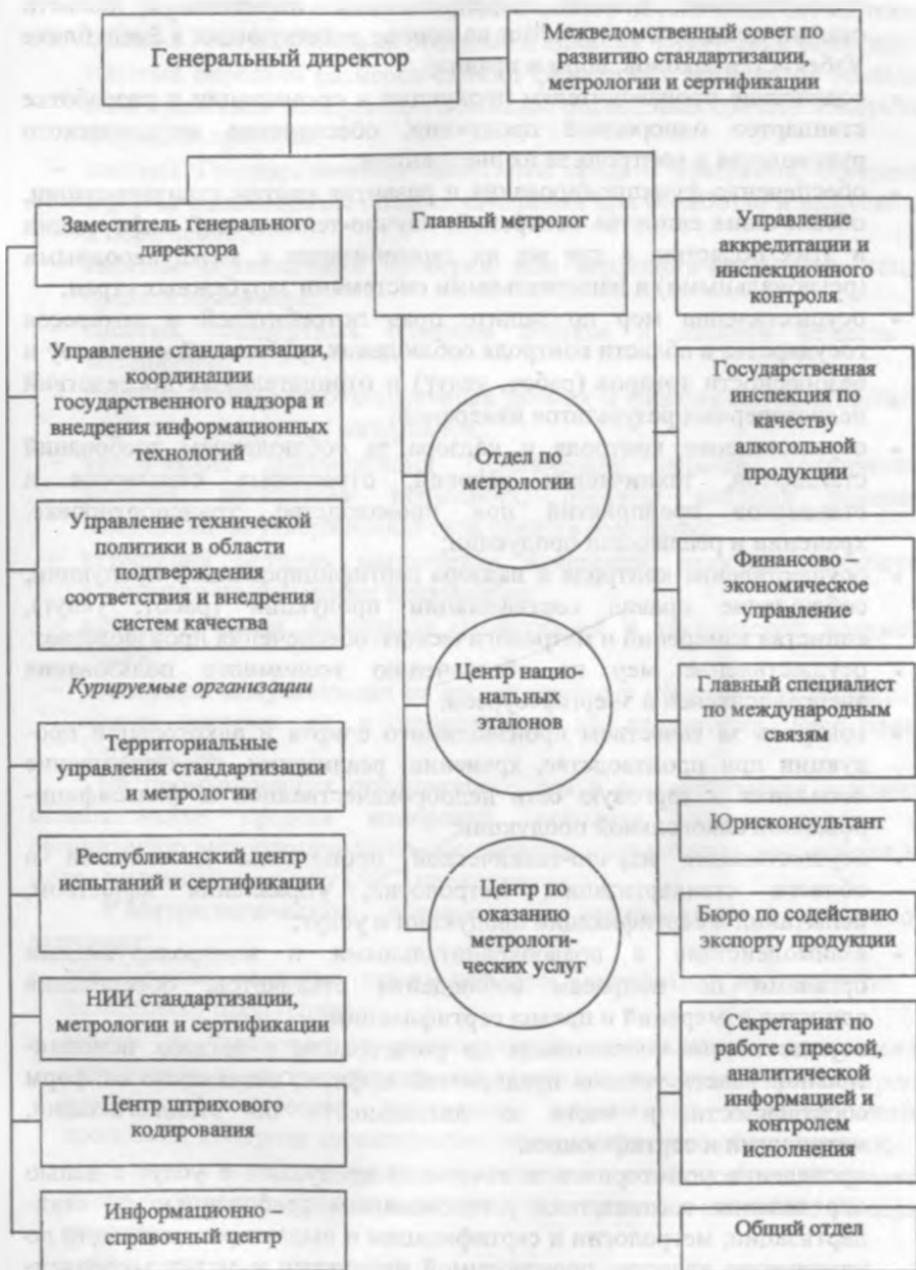


Рис.1.2. Структура Агентства «Узстандарт».

- осуществление единой государственной политики в области стандартизации и метрологии на основе действующих в Республике Узбекистан законов, норм и правил;
- содействие производителям продукции в организации и разработке стандартов однородной продукции, обеспечение методического руководства и контроля за их внедрением;
- обеспечение функционирования и развития систем стандартизации, обеспечения единства измерений, научно-технической информации в этих областях, а так же их гармонизация с международными (региональными) и национальными системами зарубежных стран;
- осуществление мер по защите прав потребителей и интересов государства в области контроля соблюдения требований к качеству и безопасности товаров (работ, услуг) и отрицательных последствий недостоверных результатов измерений;
- осуществление контроля и надзора за соблюдением требований стандартов, технических условий, отраслевых стандартов и стандартов предприятий при производстве, транспортировке, хранении и реализации продукции;
- осуществление контроля и надзора сертифицированной продукции, соблюдение правил сертификации продукции (работ, услуг), единства измерений и метрологического обеспечения производства;
- осуществление мер по обеспечению экономного пользования энергоносителей и энергоресурсов;
- контроль за качеством производимого спирта и алкогольной продукции при производстве, хранении, реализации, предотвращение попадания в торговую сеть недоброкачественной и фальсифицированной алкогольной продукции;
- осуществление научно-технической пропаганды достижений в области стандартизации, метрологии, управления качеством, испытаний и сертификации продукции и услуг;
- взаимодействие с правоохранительными и контролирующими органами по вопросам соблюдения стандартов, обеспечение единства измерений и правил сертификации;
- осуществление согласования до регистрации в органах исполнительной власти уставов предприятий и фирм, независимо от форм собственности, в части их деятельности по стандартизации, метрологии и сертификации;
- проведение мониторинга за качеством продукции и услуг с целью определения соответствия установленным требованиям по стандартизации, метрологии и сертификации и выдачи рекомендаций по улучшению качества производимой продукции и услуг закрепленного региона (области).

▼ **Техническую основу метрологического обеспечения составляют:**

- система Государственных эталонов и единиц физических величин;
- система передачи размеров единиц физических величин от эталонов всем средствам измерений с помощью образцовых средств измерения и средств проверки;
- система Государственных испытаний средств измерения, обеспечивающая единообразие средств измерения при обработке и выпуске их в обращение;
- система обязательной проверки или метрологической аттестации средств измерений;
- система стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов;
- система стандартных справочных данных и физических константах и свойствах веществ и материалов;
- технические документации (технические задания, технические условия, программы испытаний, проекты методик поверки) испытаний по утверждению типа средств измерений;
- аттестация методик выполнения измерений, включая разработку комплекта необходимых документов;
- метрологическая экспертиза нормативной и технической документации;
- экспертиза документации на импортируемые стандартных образцы с целью допуска их к применению на территории Республики Узбекистан.

На промышленных предприятиях, где и осуществляется основное использование средств измерений, основная ответственность за организацию метрологического обеспечения производства возлагается на метрологическую службу (МС) предприятия.

▼ **Метрологическое обеспечение предприятия в основном включает:**

- обеспечение единства измерений при разработке, производстве и испытаниях продукции;
- анализ и установление рациональной номенклатуры измеряемых параметров и оптимальных норм точности измерений при контроле показателей качества продукции, параметров технологических процессов, контроле характеристик технологического оборудования;
- организация и обеспечение метрологического обслуживания средств измерений: учета, хранения, поверки, калибровки, юстировки, наладки, ремонта;
- анализ состояния измерений;

- установление рациональной номенклатуры измеряемых величин и использование средств измерений (рабочих и эталонных) соответствующей точности;
- проведение поверки и калибровки средств измерений;
- разработку методик выполнения измерений для обеспечения установленных норм точности;
- проведение метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации;
- осуществление надзора за контрольным, измерительным и испытательным оборудованием в реальных условиях эксплуатации, за соблюдением установленных метрологических правил и норм;
- организация и выполнение особо точных измерений;
- обеспечение достоверного учета расхода материальных, сырьевых и топливно-энергетических ресурсов;
- внедрение современных методов и средств измерений, автоматизированного контрольно-измерительного оборудования, измерительных систем;
- оценивание технических и экономических последствий неточности измерений;
- разработка и внедрение нормативных документов, регламентирующих вопросы метрологического обеспечения;
- оценивание экономической эффективности.

Метрологическое обеспечение производства должно в определенной степени обеспечивать оптимизацию управления технологическими процессами и предприятием в целом, стабилизировать процессы, поддерживать качество изготовления продукции. При этом затраты на метрологическое обеспечение производства должны соответствовать масштабам производства, сложности технологических циклов и в конечном счете не только окупаться, но и приносить доход.

▼ Мероприятия, обеспечивающие повышение эффективности работ по метрологическому обеспечению производства могут включать в себя выполнение следующих работ:

1. Ревизия и оптимизация парка контрольного, измерительного и испытательного оборудования (КИИО), исходя из принципа «необходимо и достаточно».

2. Замена парка морально устаревшего КИИО современным оборудованием, внедрение новых методов измерений.

3. Автоматизация измерительных процессов.

4. Оптимизация точности измерений по экономическому критерию:
- анализ степени важности измерительной информации;

- использование более точных СИз на ответственных участках, использование СИз с более грубым классом точности, где это целесообразно;

- анализ расчета суммарных погрешностей измерений, переход, где это целесообразно, от арифметического суммирования к геометрическому.

5. Совершенствование процедур поверки, калибровки, ремонта СИз (внедрение новых эталонов, аккредитация метрологической службы и т.д.) с учетом экономической эффективности.

6. Организация на предприятии метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации, включая заявки на приобретение КИИО.

7. Разработка и внедрение МВИ.

8. Повышение профессионального уровня персонала, занимающегося вопросами метрологического обеспечения.

9. Упорядочение структуры службы, занимающейся метрологическим обеспечением.

10. Разработка документов по метрологическому обеспечению производства (МОП) в соответствии с ИСО 9001-2008.

Метрологическая служба предприятия выполняет работы по обеспечению не только единства и требуемой точности измерений, но и качества выпускаемой продукции на всех стадиях ее жизненного цикла. Для этого помимо «Положения о метрологической службе» необходимо иметь:

- «Руководство по качеству метрологической службы», в котором описывается система качества метрологической службы предприятия; по каждому элементу системы качества устанавливаются цели деятельности, ответственные лица, отражается основная деятельность по управлению этими элементами;

- стандарты предприятия (СТП), описывающие все виды деятельности по МОП (поверка и калибровка СИз, перечень применяемых СИз, метрологическая экспертиза технической документации, аттестация испытательного оборудования и т.д.), которые должны, с одной стороны, соответствовать требованиям Закона «Об обеспечении единства измерений», нормативных документов по МОП, О'zDSt, ГОСТ, ИСО 9001-2008 «Системы менеджмента качества. Требования», и с другой стороны - учитывать специфику предприятия.

11. Оценка неточности, степени недостоверности получаемых результатов.

При обеспечении эффективности измерений в технологических процессах большинство метрологических задач решаются приблизительно из-за ограниченности возможностей применения корректных метрологических методов и средств.

По этой причине в случаях, когда неточность оценок погрешности измерений может привести к существенным потерям, необходима оценка неточности, степени недостоверности получаемых результатов. Только с учетом этой информации принятые решения будут более справедливы, что приведет к повышению эффективности измерений.

Например, датчик измерительной схемы может иметь довольно высокие метрологические характеристики, но влияние погрешностей от его установки, внешних условий, методов регистрации и обработки сигналов приведет в итоге к большой погрешности измерений.

12. Преимущественное применение унифицированных, автоматизированных средств измерений, обеспечивающих требуемую точность измерений.

Уровень применяемой измерительной техники, как правило, отражает уровень создаваемых изделий, поэтому переоснащение производственного и испытательного комплексов, метрологической службы и других подразделений предприятия современными СИз и системами автоматизации является одним из главных условий повышения качества и конкурентоспособности выпускаемой продукции.

13. Систематическое повышение квалификации метрологов:

- освоение работы, методик калибровки и поверки новых поступающих средств измерений;
- изучение нового Закона «Об обеспечении единства измерений» и новых нормативных документов по метрологии;
- обучение на курсах переподготовки, различных семинарах, проводимых Агентством «Узстандарт», НИИСМС;
- участие в конкурсах, олимпиадах по метрологии;
- изучение периодических изданий по метрологии.

14. Активное использование электронной базы данных, снабженной гибкой системой поиска информации и автоматически актуализируемой по мере появления новой информации:

- о технических характеристиках средств измерений, внесенных в Госреестр и допущенных к обращению;
- о поверочных и ремонтных работах, проводимых государственными метрологическими службами и метрологическими службами юридических лиц;
- о нормативных и справочных документах в области метрологии;
- об эталонах и установках высшей точности;
- электронные каталоги выпускаемых приборов.

15. Мероприятия по повышению метрологического уровня специалистов других отделов (конструкторского, технологического, производственного, испытательного).

При проведении метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации часто повторяются одни и те же ошибки (некорректное название метрологических терминов и нормативных документов, неточный перевод единиц величин, неправильная запись числового значения величины и ее погрешности, неверный выбор метода или средств измерений, недостаточная информация для выполнения измерительной задачи и т.д.).

Для того, чтобы ошибки в будущем не повторялись, необходимо проводить мероприятия по систематике и анализу данных ошибок, а также по повышению метрологического уровня специалистов других отделов (конструкторского, технологического, испытательного).

Для этого можно использовать различные методы работы:

- обсуждать данные вопросы на заседаниях ПДКК (постоянно действующей комиссии по качеству) предприятия;

- выпускать «Служебные записки», содержащие перечень и анализ наиболее часто встречающихся в технической документации метрологических ошибок и неточностей;

- оформлять «Памятки», содержащие полезную информацию, например, по «Правилам округления численных оценок погрешности измерений, результатов измерений и вычислений», «Правилам записи чисел» и т.д.;

- разработать СТП, который способствовал бы повышению метрологического уровня других специалистов предприятия.

16. Тесное взаимодействие метрологической службы предприятия с региональным ЦСМ и метрологическими службами других организаций (предприятий).

1.2. Государственный метрологический контроль и надзор

Государственный метрологический контроль и надзор – это деятельность осуществляемая органами государственной метрологической службы в целях проверки соблюдения норм и правил метрологии.

Государственный метрологический контроль и надзор в установленной законодательством сфере осуществляют Национальный орган по метрологии - Агентство «Узстандарт» и подведомственные ему подразделения в Республике Каракалпакстан, областях, городах и районах (далее - органы государственной метрологической службы).

Объектами государственного метрологического контроля и надзора являются:

- эталоны;

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЦЕНТР
А. Р. М.
РЕГИСТРАЦИЯ
У 4403

По этой причине в случаях, когда неточность оценок погрешности измерений может привести к существенным потерям, необходима оценка неточности, степени недостоверности получаемых результатов. Только с учетом этой информации принятые решения будут более справедливы, что приведет к повышению эффективности измерений.

Например, датчик измерительной схемы может иметь довольно высокие метрологические характеристики, но влияние погрешностей от его установки, внешних условий, методов регистрации и обработки сигналов приведет в итоге к большой погрешности измерений.

12. Преимущественное применение унифицированных, автоматизированных средств измерений, обеспечивающих требуемую точность измерений.

Уровень применяемой измерительной техники, как правило, отражает уровень создаваемых изделий, поэтому переоснащение производственного и испытательного комплексов, метрологической службы и других подразделений предприятия современными СИЗ и системами автоматизации является одним из главных условий повышения качества и конкурентоспособности выпускаемой продукции.

13. Систематическое повышение квалификации метрологов:

- освоение работы, методик калибровки и поверки новых поступающих средств измерений;
- изучение нового Закона «Об обеспечении единства измерений» и новых нормативных документов по метрологии;
- обучение на курсах переподготовки, различных семинарах, проводимых Агентством «Узстандарт», НИИСМС;
- участие в конкурсах, олимпиадах по метрологии;
- изучение периодических изданий по метрологии.

14. Активное использование электронной базы данных, снабженной гибкой системой поиска информации и автоматически актуализируемой по мере появления новой информации:

- о технических характеристиках средств измерений, внесенных в Госреестр и допущенных к обращению;
- о поверочных и ремонтных работах, проводимых государственными метрологическими службами и метрологическими службами юридических лиц;
- о нормативных и справочных документах в области метрологии;
- об эталонах и установках высшей точности;
- электронные каталоги выпускаемых приборов.

15. Мероприятия по повышению метрологического уровня специалистов других отделов (конструкторского, технологического, производственного, испытательного).

При проведении метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации часто повторяются одни и те же ошибки (некорректное название метрологических терминов и нормативных документов, неточный перевод единиц величин, неправильная запись числового значения величины и ее погрешности, неверный выбор метода или средств измерений, недостаточная информация для выполнения измерительной задачи и т.д.).

Для того, чтобы ошибки в будущем не повторялись, необходимо проводить мероприятия по систематике и анализу данных ошибок, а также по повышению метрологического уровня специалистов других отделов (конструкторского, технологического, испытательного).

Для этого можно использовать различные методы работы:

- обсуждать данные вопросы на заседаниях ПДКК (постоянно действующей комиссии по качеству) предприятия;

- выпускать «Служебные записки», содержащие перечень и анализ наиболее часто встречающихся в технической документации метрологических ошибок и неточностей;

- оформлять «Памятки», содержащие полезную информацию, например, по «Правилам округления численных оценок погрешности измерений, результатов измерений и вычислений», «Правилам записи чисел» и т.д.;

- разработать СТП, который способствовал бы повышению метрологического уровня других специалистов предприятия.

16. Тесное взаимодействие метрологической службы предприятия с региональным ЦСМ и метрологическими службами других организаций (предприятий).

1.2. Государственный метрологический контроль и надзор

Государственный метрологический контроль и надзор – это деятельность осуществляемая органами государственной метрологической службы в целях проверки соблюдения норм и правил метрологии.

Государственный метрологический контроль и надзор в установленной законодательством сфере осуществляют Национальный орган по метрологии - Агентство «Узстандарт» и подведомственные ему подразделения в Республике Каракалпакстан, областях, городах и районах (далее - органы государственной метрологической службы).

Объектами государственного метрологического контроля и надзора являются:

- эталоны;

- средства измерений;
- стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов;
- информационно-измерительные системы;
- методики выполнения измерений;
- лица осуществляющим измерения;
- иные объекты, предусмотренные нормами и правилами метрологии.

Метрологический контроль и надзор подразделяется на:

- государственный метрологический контроль и надзор;
- метрологический контроль и надзор, осуществляемый юридическим лицом.

Метрологический контроль и надзор осуществляется в целях обеспечения единства измерений, защиты государства и общества, окружающей природной среды от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений.

Основными задачами метрологического контроля и надзора являются:

- проверка выполнения законодательства и требований нормативных документов по метрологии;
- предотвращение, а в необходимых случаях, и пресечение нарушений метрологических норм и правил.

▼ Государственный метрологический контроль и надзор распространяется на:

- здравоохранение, ветеринарию, охрану окружающей среды;
- учет материальных ценностей и энергетических ресурсов;
- проведение торгово-коммерческих, таможенных, почтовых и налоговых операций, оказание услуг телекоммуникаций;
- хранение, перевозку и уничтожение токсичных, легковоспламеняющихся, взрывчатых и радиоактивных веществ;
- обеспечение обороны государства;
- обеспечение безопасности труда и безопасности движения транспорта;
- определение безопасности и качества сертифицируемой продукции;
- геодезические и гидрометеорологические работы;
- проведение государственных испытаний, поверки, калибровки, ремонта и метрологической аттестации средств измерений;
- добычу полезных ископаемых;
- регистрацию национальных и международных спортивных рекордов.

▼ Государственный метрологический контроль осуществляется в виде:

- испытаний и утверждения типов средств измерений;

- метрологической аттестации средств измерений и методик выполнения измерений;
- поверки, калибровки средств измерений, в том числе эталонов;
- аккредитации метрологических служб, центров, лабораторий на право испытаний, поверки, метрологической аттестации средств измерений и методик выполнения измерений, калибровки средств измерений и иных конкретных видов метрологической деятельности;
- оценки и подтверждения соблюдения юридическими и физическими лицами установленных метрологических норм и правил при лицензировании их деятельности по изготовлению, реализации, прокату средств измерений;
- оценки качества выполнения измерений и иных видов метрологической деятельности.

По решению агентства "Узстандарт" в необходимых случаях могут устанавливаться и иные виды и формы метрологического контроля и надзора.

▼ **Утверждение типа** — это первая составляющая государственного метрологического контроля. Утверждение типа средств измерений проводится в целях обеспечения единства измерений в стране и постановки на производство и выпуск в обращение средств измерений, соответствующих требованиям, установленным в нормативных документах.

Средства измерений (СИз), используемые в сферах подлежащие производству и ввозу по импорту, должны подвергаться государственным испытаниям (с последующим утверждением их типа) или метрологической аттестации.

Проведение государственных испытаний, утверждение типа и внесение в Государственный реестр средств измерений осуществляет агентство "Узстандарт".

Результаты испытаний и метрологической аттестации средств измерений других государств признаются в соответствии с заключенными договорами и соглашениями.

В соответствии с Законом "Об обеспечении единства измерений" средства измерений, подлежащие государственному метрологическому контролю и надзору, подвергаются поверке при выпуске из производства или ремонта, при ввозе по импорту и эксплуатации. Допускаются продажа и выдача на прокат только поверенных средств измерений.

Метрологической аттестации подлежат средства измерений, применяемые или предполагаемые к применению в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора:

- единичного производства;

- ввозимые из-за границы единичными экземплярами;
- утвержденного типа, отечественного или зарубежного производства, применяемое не по своему прямому назначению или в условиях, отличных от условий применения, установленных при утверждении типа;
- единичные экземпляры серийного производства, технические возможности которых позволяют установить для них индивидуальные метрологические характеристики, отличные от установленных при утверждении типа;
- изготовленные в ходе выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, и устанавливает общие требования к организации и порядку проведения их метрологической аттестации.

▼ Основными задачами метрологической аттестации СИз являются:

- установление правомочности применения СИз в соответствии с их назначением в сфере распространения государственного метрологического контроля и надзора;
- оценка соответствия метрологических характеристик аттестуемого СИз требованиям, установленным техническим заданием на разработку СИз или заданием (заявкой) пользователя СИз на аттестацию (заказчика аттестации);
- определение действительных метрологических характеристик СИз;
- оценка полноты соответствия технических характеристик СИз требованиям безопасности, гигиеническим и другим специальным требованиям, установленных в ходе соответствующих испытаний.

Метрологическую аттестацию СИз проводят органы государственной метрологической службы или юридические лица, аккредитованные на право аттестации СИз.

1.3. Единство измерений и международная система единиц СИ

Единство измерений - состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности результатов не выходят за установленные границы с заданной вероятностью.

Проблема обеспечения единства измерений имеет возраст, сопоставимый с возрастом человечества. Как только человек стал обменивать или продавать результаты своего труда, возник вопрос - как велик эквивалент этого труда и как велик продукт, представленный на обмен или продажу. Для характеристики этих величин использовались

различные свойства продукта - размеры как линейные, так и объемные масса или вес; позднее цвет, вкус, состав и т. д. и т. п.

Первыми средствами обеспечения единства измерений были объекты, которые имеются в распоряжении человека всегда. Так появились первые меры длины, опирающиеся на размеры рук и ног человека. Поскольку размеры рук и ног у разных людей были разными, то должное единство измерений не всегда удавалось обеспечить.

По мере развития человечества и науки, особенно физики и математики, проблему обеспечения единства измерений стали решать более широко. Появились государственные службы и хранилища мер, с которыми торговцам в законодательном порядке предписывалось сравнивать свои меры. Для определения размеров единиц выбирались размеры объектов, не изменяющиеся со временем. Например, для определения размера единицы длины измерялся меридиан Земли, для определения единицы массы измерялась масса литра воды. Единицы времени с давних времен до настоящего момента связывают с вращением Земли вокруг Солнца и вокруг собственной оси.

Специальная Международная комиссия разработала Международную систему единиц, для государств, заинтересованных в развитии международного научно-технического и торгового сотрудничества. На основе этой системы в 1960 году на XI Генеральной конференции по мерам и весам была принята Международная система единиц СИ. Система отличается универсальностью, унифицированностью по отношению ко всем областям измерений, удобством, возможностью воспроизведения основных единиц с большой точностью, когерентностью производных единиц. Поэтому в настоящее время она применяется практически повсеместно. Данная система является единой для всех стран, и был принят Международный стандарт "Единицы физических величин" (Приложение №3, 4).

Обеспечение единства измерений является важнейшей государственной задачей для любой страны. Единство измерений должно соблюдаться всеми субъектами предпринимательства страны независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности.

С принятием 28 декабря 1993 года Закона Республики Узбекистан «О метрологии» (далее - Закон) была создана законодательная основа системы обеспечения единства измерений в Узбекистане (Приложение №1).

Законом установлены основные термины и определения, сфера деятельности уполномоченного органа государственного управления в области метрологии, единицы физических величин, их воспроизведение и применение, метрологические службы Республики Узбекистан, государст-

венный метрологический контроль и надзор, финансирование работ по метрологии.

Основные положения системы обеспечения единства измерений изложены в РСТ Уз 8.001-1998 «ГСИ Уз. Система обеспечения единства измерений. Основные положения».

В Республике Узбекистан в установленном порядке допускаются к применению единицы физических величин Международной системы единиц (СИ).

Агентством "Узстандарт" для Государственного обеспечения единства измерений системы СИ введен стандарт O'z DSt 8.012:2005.

При договорно-правовых отношениях в области сотрудничества с государствами-членами Содружества Независимых Государств (СНГ), а также в поставляемых в эти государства вместе с экспортной продукцией технических и других документах (включая транспортную и потребительскую тару), допускается применять русские наименования и обозначения единиц, установленные ГОСТ 8.417-2002.

При планировании измерений следует стремиться к тому, чтобы номенклатура измеряемых величин соответствовала требованиям измерительной задачи (например, при контроле измеряемые величины должны отражать соответствующие показатели качества продукции).

Для каждого параметра продукции должны соблюдаться требования:

- корректность формулировки измеряемой величины, исключающая возможность различного толкования (например, необходимо четко определять, в каких случаях определяется "масса" или "вес" изделия, "объем" или "вместимость" сосуда и т.д.);
- определенность подлежащих измерению свойств объекта (например, "температура в помещении не более ...°С";
- допускает возможность различного толкования. Необходимо так изменить формулировку требования, чтобы было ясно, установлено ли это требование к максимальной или к средней температуре помещения, что будет в дальнейшем (учтено при выполнении измерений);
- использование стандартизованных терминов (специфические термины следует пояснять при первом их упоминании).

1.4. Физические величины и единицы их измерения

Объектом измерения для метрологии, как правило, являются физические величины. Физические величины используются для характеристики различных объектов, явлений и процессов. Разделяют основные и производные от основных величины. Семь основных и две дополнительных физических величины установлены в Международной системе единиц. Это длина, масса, время, термодинамическая температура, количество вещества, сила света и сила электрического тока, дополнительные единицы – это радиан и стерадиан (Приложение №3).

Таким образом, физической величиной называется одно из свойств физического объекта (явления, процесса), которое является общим в качественном отношении для многих - физических объектов, отличающ при этом количественным значением.

Единица физической величины - физическая величина, которой по определению придано значение, равное единице.

Каждая физическая величина имеет свои качественные и количественные характеристики. Качественная характеристика определяется тем, какое свойство материального объекта или какую особенность материального мира эта величина характеризует. Так, свойство "прочность" в количественном отношении характеризует такие материалы, как сталь, дерево, ткань, стекло и многие другие, в то время как количественное значение прочности для каждого из них совершенно разное. Для выражения количественного содержания свойства конкретного объекта употребляется понятие "размер физической величины". Этот размер устанавливается в процессе измерения.

Целью измерений является определение значения физической величины - некоторого числа принятых для нее единиц (например, результат измерения массы изделия составляет 2 кг, высоты здания - 12 м и др.).

В зависимости от степени приближения к объективности различают истинное, действительное и измеренное значения физической величины.

Истинное значение физической величины - это значение, идеально отражающее в качественном и количественном отношениях соответствующее свойство объекта. Из-за несовершенства средств и методов измерений истинные значения величин практически получить нельзя. Их можно представить только теоретически. А значения величины, полученные при измерении, лишь в большей или меньшей степени приближаются к истинному значению.

Действительное значение физической величины - это значение величины, найденное экспериментальным путем и настолько прибли-

жающееся к истинному значению, что для данной цели может быть использовано вместо него.

Измеренное значение физической величины - это значение, полученное при измерении с применением конкретных методов и средств измерений.

Как и физические величины, их единицы делятся на **основные и производные**. Совокупность указанных единиц, выбранная в соответствии с определенными принципами, образует систему единиц.

Основная единица — это единица величины, выбранная произвольно при построении системы единиц и условно принимаемая независимой от других единиц этой системы.

В системе СИ приняты следующие основные единицы физических величин:

1) *метр* считается длиной пути, который проходит свет в вакууме за $1/299\,792\,458$ долю секунды;

2) *килограмм* считается приравненным к существующему международному прототипу килограмма;

3) *секунда* равна $919\,2631\,770$ периодам излучения, соответствующего тому переходу, который происходит между двумя так называемыми сверхтонкими уровнями основного состояния атома $Cs133$;

4) *ампер* считается мерой той силы неизменяющегося тока, вызывающего на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия при условии прохождения по двум прямолинейным параллельным проводникам, обладающим такими показателями, как ничтожно малая площадь кругового сечения и бесконечная длина, а также расположение на расстоянии в 1 м друг от друга в условиях вакуума;

5) *кельвин*: равен $1/273,16$ части термодинамической температуры, так называемой тройной точки воды;

6) *моль* равен количеству вещества системы, в которую входит такое же количество структурных элементов, что и в атомы в C_{12} массой 0,012 кг;

7) *кандела* есть сила, равная силе света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой 540×10^{12} Hz, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $1/683$ W/sr.

Кроме того, Международная система единиц содержит две достаточно важные дополнительные единицы, необходимые для измерения плоского и телесного углов. Так, единица плоского угла – это *радиан*, или сокращенно рад, представляющий собой угол между двумя радиусов окружности, длина дуги между которыми равняется радиусу окружности. Если речь идет о градусах, то радиан равен $57^{\circ}17'45''$. А *стерадиан*, или ср, принимаемый за единицу телесного угла, представляет

собой, соответственно, телесный угол, расположение вершины которого фиксируется в центре сферы, а площадь, вырезаемая данным углом на поверхности сферы, равна площади квадрата, сторона которого равна длине радиуса сферы

Производная единица — это единица производной физической величины, образованная в соответствии с уравнением, связывающим ее с основными единицами или же с основными и имеющимися производными или дополнительными единицами.

Если производная единица связана с другими единицами системы, уравнением, в котором числовой коэффициент равен 1, то такая единица физической величины называется когерентной.

Размерность физической величины представляет собой произведение обобщенных символов основных величин, возведенных в различную степень. Определение размерностей осуществляется на основе соответствующих физических уравнений.

Некоторые физические величины являются относительными, поэтому безразмерными. Например, к.п.д., относительная диэлектрическая проницаемость и др.

Единицы физических величин, входящие в систему SI, приведены в Приложении №3.

▼ 1.5. Анализ состояния измерений на предприятии

Анализ состояния измерений, контроля и испытаний на предприятии проводится в целях установления соответствия достигнутого уровня метрологического обеспечения современным требованиям производства и разработки на этой основе предложений по планированию его дальнейшего развития, создания или внедрения методов и средств измерений, испытаний, контроля, необходимых для интенсификации производства, создания и внедрения новых видов техники и технологии, улучшения качества продукции, повышения достоверности результатов измерений при контроле условий труда, рационального использования материальных, энергетических и трудовых ресурсов, при испытаниях продукции и услуг для целей сертификации.

При проведении анализа состояния измерений, контроля и испытаний устанавливается:

1. Влияние состояния измерений, контроля и испытаний на основные технико-экономические показатели деятельности предприятий: качество, систему учета и сроки выпуска продукции, производительность труда, экономию различных видов материальных ресурсов и эксплуа-

тационных затрат, снижение себестоимости продукции, эффективность мероприятий по охране труда и охране окружающей природной среды.

2. Наличие на всех производственных участках предприятия необходимой нормативной документации (НД), конструкторской и технологической документации, регламентирующей требования к средствам и методам измерений, испытаний и контроля параметров продукции в процессе ее производства, испытаний, приемки и эксплуатации, правильность отражения в НД конкретных требований к нормам точности, методам, средствам, условиям, процедуре выполнения измерений, контроля, испытаний и методам оценки точности измерений, испытаний и контроля основных параметров продукции или технологических процессов, а также своевременность изъятия из обращения устаревшей документации.

3. Состояние внедрения и соблюдения на предприятии Закона "Об обеспечении единства измерений", основополагающих государственных стандартов системы ГСИ, других государственных стандартов и другой НД, а также международных стандартов, регламентирующих требования к обеспечению единства и требуемой точности измерений, испытаний и контроля на всех стадиях разработки, производства, испытаний, приемки и эксплуатации продукции.

4. Состояние оснащения предприятий современными средствами измерений, испытаний, контроля, необходимыми для обеспечения оптимальных режимов технологических процессов, внедрения и эффективности функционирования автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП), объективного контроля качества сырья, материалов, комплектующих изделий, узлов и блоков изделий, полупродуктов и готовой продукции, соблюдения правил безопасности труда, строгого учета всех видов материальных ресурсов, а также для проведения научно-исследовательских (НИР), опытно-конструкторских (ОКР) и проектных работ.

5. Состояние обеспеченности планируемых разработок новой техники и технологии, освоения их производства и внедрения средствами измерений, испытаний, контроля, отвечающими по точности, быстродействию, производительности, уровню автоматизации контрольных операций, совместимости средств контроля с технологическим оборудованием требованиям проектной, конструкторской и технологической документации, показателям лучших современных образцов.

6. Соответствие научно-технического уровня находящихся в обращении средств измерений, испытаний и контроля современным требованиям разработки, производства, испытаний и эксплуатации продукции, а также показателям лучших современных аналогов.

7. Эффективность использования находящихся в обращении средств измерений, испытаний, контроля, средств их градуировки, поверки и калибровки; интенсификация использования дефицитных средств, в том числе на основе развития коллективных форм пользования.

8. Организационная структура и состояние деятельности метрологической службы предприятия в соответствии с требованиями утвержденного Положения о метрологической службе; укомплектованность службы квалифицированными кадрами, их роль в обеспечении качества выпускаемой продукции; эффективность взаимодействия метрологической службы по вопросам метрологии с другими инженерно-техническими службами предприятия.

9. Состояние аттестации, унификации и стандартизации применяемых методик выполнения измерений, испытаний и контроля важнейших параметров продукции, технологических процессов, параметров опасных и вредных производственных факторов, состояния окружающей природной среды.

10. Состояние применяемых средств измерений, испытаний, контроля, обеспеченность их ремонтом, поверкой, калибровкой, в том числе:

- обеспеченность предприятия эталонами, другими средствами поверки и калибровки средств измерений, в том числе стандартными образцами состава и свойств веществ и материалов, методиками поверки и калибровки применяемых средств измерений, методиками аттестации средств испытательного оборудования;

- обеспеченность специальными помещениями, необходимыми для проведения метрологических работ и хранения средств измерений;

- обеспеченность ремонтно-поверочным оборудованием, запасными частями, ремонтной документацией, необходимыми для ремонта применяемых средств измерений (испытаний и контроля).

11. Состояние и эффективность работ по проведению метрологической экспертизы проектной, конструкторской и технологической документации, проектов нормативных документов.

12. Состояние работ, выполняемых для предприятия органами Государственной метрологической службы (в том числе метрологических услуг на договорной основе и работ по поверке средств измерений).

На основе результатов анализа состояния измерений, контроля и испытаний на предприятии принимаются решения о мерах по совершенствованию метрологического обеспечения. Материалы анализа также являются основанием для выдачи Свидетельства о состоянии метрологического обеспечения производства на предприятии (или состоянии метрологического обеспечения закрепленных видов деятельности в организации), в том числе при сертификации производства и (или)

систем качества в соответствии с требованиями международных стандартов ISO 9000, EN 14500, ISO 14000.

Анализ состояния измерений, контроля и испытаний на предприятиях производится проверкой состояния документации согласно (Приложение №6).

▼ 1.6. Международные организации в области метрологии

Целью Метрической конвенции, подписанной 20 мая 1875, была унификация национальных систем единиц измерений физических величин и установление единых эталонов длины и массы (метра и килограмма). Членами организации состоят около 50 государств мира. В соответствии с Конвенцией было создано Международное бюро мер и весов (МБМВ) - первая международная научно-исследовательская лаборатория, расположенная во Франции. Главная практическая задача МБМВ - организация сличения национальных эталонов.

Научное направление работы МБМВ - совершенствование международной системы измерений (СИ) и эталонов единиц, разработка и применение новых методов и средств точных измерений, координация метрологических исследований в странах-членах.

Программы научной и практической деятельности МБМВ утверждает Генеральная конференция мер и весов - высший орган Метрической Конвенции. Генеральная конференция по мерам и весам собирается не реже одного раза в четыре года. (На IX Генеральной конференции по мерам и весам в 1960 г. была принята Международная система единиц). В промежутках между конференциями работой организации руководит Международный комитет мер и весов, в состав которого входят крупнейшие физики и метрологи мира (18 членов).

Научные разработки МБМВ имеют большое практическое значение. Достаточно назвать принятие Международной системы единиц, нового определения секунды, метра, электрических единиц и др. Это позволило повысить точность национальных эталонов, что положительно сказывается на обеспечении точности практических измерений.

Важным следствием участия в работе организации Метрической Конвенции является переход стран на единые единицы и эталоны. Это создает основу для взаимного признания результатов измерений и испытаний, позволяет устранить технические барьеры в международной торговле, обмене научно-технической информацией, технологией и др.

Международная организация законодательной метрологии (МОЗМ) учреждена на основе межправительственной Конвенции в 1956г. Организация объединяет более 100 государств. Цель МОЗМ - разработка

общих вопросов законодательной метрологии, в том числе - обеспечение единообразия определения типов средств измерений, установление единообразия метрологических характеристик средств измерений.

Высший руководящий орган МОЗМ - Международная конференция законодательной метрологии (созывается один раз в четыре года). Решения, принятые МОЗМ, носят рекомендательный характер. Исполнительный орган МОЗМ - Международный комитет законодательной метрологии, сессии которого проводятся ежегодно. Работу Комитета и Конференции обеспечивает координирует Международное бюро законодательной метрологии (МБЗМ), которое находится в Париже. Бюро издает информационные материалы, ведет фонд документации, занимается пропагандой достижений в области метрологии, проводит взаимный обмен информацией с участниками МОЗМ, а также ежеквартально выпускает "Бюллетень МОЗМ".

МОЗМ - издает два вида документа: международные рекомендации (МР) и международные документы (МД). МР имеют директивный характер, МД имеют рекомендательный характер. МР и МД предназначены для стран-членов МОЗМ и охватывают следующие вопросы: терминология в области метрологии, требования к метрологическим характеристикам средств измерений, способы выражения погрешностей средств измерений и результатов измерений, требования к метрологической деятельности (испытания, поверка, сертификация, калибровка средств измерений, метрологический контроль и надзор за обеспечением единства измерений и др.).

МОЗМ сотрудничает со многими международными организациями: МБМВ, МЭК, ИСО, ИМЕКО и др.

В 1958 г. была образована Международная конференция по измерительной технике и приборостроению (ИМЕКО), как научная консультативная организация, проводящая международные конгрессы и семинары по актуальным проблемам и задачам развития измерительной и диагностической техники. Конгрессы ИМЕКО созываются один раз в три года. Высшим органом ИМЕКО является Генеральный Совет. Секретариат ИМЕКО находится в Венгрии.

В последние годы создаются региональные международные организации. Так, в 1988г. западноевропейские государства образовали Европейскую организацию по метрологии - ЕВРОМЕТ. Области деятельности: исследование и разработка национальных эталонов; развитие поверочных служб на высшем метрологическом уровне, необходимом каждому члену ЕВРОМЕТ; методы измерений наивысшей точности.

Между государствами - членами СНГ подписано Межправительственное соглашение о проведении согласованной политики в области

стандартизации, метрологии и сертификации. В соответствии с этим документом сохраняется единство измерений на основе использования единых эталонов, стандартных справочных данных, стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов. Соглашение содержит положение о взаимном признании результатов испытаний средств измерений, их поверки.

Вопросами метрологии занимаются также авторитетные международные организации по стандартизации, как ИСО (Международная организация по стандартизации), МЭК (Международная электротехническая комиссия), МКО (Международная комиссия по освещению). Не являясь формально метрологическими организациями, они в то же время разрабатывают стандарты и рекомендации по метрологической терминологии и методикам выполнения измерений при испытаниях продукции, по установлению шкал измерений. При ИСО создан и ведет работу РЕМКО - комитет по стандартным образцам. РЕМКО оказывает методическую помощь техническим комитетам ИСО путем разработки соответствующих руководств по вопросам, касающимся стандартных образцов; готовит справочники и руководства по применению и аттестации стандартных образцов; координирует деятельность ИСО по стандартным образцам с международными метрологическими организациями.

ГЛАВА II. Научные основы метрологического обеспечения производства

2.1. Способы и виды измерений

Измерение – это познавательный процесс, заключающийся в сравнении данной величины с известной величиной, принятой за единицу.

Действительный размер – размер, установленный измерением с допустимой погрешностью.

Наблюдение – экспериментальная операция, выполняемая в процессе измерений, в результате которой получается одно значение из группы значений величины, подлежащих совместной обработке для получения результата измерения.

Метод сравнения – метод измерения, при котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой.

По методу выполнения измерения подразделяют на *прямые, косвенные, совокупные и совместные*.

Прямые измерения – процесс, при котором искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных. Простейшие случаи прямых измерений – измерения длины линейкой, температуры – термометром, напряжения – вольтметром и т. п.

Косвенные измерения – вид измерения, результат которых определяют из прямых измерений, связанных с измеряемой величиной известной зависимостью. Например, площадь можно измерить как произведение результатов двух линейных измерений координат, объем – как результат трех линейных измерений.

Совокупные измерения – это измерения, в которых результат находят по данным повторных измерений одной или нескольких одноименных величин при различных сочетаниях мер или этих величин. Например, совокупными являются измерения, при которых массу отдельных гирь набора находят по известной массе одной из них и по результатам прямых сравнений масс различных сочетаний гирь.

Совместными измерениями называют производимые прямые или косвенные измерения двух или нескольких не одноименных величин. Целью таких измерений является установление функциональной зависимости между величинами. Например, совместными будут измерения температуры, давления и объема занимаемого газом, измерения длины тела в зависимости от температуры и т. д.

По временным характеристикам измерения подразделяются на:
– статические, при которых измеряемая величина остается неизменной во времени;

- динамические, в процессе которых измеряемая величина изменяется.

По выражению результатов измерения подразделяются на:

- абсолютные, которые основаны на прямых или косвенных измерениях нескольких величин и на использовании констант и в результате которых получается абсолютное значение величины в соответствующих единицах;
- относительные измерения, которые не позволяют непосредственно выразить результат в узаконенных единицах, но позволяют найти отношение результата измерения к какой-либо одноименной величине с неизвестным в ряде случаев значением. Например, это может быть относительная влажность, относительное давление, удлинение и т. д.

Для измерения физической величины существуют два способа: *технический и лабораторный.*

Технический способ измерения выполняют на промышленных предприятиях, их используют на приборах, которые дают невысокие точности измерения.

Лабораторный способ измерения выполняется средствами измерения, у которых высокая точность измерения, указаны год допуска к использованию и величины допускаемой погрешности измерения. Данный способ измерения широко используется в научно-исследовательской работе, проверке измерительных приборов и наладке станков.

По характеру взаимодействия средств измерения с поверхностью измеряемой детали методы измерения подразделяются на *контактные и бесконтактные.*

Контактными называются измерения, при которых измерительное средство имеет механический контакт с поверхностью измеряемого объекта.

Бесконтактными называются измерения, при которых измерительное средство не имеет механического контакта с поверхностью измеряемого объекта.

Измерения могут меняться по количеству информации:

Однократные;

Многократные (> 3);

По условиям, определяющим точность результата, измерения делят на три класса:

- измерения максимально возможной точности, достижимой при существующем уровне техники;
- контрольно-поверочные измерения, выполняемые с заданной точностью;
- технические измерения, погрешность которых определяется метрологическими характеристиками средств измерений.

В технологических измерениях наиболее часто востребованными являются следующие виды измерений:

- линейные измерения;
- измерения давления;
- измерения расхода;
- измерения вязкости;
- измерение плотности;
- измерения температуры;
- измерения твердости.

2.2. Погрешности измерений

Погрешность — это разность между показаниями СИз и истинным (действительным) значением измеряемой физической величины. Поскольку истинное значение физической величины неизвестно, то на практике пользуются ее действительным значением. Для рабочего СИз за действительное значение принимают показания рабочего эталона низшего разряда (допустим, 4-го), для эталона 4-го разряда, в свою очередь, — значение физической величины, полученное с помощью рабочего эталона 3-го разряда. Таким образом, за базу для сравнения принимают значение СИз, которое является в поверочной схеме вышестоящим по отношению к подчиненному СИз, подлежащему поверке:

$$\Delta X_n = X_n - X_0,$$

где ΔX_n — погрешность поверяемого СИз; X_n — значение той же самой величины, найденное с помощью поверяемого СИз; X_0 — значение СИз, принятое за базу для сравнения, т.е. действительное значение.

Например, при измерении барометром атмосферного давления получено значение $X_n = 1017$ гПа. За действительное значение принято показание рабочего эталона, которое равнялось $X_0 = 1020$ гПа. Следовательно, погрешность измерения барометром составила:

$$\Delta X_n = 1017 - 1020 = -3 \text{ гПа}.$$

Погрешности СИз могут быть классифицированы по ряду признаков, в частности:

- по способу выражения — абсолютные, относительные;
- по характеру проявления — систематические, случайные;
- по отношению к условиям применения — основные, дополнительные.

Наибольшее распространение получили метрологические свойства, связанные с первой группировкой — с абсолютными и относительными погрешностями.

Точность измерений СИз — качество измерений, отражающее близость их результатов к действительному (истинному) значению измеряемой величины. Точность определяется показателями абсолютной и относительной погрешности.

Определяемая ΔX_n является абсолютной погрешностью. Однако, в большей степени, точность СИз характеризует относительная погрешность (δ), т.е. выраженное в процентах отношение абсолютной погрешности к действительному значению величины, измеряемой или воспроизводимой данным СИз:

$$\delta = \frac{100 * \Delta X_n}{X_0}$$

Точность может быть выражена обратной величиной относительной погрешности — $1/\delta$. Если погрешность $\delta = 0,1\%$ или $0,001 = 10^{-3}$, то точность равна 10^3 .

Приведенной называется относительная погрешность, вычисленная в процентах от некоторого нормирующего значения. В качестве нормирующего обычно принимается конечное значение шкалы (верхний предел измерения для приборов с односторонней шкалой или сумма пределов — для приборов с нулем посредине).

В стандартах нормируют характеристики точности, связанные с другими погрешностями.

Систематическая погрешность — составляющая погрешности результата измерения, остающаяся постоянной (или же закономерно изменяющейся) при повторных измерениях одной и той же величины. Ее примером может быть погрешность градуировки, в частности, погрешность показаний прибора с круговой шкалой и стрелкой, если ось последней смещена на некоторую величину относительно центра шкалы. Если эта погрешность известна, то ее исключают из результатов разными способами, в частности введением поправок.

Рассмотрим группы *систематических погрешностей*, отличающихся одна от другой причиной возникновения. В основном различают следующие группы:

- *Инструментальные погрешности*, связанные с несовершенством конструкции прибора, неправильностью технологии его изготовления;
- *Погрешности, возникающие от внешних влияний*. Особенно часто в измерительной практике приходится сталкиваться с влиянием климатических условий - температуры, давления, влажности. Кроме того, весьма распространенным источником такого рода погрешностей является влияние внешних электромагнитных полей и изменения в напряжении сети питания измерительных приборов;

- *Погрешности метода измерения.* Этот вид погрешности может быть связан как с неточностью знания свойства объекта измерения, так и с одинаковым влиянием разных факторов на датчик измерительного прибора. Сюда же можно отнести погрешности пробоподготовки в определении состава веществ и материалов;
- *Субъективные погрешности,* связанные либо с недостаточным вниманием, либо с невысокой квалификацией персонала, обслуживающего прибор. Особенно большое значение этот вид погрешности имеет при пользовании приборами с визуальным отсчетом. Большая часть промахов также может быть связана с субъективными погрешностями.

Следует делать различие между понятиями «погрешность» и «ошибка». Первая возникает по объективным обстоятельствам, устранить ее невозможно, можно уменьшить с помощью определенных методов. Термин «ошибка» связан с субъективными обстоятельствами.

При нормировании систематической составляющей погрешности СИз устанавливают пределы допускаемой систематической погрешности СИз — конкретного типа — Δ . Величина систематической погрешности определяет такое метрологическое свойство, как правильность измерений СИз.

Случайная погрешность — составляющая погрешности результата измерения, изменяющаяся случайным образом (по знаку и значению) в серии повторных измерений одного и того же размера величины с одинаковой тщательностью. В появлении этого вида погрешности не наблюдается какой-либо закономерности. Они неизбежны и неустраняемы, всегда присутствуют в результатах измерения. При многократном и достаточно точном измерении они порождают рассеяние результатов.

Характеристиками рассеяния являются средняя арифметическая погрешность, средняя квадратическая погрешность, размах результатов измерений. Поскольку рассеяние носит вероятностный характер, то при указании на значения случайной погрешности задают вероятность.

Укажем в качестве примера на две нормируемые метрологические характеристики, отражающие точность СИз.

Доверительная погрешность — верхняя и нижняя границы интервала погрешности результата измерений при данной доверительной вероятности.

Средняя квадратическая погрешность (среднее квадратическое отклонение (S^{δ})) — характеристика рассеяния результатов измерений одной и той же величины вследствие влияния случайных погрешностей. Применяется для оценки точности первичных и вторичных эталонов.

Наконец, показатели точности могут устанавливаться в связи с группировкой погрешностей СИз по условиям измерения.

Основная погрешность СИз — погрешность, определяемая в нормальных условиях применения СИз.

Дополнительная погрешность СИз — составляющая погрешности СИз, дополнительно возникающая вследствие отклонения какой-либо из влияющих величин (температуры, относительной влажности, напряжения сети переменного тока и пр.) от ее нормального значения.

Номенклатура нормируемых метрологических характеристик СИз определяется назначением, условиями эксплуатации и многими другими факторами. У СИз, применяемых для высокоточных измерений, нормируется до десятка и более метрологических характеристик в стандартах технических требований (технических условий) и ТУ. Нормы на основные метрологические характеристики приводятся в эксплуатационной документации на СИз. Учет всех нормируемых характеристик необходим при измерениях высокой точности и в метрологической практике. В повседневной производственной практике широко пользуются обобщенной характеристикой — классом точности.

2.3. Класс точности средств измерений

Класс точности СИз — это обобщенная характеристика, выражаемая пределами допускаемых (основной и дополнительной) погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность.

Пределы допускаемых основной и дополнительных погрешностей средств измерений устанавливаются для каждого класса точности в виде абсолютных, относительных и приведенных погрешностей.

Пределы допускаемой основной погрешности - это установленные для нормальных условий экстремальные (наибольшие и наименьшие) отклонения значений номинальной статической функции преобразования, при заданной доверительной вероятности, расположенные симметрично по обе стороны от этой функции.

Пределы допускаемой основной погрешности содержат случайную и систематическую составляющие погрешности.

Пределы допускаемой дополнительной погрешности - это наибольшее и наименьшее допускаемые значения дополнительной погрешности, вызываемые условиями измерения, отличающимися от нормальных.

Под нормальными условиями применения средств измерения следует понимать условия, при которых влияющие величины

(температура окружающего воздуха, давление, влажность и т.д.) имеют нормальные значения, а также определенное пространственное положение, отсутствие вибраций, излучение и электромагнитных полей.

В качестве нормальных значений или области нормальных значений влияющих величин обычно принимается температура окружающего воздуха - $20 \pm 5^\circ\text{C}$; давление - $101,325 \pm 3,3$ кПа (760 ± 25 мм рт.ст.); относительная влажность - 30-80% и т.д. Указанные нормальные условия применения средств измерения, как правило, не являются рабочими условиями их эксплуатации. Поэтому для средств измерения обычно определяют область значений влияющей величины, оговариваемую в технических условиях или стандартах, при которой значение дополнительной погрешности не должно превышать установленных пределов.

Кроме того, необходимо отметить, что в рабочих условиях на средства измерения могут влиять внешние воздействия, которые не отражаются непосредственно на результатах измерений (агрессивные среды, запыленность), а также механические воздействия (удары, тряска, вибрации), во время действия которых невозможно произвести корректное измерение. В связи с этим приборы, предназначенные для работы в указанных условиях, защищают специальными устройствами.

В зависимости от степени защищенности от внешних воздействий и устойчивости к ним средства измерения подразделяются на обыкновенные, виброустойчивые, пылезащищенные, брызго- и влагозащищенные, газозащищенные, искрозащищенные, взрывозащищенные и т. д. Применение приборов с тем или иным видом защиты дает возможность подбора средств измерений применительно к конкретным рабочим условиям.

В случае нормирования предела допускаемой суммарной дополнительной погрешности, при одновременном действии внешних воздействий, последний должен определяться в соответствии с выражением:

$$\delta_{\text{доп}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_{\text{доп}i}} \leq 2\delta_{\text{осн}}$$

где: $\delta_{\text{доп}}$ - общий предел дополнительной погрешности;

$\delta_{\text{осн}}$ - предел основной погрешности;

$\delta_{\text{доп}i}$ - предел дополнительной погрешности от i -го воздействия.

Класс точности не является непосредственным показателем точности средств измерения, а только лишь характеризует их свойства в отношении точности, т.к. на точность измерения влияют также методы и условия проведения измерений.

Классы точности конкретного типа СИз устанавливаются в НД. При этом для каждого класса точности устанавливаются конкретные требования к метрологическим характеристикам, в совокупности отражающим уровень точности СИз данного класса. Например, для вольтметров нормируют предел допускаемой основной погрешности и соответствующие нормальные условия; пределы допускаемых дополнительных погрешностей; пределы допускаемой вариации показаний; невозвращение указателя к нулевой отметке. У плоскопараллельных концевых мер длины такими характеристиками являются пределы допускаемых отклонений от номинальной длины и плоскопараллельности; пределы допускаемого изменения длины в течение года.

▼Ряды классов точности принято устанавливать следующим образом:

- для средств измерений, пределы погрешностей которых выражают в форме абсолютных погрешностей, устанавливаемые ряды классов точности обозначают заглавными буквами либо римскими цифрами;
- классам точности, которым соответствуют меньшие пределы допускаемых погрешностей, присваиваются буквы, находящиеся ближе к началу алфавита;
- для средств измерений, пределы погрешностей которых выражают в форме приведенных или относительных погрешностей, следуют устанавливать ряды классов точности, обозначаемых числами: $1 \cdot 10^n$; $1,5 \cdot 10^n$; $1,6 \cdot 10^n$; $2 \cdot 10^n$; $2,5 \cdot 10^n$; $3 \cdot 10^n$; $4 \cdot 10^n$; $5 \cdot 10^n$; $6 \cdot 10^n$; где $n = 1, 0, -1, -2$, и т. д.). Так, класс точности 0,001 нормальных элементов свидетельствует о том, что их нестабильность за год не превышает 0,001%.

Обозначения класса точности наносят на циферблаты, щитки и корпуса СИз, приводят в НД. Например: Манометр с верхним пределом измерений 25 МПа класса точности 1,5: ДМ 1001-25 МПа-1,5 ТУ. СИз с несколькими диапазонами измерений одной и той же физической величины или предназначенным для измерений разных физических величин могут быть присвоены различные классы точности для каждого диапазона или для каждой измеряемой величины. Так, электронизмерительному прибору, предназначенному для измерений напряжения и сопротивления, могут быть присвоены два класса точности: один — как вольтметру, другой — как омметру.

Присваиваются классы точности СИз при их разработке (по результатам приемочных испытаний). В связи с тем что при эксплуатации их метрологические характеристики обычно ухудшаются, допускается понижать класс точности по результатам поверки (калибровки).

Чтобы отличить относительную погрешность от приведенной, обозначение класса точности в виде относительной погрешности обводят

кружком (2,5). Если погрешность нормирована в процентах от длины шкалы, то под обозначением класса ставится знак \surd .

Если погрешность нормирована формулой:

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\frac{X_i}{x} - 1 \right) \right] \%$$

где X_i — больший по модулю из пределов измерений (верхний предел измерения, или сумма пределов измерения для приборов с нулем посередине); c, d — положительные числа, выбираемые из стандартизованного ряда; x — показание прибора.

То класс точности обозначается как c/d (например, 0,02 / 0,01).

Пример. На шкале амперметра с пределами измерения 0... 10 А нанесено обозначение класса точности 2,5. Это означает, что для данного прибора нормирована приведенная погрешность.

Подставляя в формулу определения предела допускаемой приведенной основной погрешности $X_n = 10A$ и $p = 2,5$

$$\gamma = \frac{\Delta \cdot 100}{X_n} = \pm p\%$$

где X_n — нормирующее значение, выраженное в тех же единицах, что и x ; p — отвлеченное положительное число, выбираемое из стандартизованного ряда значений ($1 \cdot 10^n$; $1,5 \cdot 10^n$; $\dots, 5 \cdot 10^n$; \dots , где $n = 1, 0, -1, -2$ и т.д.).

Получим:

$$\Delta = \frac{X_n}{100} \cdot 2,5 = 0,25A.$$

Если бы обозначение класса точности было (2,5), то погрешность следовало бы вычислить в процентах от измеренного значения. Так, при

$I_{\text{изм}} = 2A$, погрешность прибора не должна превышать $\frac{2 \cdot 2,5}{100} = 0,05A$.

Итак, класс точности позволяет судить о том, в каких пределах находится погрешность измерений этого класса. Это важно знать при выборе СИЗ в зависимости от заданной точности измерений.

Любые измерения направлены на получение результата, т.е. оценки истинного значения физической величины в принятых единицах, вследствие несовершенства средств и методов измерений, воздействия внешних факторов и многих других причин измерения неизбежно отягощены погрешностью. Качество измерения тем выше, чем ближе результат измерения оказывается к истинному значению.

2.4. Метрологические характеристики средств измерений

Номенклатура метрологических характеристик и полнота, с которой они должны описывать те или иные свойства средств измерений, зависят от назначения средств измерений, условий эксплуатации, режима работы и многих других факторов.

В полном перечне метрологических характеристик можно выделить следующие их группы:

- градуировочные характеристики, определяющие соотношение между сигналами на входе и выходе средства измерений в статическом режиме. К ним относятся, например, номинальная статическая характеристика преобразования (градуировочная характеристика) прибора, номинальное значение меры, пределы измерения, цена деления шкалы, вид и параметры цифрового кода в цифровом приборе;
- показатели точности средства измерения, позволяющие оценить инструментальную составляющую погрешности результата измерения;
- динамические характеристики, отражающие инерционные свойства средств измерения и необходимые для оценивания динамических погрешностей измерений;
- функции влияния, отражающие зависимость метрологических характеристик средств измерения от воздействия влияющих величин или неинформативных параметров входного сигнала.

Обычно метрологические характеристики нормируются отдельно для нормальных и рабочих условий применения средств измерений.

Вибрация и удары должны отсутствовать или не достигать значений, вызывающих колебания стрелки (пера) более 0,1 длины наименьшего деления шкалы (диаграммы).

Метрологические свойства СИз — это свойства, влияющие на результат измерений и его погрешность. Показатели метрологических свойств являются их количественной характеристикой и называются метрологическими характеристиками.

Все метрологические свойства СИз можно разделить на две группы:

- 1) свойства, определяющие область применения СИз;
- 2) свойства, определяющие качество измерения.

К основным метрологическим характеристикам, определяющим свойства первой группы, относятся диапазон, принцип, метод измерений и порог чувствительности.

Диапазон измерений — область значений величины, в пределах которой нормированы допускаемые пределы погрешности средств измерений.

Принцип измерений - физическое явление или их совокупность, положенные в основу измерений. Например, масса может быть измерена опираясь на гравитацию, а может быть измерена на основе инерционных свойств. Температура может быть измерена по тепловому излучению тела или по ее воздействию на объем какой-либо жидкости в термометре и т. д.

Метод измерений - совокупность принципов и средств измерений. В у помянутом выше примере с измерением температуры измерения по тепловому излучению относят к неконтактному методу термометрии, измерения термометром есть контактный метод термометрии.

Порог чувствительности - наименьшее изменение измеряемой величины, которое вызывает заметное изменение выходного сигнала. Например, если порог чувствительности весов равен 10 мг, то это означает, что заметное перемещение стрелки весов достигается при таком малом изменении массы, как 10 мг.

К метрологическим свойствам второй группы определяющих качество измерений относятся свойства: точность, правильность, сходимость, воспроизводимость и достоверность измерений.

Точность измерений - качество измерений, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины. Высокая точность измерений соответствует малым погрешностям всех видов, как систематических, так и случайных.

Правильность измерений - качество измерений, отражающее близость к нулю систематических погрешностей в их результатах. Результаты измерений правильны постольку, поскольку они не искажены систематическими погрешностями.

Сходимость измерений - качество измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в одинаковых условиях (одним и тем же средством измерений, одним и тем же оператором). Для методик выполнения измерений сходимость измерений является одной из важнейших характеристик.

Воспроизводимость измерений - качество измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в различных условиях (в различное время, в разных местах, разными методами и средствами измерений). В процедурах испытаний продукции воспроизводимость является одной из важнейших характеристик.

Достоверность измерений - характеристика качества измерений, разделяющая все результаты на достоверные и недостоверные в зависимости оттого, известны или неизвестны вероятностные характеристики их отклонений от истинных значений соответствующих величин. Результаты измерений, достоверность которых неизвестна, могут служить источником дезинформации.

▼2.5. Характеристики технологических измерений

Линейные измерения. Традиционные измерения перемещений представляют собой хорошо известные линейки, нониусы и микрометрические винты. Линейки изготавливаются либо в виде жесткой конструкции, либо в виде гибкой ленты (рулетки). Измерения проводятся непосредственным сравнением размера предмета с делениями шкалы линейки. Нониус представляет собой дополнительную шкалу, нанесенную на подвижную каретку, перемещающуюся свободно вдоль линейки. Шкалы нониуса нанесены таким образом, что девять делений линейки разделены на десять равных частей.

Изобретение нониуса имеет древнюю историю. Для повышения точности приборов предназначенных для наблюдения за звездами великий ученый энциклопедист Ибн Сино (980-1037гг.) изобрел специальное устройство.

Чаще всего используется так называемый прямой нониус, у которого цены деления на $1/10$ часть меньше цены деления основной шкалы. Иногда применяют обратный нониус, у которого цена деления на $1/10$ больше цены деления основной шкалы, т. е. 11 делений делятся на 10 частей. Пользоваться им следует также, как и прямым нониусом, т. е. целую часть измеряемой величины считывать с меньшего значения основной шкалы, между которыми остановился нуль нониуса, а десятые доли определять по совпадению деления шкалы нониуса с делением основной шкалы.

Нониусом оснащены широко применяемые в измерительной практике инструменты, называемые штангенциркулями.

В некоторых измерительных инструментах, чаще всего в угломерных, применяется круговой нониус. Принципиально он ничем не отличается от линейного нониуса, только деления на нем нанесены на небольшую дуговую линейку (алиаду), свободно перемещающуюся вдоль основной шкалы (лимба).

Микрометрический винт дает возможность отсчитывать более мелкие доли деления основной шкалы, чем нониус. Микрометрический винт представляет собой тщательно изготовленный винт с шагом в 0,5 или в 1,0 мм. Головка винта представляет собой лимб, или барабан с делениями, позволяющий производить отчеты либо $1/50$, либо $1/100$ оборота. Таким образом, зажимая объект измерений между упорами микрометрического винта, можно измерить размеры объекта с точностью до $1/100$ мм и выше, если принять во внимание возможность оценки доли деления.

Микрометры изготавливают в виде скобы с цифрами, один из которых перемещается микрометрическим винтом.

Измерительные устройства для линейных измерений на какой-либо поверхности делают в виде индикаторных устройств, т. е. подвижных штоков с зубчатым колесом. Так сделаны глубиномеры, толщиномеры, ростомеры. Шток как бы «ощупывает» поверхность и, передавая перемещение зубчатому колесу, регистрирует профиль поверхности.

Толщину листовых материалов измеряют также по поглощению светового или (β - γ) активного излучения. Иногда для измерения толщин используют емкостные или индуктивные датчики.

Толщину пленок измеряют оптическими методами по отражению или поглощению света.

Большое число измерений ведется лупами или измерительными микроскопами. Принцип измерения состоит в измерении координаты какой-либо точки, путем визирования ее в микроскоп. Длину объекта находят по разности отсчета крайних точек объекта. Небольшие перемещения можно измерить окуляр-микрометром - окуляром, снабженным визирной сеткой, расположенной в фокусе окуляра. Визирная сетка может перемещаться в поле зрения окуляра микрометрическим винтом.

Перемещая сетку винтом, наводят риски на крайние точки объекта, и размеры определяют как разность отсчетов.

Повысить точность измерения длин можно путем компарирования (сравнения) длин объекта и стандартной шкалы. Если эта шкала выполнена в виде линейки, то компарируются отсчеты по этой линейке. Для повышения точности в длинномерах - компараторах отсчет производится с использованием линейки, нониуса и микрометрического винта. Производится это следующим образом: в один из микроскопов визируется точка объекта, координаты которой нужно определить. В другой микроскоп - измерительный - визируются деления шкалы, нанесенной на стекло. Измерительный микроскоп позволяет визировать по крайней мере два деления на стеклянной шкале. Отсчет снимается с линейки, нониуса и микрометрического винта.

Измерение давления. Давлением по определению называется сила, действующая на единицу поверхности тела:

$$P = \frac{F}{S}$$

В системе СИ единицей давления служит 1 Паскаль, равный силе в 1 Ньютон, действующей на площадь в 1 м^2 .

Измерения давления замечательны тем, что для них в технике и в практике сохранилось и используется большое количество внесистемных и жаргонных единиц. Например, принятой внесистемной единицей

является один Торичелли (1 Тор), больше известный у нас как миллиметр ртутного столба:

$$1 \text{ Тор} = 133,3 \text{ Па.}$$

Такая же широко в технике используется единица давления - 1 физическая (нормальная) атмосфера, равная:

$$1 \text{ ат} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Па} = 760 \text{ Тор.}$$

Численная связь дана для плотности ртути 13,595 г/см³ и ускорения свободного падения $g = 9,80665 \text{ м/с}^2$.

Часто употребляется внесистемная единица - бар, равная:

$$1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па.}$$

Приборы для измерения давления, в общем случае, называются манометрами. В том случае, если манометры предназначены для измерения атмосферного давления, их называют барометрами. Если необходимо измерить давление ниже атмосферного, такие манометры называют вакуумметрами.

Манометры по принципу действия делятся на жидкостные, пружинные и электрические.

Вакуумметры делятся на жидкостные, деформационные, компрессионные, радиометрические, вязкостные, тепловые, ионизационные, магнито-разрядные и радиоизотопные.

Жидкостные манометры или вакуумметры - устройства, в которых давление среды уравнивается давлением столба жидкости, налитой в манометр. Схематично манометр имеет вид U-образной трубки, в которую налита манометрическая жидкость - вода, масло или ртуть. Один из концов манометра присоединяется к измеряемому объему, второй конец манометра либо запаян, либо подсоединяется к объему с известным давлением. В этом случае манометр называется дифференциальным, т. к. измеряет разность давлений в различных объемах.

В жидкостном манометре давление определяется по разности уровней жидкости в трубках при известной плотности жидкости ρ , налитой в манометр:

$$P = \rho g h.$$

где h - разность уровней жидкости; g - ускорение свободного падения. Если ρ выражена в кг/м³, g в м/с² и h в м, то давление выразится в Паскалях.

Если в манометр налита ртуть, то давление в Торрах численно будет равно разности уровней ртути в трубках:

$$P = h_{\text{рт}} (\text{Тор}).$$

Разновидностями жидкостных манометров являются вакуумметр Мак-Леода, трубки Пито и трубки Вентури.

Манометр Мак-Леода используется для измерения малых давлений в условиях вакуума. Манометр представляет собой колбу с отростком, которая соединяется гибкой трубкой с чашкой, заполненной ртутью.

Процедура измерения состоит в том, что верхняя трубка манометра Мак-Леода соединяется с измеряемым объемом. Затем чашка со ртутью поднимается, ртуть заполняет объем манометра, оставляя «пузырь» в тонком капилляре. Давление в пузыре зависит не только от разности уровней в трубках, но и от соотношения объемов колбы и капилляра, которое может достигать до 1000. Таким образом можно измерить давление примерно в 1000 раз меньше, чем обычным жидкостным манометром без потери точности. Измерения манометром Мак-Леода громоздки, связаны с необходимостью работы с большими количествами ртути, но при этом этот метод позволяет получать наиболее достоверные результаты, т. к. ведутся прямые измерения давления.

Точность измерения давления жидкостными манометрами зависит от точности измерения уровня жидкости. В прецизионных манометрах отсчетные устройства дополняют нониусами или специальными зрительными трубами с измерительной шкалой. Такие приборы называются катетометрами.

Особый вид манометра представляют собой т.н. трубки Пито, представляющие собой дифференциальные манометры, измеряющие разность давлений в струях жидкости или газа между статическим давлением и динамическим. Давление в движущемся потоке есть сумма внешнего давления P , статического (ρgh) и динамического давления $\rho v^2/2$, где h - глубина погружения; ρ - плотность жидкости; v - скорость потока. Согласно закону Бернулли, сумма этих давлений остается постоянной вдоль всего потока (струи) так, что:

$$P + \rho gh + \rho v^2/2 = Const$$

для любой точки потока.

Дифференциальный манометр в виде трубки Пито позволяет измерять разность давлений между точкой потока, в которой жидкость не движется, и точкой, где жидкость имеет максимальную скорость v .

Уравнение измерения имеет вид:

$$P_1 + \rho gh_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = P_2 + \rho gh_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}$$

Индекс 1 относится к точке 1 (отверстию) манометра на боковой стенке, где $V_1 = v$, индекс 2 относится к точке 2, где поток остановлен и $V_2 = 0$. Если положить, что разность статического давления ничтожна $\rho gh_1 = \rho gh_2$, то разность давлений ($P_1 - P_2$) оказывается однозначно связана со скоростью потока, т. е.:

$$\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{\rho v^2}{2}$$

Таким образом, трубка Пито - это манометр, позволяющий измерять скорость потока жидкости.

Другая полезная разновидность дифференциального манометра - так называемая трубка Вентури, представляющая собой два колена жидкостного манометра, разделенные мембраной с малым относительно основной трубы отверстием.

Несложные операции с использованием закона Бернулли и закона неразрывности струи приводят к простому соотношению между перепадом давления ΔP и скоростью потока:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = S \rho v_1^2 \left[\left(\frac{d_1}{d_2} \right)^4 - 1 \right],$$

где d_1 - диаметр трубы; d_2 - диаметр отверстия в диафрагме.

Расход жидкости Q определяют из соотношения:

$$Q = a \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2P_1 - P_2}{\rho}}$$

Пружинные манометры или вакуумметры представляют собой подвижную часть, размеры которой зависят от давления (так называемую «улитку»). Подвижная часть каким-либо образом соединяется с индикатором положения «улитки».

Пружинные манометры являются самым распространенным измерительным устройством при определении давления. Эти манометры просты в исполнении, надежны, не содержат жидкостных наполнений и при тщательной калибровке могут давать достаточно точные результаты.

Электрические манометры - устройства, в которых информация о давлении воспринимается как изменение какого-либо электрического параметра, например сопротивления или разности потенциалов. Это может быть камера с проводящим, чаще всего с угольным порошком, сопротивление которого зависит от положения гибкой мембраны. Это может быть камера, наполненная кремнийорганической жидкостью. Тогда под действием разности давлений появляется разность потенциалов, пропорциональная давлению.

Промышленно изготавливаются многочисленные датчики на основе тензорезисторов - сопротивлений, изменяющихся в зависимости от разности давлений, различного рода пьезоэлектрики с прямым пьезоэффектом - появлением разности потенциалов между поверхностями кристаллов при наличии разности давления между ними.

Для измерения давления ниже атмосферного (измерения вакуума) кроме жидкостных и деформационных вакуумметров используется еще

целый ряд устройств, принципиально отличающихся от рассмотренных выше. Такими вакуумметрами являются радиометрические приборы, вязкостные, ионизационные, магнитные, электроразрядные манометры.

В радиометрическом манометре используется радиометрический эффект - возникновение силы отталкивания между двумя близко расположенными пластинами в разреженном газе, находящимся при разных температурах. Холодная пластина со стороны, обращенной к горячей пластине, бомбардируется молекулами с большей энергией, чем те же молекулы с противоположной стороны. В результате между пластинами возникает сила отталкивания. При низких давлениях эта сила на единицу площади равна:

$$F = \frac{1}{2} P \left(\sqrt{\frac{T_1}{T_2}} - 1 \right)$$

Измерения проводятся по отклонению пластины при создании вакуума. Наиболее известные вакуумметры такого типа были созданы датским физиком Кнудсенем.

Действие вязкостного вакуумметра основано на измерении времени затухания колебания кварцевой нити или по закручиванию неподвижно закрепленного элемента от подвижного, вращающегося в разреженном газе. Здесь рабочими элементами обычно служат диски. Диапазон измерений таких вакуумметров составляет $(1+10^{-5})$ Па или $(10^{-2}+10^{-7})$ Тор.

В тепловых вакуумметрах используется эффект зависимости теплопроводности разреженного газа от давления. Манометр представляет собой спай термпары, нагреваемый слабым электрическим током по схеме.

Термопарные вакуумметры позволяют измерять вакуум в диапазоне $10^{-2}+10^{-7}$ Тор.

В ионизационных вакуумметрах мерой давления является величина ионного тока, возникающего под действием электрического тока, приложенного между нагретым катодом и цилиндрическим анодом, окружающим катод. Диапазон измерений ионизационного вакуумметра составляет $10^{-2}+10^{-5}$ Тор или $1+5 \cdot 10^{-6}$ Па.

В магнитном электроразрядном вакуумметре используется зависимость от давления тока самостоятельного разряда, возникающего в разреженном газе в скрещенных магнитном и электрическом полях. Существует несколько типов магнитных электроразрядных манометров: манометр Пеннинга с параллельными плоскими электродами и инверсионно-магнетронный манометр, в котором анод и катод представляют собой два соосных цилиндра.

Вакуумметры различных типов позволяют измерять давление в широких пределах изменения от атмосферного давления до давления 10^{-13} Тор (10^{-11} Па).

Измерение вязкости. Вязкость - характеристика сил внутреннего трения. Сила трения в зависимости от вязкости, жидкости или газа выражается формулой:

$$\vec{F} = -\mu \frac{dv}{dl},$$

где F - сила сопротивления перемещению слоев среды, которая направлена в сторону убывания скорости (знак минус в формуле); μ - площадь действия силы и $\frac{dv}{dl}$ градиент скорости. Единица вязкости в системе СИ - Паскаль \cdot секунда. В системе CGS единица вязкости - Пуаз:

$$1 \text{ Па} \cdot \text{с} = 10 \text{ Пуаз}.$$

Приборы для измерения вязкости называются вискозиметрами. В вискозиметрах используются два разных принципа:

- по скорости вытекания жидкости из малого отверстия или из капилляра;
- по скорости падения шарика в вязкой жидкости.

Первый принцип основан на формуле Пуазейля, дающей зависимость между объемом жидкости, вытекающей из трубки радиусом R и длиной l :

$$V = \frac{1}{8} \frac{\pi R^4}{\mu} (P_1 - P_2) t,$$

где P_1 и P_2 - давление на торцах трубки; R - радиус трубки; l - длина; t - время вытекания.

Второй принцип измерения вязкости основан на измерении скорости падения шара в вязкой среде (формула Стокса):

$$v = \frac{2(\rho - \rho')gr^2}{9\mu},$$

где v - скорость падения шара в жидкости; ρ - плотность материала шара; ρ' - плотность жидкости; g - радиус шара.

Одним из широко используемых приборов для измерения вязкости является вискозиметр Энглера, в котором измеряется время вытекания 200 г жидкости по сравнению со временем вытекания 200 г воды через то же отверстие. Вязкость измеряют в градусах Энглера, что соответствует отношению времени вытекания жидкости ко времени вытекания воды при тех же условиях. Соотношение между Пуазами и градусами Энглера дается формулой:

$$\mu = (0,0731 \text{ } ^\circ\text{E} - \frac{0,0631}{^\circ\text{E}}) \rho,$$

где ρ - плотность жидкости в г/см³.

Вязкость, обозначенная в формуле и определенная через силу сопротивления движению называется еще динамической вязкостью. Существует понятие кинематической вязкости - это вязкость, отнесенная к единичной плотности, т. е.:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}.$$

Измеряется кинематическая вязкость в единицах L²T⁻¹, т. е. М²/сек в системе СИ. Та же единица в СГС-системе называется стоксом, т. е.:

$$1 \text{ Стокс} = 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Существует еще понятие ударной вязкости, определяемой, как работа для излома твердого тела, отнесенная к единице поперечного сечения излома:

$$U = \frac{A}{S} \text{ Дж/м}^2.$$

Обратная вязкости величина называется текучестью:

$$\varphi = \frac{1}{\mu}.$$

Иногда в технике пользуются понятием удельной вязкости, т. е. отношением вязкости жидкости к вязкости воды:

$$\alpha = \frac{\mu}{\mu_{\text{воды}}}$$

Измерение плотности. Точные измерения плотности твердого тела возможны, если изготовить из данного материала тело правильной формы: параллелепипед, цилиндр или шар. Тогда, определив объем по формулам:

$$V_{\text{плп}} = X \cdot Y \cdot Z$$

$$V_{\text{цил}} = 4\pi R^2 \cdot l$$

$$V_{\text{шар}} = \frac{4}{3} \cdot \pi R^3,$$

легко найти плотность по отношению массы к объему:

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

В том случае, когда тело имеет неправильную форму, его объем можно найти, погружая его в жидкость, налитую в мерный стакан. По количеству вытесненной жидкости определяют объем и затем плотность. Более высокой точности можно добиться гидростатическим взвешива-

нием. Для этого нужно взвесить тело в воздухе и взвесить, погрузив тело в жидкость с известной плотностью (вода, CCl_4 и т.д.). Если объем тела V , плотность воды ρ_w , то:

$$P - p = g V \rho_w$$

Измеряя вес тела в воздухе (P) и в воде (p), находим объем тела V , а затем и плотность (удельный вес):

$$\rho_T = \frac{P}{Vg} = \frac{P}{P - p} \cdot \rho_w$$

При точных взвешиваниях плотность воды при данной температуре и давлении находят по соответствующим таблицам. При взвешивании тела в воздухе необходимо также учитывать архимедову силу, действующую на тело в воздухе.

Плотность жидкостей измеряется путем взвешивания сосуда с точно известным объемом - мерной колбой, мензуркой, пипеткой. Для прецизионных измерений используют ампулы с точно известным объемом - пикнометры. Объем пикнометра наиболее точно можно определить, взвешивая его с какой-либо стандартной жидкостью - с водой или с четырех хлористым углеродом. Взвешивая пикнометр с водой или исследуемой жидкостью, плотность определяют как:

$$\rho_x = \frac{m_x - m_n}{m_w - m_n} \cdot \rho_w,$$

где m_x - масса жидкости; m_n - масса пикнометра; m_w - масса воды; ρ_w - плотность воды при данной температуре.

Плотность газов определяется из основных соотношений молекулярной физики, определяющих, что один моль идеального газа занимает при нормальных условиях объем в 22,4 л (т. н. молекулярный объем). При произвольной температуре T и давлении p в атмосферах молярный объем равен:

$$V_{\text{мол}} = \frac{RT}{p},$$

где T - абсолютная температура, p - давление и R - универсальная газовая постоянная.

Плотность газа как вес единицы объема для газа при 25 °C и давлении в 1 атмосферу равен:

$$\rho \left(\frac{г}{л} \right) = \frac{\mu}{V_{\text{мол}}},$$

где μ - молярный вес.

При нормальных условиях плотность газа равна:

$$\rho_n = 4,4616 \cdot 10^{-6} \cdot \mu, \text{ г/см}^3$$

Плотность газа можно измерить оптическим методом по изменению показателя преломления. Показатель преломления газа n связан линейно с концентрацией молекул - числом частиц в единице объема N - линейной зависимостью:

$$(n - 1) = N \cdot \alpha$$

Число молекул в единице объема для идеального газа можно вычислить на основе уравнения состояния в соответствии с формулой:

$$N = N_0 \frac{p}{p_0} \frac{T_0}{T},$$

где N_0 - постоянная Лошмита (число Лошмита), равная числу атомов в единице объема идеального газа при нормальных условиях, p - давление; T - абсолютная температура; $T_0 = 293,16\text{K}$; $p_0 = 1025 \text{ ГПа}$ (760 Тор).

$$N_0 = \frac{N_A}{V_{\text{мол}}} = 2,6868 \cdot 10^{24} \text{ ат / см}^3,$$

где N_A - постоянная Авогадро.

Измерения плотности газов по показателю преломления являются наиболее точными методами, поскольку в качестве выходных измерительных устройств в них могут использоваться интерферометры - наиболее точные инструменты из всех известных в настоящее время средств измерения.

Измерение температуры. Под температурой понимается основная, т. е. введенная произвольно, физическая величина, определяющая:

- законы изменения состояния идеального газа;
- коэффициент полезного действия идеального термодинамического цикла Карно;
- среднюю кинетическую энергию хаотического (теплового) движения молекул;
- мощность излучения абсолютно черного тела определяющая распределение атомов по уровням энергии.

Любое из этих определений практически является определением температуры.

Особенно подчеркнем, что неправильно отождествлять понятие температуры с другими физическими величинами, связанными однозначно с нею. Чаще всего приходится встречаться с определением температуры как энергии теплового движения молекул. Если бы это утверждение было бы истинным, то не было бы никакой необходимости вводить новую величину и определять ее единицу, т. к. и величина и

единица энергии существуют в физике независимо от специфики тепловых явлений. Тем не менее именно температура, а не энергия, позволяет связать законы физики, в которых необходимо рассматривать тепловые процессы.

Итак, температура является основной величиной, и именно эту величину чаще всего измеряют на практике. Соответствующая измерительная техника называется **термометрами**, если речь идет о невысоких температурах, или **пирометрами**, если речь идет о температурах пламени или плазмы (пиро-огонь, метр-измеряю).

Все типы термометров принято разбивать на два класса в зависимости от методики измерений. Традиционный и наиболее массовый вид термометров - **контактные термометры**, отличительной особенностью которых является необходимость теплового контакта между датчиком термометра и средой, температура которой измеряется. Вторую группу составляют **неконтактные термометры**, для измерения которыми нет необходимости в тепловом контакте среды и прибора, а достаточно измерений собственного теплового или оптического излучения. Часто такие приборы называют **радиометрами**.

Контактные приборы и методы по принципу действия разделяются на:

- *термометры контактные волюметрические*, в которых измеряется изменение объема (volume) жидкости или газа с изменением температуры;
- *термометры дилатометрические*, в которых о температуре судят по удлинению различных материалов при изменении температуры. В ряде случаев датчиком служит пластинка, изготовленная из двух металлов с разными температурными коэффициентами расширения и изгибающаяся при нагревании или охлаждении;
- *термопары*, представляющие из себя два разнородных, спаянных по концам проводника. При наличии разности температур спаев в термопаре возникает электрический ток, который и служит мерой изменения температуры. Температура измеряется по термоЭДС или по величине силы тока термопары;
- *термосопротивления* - термометры, принципом действия которых является измерения сопротивления проводника с изменением температуры.

Неконтактные методы, в основе которых лежит регистрация собственного теплового или оптического излучения, можно представить следующими направлениями:

- *радиометрия* - измерение температуры по собственному тепловому излучению тел. Для невысоких и комнатных температур это излучение в инфракрасном диапазоне длин волн;

- *тепловидение* - радиометрическое измерение температуры с пространственным разрешением и с преобразованием температурного поля в телевизионное изображение иногда с цветовым контрастом. Позволяет измерять градиенты температуры, температуру среды в замкнутых объемах, например температуру жидкостей в резервуарах и трубах;
- *пирометрия* - измерение температуры самосветящихся объектов: пламень, плазмы, астрофизических объектов. Используется принцип сравнения либо яркости объекта со стандартом яркости (яркостный пирометр и яркостная температура), либо цвета объекта с цветом стандарта (цветовой пирометр и цветовая температура), либо тепловой энергии, излучаемой объектом, с энергией, испускаемой стандартным излучателем (радиационный пирометр и радиационная температура).

Для того чтобы упростить восприятие основных принципов и методов термометрии, напомним основные понятия.

Термодинамическая температура определяется как параметр состояния при термодинамическом равновесии тел. Для идеального газа, под которым понимается ансамбль невзаимодействующих атомов, расстояния между которыми много больше их собственных размеров, справедлив закон Менделеева-Клапейрона, связывающий параметры состояния - температуру T , давление p и объем V :

$$\frac{pV}{T} = \frac{m}{\mu} R,$$

где m - масса газа и μ - молекулярный вес частиц газа.

Изменение объема веществ при нагревании является основой волюметрического метода измерения температуры. Согласно кинетической теории и определению шкал термометров объем жидкости или газа изменяется с температурой линейно:

$$V_t = V_0(1 + \alpha T).$$

Для твердых тел с температурой линейно изменяется длина l :

$$l_t = l_0(1 + \mu T).$$

Для металлов температурный коэффициент имеет порядок величины:

$$\mu \sim 1 \cdot 10^{-5} \text{ град}^{-1}.$$

Термометры, в которых используется принцип удлинения тел при нагревании, называются dilatометрическими. Частным случаем dilatометрических контактных термометров являются приборы с датчиками в виде биметаллических пластин, изготовленных из двух

металлов с различными температурными коэффициентами расширения. При изменении температуры биметаллические пластины изгибаются и это качество позволяет широко их использовать в различных терморегуляторах и термореле.

В *терморезистивных термометрах* используется свойство проводников изменять сопротивление при изменении температуры. Температурная зависимость сопротивления имеет вид:

$$R_t = R_0(1 + \beta T).$$

Коэффициент β для металлов положителен, для графита (углерода) - отрицательный, т.е. при увеличении температуры сопротивление графитовых стержней уменьшается.

В *термопарах* используется хорошо известный в физике эффект возникновения разности потенциалов между точками спайки двух разнородных проводников. Если температуру одного из спаев поддерживать постоянной, например, опустив его в термостат с таящим льдом, то разность потенциалов на концах термопары или ток через нее можно однозначно связать с температурой второго спаивания.

Физическая сущность методов неконтактной термометрии основана на хорошо известном факте, что все тела, температура которых отличается от абсолютного нуля, излучают тепловую энергию. Создание средств измерения температуры, основанных на регистрации собственного теплового излучения тел составляет предмет неконтактных методов измерения температуры. При этом регистрируется либо полная энергия излучения (радиометры), либо спектральное распределение теплового излучения, либо яркость собственного излучения объектов (пирометры).

Полная энергия теплового излучения, просуммированная для всех длин волн связана с температурой законом Стефана-Больцмана:

$$\omega = \sigma T^4,$$

где ω - объемная плотность энергии; σ - постоянная Стефана-Больцмана, равная:

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-12} \text{ Вт} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{К}^{-4}.$$

Измеренная таким образом температура получила название радиационной в отличие от равновесной термодинамической температуры. Напомним, что под абсолютно черным телом (АЧТ) подразумевается излучение замкнутой полости в состоянии термодинамического равновесия через малое отверстие, площадь которого пренебрежимо мала в сравнении с площадью стенок полости при условии, что коэффициент поглощения электромагнитного излучения стенками

полости, так называемый коэффициент черноты, близок к единице. В этом случае спектральная плотность излучения описывается законом Планка:

$$L_{\lambda}^0(\lambda, T) d\lambda = \frac{C_1}{\pi} \cdot \frac{\lambda^{-5}}{e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1} d\lambda$$

где L_{λ}^0 - спектральная плотность излучения АЧТ; λ - длина волны излучения; T - термодинамическая температура, C_1 и C_2 - константы излучения АЧТ, равные:

$$C_1 = 3,74 \cdot 10^{12} \text{ Вт} \cdot \text{см}^2$$

$$C_2 = 1,4388 \text{ см} \cdot \text{К}.$$

Излучение АЧТ имеет максимум, положение которого определяется значением термодинамической температуры, т. е.

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{b}{T}$$

где $b = 2898 \text{ мкм} \cdot \text{К}$.

Этот закон, хорошо известный в физике как закон Вина, позволяет измерять температуру, фиксируя длину волны максимума излучения нагретого тела. Поскольку реальные тела не соответствуют определениям абсолютно черного тела, измеренная таким образом температура будет отличаться от термодинамической. Ее принято называть цветовой, поскольку нагретое тело имеет всегда цветовой оттенок, определяемый максимумом мощности излучения в определенном диапазоне длин волн.

Указав на различные определения температуры как физической величины и упомянув о физическом смысле таких понятий, как термодинамическая температура, яркостная температура, цветовая температура и радиационная температура, имеет смысл напомнить о различных температурных шкалах, встречающихся в современных термометрах.

В системе СИ узаконен как производная единица градус Цельсия, определяемый как:

$$1^{\circ}\text{C} = (T - 273,15) \text{ К}.$$

Во многих странах Западного полушария и в первую очередь в США общепринятой является шкала Фаренгейта, в которой разность температур между таянием льда и кипением воды делится на 180 частей, а температуре таяния льда приписана температура 32 F. Соответственно, разность температур в шкале Кельвина и Фаренгейта относятся как 100/180 или как 5/9 т. е.:

$$\frac{\Delta T \text{ К}}{100} = \frac{\Delta T^{\circ} \text{ F}}{180}$$

Перевод °C в °F легко можно сделать по формуле:

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(t - 32)^{\circ}\text{F}.$$

В абсолютной термодинамической шкале температура в Кельвинах через температуру в градусах Фаренгейта выразится как:

$$TK = 255,38 + \frac{5}{9} t^{\circ}\text{F}.$$

Довольно редко, но все еще встречаются термометры, отградуированные в градусах Реомюра. Шкала Реомюра строится таким образом, что разность температур плавления льда и кипения воды делится на 80 частей. Причиной этого является тот факт, что спирт с водой (основная термометрическая жидкость) расширяется между точками замерзания воды и точкой кипения на 8% своего объема. Размер градуса в шкале Реомюра можно воспроизвести изменением объема водно-спиртовой жидкости на $0,08/80 = 0,001$ первоначального объема. Соответственно, температурные интервалы в шкале Кельвина и Реомюра относятся как 100/80 или как 5/4, т. е.

$$\frac{\Delta TK}{100} = \frac{\Delta t^{\circ}R}{80}.$$

Для пересчета температур справедливо:

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{4} t^{\circ}\text{R}.$$

В системе СИ, как уже упоминалось, основной величиной принята термодинамическая температура, а единица в разных температурных диапазонах определяется по так называемым реперным точкам - фиксированным значениям температур, соответствующих либо тройным точкам, либо плавлению, либо затвердеванию чистых веществ, в основном чистых металлов. Вещества с фиксированными температурными характеристиками делятся на определяющие реперные температурные точки и вторичные. Такое подразделение делается по той причине, что у некоторых веществ температуры плавления или отвердевания хорошо воспроизводятся, а для некоторых при воспроизведении наблюдаются заметные расхождения.

Измерение твердости. Твердостью в технике называют характеристику материала, отражающую способность к неупругой деформации. Наиболее часто твердость определяют методом вдавливания в материал шарика (метод Бринеля), призмы (метод Роквелла) или алмазной пирамиды (метод Виккерса).

В методе Бринеля твердость определяется как отношение силы, вдавливающей шарик из стали стандартного размера, к площади опечатка. Твердостью по шкале Бринеля в так называемых градусах Бринеля определяется так:

$$P_H = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

где P - сила нагрузки в килограммах силы (1 кгс = 9,8 Ньютона); D - диаметр шарика, мм; d - диаметр лунки, мм.

Соответственно твердость по Бринелю измеряется в градусах Бринеля, имеющих размерность в практической системе единиц кгс/мм².

В методе Роквелла характеристикой твердости является отношение вдавливающей силы к глубине внедрения стандартного шарика или призмы в материал.

В методе Виккерса алмазная пирамида внедряется острием в тело со шлифованной поверхностью. Твердость определяется как отношение силы вдавливания к 1 мм² площади отпечатка. По аналогии с твердостью Бринеля твердость по Виккерсу равна:

$$H_V = \frac{P}{S_{отп}}$$

где S_{отп} - площадь отпечатка пирамиды на шлифованной поверхности.

Разнообразие методов определения твердости связана с необходимостью контролировать эту величину как для пластичных материалов с низкой твердостью, так и для очень твердых веществ и минералов.

2.6. Методика выполнения измерений

Методика выполнения измерений (МВИ) – совокупность операций и правил, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с известной точностью. Методики разрабатывают и используют для выполнения измерений с погрешностью, характеристики которой не хуже гарантированной в научно-технической документации на МВИ (Приложение №2).

Повышение результатов измерений с известной погрешностью или с погрешностью, не превышающей допустимых пределов, является одним из важнейших условий обеспечения единства измерений. С этой целью разрабатываются методики выполнения измерений (МВИ).

Из определения следует, что под МВИ понимают технологический процесс измерения, поэтому не следует смешивать МВИ и документ на МВИ.

Не все МВИ могут быть описаны или регламентированы документом на МВИ. Например, такие простейшие измерения, как измерения давления с помощью показывающих манометров, электрических величин щитовыми приборами, линейно-угловые измерения, измерения массы и

многих других величин с помощью простых средств измерений, не требуют документированных МВИ. Необходимость документации МВИ устанавливает разработчик конструкторской, технологической или проектной документации. Или же разработку документа на МВИ может потребовать заказчик.

При проведении метрологической экспертизы особое внимание уделяют выбору методик выполнения измерений, которые должны обеспечивать контролепригодность с учетом требований к точности параметров и их инструментальной доступности на объекте. При возможности использования конкурирующих МВИ следует выбирать не ту методику, которая обладает самой высокой точностью, а такую, которая требовала бы наименьших затрат с учетом имеющихся материальных ресурсов, либо позволяла минимизировать затраты на проектирование процессов измерений при необходимости приобретения и/или разработки новых средств измерений.

Методики выполнения измерений являются необходимой и важной составляющей системы обеспечения единства измерений.

Методики выполнения измерений должны содержать оценку погрешностей результатов измерений и обеспечивать установленную точность в реальных условиях проведения измерений. Измерения должны осуществляться в соответствии с аттестованными в установленном порядке методиками выполнения измерений. Порядок разработки и метрологической аттестации методик выполнения измерений устанавливает Агентство «Узстандарт».

Основные требования к методикам выполнения измерений установлены в О'z DSt 8.016:2002 «ГСИ Уз. Методики выполнения измерений. Основные положения».

При разработке МВИ рекомендуется пользоваться положениями О'z Т 51-088:1999 «ГСИ Уз. Методики выполнения измерений. Построение, содержание, изложение и оформление».

▼2.7. Неопределенность измерений

Понятие «неопределенность» (англ. «Uncertainty»), появилось более 30 лет назад. Неопределенность и связанные с ней величины (стандартная неопределенность, расширенная неопределенность и т.д.), в последнее время широко используются при представлении результатов измерений, особенно в европейских странах.

Неопределенность формируется как «параметр центрированной случайной величины, представляющей собой разность между истинным значением измеряемой величины и результатом измерений, то есть величины, совпадающей по модулю с погрешностью измерений, но противоположной ей по знаку» (табл. 2.1.).

Таблица 2.1.

Характеристика	Описание результатов измерений с использованием:	
	Погрешности	Неопределенности
Результат измерения (точечная оценка)	Среднее значение $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$	Среднее значение $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$
Разброс результатов измерений	Стандартное отклонение результатов измерений* $s_r = +\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2}{N-1}}$	Стандартная неопределенность $u(X) = +\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2}{N-1}}$
Разброс, характеризующий все виды ошибок вместе	Стандартное отклонение полной (суммарной) погрешности $s_{\text{сумм}} = +\sqrt{s_r^2 + \frac{\Delta^2}{3}}$	Суммарная стандартная неопределенность** $u_c(X) = +\sqrt{u^2(X) + u^2(\delta) + \sum_{j=1}^J c_j^2 u^2(z_j)}$
Интервал, в котором лежит измеряемая величина, при единичном измерении	Доверительный интервал $\{\bar{X} \pm k s_{\text{сумм}}\}$	Среднее значение ± расширенная неопределенность*** $\{\bar{X} \pm U\} = \{\bar{X} \pm k u_c(X)\}$

*Стандартное отклонение погрешности $s_{(x-r)}$ совпадает со стандартным отклонением результатов измерений s_x .

**Величина $u(\delta)$, учитывающая неточность аттестации стандартных образцов, равна $\frac{\Delta}{\bar{z}}$, где Δ - полуширина интервала, в котором лежит принятое

опорное значение. Член $\sum_{j=1}^J c_j^2 u^2(z_j)$, описывающий вклад неопределенности, обусловленной матричными эффектами, в отечественной литературе обычно не рассматривается (полагают, что эти эффекты малы).

*** Коэффициент $k = u(\bar{P})$, где \bar{P} - доверительная вероятность, для расширенной неопределенности выбирают равным 2 или 3 («коэффициент охвата»), что соответствует $\bar{P} \cong 0.954$ и $\bar{P} \cong 0.997$. При расчете доверительных интервалов иногда, хотя и редко, используют и другие значения k .

Для чего введено понятие неопределенности и связанные с ним величины?

1. Отсчет доверительного интервала в отсутствие систематических погрешностей ведется от \bar{X} - среднего значения результатов измерений X_i . Вообще говоря, при использовании понятия «погрешность» отсчет должен был бы вестись от математического ожидания μ , а величину \bar{X} используют не от хорошей жизни - истинное значение неизвестно, а \bar{X} есть наилучшая оценка для μ . Использование понятия «неопределенность» с этой точки зрения более логично - в определениях всех рассчитываемых параметров фигурируют только наблюдаемые величины.
2. Способы оценки интервала, в котором лежит истинная величина, более разнообразны и детально прописаны и в других документах, использующих понятие «неопределенность». В частности, учитываются реально имеющие место, но зачастую игнорируемые в отечественных нормативных документах скрытые или невыявленные систематические ошибки.
3. Использование «неопределенности» позволяет наглядно решать вопрос о соответствии (несоответствии) измеренной характеристики качества установленным нормам. Если значение нормы не перекрывается расширенной неопределенностью результата измерения, то, основываясь на этом результате, можно делать надежное заключение о соответствии (несоответствии) объекта испытания этой норме. Правда, то же относится к корректно рассчитанному доверительному интервалу.

4. Поставленные перед необходимостью оценивать интервал, в котором лежит истинное значение, зарубежные специалисты в качестве основы взяли «неопределенность» - у них был выбор.

Неопределенность измерений был использован в новой концепции оценивания точности измерений, регламентированной в международном документе «Руководство по выражению неопределенности измерения» (далее — Руководство). Этот документ был опубликован в 1993 г. от имени семи авторитетных международных организаций:

- международное бюро мер и весов (МБМВ);
- международная электротехническая комиссия (МЭК);
- международная федерация клинической химии (МФКХ);
- международная организация по стандартизации (ИСО);
- международный союз по чистой и прикладной химии (ИЮПАК);
- международный союз по чистой и прикладной физике (ИЮПАП);
- международная организация законодательной метрологии (МОЗМ).

«Руководство» фактически приобрело статус международного регламента, обязательного к применению. Оно нацелено, во-первых, на обеспечение потребителей полной информацией о всех составляющих погрешности результатов измерений и, во-вторых, на международную унификацию отчетов об измерениях и оценке их точности, с целью формирования основы для международного сравнения результатов измерений. При этом имеется в виду, что всемирное единство в методах оценки точности измерений обеспечивает правильное использование результатов измерений во всех областях деятельности.

Концепция неопределенности, введенная в «Руководстве», заключается в следующем. Базовые понятия классической теории точности: истинное значение, действительное значение и погрешность измерения — не вводятся. Взамен введено понятие *неопределенность измерения*, понимаемое как *сомнение, неполное знание значения измеряемой величины после проведения измерений* (трактовка в широком смысле) и как *количественное описание этого неполного знания* (трактовка в узком смысле). Далее это понятие уточняется: *неопределенность — параметр, связанный с результатом измерения и характеризующий рассеяние значений, которые могли бы быть приписаны измеряемой величине*. В математической статистике известны два вида параметров, характеризующих рассеяние некоррелированных случайных величин: СКО и доверительный интервал. Они и принимаются в качестве характеристик неопределенности с наименованиями *стандартная неопределенность* и *расширенная неопределенность*. При этом, как и следовало ожидать, оказалось, что стандартная

неопределенность является полным аналогом СКО погрешности измерений, а расширенная неопределенность — полным аналогом доверительных границ погрешности измерений. И в этом указанная концепция сомкнулась с традиционной постановкой задачи оценивания точности измерений.

Таким образом, в части практических приложений новая концепция оценивания точности измерений оказалась полностью идентичной классической. Более того, эти концепции тесно связаны друг с другом и, в принципе, известны давно.

Можно констатировать, что эти концепции отличаются тем, к какой величине относят дисперсию, характеризующую разброс наблюдаемых значений. При классическом подходе ее относят к истинному значению измеряемой величины X , в другом случае — к результату измерений L . Но это различие не влияет на подведение окончательных результатов, поскольку и в классическом подходе погрешности измерений также приписывают результату измерений. Таким образом, обе концепции дополняют друг друга, сливаясь в единую концепцию оценивания точности результатов измерений. При этом, следуя причинно-следственным связям, целесообразно установить следующую последовательность введения основных понятий теории точности измерений:

истинное значение величины \Rightarrow действительное значение величины \Rightarrow результат измерения \Rightarrow погрешность измерения \Rightarrow неопределенность результата измерения как характеристика этой погрешности.

Таким образом, понятия *погрешность* и *неопределенность* могут быть гармонично использованы без их взаимного противопоставления.

▼2.8. Метрологическое обеспечение надежности магистральных газопроводов, прокладываемых в особых условиях эксплуатации

Метрологическое обеспечение магистральных газопроводов выполняется в расходомерных пунктах, где установлены средства измерения рабочего давления, температуры, вибрации. Расходомерные пункты газотранспортных систем предназначаются для измерения расхода и количественного учета природного газа на объектах его транспортировки, хранения, переработки и распределения, а также служат для поддержания эксплуатационных режимов, вместе с тем способствуют обеспечению надежности трубопроводов.

Различают следующие виды контроля и учета:

- коммерческий, являющийся наиболее ответственным видом учета.

- Производится по правилам и документам, имеющим статус юридических норм, регулирующих взаимоотношения между поставщиком и покупателем;
- хозрасчетный контроль и учет, где учет осуществляется в рамках одного предприятия. Этот вид учета используется для разнесения затрат между подразделениями предприятия при определении стоимости продукции;
- оперативный контроль, связанный с получением информации о величине расхода и количества, который используется в системах регулирования и управления технологическим процессом.

Расходомерные пункты объектов магистральных газопроводов выполняются преимущественно на базе стандартных диафрагм с угловым и фланцевым отборами перепада давления, а также стандартных сопел, сопел и труб Вентури с применением промышленных дифманометров-расходомеров, с обязательной записью измерений на вторичных приборах и необходимого комплекса средств измерений физико-химических и качественных параметров газа; газометров действительного состояния, обеспечивающих автоматическую коррекцию расхода по одному или нескольким параметрам газа (давлению, плотности, коэффициенту сжимаемости и т.д.), измерительных комплексов, включающих средства высочайшей техники, телеконтроля и телеизмерения.

Расходомерные пункты предусматриваются на следующих основных объектах газотранспортных систем: линейной части газопроводов, КС, СПХГ и объектах систем газораспределения низкого и среднего давления.

Основными и обязательными техническими документами, относящимися к расходомерным пунктам, являются:

- схема технологической части и расходоизмерительной системы;
- аттестат расходоизмерительной системы;
- акты периодических проверок (инспекций) сужающих устройств и прямых участков каждой измерительной линии;
- протоколы государственных поверок и акты периодических и внеочередных поверок средств и устройств измерений;
- акты периодических проверок планиметров;
- паспорта, применяемые в расходоизмерительной системе средств и устройств измерений, в том числе и планиметров.

К эксплуатации средств и устройств измерений расходомерных пунктов объектов магистральных газопроводов допускаются только такие измерительные средства и устройства, которые признаны пригодными к применению по результатам метрологического надзора, проведенного в соответствии с требованиями действующих нормативно-технических документов Агентства «Узстандарт» и НХК «Узбекнефтегаз».

Обслуживающий персонал, руководствуясь должностными инструкциями, обеспечивает высокий технический уровень состояния расходомерных пунктов объектов магистральных газопроводов, осуществляет постоянный контроль технологического оборудования, устройств и средств измерения, качественного функционирования расходоизмерительных систем, а также обеспечивает своевременное и правильное оформление и ведение технической документации учета и отчетности.

Сооружение и эксплуатация магистральных газопроводов в районах со сложными природными условиями с различными грунтовыми характеристиками обуславливают необходимость усовершенствования методов их проектирования, принятия новых конструктивных решений, повышение роли метрологического обеспечения. От правильно принятых характеристик окружающей грунтовой среды зависит коэффициент заземления, обеспечивающий оптимальную передачу нагрузок трубопроводу. При проектировании, назначая степень заземления трубопровода в грунте, необходимо учитывать конкретные условия: характеристики грунтов, параметры сейсмического воздействия, конструкцию трубопровода и т.д. именно для конкретных условий можно установить снижение аварийности трубопроводов путем правильного применения средств измерения. Устойчивость трубопровода характеризуется обеспечением его надежности (рис.2.1. где: ТН – Туранская низменность, НДС – напряженно-деформационное состояние).

Основные месторождения газа, нефти находятся на территории Туранской низменности. Этот регион занимает площадь более 1 млн. кв. км. Практически вся территория региона расположена на Туранской плите. Тектонически именно Туранская плита предупредила контуры Туранской низменности, на которой расположены основные нефтегазоносные районы Узбекистана. Туранская низменность по сути является без сточной котловиной не имеющего ни верхнего, ни нижнего стока, способствующий повышению уровня грунтовых вод.

Основные нефтегазоносные районы Республики Узбекистан – Бухарская, Навоийская, Кашкадарьинская, Хорезмская области и Республика Каракалпакистан расположены на территории Туранской низменности, которая характеризуется высоким уровнем грунтовых вод с высокой их минерализованностью и сейсмичностью, способствующий понижению сейсмостойкости подземных сооружений.

Проектирование, строительство и эксплуатация магистральных газопроводов на территориях с особыми условиями Туранской низменности должны осуществляться с учетом рельефа местности, геологическим строением грунта, гидрогеологическим режимом,

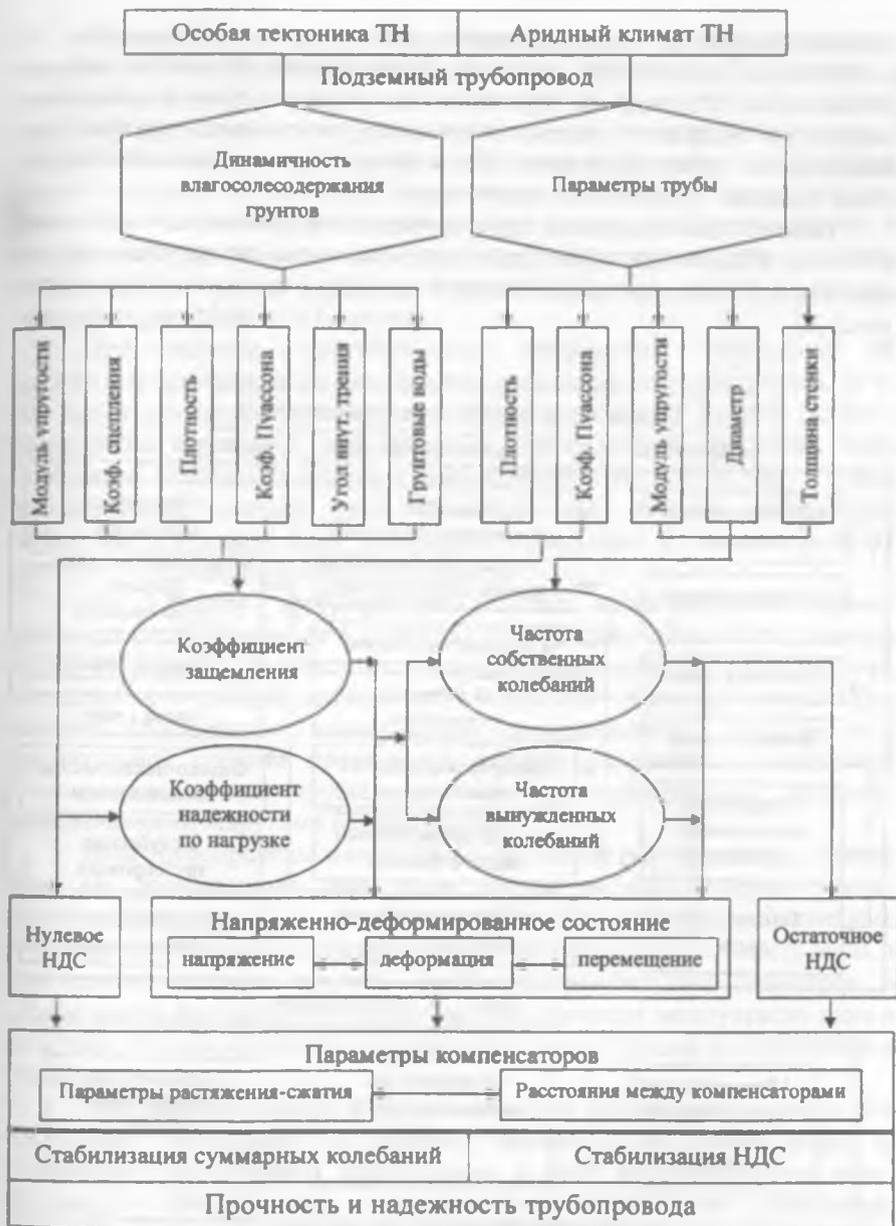


Рис. 2.1. Исследуемые параметры определяющие прочность и надежность подземных газонефтепроводов в сейсмических районах при влагосодержании грунтов.

климатическими и сейсмическими условиями воздействующие на устойчивость газопровода во время эксплуатации. При этом должны учитываться: годовые и сезонные прогнозные оценки перепадов температур воздуха и почвы, влажность, засоленность грунтов при повышенном уровне грунтовых вод с высокой минерализованностью, объем осадков, сейсмичность территории.

Надежность подземного трубопровода складывается из трех групп факторов, обеспечивающих устойчивость во время эксплуатации функциональных, природно-климатических нагрузок, проектных параметров (рис.2.2.).



Рис. 2.2. Факторы влияющие на надежность подземных газонефтепроводов в условиях динамичности влагосодержания грунтов.

Прокладка магистрального газопровода осуществляется по рельефу местности имеющий различный уровень основания. В районах с повышенным уровнем грунтовых вод происходит подтопление низких участков трубопроводов, часто это имеет циклический динамический (сезонный) характер. На территории Туранской низменности грунтовые воды содержат в большом количестве агрессивные соли, которые способны изменять структуру грунтов, при этом происходит набухание и оседание. Под влиянием солей изменяются физико-механические свойства грунтов: угол внутреннего трения, сцепление, модуль упругости, плотность, коэффициент Пуассона.

При подъеме грунтовых вод наблюдается обогащение их минеральными солями выщелачивания последних из почвогрунтов. В то же время сам процесс засоления почв, в большинстве случаев связан с испарением грунтовых вод. Поэтому интенсивность засоления почв зависит от глубины залегания и минерализации грунтовых вод, а также механического состава почв. Для массовых грунтов интенсивное испарение грунтовых вод начинается с глубины 2,5-3м, в пределах которого и прокладываются трубопроводы.

По диаметру трубопроводы условно подразделяются: малого диаметра (до 520), среднего диаметра (до 1020 мм) и большего диаметра (1020 мм и выше). Необходимость такого подразделения объясняется тем, что диаметр и толщина стенки трубы определяют жесткость поперечного сечения трубопровода, характер его взаимодействия с грунтом и в значительной степени характер продольные условия, вызываемые изменением температуры стенок трубы, давление транспортируемого продукта, сейсмическими и другими воздействиями.

Если трубопроводы малого диаметра можно рассматривать в основном как заземленные, даже если грунты на этих участках трассы недостаточно плотные, то высокую степень заземления прямолинейных участков трубопроводов средних диаметров можно предположить лишь в достаточно плотных грунтах. Трубопроводы больших диаметров в большинстве случаев могут перемещаться в процессе эксплуатации даже в хороших грунтах, особенно в первое время после укладки их в траншею и засыпки.

При распространении в грунтовой среде сейсмических волн в ней возникают напряжения растяжения, сжатия, кручения и сдвига. В подземных сооружениях, находящихся в поле распространения волн, создается динамическое напряженно-деформированное состояние, которое зависит от многих факторов и прежде всего от соотношения длины сейсмической волны и размеров сооружения.

Как известно, значительное число повреждений и разрушений трубопроводов происходит именно в результате непредвиденных

климатическими и сейсмическими условиями воздействующие на устойчивость газопровода во время эксплуатации. При этом должны учитываться: годовые и сезонные прогнозные оценки перепадов температур воздуха и почвы, влажность, засоленность грунтов при повышенном уровне грунтовых вод с высокой минерализованностью, объем осадков, сейсмичность территории.

Надежность подземного трубопровода складывается из трех групп факторов, обеспечивающих устойчивость во время эксплуатации функциональных, природно-климатических нагрузок, проектных параметров (рис.2.2.).



Рис. 2.2. Факторы влияющие на надежность подземных газонефтепроводов в условиях динамичности влагосолесодержания грунтов.

Прокладка магистрального газопровода осуществляется по рельефу местности имеющий различный уровень основания. В районах с повышенным уровнем грунтовых вод происходит подтопление низких участков трубопроводов, часто это имеет циклический динамический (сезонный) характер. На территории Туранской низменности грунтовые воды содержат в большом количестве агрессивные соли, которые способны изменять структуру грунтов, при этом происходит набухание и оседание. Под влиянием солей изменяются физико-механические свойства грунтов: угол внутреннего трения, сцепление, модуль упругости, плотность, коэффициент Пуассона.

При подъеме грунтовых вод наблюдается обогащение их минеральными солями выщелачивания последних из почвогрунтов. В то же время сам процесс засоления почв, в большинстве случаев связан с испарением грунтовых вод. Поэтому интенсивность засоления почв зависит от глубины залегания и минерализации грунтовых вод, а также механического состава почв. Для массовых грунтов интенсивное испарение грунтовых вод начинается с глубины 2,5-3м, в пределах которого и прокладываются трубопроводы.

По диаметру трубопроводы условно подразделяются: малого диаметра (до 520), среднего диаметра (до 1020 мм) и большего диаметра (1020 мм и выше). Необходимость такого подразделения объясняется тем, что диаметр и толщина стенки трубы определяют жесткость поперечного сечения трубопровода, характер его взаимодействия с грунтом и в значительной степени продольные условия, вызываемые изменением температуры стенок трубы, давление транспортируемого продукта, сейсмическими и другими воздействиями.

Если трубопроводы малого диаметра можно рассматривать в основном как заземленные, даже если грунты на этих участках трассы недостаточно плотные, то высокую степень заземления прямолинейных участков трубопроводов средних диаметров можно предположить лишь в достаточно плотных грунтах. Трубопроводы больших диаметров в большинстве случаев могут перемещаться в процессе эксплуатации даже в хороших грунтах, особенно в первое время после укладки их в траншею и засыпки.

При распространении в грунтовой среде сейсмических волн в ней возникают напряжения растяжения, сжатия, кручения и сдвига. В подземных сооружениях, находящихся в поле распространения волн, создается динамическое напряженно-деформированное состояние, которое зависит от многих факторов и прежде всего от соотношения длины сейсмической волны и размеров сооружения.

Как известно, значительное число повреждений и разрушений трубопроводов происходит именно в результате непредвиденных

климатическими и сейсмическими условиями воздействующие на устойчивость газопровода во время эксплуатации. При этом должны учитываться: годовые и сезонные прогнозные оценки перепадов температур воздуха и почвы, влажность, засоленность грунтов при повышенном уровне грунтовых вод с высокой минерализованностью, объем осадков, сейсмичность территории.

Надежность подземного трубопровода складывается из трех групп факторов, обеспечивающих устойчивость во время эксплуатации функциональных, природно-климатических нагрузок, проектных параметров (рис.2.2.).



Рис. 2.2. Факторы влияющие на надежность подземных газонефтепроводов в условиях динамичности влагосодержания грунтов.

Прокладка магистрального газопровода осуществляется по рельефу местности имеющий различный уровень основания. В районах с повышенным уровнем грунтовых вод происходит подтопление низких участков трубопроводов, часто это имеет циклический динамический (сезонный) характер. На территории Туранской низменности грунтовые воды содержат в большом количестве агрессивные соли, которые способны изменять структуру грунтов, при этом происходит набухание и оседание. Под влиянием солей изменяются физико-механические свойства грунтов: угол внутреннего трения, сцепление, модуль упругости, плотность, коэффициент Пуассона.

При подъеме грунтовых вод наблюдается обогащение их минеральными солями выщелачивания последних из почвогрунтов. В то же время сам процесс засоления почв, в большинстве случаев связан с испарением грунтовых вод. Поэтому интенсивность засоления почв зависит от глубины залегания и минерализации грунтовых вод, а также механического состава почв. Для массовых грунтов интенсивное испарение грунтовых вод начинается с глубины 2,5-3м, в пределах которого и прокладываются трубопроводы.

По диаметру трубопроводы условно подразделяются: малого диаметра (до 520), среднего диаметра (до 1020 мм) и большего диаметра (1020 мм и выше). Необходимость такого подразделения объясняется тем, что диаметр и толщина стенки трубы определяют жесткость поперечного сечения трубопровода, характер его взаимодействия с грунтом и в значительной степени продольные условия, вызываемые изменением температуры стенок трубы, давление транспортируемого продукта, сейсмическими и другими воздействиями.

Если трубопроводы малого диаметра можно рассматривать в основном как заземленные, даже если грунты на этих участках трассы недостаточно плотные, то высокую степень заземления прямолинейных участков трубопроводов средних диаметров можно предположить лишь в достаточно плотных грунтах. Трубопроводы больших диаметров в большинстве случаев могут перемещаться в процессе эксплуатации даже в хороших грунтах, особенно в первое время после укладки их в траншею и засыпки.

При распространении в грунтовой среде сейсмических волн в ней возникают напряжения растяжения, сжатия, кручения и сдвига. В подземных сооружениях, находящихся в поле распространения волн, создается динамическое напряженно-деформированное состояние, которое зависит от многих факторов и прежде всего от соотношения длины сейсмической волны и размеров сооружения.

Как известно, значительное число повреждений и разрушений трубопроводов происходит именно в результате непредвиденных

сейсмических воздействий, проявляющего в виде деформаций грунтовой толщи в направлении продольной оси трубопровода. Грунты окружающие подземные трубопроводы, являются не только источником сейсмического воздействия, но и участвуют в колебательном процессе и деформируется совместно с самим трубопроводом. От свойств грунтов существенно зависят интенсивность сотрясения и особенности развития колебательного процесса в системе «трубопровод-грунт».

Основными для трубопроводной системы являются нагрузки, обусловленные движением по разлому, вызванным сейсмическими толчками (рис. 2.3, 2.4). Эти сейсмические смещения должны прикладываться к подвижной стороне разлома. Следует отметить, что область деформированного грунта между подвижной и неподвижной сторонами разлома здесь можно моделировать путем задания переходного участка, на котором сейсмические смещения изменяются по линейному закону от принятого значения на подвижной стороне до нуля на неподвижной.

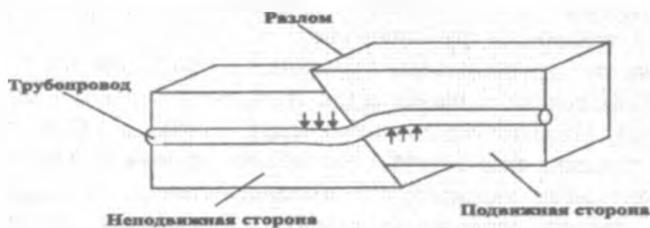


Рис. 2.3. Движение по разлому.

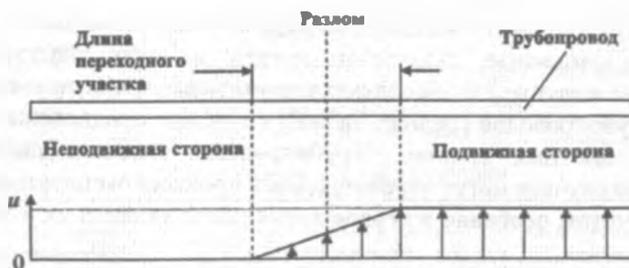


Рис. 2.4. Задание сейсмических смещений.

Разрушительный эффект землетрясений зависит от деформации грунтов при прохождении сейсмических волн. Интенсивность таких деформаций различна в сухих и водонасыщенных грунтах. Грунтовые воды изменяют многие физические свойства грунтов – окраску, твердость, плотность, электропроводность, объем, объемную массу, текстуру, структуру.

Осевые напряжения в трубопроводе, вызванные распространением волны P , резко возрастают в узкой зоне вблизи границы раздела между зонами с разными свойствами при динамичности влагосолеосодержащей грунтовой среды. Причем максимальное значение напряжений соответствует сечению, совпадающему с границей раздела. Когда волна P переходит из зоны с более плотной средой в зону с менее плотной средой, возрастание осевых напряжений более значительно, чем в случае, когда волна переходит из более мягкой среды в более плотную.

Одним из важнейших прочностных показателей глинистых пород является сопротивление сдвигу. В результате действия внешнего давления на породу в ней возникают касательные напряжения, которые при определенной величине преодолевают структурные связи между частицами и обуславливают их смещения или сдвиги относительно друг друга.

В местах пересечения трассы трубопровода с влагосолеосодержащими грунтами усилие P увеличивается это связано с тем, что на этом участке коэффициент защемления трубопровода с грунтом уменьшается, перемещение трубопровода становится свободным.

При этом, связь между трубой и грунтом из упругой переходит в пластичную, при которой касательные напряжения по контакту труба-грунт не зависят от значения продольных перемещений и равны $\tau_{сп}$. Таким образом, отрезок трубопровода, вовлеченный в перемещения, увеличивается, и в его пределах, наряду с участком упругой связи трубопровода с грунтом ℓ_1 формируется участок пластичной связи ℓ_2 (рис.2.5).

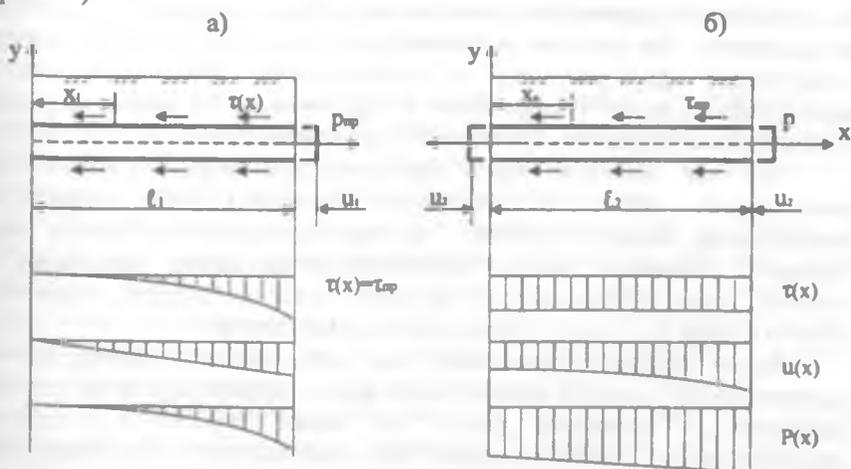


Рис. 2.5. Расчетная схема для определения перемещений трубопровода при наличии участков упругой и пластичной связи трубы с грунтом.

Длина участка пластичной связи трубопровода с грунтом определяется по формуле:

$$l_2 = \frac{P - P_m}{p_0} = \frac{P - P_m}{\pi D_n \tau_{mp}}$$

где: τ_{mp} – предельное касательные напряжения, P_m – предельное продольное усилие, D_n – наружный диаметр, p_0 – сопротивление грунта продольным перемещениям.

Продольные усилия по длине трубопровода на участке l_2 изменяются по следующей зависимости:

$$P(x_n) = P_m + p_0 \cdot x_n.$$

Полное продольное перемещение участка трубопровода складывается из упругой и пластической связи трубопровода с грунтом:

$$u = u_1 + u_2 = \frac{\tau_{mp}}{k_n} + \frac{P^2 - P_m^2}{2\pi D_n \tau_{mp} EF}.$$

Зависимость сопротивления грунта от продольных перемещений в области упругопластических деформаций можно линеаризировать с помощью обобщенного коэффициента касательного сопротивления грунта c_{x0} и представить искомую зависимость в виде:

$$\tau_x = c_{x0} u_x.$$

Когда грунт неоднороден, при сейсмическом воздействии в разных точках на поверхности грунта, даже на сравнительно небольших площадях, возникают различные колебания. Эта неоднородность проявляется на поверхности грунта, а с увеличением глубины параметры колебаний уменьшаются. Это влияние особенно значительно для ускорений и менее существенно для скоростей и перемещений. Поэтому в местах неоднородных грунтов напряжения в трубопроводе от неравномерности параметров сейсмических колебаний будут значительны.

Так как основная масса испаряющейся воды передается по капиллярным порам, то испарение грунтовых вод зависит от механических свойств грунтов. Так, при одинаковой мощности зоны аэрации в различных грунтах интенсивность испарения происходит по разному, более интенсивно оно выражено в песках, супесях, суглинках, менее в глинах из-за отсутствия капиллярных связей.

Таким образом окружающая среда магистральных газопроводов в экстремальных условиях характеризуется следующим: неравномерностью влажности и плотности грунта по длине трассы, в следствии неравномерности уровня грунтовых вод меняющиеся по временам года; неоднородностью структуры грунта в следствии неравномерности засоленности грунтов.

На рис. 2.6. приведена схема определения участков с однородными условиями эксплуатации подземных магистральных газопроводов. При этом каждый параметр может меняться в отдельности.



Рис. 2.6. Схема выбора параметров подземного магистрального газонефтепровода, определяющих однородность условий эксплуатации.

В результате воздействия этих сложных напряжений и экстремальных суммарных колебаний более интенсивно уменьшается прочность и надежность магистральных газопроводов по сравнению с принятыми нормами при их расчетах и проектировании.

Если исходить из положений строительных норм и правил, то сейсмические напряжения, являющиеся результатом действия сейсмических нагрузок, могут быть определены отдельно, а затем суммированы с напряжениями от других нагрузок, действующих одновременно с сейсмическими. При этом нагрузки должны вводиться в расчет с учетом соответствующих коэффициентов перегрузок и сочетаний.

При проектировании трубопроводных систем должны быть учтены все возможные сейсмические опасности. Деформация трубопровода не должна превышать допустимых значений, определяемых по формуле в (%):

$$\varepsilon_{\text{сейс}} + \varepsilon_{\text{эксп}} \leq \varepsilon_{\text{допуст}},$$

где

$\varepsilon_{\text{допуст}}$ - допустимая деформация трубопровода;

$\varepsilon_{\text{сейс}}$ - деформация трубопровода из-за сейсмической опасности;

$\varepsilon_{\text{эксп}}$ - эксплуатационная деформация трубопровода;

$$\varepsilon_{\text{эксп}} = \varepsilon_p + \varepsilon_t + \varepsilon_{\text{нагр}};$$

ε_p - деформация трубопровода из – за внутреннего давления;

ε_t - деформация трубопровода из – за температурного изменения;

$\varepsilon_{\text{нагр}}$ - деформация трубопровода от внешних нагрузок.

При пересечении трубопроводом участков трассы с грунтами, резко отличающимися друг от друга сейсмическими свойствами, необходимо предусматривать возможность свободного перемещения и деформирования трубопровода.

В связи с этим, при строительстве трубопроводов на участках трассы с изменяющимися влагосолесодержащими грунтами, сопровождающийся уменьшением коэффициента заземления, возникает проблема компенсации дополнительных продольных деформаций. В практике проектирования необходимо предотвращать разрушения труб от разрыва и раздавливания от сосредоточенных усилий путем устройства с определенным шагом П-образных, линзовых, волнистых и сильфонных компенсаторов.

Перспективным является применение сильфонных компенсаторов, которые обладают гибкостью, имеют небольшие размеры, обеспечивают более четкую работу трубопроводной системы. Сильфонные компенсаторы различных конструкций устанавливаются как на прямолинейных так и криволинейных участках трубопроводов. При подсоединении трубопроводов к различным сооружениям, аппаратам, агрегатам, установкам и т.д., а также к другим трубопроводам, сильфонные компенсаторы можно устанавливать на участках трубопроводов, пересекающих границу двух грунтовых толщ с резко отличающимися свойствами.

В промышленности используются различные типы сильфонных компенсаторов: сильфонные осевые КСО: односекционные и двухсекционные; сильфонные сдвиговый КСС; сильфонные поворотные (угловые) КСП; сильфонные универсальные КСУ (рис. 2.7.).

Преимущества сильфонных компенсаторов: герметичность; температуростойкость; относительно малая стоимость; долговечность; возможность изготовления по индивидуальному заказу.

При применении на подземных трубопроводах сильфонных компенсаторов вместо надземных криволинейных участков повышается надежность работы трубопровода при сейсмических воздействиях, упрощается разбивка трассы, сокращаются расход труб, объемы земляных и сварочно-монтажных работ.

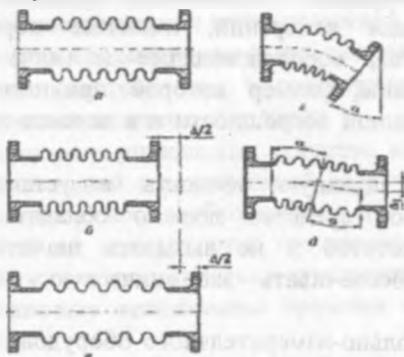


Рис. 2.7. Схемы деформации гибкого элемента сильфонного компенсатора: а — начальное положение; б — сжатие по продольной оси; в — растяжение по продольной оси; г — изгиб под углом; д — смещение продольной оси при параллельности плоскостей.

Расчет компенсаторов производится на воздействие продольных перемещений трубопроводов, возникающих от изменения температуры стенок труб, внутреннего давления и сейсмических нагрузок, других нагрузок и воздействий.

С помощью сейсмического микрорайонирования интенсивность землетрясений в баллах, указанная на картах сейсмического районирования для территории Туранской низменности может быть скорректирована на ± 1 —2 балла в зависимости от местных тектонических, геоморфологических и грунтовых условий.

Изменение физико — механических свойств влагосолесодержащих грунтов на уровне прокладки магистральных газонефтепроводов в процессе эксплуатации можно отнести к особым воздействиям с определением коэффициента надежности по нагрузке и коэффициента заземления трубопровода в грунте.

Таким образом, в результате изыскательских работ в районах с влагосолесодержащими грунтами, должны быть получены исходные данные для уточнения трассы и принятия окончательного варианта конструктивных решений, а также для осуществления дополнительных антисейсмических мероприятий в районах с повышенной сейсмической активностью.

ГЛАВА 3. Средства измерений

3.1. Классификация измерительных средств

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

Обеспечивая заданную точность в установленных допуском границах выбранное средство должно обладать высокой производительностью, простотой и не вызывать значительного удорожания продукции т.е. обеспечивать экономическую целесообразность его применения.

При выборе контрольно-измерительного оборудования рассматриваются следующие вопросы:

- его назначение;
- принцип действия;
- диапазон измеряемых величин;
- класс точности;
- способ представления информации;
- метод измерения;
- способ применения;
- способ защиты схемы прибора.

По метрологическому назначению средства измерений подразделяются на:

- *рабочие средства измерений*, предназначенные для измерений физических величин, не связанных с передачей размера единицы другим средствам измерений. (Пример: манометры общетехнические типа ТМ, счетчики газа);
- *образцовые средства измерений*, предназначенные для обеспечения единства измерений в стране. (Пример: манометр образцовый типа МО).

По степени автоматизации средства измерений подразделяются на:

- *автоматические*, производящие в автоматическом режиме все операции, связанные с обработкой результатов измерений, их регистрацией, передачей данных или выработкой управляющего сигнала. (Пример: расходомер газа ГИПЕРФЛОУ-ЗПМ, контроллер расхода FloBoss 407, контроллер микропроцессорный Ремиконт Р-130);

- *автоматизированные*, производящие в автоматическом режиме одну или часть измерительных операций. (Пример: датчик-регулятор влажности и температуры, датчики давления);
- *неавтоматические*, не имеющие устройств для автоматического выполнения измерений и обработки их результатов. (Пример: уровни, угломеры, линейки измерительные металлические.).

По стандартизации средства измерений подразделяются на:

- *стандартизованные*, изготовленные в соответствии с требованиями государственного или отраслевого стандарта;
- *не стандартизованные* - уникальные средства измерений, предназначенные для специальной измерительной задачи, в стандартизации требований к которому нет необходимости. Не стандартизованные средства измерений не подвергаются государственным испытаниям (поверкам), а подлежат метрологическим аттестациям.

По конструктивному исполнению средства измерений подразделяются на:

- *меры*;
- *измерительные преобразователи*;
- *измерительные приборы*;
- *измерительные установки*;
- *измерительная система*.

Мера – средство измерений, предназначенное для воспроизведения и (или) хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью.

Измерительный преобразователь – средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем. Примеры – термopара, пружина динамометра, микрометрическая пара винт-гайка.

Измерительный прибор – средство измерений, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

Измерительная установка – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенных для измерений одной или нескольких величин и расположенная в одном месте.

Измерительная система – совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей, ЭВМ и других технических средств, размещенных в разных точках

контролируемого объекта и соединенных каналами связи с целью измерений одной или нескольких величин, свойственных этому пространству и выработки измерительных сигналов в разных целях.

Основной классификацией является деление измерительных приборов по роду измеряемых величин. Поэтому существуют условно принятые наименования приборов, предназначенных для измерения:

- *температуры* — термометры и пирометры;
- *линейных размеров* — линейки, штангенциркуля, микрометры;
- *давления и разрежения* — манометры, вакуумметры и барометры;
- *концентрации, состава газов* — газоанализаторы;
- *количества и расходов* — расходомеры, счетчики;
- *уровня жидкости* — уровнемеры и указатели уровня;
- *дефекты в металле* — дефектоскопы, толщинометры;
- *влажности воздуха* — психрометры.

Дополнительно к основной классификации указанные приборы подразделяются на следующие группы:

- *по назначению* — технические (рабочие), контрольные, лабораторные, образцовые и эталонные;
- *по характеру показаний* — показывающие, самопишущие и суммирующие;
- *по принципу действия* — механические, электрические, гидравлические, химические, радиоактивные и др.;
- *по характеру использования* — оперативные и учетные;
- *по месторасположению* — местные и с дистанционной передачей показаний;
- *по условиям работы* — стационарные и переносные;
- *по габаритам* — нормальные, малогабаритные и миниатюрные.

Почти каждый измерительный прибор может быть отнесен к любой из указанных выше групп. Так, например, термометр может быть техническим, самопишущим, электрическим и т. д.

3.2. Линейные средства измерений

3.2.1. Штангенциркули

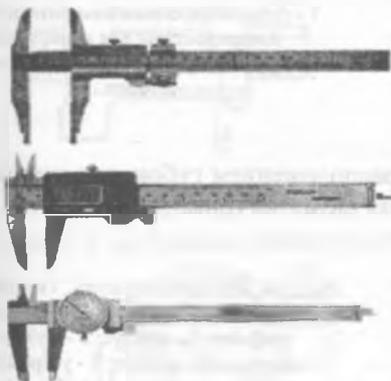


Рис. 3.1. Общий вид штангенциркулей.

Штангенциркули ГОСТ 166-89 изготавливаются из углеродистой с хромовым покрытием и нержавеющей стали, со значением отсчета по нониусу 0,05 мм и 0,1 мм, 1 и 2 классов точности. Штангенциркули предназначены для измерения наружных и внутренних размеров и разметочных работ.

Устройство и принцип работы

Тип ШЦ-I – с двусторонним расположением губок, для измерения наружных и внутренних размеров и для разметки. Штангенциркули ШЦ-I-125 и ШЦ-I-150 снабжены глубиномером для измерения глубин и уступов (рис. 3.2, 3.3).

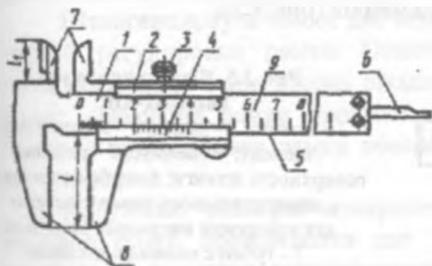


Рис. 3.2. Штангенциркуль.

Тип ШЦ - I:

1 - штанга; 2 - рамка; 3 - зажимающий элемент; 4 - нониус; 5 - рабочая поверхность штанги; 6 - глубиномер; 7 - губки с кромочными измерительными поверхностями для измерения внутренних размеров; 8 - губки с плоскими измерительными поверхностями для измерения наружных размеров; 9 - шкала штанги.

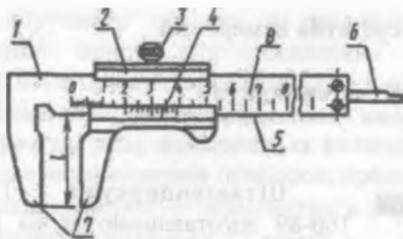


Рис. 3.3. Штангенциркуль.

Тип ШЦ-I:

- 1 - штанга; 2 - рамка; 3 - зажимающий элемент; 4 - нониус; 5 - рабочая поверхность штанги; 6 - глубиномер; 7 - губки с плоскими измерительными поверхностями для измерения наружных размеров; 8 - шкала штанги.

Тип ШЦ-II – с двусторонним расположением губок, для измерения наружных и внутренних размеров и для разметки (рис.3.4).

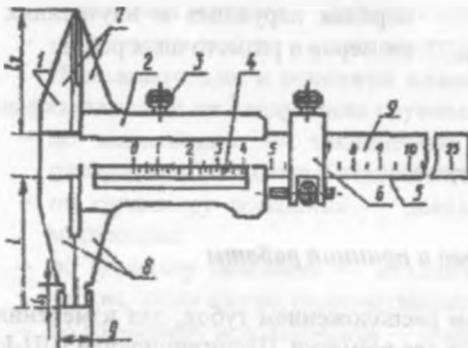


Рис. 3.4. Штангенциркуль. Тип ШЦ- II:

- 1 - штанга; 2 - рамка; 3 - зажимающий элемент; 4 - нониус; 5 - рабочая поверхность штанги; 6 - устройство тонкой установки рамки; 7 - губки с кромочными измерительными поверхностями для измерения наружных размеров; 8 - губки с плоскими и цилиндрическими измерительными поверхностями для измерения наружных и внутренних размеров соответственно; 9 - шкала штанги.

Тип ШЦ-III – с односторонним расположением губок, для измерения наружных и внутренних размеров (рис.3.5).

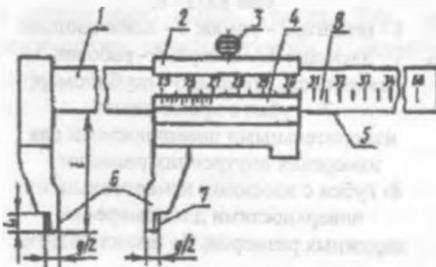


Рис. 3.5. Штангенциркуль.

Тип ШЦ- III:

- 1 - штанга; 2 - рамка; 3 - зажимающий элемент; 4 - нониус; 5 - рабочая поверхность штанги; 6 - губки с плоскими измерительными поверхностями для измерения наружных размеров; 7 - губки с цилиндрическими измерительными поверхностями для измерения внутренних размеров; 8 - шкала штанги.

Тип ШЦЦ – с электронным цифровым отсчетным устройством, для измерения наружных и внутренних размеров, а также для измерения глубин (рис.3.6).

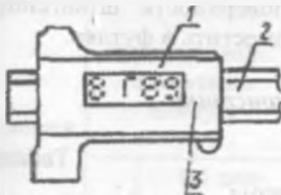


Рис. 3.6. Отчетное устройство штангенциркуля. Тип ШЦЦ:
1 - цифровое отсчетное устройство;
2 - штанга; 3 - рамка.

Тип ШЦК – с отсчетом по круговой шкале, для измерения наружных и внутренних размеров, а также для измерения глубин (рис.3.7).

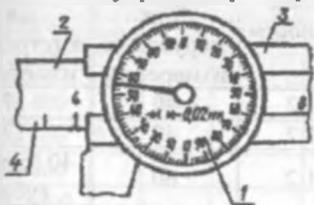


Рис. 3.7. Отчетное устройство штангенциркуля. Тип ШЦК:
1 - круговая шкала отсчетного устройства; 2 - штанга; 3 - рамка;
4 - шкала штанги.

Ознакомиться перед началом работы с паспортом на штангенциркуль.

Протереть штангенциркуль, удалить смазку ветошью, смоченной в бензине (особенно тщательно с измерительных поверхностей), насухо протереть тканью.

Проверить установку нониуса на ноль. При необходимости совместить нулевые штрихи шкал и нониуса.

Штангенциркуль имеет две шкалы и микровинтовое устройство для тонкой регулировки рамки. Основная шкала нанесена на штанге с делениями через 1 мм, вторая шкала – на нониусе, который закреплен на рамке. Фиксация рамки производится при помощи стопорного винта. Плавное перемещение рамки обеспечивается пружиной, расположенной внутри рамки.

Наружные размеры измеряются при помощи обеих пар губок. Верхние губки применяются для разметочных работ. Для измерения внутренних размеров используются нижние губки. При таких замерах измеряемый размер равен величине отсчета по шкале штангенциркуля плюс величина губок штангенциркуля.

Отсчет размеров производится методом непосредственной оценки совпадения деления шкалы с делениями нониуса.

В процессе работы и по окончании ее протирать штангенциркуль салфеткой, смоченной в водно-щелочном растворе СОЖ, а затем насухо чистой салфеткой.

По окончании работы нанести на поверхности штангенциркуля тонкий слой любого технического масла и поместить в футляр.

▼ Технические характеристики

Таблица 3.1.

Основные параметры

Обозначение	Предел измерения, мм	Значение отсчета по нониусу, мм	Класс точности	Вылет губок для измерения, мм	
				Для наружных измерений	Для внутренних измерений
ШЦ-I-125	0-125	0,05; 0,1	1,2	40	17
ШЦ-I-150	0-150	0,05; 0,1	1,2	40	17
ШЦ-II-250	0-250	0,05; 0,1	1,2	60	40 (острых губок)
ШЦ-III-400	0-400	0,05; 0,1	1	80	-
ШЦ-III-500	0-500	0,05; 0,1	1	80	-
ШЦ-III-630	250-630	0,05; 0,1	1	80	-
ШЦ-III-800	250-800	0,05; 0,1	1	80	-
ШЦ-III-1000	320-1000	0,05; 0,1	1	80	-
ШЦ-III-1600	500-1600	0,1	1	100	-
ШЦ-III-2000	800-2000	0,1	1	100	-
ШЦ-III-3000	1600-3000	0,1	1	150	-
ШЦ-III-4000	2000-4000	0,1	1	150	-

Таблица 3.2.

Предел допускаемой погрешности

В миллиметрах

Измеряемая длина	При значении отсчета по ноннусу		С ценой деления круговой шкалы отсчетного устройства				С шагом дискретности цифрового отсчетного устройства	
	0,05	0,1 для класса точности		0,02	0,05	0,1 для класса точности		0,01
		1	2			1	2	
До 100		0,05						
Св. 100 до 200	0,05		0,10	0,03	0,04	0,05	0,08	0,03
» 200 » 300				0,04				
» 300 » 400		0,10						0,04
» 400 » 600	0,10							0,05
» 600 » 800								0,06
» 800 » 1000								0,07
» 1000 » 1100		0,15		-	-	-	-	
» 1100 » 1200		0,16	-					
» 1200 » 1300	-	0,17						-
» 1300 » 1400		0,18						
» 1400 » 1500		0,19						
» 1500 » 2000		0,20						

Допускается после выдержки штангенциркуля в каждом режиме выдерживать его в нормальных условиях в течение 2 ч.

Гарантийный срок эксплуатации штангенциркулей - 12 месяцев со дня ввода в эксплуатацию, штангенциркулей, оснащенных твердым сплавом, - 18 месяцев.

Пример условного обозначения штангенциркуля типа II с диапазоном измерения 0 - 250 мм и значением отсчета по ноннусу 0,05 мм:

Штангенциркуль ШЦ- II -250-0,05 ГОСТ 166.

3.2.2. Микрометры

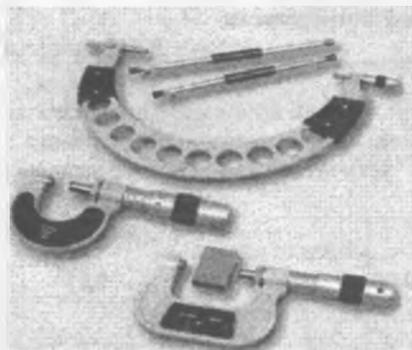


Рис. 3.8. Общий вид микрометра.

Микрометр применяют для измерения линейных размеров абсолютным контактным методом.

В зависимости от конструкции (формы корпуса или скобы, в которую встраивается микропара, формы измерительных поверхностей) или назначения (измерение толщины листов, труб, зубьев зубчатых колёс) микрометры разделяют на гладкие, рычажные, листовые, трубные, резьбомерные со вставками, зубомерные.

Микрометр измерительный прибор, преобразовательным механизмом которого является микропара винт - гайка.

Микрометры изготавливаются следующих типов:

- МК - гладкие для измерения наружных размеров изделий (рис. 3.9);
- МЛ - листовые с циферблатом для измерения толщины листов и лент (рис. 3.10);
- МТ - трубные для измерения толщины стенок труб (рис. 3.11);
- МЗ - зубомерные для измерения длины общей нормали зубчатых колес с модулем от 1 мм (рис. 3.12);
- МГ - микрометрические головки для измерения перемещения (рис. 3.13);
- МП - микрометры для измерения толщины проволоки (рис. 3.14).

Устройство и принцип работы

Действие микрометра основано на перемещении винта вдоль оси при вращении его в неподвижной гайке. Перемещение пропорционально углу поворота винта вокруг оси. Полные обороты отсчитывают по шкале, нанесённой на стебле Микрометра, а доли оборота — по круговой шкале, нанесённой на барабане (рис. 3.9).

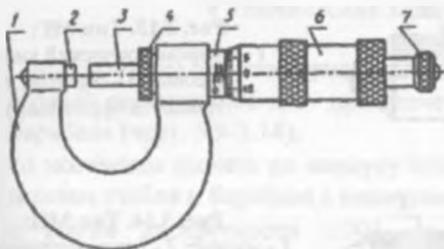


Рис. 3.9. Тип МК:
 1 - скоба; 2 - пятка;
 3 - микрометрический
 винт; 4 - стопор;
 5 - стель; 6 - барабан;
 7 - трещотка (фрикцион).

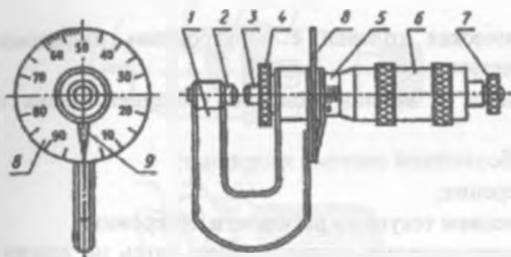


Рис. 3.10. Тип MJ:
 1 - скоба; 2 - пятка;
 3 - микрометрический
 винт; 4 - стопор;
 5 - стель; 6 - барабан;
 7 - трещотка (фрикцион);
 8 - циферблат; 9 - стрелка.

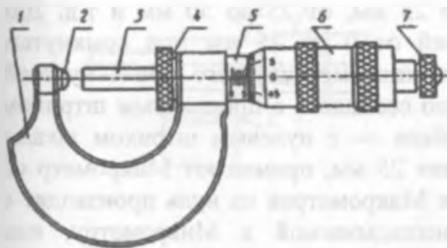


Рис. 3.11. Тип MT:
 1 - скоба; 2 - пятка;
 3 - микрометрический
 винт; 4 - стопор;
 5 - стель; 6 - барабан;
 7 - трещотка (фрикцион).

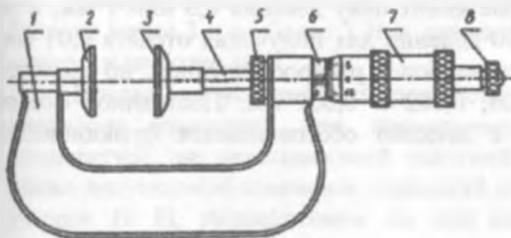


Рис. 3.12. Тип M3:
 1 - скоба; 2 - пятка; 3 -
 измерительная губка; 4 -
 микрометрический
 винт; 5 - стопор; 6 -
 стель; 7 - барабан; 8 -
 трещотка (фрикцион).

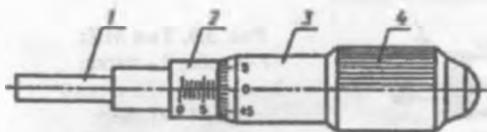


Рис. 3.13. Тип МГ:
1 - микрометрический винт; 2 - стембель; 3 - барабан; 4 - трещотка (фрикцион).

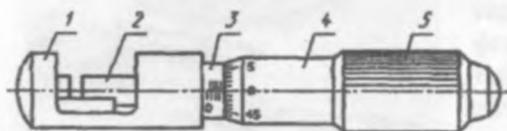


Рис. 3.14. Тип МП:
1 - корпус; 2 - микрометрический винт; 3 - стембель; 4 - барабан; 5 - трещотка (фрикцион).

Микрометр и микрометрическая головка с электронным цифровым отсчетным устройством обеспечивают:

- выдачу цифровой информации в прямом коде (с указанием знака и абсолютного значения);
- установку начала отсчета в абсолютной системе координат;
- запоминание результата измерения;
- гашение памяти с восстановлением текущего результата измерения.

Оптимальным является перемещение винта в гайке лишь на длину не более 25 мм из-за трудности изготовления винта с точным шагом на большей длине. Поэтому Микрометр изготавливают нескольких типоразмеров для измерения длин от 0 до 25 мм, от 25 до 50 мм и т.д. Для Микрометра с пределами измерений от 0 до 25 мм при сомкнутых измерительных плоскостях пятки и микрометрического винта нулевой штрих шкалы барабана должен точно совпадать с продольным штрихом на стембле, а скошенный край барабана — с нулевым штрихом шкалы стембля. Для измерений длин, больших 25 мм, применяют Микрометр со сменными пятками; установку таких Микрометров на нуль производят с помощью установочной меры, прикладываемой к Микрометру, или концевых мер. Измеряемое изделие зажимают между измерительными плоскостями Микрометра. Обычно шаг винта равен 0,5 или 1 мм и соответственно шкала на стембле имеет цену деления 0,5 или 1 мм, а на барабане наносится 50 или 100 деления для получения отсчёта 0,01 мм. Эта величина отсчёта является наиболее распространённой, но имеются Микрометры с отсчётом 0,005, 0,002 и 0,001 мм. Постоянное осевое усилие при контакте винта с деталью обеспечивается фрикционным устройством — трещоткой.

▼ Технические характеристики

Микрометры изготавливаются:

- с ценой деления 0,01 мм - при отсчете показаний по шкалам стебля и барабана (черт. 3.9-3.14);
- со значением отсчета по нониусу 0,001 мм - при отсчете показаний по шкалам стебля и барабана с нониусом (черт. 3.15 и 3.16);
- с шагом дискретности 0,001 мм - при отсчете показаний по электронному цифровому отсчетному устройству и шкалам стебля и барабана (черт. 3.17).

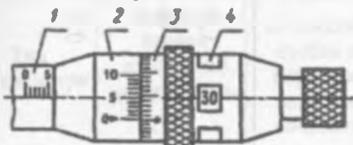


Рис. 3.15:

1 - стебель; 2 - нониус,
3 - барабан; 4 - цифровое
отсчетное устройство.

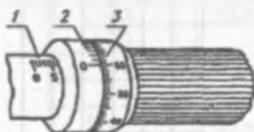


Рис. 3.16:

1 - стебель; 2 -
нониус, 3 - барабан.

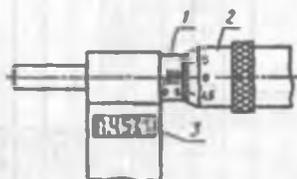


Рис. 3.17:

1 - стебель; 2 - барабан;
3 - электронное цифровое
отсчетное устройство.

Основные параметры, размеры и классы точности микрометров соответствуют установленным в табл. 3.3.

Измерительное усилие для микрометров типов МЛ, МТ и МЗ должно быть не менее 3 и не более 7 Н, а для микрометров остальных типов - не менее 5 и не более 10 Н.

Предел допускаемой погрешности микрометра в любой точке диапазона измерений при нормируемом измерительном усилии и температуре, не превышающей значений, установленных в табл. 3.4, а также допускаемое изменение показаний микрометра от изгиба скобы при усилии 10 Н, направленном по оси винта, должны соответствовать установленным в табл. 3.5.

Таблица 3.3.

Основные параметры

Тип микрометра	Диапазон измерений микрометра с отсчетом показаний, мм				Шаг микрометрического винта	Измерительное перемещение микровинта
	по шкалам стебля и барабана классов точности		по шкалам стебля и барабана с нониусом			
	1	2	1	2		
МК	0-25; 25-50; 50-75; 75-100				0,5	25
	100-125; 125-150;					
	150-175; 175-200;					
	200-225; 225-250;					
МЛ	250-275; 275-300				1,0	25
	300-400;		0-5			
	400-500;		0-10			
МТ	500-600		0-25		0,5	25
			0-25			
МЗ			0-25		0,5	15
			0-15			
МГ			0-25		0,5	25
			0-25			
МП	-		0-50		0,5	50
			0-10			

Таблица 3.4.

Предел допускаемой погрешности

Верхний предел измерений микрометра, мм	Допускаемое отклонение температуры от 20 °С, до °С
До 150	±4
Св. 150 до 500	±3
Св. 500 до 600	±2

Таблица 3.5.

Допускаемое изменение показаний микрометра от изгиба скобы

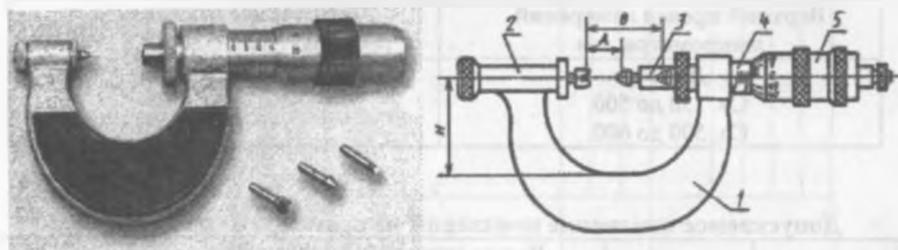
Тип микрометра	Верхний предел измерений микрометра, мм	Предел допускаемой погрешности микрометра с отсчетом показаний, мкм					Допускаемое изменение показаний микрометра от изгиба скобы при усилии 10 Н
		по шкалам стебля и барабана классов точности		по шкалам стебля и барабана с мопусом	по электронному цифровому устройству классов точности		
		1	2		1	2	
МК	25	±2,0	±4,0	±2,0	±2,0	±4,0	2,0
	50	±2,5					
	75				±3,0	±5,0	-
	100	±4,0	±6,0	-			
	125; 150				±5,0	±8,0	-
	175; 200	±6,0	±10,0	-			
	225; 250; 275; 300				±7,0	±12,0	-
	400	±8,0	±10,0	-			
	500				±9,0	±12,0	-
600	±10,0	±12,0	-	-			
МЛ	5; 10; 25	-	±4,0	±2,0	±2,0	±4,0	2,0
МТ	25	±2,0					
МЗ	25	±4,0	±5,0	±3,0	±3,0	±5,0	3,0
	50						
	75						
	100						
МГ	15; 25	±1,5	±3,0	±2,0	±2,0	±3,0	-
	50	-	±4,0	-	-	-	-
МП	10	±2,0	±4,0	±2,0	±2,0	±4,0	2,0

Гарантийный срок эксплуатации - 12 месяцев со дня ввода микрометра в эксплуатацию.

Пример условного обозначения гладкого микрометра с диапазоном измерения 25-50 мм 1-го класса точности:

Микрометр МК50-1 ГОСТ 6507-90.

Микрометры со вставками



а) б)

Рис. 3.18. Микрометры со вставками: а) – общий вид,

б) – микрометры типов МВМ, МВТ, МВП:

1 – скоба, 2 – пята, 3 – микрометрический винт, 4 – стемель, 5 – барабан.

А – нижний предел измерения, В – верхний предел измерения.

Микрометр со вставками применяют для измерения линейных размеров абсолютным контактным методом. Микрометр предназначен для измерения среднего диаметра метрических, дюймовых, трубных и трапецидальных резьб.

Микрометры изготавливаются следующих типов:

МВМ и МВМЦ — микрометры со вставками для измерения среднего диаметра метрических, дюймовых и трубных резьб;

МВТ и МВТЦ микрометры со вставками для измерения среднего диаметра трапецидальных резьб и с шаровыми вставками для измерения фасонных деталей;

МВП и МВПЦ микрометры с плоскими вставками для измерения деталей из мягких материалов.

Устройство и принцип работы

Микрометры изготавливаются класс точности 1; 2:

- с ценой деления 0,01 мм - при отсчете показаний по шкалам стемеля и барабана (рис. 3.18);
- с шагам дискретности 0,001 мм — при отсчете показаний по электронному цифровому устройству (далее - цифровое устройство) и шкалам стемеля и барабана (рис. 3.19).

В комплект микрометра входит установочная мера (для микрометров с верхним пределом измерения свыше 25 (мм)).

Основные размеры микрометров вставок и установочных мер соответствуют установленным на рисунках 3.18 и 3.20.

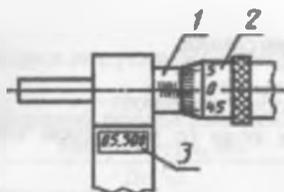


Рис. 3.19. Цифровое устройство микрометров типов МВМЦ, МВТЦ, МВЩЦ: 1 – скоба, 2 – барабан, цифровое устройство.

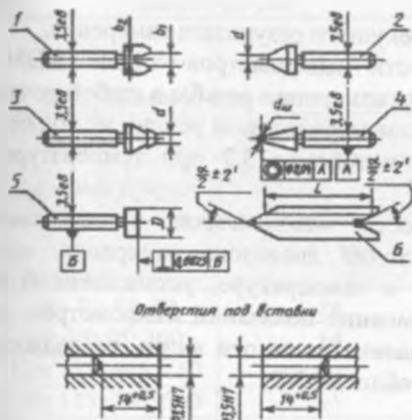


Рис. 3.20. Вставки: 1 - призматическая вставка, 2 - коническая вставка, 3 - укороченная коническая вставка, 4 - шаровая вставка, 5 - плоские вставки диаметром D-D1 – для измерений деталей из мягких материалов, D-D2 – для проверки микрометра, 6 – установочная мера.

Диапазоны измерения микрометров и значения величины H (рис.3.18) установлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6.

Основные параметры

Диапазоны измерения микрометра типа, мм					H, не менее
МВМ	МВМЦ	МВТ	МВТЦ	МВП и МВЩЦ	
0-25	0-25	0-20	0-20	0-25	16,5
25-50	25-50	20-45	20-45		29
50-75	50-75	45-70	45-70		41,5
75-100	75-100	70-95	70-95		54
100-125		95-120			66,5
125-150		120-145			79
150-175		145-170			91,5
175-200		170-195			104
200-225		195-220			116,5
225-250		220-245			129
250-275		245-270			141,5
275-300		270-295			154
300-325		295-320			166,5
325-350		320-345			179

▼ Технические характеристики

Микрометры с цифровым устройством обеспечивают:

- выдачу цифровой информации в прямом коде (с указанием знака и абсолютной величины);
- установку начала отсчета в любом положении измерительного стержня;
- запоминание результата измерения;
- гашение памяти с восстановлением текущего результата измерения.

Предел допускаемой погрешности микрометров типов МВМ, МВМЦ, МВТ и МВТЦ со вставками для измерения резьбы в любой точке диапазона измерения, при нормируемом измерительном усилии не должен превышать, значений, установленных в таблице 3.7 при температуре, установленной таблицей 3.8.

Предел допускаемой погрешности микрометров с плоскими вставками диаметром D_1 , в любой точке диапазона измерения, при нормируемом измерительном усилии и температуре, установленной в таблице 3.8, а также допускаемое изменение показаний микрометров от изгиба скобы при усилии 10 Н, направленном по оси винта, не должны превышать, значений, установленных таблицей 3.9.

Таблица 3.7.

Предел допускаемой погрешности

Шаг резьбы Р, мм		Шаг резьбы Р трубной, мм (дюймовой – число ниток на длине 25,4 мм)	Предел допускаемой погрешности микрометр, мкм			
Метрической	Трапецедальной		с ценой деления 0,01 мм и шагом дискретности 0,001 мм		с ценой деления 0,01 мм	
			в диапазоне измерения, мм			
			до 50	от 50 до 100	от 100 до 200	от 200 до 350
0,4-0,45 0,5-0,6 0,7-0,8	-	0,907 (28-24)	±10	-	-	-
1; 1,25; 1,5; 1,75	1,5	1,337 (20-16) 1,814 (14-11)	±10	±13	±15	-
2; 2,5	2	2,309 -(10-8)	±13	±15	±20	-
3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6	3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 12	-(7-5) -(4,5-3)	±15	±20	±25	±35

Таблица 3.8.

Предел допускаемой погрешности микрометра при нормируемом измерительном усилии и температуре

Верхний предел измерения микрометра, мм	Допускаемое отклонение температуры от 20 °С, до °С
До 50	±6
Св. 50 до 150	±4
Св. 150 до 350	±3

Таблица 3.9.

Допускаемое изменение показаний микрометра от изгиба скобы

Верхний предел измерения, мм	Предел допускаемой погрешности микрометров, мкм		Допускаемое изменение показаний микрометров от изгиба скобы при усилнии 10 Н, мкм
	с ценой деления 0,01 мм	шагом дискретности 0,001 мм	
20; 25; 45; 50	±4	±3	2
70; 75; 95; 100	±4	±4	3
120; 125; 145; 150	±5	-	4
170; 175; 195; 200	±5	-	5
200; 225; 245; 250; 270; 275	±6	-	6
295; 300; 320; 325; 345; 350	±8	-	7

Средняя наработка на отказ микрометров без учета износа измерительных вставок должна быть не менее:

50000 условных измерений - для микрометров с отсчетом по шкалам стебля и барабана; 70000 условных измерений - для микрометров с цифровым устройством.

Под отказом понимается событие, заключающееся в потере заданной точности или работоспособности, для восстановления которых требуется проведение ремонта.

Под условным измерением понимают перемещение микрометрического винта до контакта измерительных поверхностей с объектом намерения. При этом перемещение микрометрического винта должно быть не менее 1/3, значения диапазона измерения.

Средний полный срок службы микрометров - не менее 6 лет.

Срок сохраняемости микрометров не менее 2 лет.

Пример условного обозначения гладкого микрометра со вставками для измерения среднего диаметра метрических, дюймовых и трубных резьб с диапазоном измерения 0-25 мм:

Микрометр МВМ 0-25 ГОСТ 4380-93.

3.2.3. Нутромеры

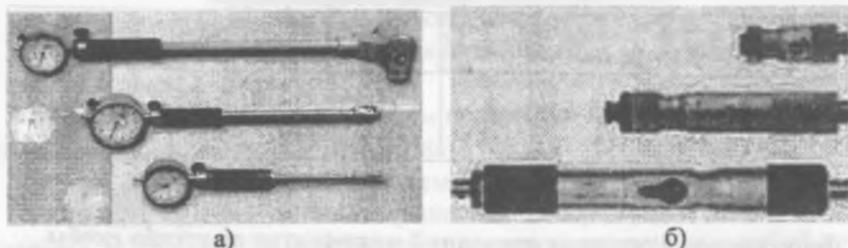


Рис. 3.21. Нутромер: а) – индикаторный, б) – микрометрический.

Нутромеры – это измерительный инструмент, используемый для точного определения внутренних линейных размеров деталей (пазов, отверстий и т. д.).

По методу измерения нутромеры бывают индикаторными и микрометрическими.

Нутромер индикаторный типа НИ служит для измерений внутренних размеров деталей от 6 до 1000мм относительным методом.

Нутромер микрометрический типа НМ предназначен для измерения внутренних размеров деталей от 50 до 6000мм абсолютным методом.

Нутромер из-за характерных признаков отличается:

- по конструкции: цапговые, шариковые и т.п.;
- по типу отсчётного устройства: индикаторные и др.;
- по виду контакта с измеряемой поверхностью: кромочные, и т.д.

По типу передачи нутромеры бывают: конусными, рычажными, клинковыми.

Конусные нутромеры бывают кромочными, цапговыми и шариковыми.

Рычажные нутромеры стандартно производят с клиновыми и рычажными передачами. У нутромеров с рычажной передачей составляет измерительный предел 3-1000 миллиметров (10 типоразмеров).

Клинковые нутромеры, их измерительный предел составляет от 18 до 50 миллиметров.

Кромочные нутромеры – это разновидность нутромеров для мерки диаметров отверстий от 0,2 миллиметров, замер производят по шкале с нониусом или возможны разновидности со стрелочными отсчётными головками;

Цапговые нутромеры - это *нутромеры*, которые используются для замера диаметров от 0,95 миллиметров.

Шариковые нутромеры - это нутромеры, которые могут мерить диаметры в диапазоне от 3 до 18 миллиметров (3 типоразмера).

Допускается после выдержки нутромера в каждом режиме выдерживать его в нормальных условиях в течение 2 ч.

Средняя наработка на отказ индикаторных нутромеров с диапазоном измерений до 18 мм – не менее 35000 условных измерений, а для нутромеров с диапазоном измерений свыше 18 мм – не менее 45000 условных измерений. Под условным измерением понимают однократное возвратно-поступательное движение подвижного измерительного стержня нутромера на величину нормируемого наименьшего перемещения измерительного стержня.

Средняя наработка на отказ микрометрических нутромеров – не менее 14000 двойных ходов микрометрического винта. Установленная безотказная наработка нутромеров – не менее 3000 двойных ходов микрометрического винта.

Полный средний срок службы индикаторных нутромеров – не менее пяти лет, микрометрических – не менее восьми лет.

Средний срок сохраняемости нутромеров в упаковке – не менее трех лет при условии переконсервации через два года.

Среднее время восстановления индикаторных нутромеров – не более 4ч, микрометрических – не более 1ч.

Гарантийный срок эксплуатации индикаторных нутромеров – 18 месяцев, микрометрических – 12 месяцев со дня их ввода в эксплуатацию.

Нутромеры индикаторные

Устройство и принцип работы



Рис. 3.22. Устройство индикаторного нутромера:

- 1 – индикатор, 2 – ручка,
- 3 – неподвижный измерительный стержень, 4 – центрирующий мостик,
- 5 – подвижный измерительный стержень.

По схеме измерения нутромеры бывают с двух- или трехконтактной схемами. Большая часть нутромеров состоит из двух точек контакта с поверхностью, которую мы измеряем. Такие нутромеры построены на двухконтактной схеме измерения.

Для совмещения линии измерения с осевой плоскостью измеряемого отверстия нутромеры снабжены центрирующим мостиком (нутромер НИ 10 может не иметь центрирующего мостика).

Измерения проводят двумя наконечниками сферической формы, которые расположены под углом 180 градусов друг к другу. У большей части нутромеров есть устройство для центрирования линии измерения в направлении контролируемого размера, а также могут присутствовать и некие дополнительные механизмы, которые передают передвижения от сферических наконечников на вычислительное устройство.

В нутромерах моделей НИ 10 и НИ 18 величина перемещения подвижного измерительного стержня передается на отсчетное устройство при помощи клиновой передачи, а в нутромерах НИ 50 – НИ 450 – посредством рычажной передачи.

В моделях НИ 700 и НИ 1000 подвижный измерительный стержень контактирует непосредственно с отсчетным устройством. На требуемый размер инструмент устанавливают при помощи сменных измерительных стержней (шайб, удлинителя) по аттестованным кольцам или по блоку концевых мер длины с боковинами.

Нутромеры с диапазоном измерений 6-10, 10-18, 18-50, 50-100, 100-160, 160-250мм изготавливаются двух классов точности 1 и 2.

Нутромеры с диапазоном измерений 250-450, 450-700, 700-1000мм изготавливаются класса точности 2.

Цена деления нутромера, 0,01 мм.

▼ Технические характеристики

Таблица 3.10.

Основные параметры

Модель	Диапазон измерений, мм	Глубина измерения, мм	Габариты, мм
НИ 10	6-10	60,100	236x42x24
НИ 18	10-18	130	262x42x22
НИ 50	18-50	150	315x56x25
НИ 100	50-100	200	365x56x50
НИ 160	100-160	300	488x60x100
НИ 250	160-250	400	588x100x160
НИ 450	250-450	500	688x130x250
НИ 700	450-700	-	450x200x48
НИ 1000	700-1000	-	700x300x50

Таблица 3.11.

Предел допускаемой погрешности

В миллиметрах

Диапазон измерений	На любом участке диапазона измерений				При перемещении измерительного стержня на величину нормируемого наименьшего значения	
	0,1		1		Класс 1	Класс 2
	Класс 1	Класс 2	Класс 1	Класс 2		
6-10, 10-18	0,005	0,008	-	-	0,008	0,012
18-50			-	-	0,012	0,015
50-100, 100-160, 160-250	-	-	0,010	0,012	0,015	0,018
250-450, 450-700, 700-1000			-	0,014	-	0,022

Пример обозначения нутромера индикаторного с диапазоном измерений 10-18 мм 1-го класса точности:

Нутромер НИ-10-18-1 ГОСТ 868-82 (ГОСТ 9244-75).

Нутромеры микрометрические

Устройство и принцип работы

Основными элементами нутромеров являются микрометрическая головка, удлинители и измерительный наконечник.

Нутромеры с верхним пределом измерения до 2500 мм изготавливаются микрометрической головкой (рис. 3.23.а), а свыше 2500 мм – с микрометрической головкой, оснащенной индикатором часового типа класса точности 0, (рис. 3.23.б)

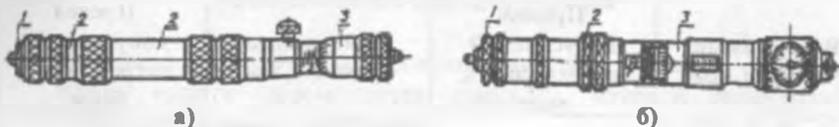


Рис. 3.23. Устройство микрометрического нутромера:

- а) 1 – измерительный наконечник, 2 – удлинитель, 3 – микрометрическая головка;
 б) 1 – измерительный наконечник, 2 – удлинитель, 3 – микрометрическая головка с индикатором.

Микрометрические головки нутромеров имеют стопорные устройства для закрепления микрометрического винта.

▼ Технические характеристики

Нутромеры изготавливаются с пределами измерения 50-75, 75-175, 75-600, 150-1250, 600-2500, 1250-4000 и 2500-6000мм.

Цена деления, 0,01 мм.

Таблица 3.12.

Основные параметры

Модель	Диапазон измерений, мм	Цена деления, мм
НМ-75	50-75	0,01
НМ-175	75-175	0,01
НМ-600	75-600	0,01
НМ-1250	150-1250	0,01
НМ-2500	600-2500	0,01
НМИ-4000*	1250-4000	0,01
НМИ-6000*	2500-6000	0,01

* Оснащены микрометрической головкой с индикатором часового типа.

Пример обозначения нутромера микрометрического НМ с диапазоном измерений 75-600 мм, ценой деления 0,01:

Нутромер НМ-600-0,01 ГОСТ 10-88.

Пределы допускаемой погрешности нутромеров при температуре окружающего воздуха $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ и относительной влажности до 80% при температуре 25°C не должны превышать значений, указанных в таблице 3.13.

Таблица 3.13.

Предел допускаемой погрешности

Измеряемые размеры, мм	Предел допускаемой погрешности, мкм	Измеряемые размеры, мм	Предел допускаемой погрешности, мкм
От 50 до 125 включ.	± 4	Св. 1250 до 1600 включ.	± 25
Св. 125 » 200 »	± 6	» 1600 » 2000 »	± 30
» 200 » 325 »	± 8	» 2000 » 2500 »	± 40
» 325 » 500 »	± 10	» 2500 » 3150 »	± 50
» 500 » 800 »	± 15	» 3150 » 4000 »	± 60
» 800 » 1250 »	± 20	» 4000 » 5000 »	± 75
		» 5000 » 6000 »	± 90

3.2.4. Штангенрейсмасы

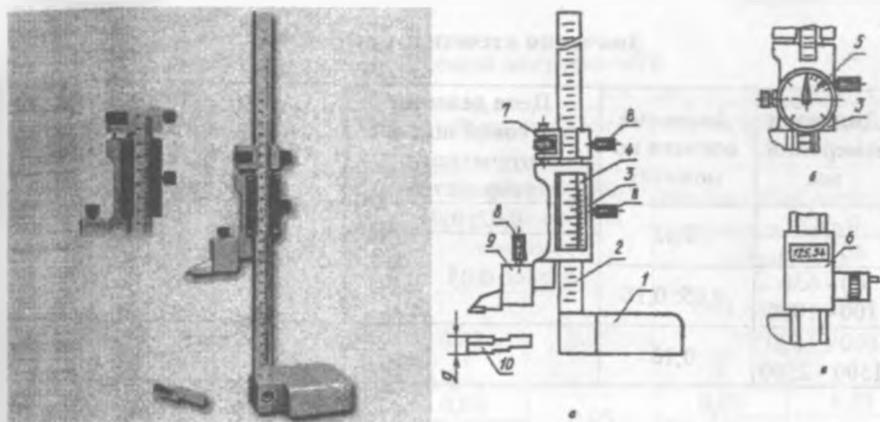


Рис. 3. 24. Штангенрейсмас: а) - общий вид, б) – устройство:

1 - основание; 2 - штанга; 3 - рамка, 4 - нониус; 5 - круговая шкала;
6 - цифровое отсчетное устройство; 7 - микрометрическая подача; 8 - стопорные
винты; 9 - разметочная ножка; 10 - измерительная ножка.

Штангенрейсмасы предназначены для измерения и разметки наружных размеров.

Штангенрейсмасы изготавливаются следующих типов:

ШР - с отсчетом по нониусу (рис. 3.24б (а));

ШРК - с отсчетным устройством с круговой шкалой (рис. 3.24б (б));

ШРЦ - с электронным цифровым отсчетным устройством (рис. 3.24б (в)).

Устройство и принцип работы

На штанге инструмента нанесена миллиметровая шкала.

Вдоль штанги перемещается рамка, к которой прикреплена разметочная или измерительная ножка.

Рамка имеет нониус, а для облегчения установки на требуемый размер снабжена микрометрической подачей.

▼ Технические характеристики

Таблица 3.14.

Значения отсчетного устройства

Диапазон измерений, мм	Значение отсчета по нониусу	Цена деления круговой шкалы отсчетного устройства	Шаг дискретности цифрового отсчетного устройства, классов точности 1; 2
0 - 250	0,05	0,02; 0,05	0,01
40 - 400		0,05	
60 - 630 100 - 1000	0,05; 0,10		
600 - 1600 1500 - 2500	0,10	-	-

Таблица 3.15.

Основные параметры

Модель	Диапазон измерений, мм	Вылет ножек, мм	Габаритные размеры, мм, не более
ШР-200	0-200	50	160x70x360
ШР-250	0-250	50	160x70x375
ШР-300	0-300	50	270x110x430
ШР-400	0-400	80	275x120x531
ШР-500	40-500	80	275x120x631
ШР-630	60-630	80	275x120x761
ШР-1000	100-1000	125	320x155x1160
ШР-1600	600-1600	125	425x200x1770
ШР-2500	1500-2500	160	460x200x2670
ШРК-250 (БВ-6226)	0-250	50	160x70x375

Штангенрейсмас типа ШРЦ обеспечивает выполнение функций, характеризующих степень автоматизации.

Электрическое питание штангенрейсмаса типа ШРЦ - от автономного встроенного источника питания или от сети общего назначения напряжением 220 В через блок питания.

Предел допускаемой погрешности штангенрейсмасов как при незатянутом, так и при затянутом зажиме рамки, при температуре окружающей среды (20 ± 10) приведен в табл. 3.16.

Таблица 3.16.

Предел допускаемой погрешности

Измеряемая длина, мм	Предел допускаемой погрешности штангенрейсмасов (\pm), мм					
	со значением отсчета по нониусу		с ценой деления круговой шкалы отсчетного устройства		с шагом дискретности цифрового отсчетного устройства	
	0,05	0,10	0,02	0,05	0,01 для классов точности	
					1	2
До 250	0,05	0,05	0,03	0,05	0,03	0,05
Св. 250 до 400					0,04	0,06
Св. 400 до 630					0,05	0,07
Св. 630 до 1000	0,10	0,10	-	0,10	0,07	0,09
Св. 1000 до 1600	-	0,15	-	-	-	
Св. 1600 до 2500		0,20				

Допускается после выдержки штангенрейсмаса в каждом режиме выдерживать его в нормальных условиях в течение 2 ч.

Гарантийный срок эксплуатации штангенрейсмасов - 12 мес. со дня ввода в эксплуатацию.

Пример условного обозначения штангенрейсмаса типа ШР с диапазоном измерения 0 - 250 мм и значением отсчета по нониусу 0,05 мм:

Штангенрейсмас ШР-250-0,05 ГОСТ 164-90.

3.2.5. Штангенглубиномеры

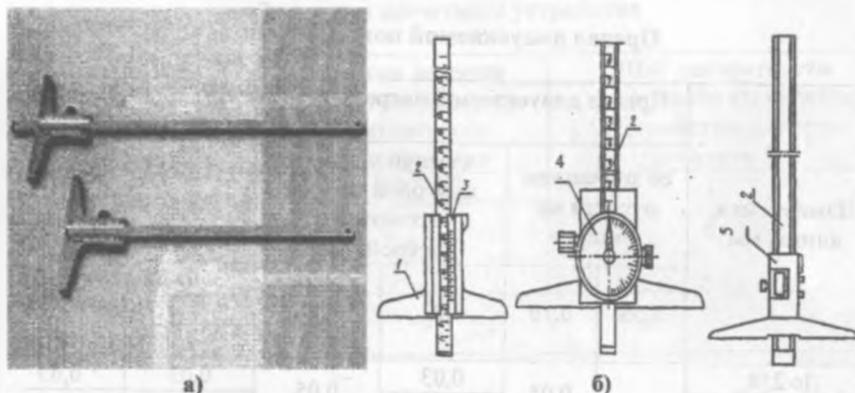


Рис. 3.25. Штангенглубиномер: а) - общий вид, б) - устройство:
1 - рамка; 2 - штанга; 3 - нониус; 4 - круговая шкала; 5 - цифровое отсчетное устройство.

Штангенглубиномеры предназначены для измерения глубин.

Устройство и принцип работы

Штангенглубиномер состоит из рамки с закаленной измерительной поверхностью и штанги с измерительной поверхностью, оснащенной твердым сплавом.

Рамка штангенглубиномера снабжена нониусом.

Штанга выполнена с углубленной шкалой, благодаря чему исключается износ шкалы при перемещении штанги в рамке.

Штангенглубиномеры изготавливаются следующих типов:

ШГ - с отсчетом по нониусу;

ШГК - с отсчетным устройством с круговой шкалой;

ШГЦ - с электронным цифровым отсчетным устройством.

Технические характеристики

Таблица 3.17.

Основные параметры

Диапазон измерения, мм	Значение отсчета по нониус	Цена деления круговой шкалы отсчетного устройства	Шаг дискретности цифрового отсчетного устройства	Длина измерительной поверхности рамки, мм, не менее
0 – 160	0,05 и 0,10	0,02 и 0,05	0,01	120
0 – 200				
0 – 250				
0 – 300				
0 – 400				
0 – 630				
0 – 1000	-	-	175	

Таблица 3.18.

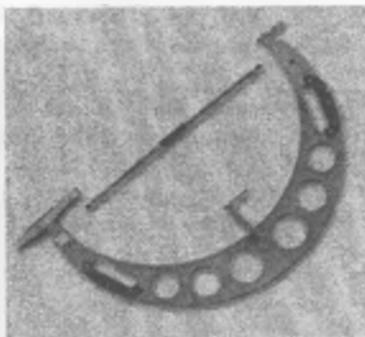
Предел допускаемой погрешности

Измеряемая длина, мм	Предел допускаемой погрешности штангенглубиномера (\pm), мм				
	со значением отсчета по нониусу		с ценой деления круговой шкалы отсчетного устройства		с шагом дискретности цифрового отсчетного устройства
	0,05	0,10	0,02	0,05	0,01
До 100	0,05	0,05	0,03	0,05	0,03
Св. 100 до 200			0,04		0,04
Св. 200 до 300		0,10		-	-
Св. 300 до 400			0,15	-	-
Св. 400 до 600	-	-		-	
Св. 600 до 800	-	-	-	-	
Св. 800 до 1000	-	-	-	-	

Пример обозначения штангенглубиномера с диапазоном измерений 0-160 мм:

Штангенглубиномер ШГ-160 ГОСТ 162-90.

3.2.6. Штангенрубмеры



Штангенрубмеры изготовленные по ТУ 3933-152-00221072-2005 предназначены для измерения наружных диаметров труб магистральных и технологических нефтепроводов и газопроводов. Применяется в нефтегазовой промышленности, а также в машиностроении.

Рис. 3.26. Общий вид штангенрубмера.

Устройство и принцип работы

Измерительные поверхности штангенрубмера оснащены твердым сплавом. Детали выполнены из коррозионно-стойкой стали или имеют надежное антикоррозионное покрытие, что позволяет эксплуатировать штангенрубмеры при температуре окружающего воздуха от минус 20 °С до плюс 35 °С и относительной влажности воздуха не более 80%.

В комплект штангенрубмера входит установочная мера. Измерительное перемещение штанги – 100 мм.

Технические характеристики

Таблица 3.19.

Основные параметры

Модель	Диапазон измерений, мм	Значение отчета по нониусу, мм	Погрешность, мм	Габариты, мм	Вес, кг
ШТН 750	650–750	0,05	±0,10	980х60х580	9
ШТН 850	750–850	0,05	±0,10	1080х60х650	13
ШТН 1050	950–1050	0,05	±0,15	1280х60х760	10
ШТН 1250	1150–1250	0,05	±0,15	1510х80х970	13

3.2.7. Уровни рамные и брусковые



Рис. 3.27. Общий вид уровней: а) – рамный, б) – брусковый.

Рамные уровни предназначены для измерения отклонения от вертикального и горизонтального положений поверхностей, а брусковые уровни предназначены для измерения отклонения от горизонтального положения поверхностей.

Устройство и принцип работы

Нижняя и одна из боковых рабочих поверхностей рамного уровня, а также нижняя рабочая поверхность брускового уровня имеют призматические канавки для установки на цилиндрические поверхности (рис.3.28, 3.29).

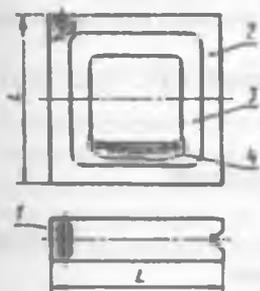


Рис. 3.28. Уровень рамный:
1 - поперечная ампула; 2 - корпус;
3 - термоизоляционная накладка;
4 - продольная ампула.

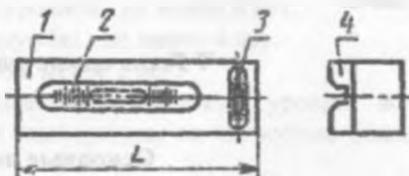


Рис. 3.29. Уровень брусковый:
1 - термоизоляционная накладка;
2 - продольная ампула;
3 - поперечная ампула;
4 - основание.

При установке уровней без механизма установки на нуль, на горизонтальную плоскость или горизонтально расположенный цилиндр, отклонение пузырька продольной ампулы от среднего (нулевого) положения не должно превышать 1/4 деления.

При установке любой вертикальной рабочей поверхности рамного уровня по вертикальной плоскости или вертикально расположенному цилиндру, отклонение пузырька продольной ампулы от среднего (нулевого) положения не должно превышать 1/2 деления.

При установке рамного уровня верхней рабочей поверхностью на горизонтальную плоскость или на горизонтально расположенный цилиндр, отклонение пузырька продольной ампулы от среднего (нулевого) положения не должно превышать 1/2 деления.

Разность показаний уровня с механизмом установки на нуль при установке на горизонтальную плоскость и горизонтально расположенный цилиндр не должна превышать 1/2 деления.

Разность показаний рамного уровня при установке любой из его вертикальных рабочих поверхностей на вертикальную плоскость или вертикально установленный цилиндр и основанием на горизонтальную плоскость не должна превышать 1/2 деления.

Разность показаний рамного уровня при установке верхней рабочей поверхности по горизонтальной плоскости или горизонтально расположенному цилиндру и основанием на горизонтальную плоскость не должна превышать 1/2 деления.

Изменение показаний уровня, установленного нижней призматической канавкой на горизонтально расположенный цилиндр, при повороте уровня относительно оси цилиндра на угол в пределах шкалы поперечной ампулы не должно превышать 1/4 деления.

Цену деления продольной ампулы уровней: 0,01; 0,02; 0,05; 0,10; 0,15 мм/м.

▼ Технические характеристики

Таблица 3.20.

Основные параметры

Тип уровня	Цена деления, мм/м	L, мм
Рамный (рис. 1)	0,01; 0,02 и 0,05	200; 250
	0,10 и 0,15	100; 150; 200; 250
Брусковый (рис. 2)	0,01 и 0,02	200; 250
	0,05	100; 200; 250
	0,10 и 0,15	100; 150; 200; 250

Допускаемая погрешность рамных уровней

Длина рабочей поверхности, мм	Предел допускаемой погрешности не более, мм/м				Допуск на отклонение от плоскостности основания, мкм				Габариты, мм
	Цена деления, мм/м				Цена деления, мм/м				
	0,02	0,05	0,1	0,15	0,02	0,05	0,1	0,15	
100	0,006	0,015	0,030	0,040	—	—	3	5	100x45x100
150					—	—	3	5	150x45x150
200					3	3	5	8	200x45x200
250					3	3	5	8	250x45x250
300					3	3	5	8	300x45x300

Таблица 3.22.

Допускаемая погрешность брусковых уровней

Длина рабочей поверхности, мм	Предел допускаемой погрешности не более, мм/м				Допуск на отклонение от плоскостности основания, мкм				Габариты, мм
	Цена деления, мм/м				Цена деления, мм/м				
	0,02	0,05	0,1	0,15	0,02	0,05	0,1	0,15	
100	0,006	0,015	0,030	0,040	—	—	3	5	100x46x38
150					—	—	3	5	150x46x51
200					3	3	5	8	200x46x51
250					3	3	5	8	250x50x46
300					3	3	5	8	300x56x46

Полный средний срок службы уровней - не менее 8 лет.

Установленный полный срок службы - не менее 4 лет.

Срок сохраняемости уровней - не менее 2 лет.

При измерениях не допускается располагать уровни вблизи предметов, вызывающих изменение температуры со скоростью более 0,3 °С/ч.

Пример условного обозначения рамного уровня с рабочей поверхностью длиной 200 мм и ценой деления продольной ампулы 0,02 мм/м:

Уровень рамный 200-0,02 ГОСТ 9392-89.

То же, брускового уровня с рабочей поверхностью длиной 150 мм и ценой деления продольной ампулы 0,10 мм/м:

Уровень брусковый 150-0,10 ГОСТ 9392-89.

Лазерный уровень «Stabila 70LJ/60 см»



Лазерный уровень «Stabila 70LJ/60 см» позволяет переносить нивелирную высоту определенной точки на необходимое место. Удлиненная конструкция (60 см.) позволяет добиться максимальной точности.

Рис. 3.30. Лазерный уровень Stabila 70LJ/60 см.

С помощью лазерного уровня 70LJ можно измерять лестницы, керамические плитки, половые панели и покрытия. Также данный лазерный уровень служит для переноса линии наклона и выравнивания наклона пола.

Технические характеристики

Таблица 3.23.

Основные параметры

Параметры	Значения
Радиус действия, м	40
Точность, мм/м	± 0.5
Срок службы батареек, ч	16
Батареи	2 X AAA

Электронный уровень Geo-Fennel S-Digit



Рис. 3.31. Электронный уровень Geo-Fennel S-Digi.

Технические характеристики

Таблица 3.24.

Основные параметры

Параметры	Значения
Длина, см	60 или 120
Дальность лазера, м	20
Точность лазера, мм/1м	± 0.5
Измерение в градусах или процентах	
Рабочий диапазон измерений, °	4x90
Встроенный горизонтальный, вертикальный и 45° пузырьковый индикатор	
Гарантия	1 год

3.2.8. Угломеры

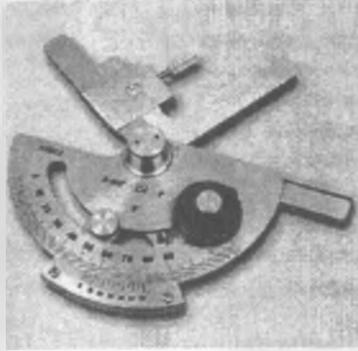


Рис. 3.32. Общий вид угломеров с нониусом.

Угломеры - измерительные приборы, предназначенные для измерения углов инструментов, они используются в слесарных и ремонтных работах в машиностроении.

Угломер с нониусом предназначен для измерения заднего и переднего углов многолезвийных инструментов. Им измеряются углы от 0 до 360 градусов, с погрешностью 5 секунд. Цена деления нониуса составляет 2 секунды.

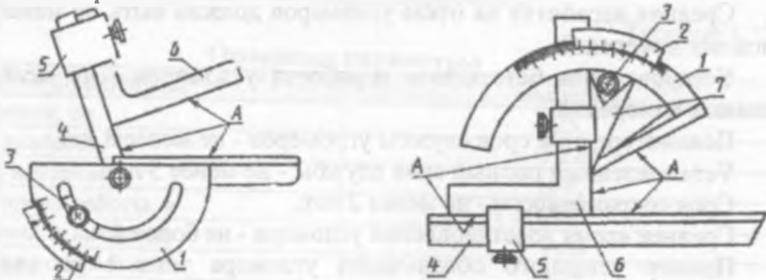
Угломеры типа 1 2УМ, 5УМ, типа 4 4УМ с нониусом используются для измерения наружных углов изделий, для разметочных работ на плоскости.

Угломер тип 2 с нониусом модель 1005 (127) предназначен для измерения наружных и внутренних углов.

Устройство и принцип работы

Угломер-транспортир с нониусом представляет собой пластину полукруглую со шкалой, разбитой на градусы, которая шарнирно соединяется «ласточкинским хвостом» латунными ползунками с направляющей. Приставляя угломер к детали, необходимо совместить базовую сторону детали с одним из краев направляющей линейки. Поворотом полукруглой пластины, перемещая ее по направляющей, ее совмещают с сопряженной линией детали. Угол определяется по шкале угольника.

Типы и основные параметры угломеров должны соответствовать указанным на рис. 3.33.



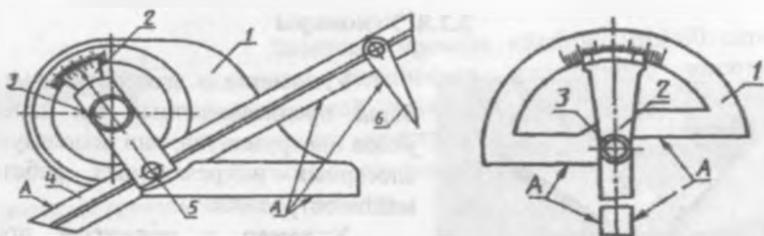


Рис. 3.33. Принципиальные схемы угломеров.

Тип 1, Тип 2: 1 - основание, 2 - нониус; 3 - стопор; 4 - линейка; 5 - зажим; 6 - угольник; 7 - сектор; А - измерительные поверхности.

Тип 3, Тип 4: 1 - основание, 2 - нониус, 3 - стопор, 4 - линейка, 5 - зажим, 6 - вспомогательная линейка, А - измерительные поверхности.

▼ Технические характеристики

Типы и основные параметры угломеров должны соответствовать указанным в табл. 3.25.

Таблица 3.25.

Основные параметры

Тип угломера	Значение отсчета по нониусу	Предел измерений		Основная погрешность, мин.	Номер рисунка
		наружных углов	внутренних углов		
1	2' и 5'	От 0° до 180°	-	±2'; ±3'	3.31
2	2'	» 0° » 360°	От 40° до 180°	±2'	
3	5' и 10'	» 0° » 360°	-	±3'	
4	10'	» 0° » 180°	-	±10'	

Детали угломера выполнены из коррозионно-стойкой стали или имеют надежное антикоррозионное покрытие, что позволяет эксплуатировать угломер при температуре окружающего воздуха от минус 20 °С до плюс 35 °С и относительной влажности воздуха не более 80%. Измерительные поверхности оснащены твердым сплавом.

Средняя наработка на отказ угломеров должна быть не менее 18000 условных измерений.

Установленная безотказная наработка угломеров - не менее 3000 условных измерений.

Полный средний срок службы угломеров - не менее 8 лет.

Установленный полный срок службы - не менее 5 лет.

Срок сохраняемости - не менее 2 лет.

Среднее время восстановления угломера - не более 4 ч.

Пример условного обозначения угломера типа 1 со значением отсчета по нониусу 2': Угломер типа 1-2 ГОСТ 5378-88.

Лазерный угломер «Multi-Digit Pro»

Новый, простой в использовании лазерный угломер «Multi-Digit pro». Измерение наклона поверхности от 0 до 90 градусов. Измерение углов от 0 до 180 градусов. Возможность одновременного измерения угла и наклона. Показания выводятся на два дисплея. Дисплей имеет функцию автоматической инверсии цифр. Угломер имеет встроенный лазерный указатель.



Рис. 3.34. Лазерный угломер «Multi-Digit Pro».

Есть разъем 1/4 дюйма для установки на штатив.

Технические характеристики

Таблица 3.26.

Основные параметры

Параметры	Значения
Точность измерения +/-	0,1°
Точность наклона	0,2°
Точность лазера ±	0.5 мм/ 1м
Гарантия	1 год

Электронный угломер Geo-Fennel ecoline EL823

Электронный угломер geo-Fennel-ecoline EL823 - простой в работе и надежный цифровой угломер.

Удобно читаемый ЖК дисплей, малый размер и эргономичный дизайн - удобство и простота в работе.



Рис. 3.35. Электронный угломер Geo-Fennel ecoline EL823.

Технические характеристики

Таблица 3.27.

Основные параметры

Параметры	Значения
Длина уровня, см	25
Рабочий диапазон, °	0-220
Точность измерения, °	+/-0,1
Питание/время работы, ч	1 x 3 V / 2000
Электронная калибровка	есть
Удержание измерения	есть
Гарантия, год	1

3.2.9. Глубиномеры

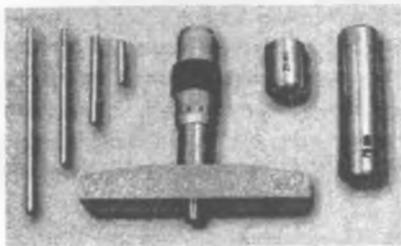


Рис. 3.36. Общий вид глубиномера.

Глубиномеры микрометрические предназначены для измерения глубины пазов и высоты уступов.

Устройство и принцип работы

Глубиномеры изготавливаются:

- с отсчетом по шкалам стебля и барабана (ГМ) (рис. 3.37);
- с отсчетом по электронному цифровому устройству (далее - цифровое устройство) и шкалам стебля и барабана (ГМЦ) (рис. 3.38).

Диапазон измерений обеспечивается набором сменных стержней, оснащенных твердым сплавом (таблица 3.28):

Таблица 3.28.

Диапазон измерений глубиномеров

Тип глубиномера	Набор сменных стержней	Диапазон измерений, мм	Тип глубиномера	Диапазон измерений, мм
ГМ 25	-	от 0 до 25	ГМЦ 25	от 0 до 25
ГМ 50	-	от 0 до 50	ГМЦ 50	от 0 до 50
ГМ 75	-	от 0 до 75	ГМЦ 75	от 0 до 75
ГМ 100	4	от 0 до 100	ГМЦ 100	от 0 до 100
ГМ 150	6	от 0 до 150	ГМЦ 150	от 0 до 150
ГМ 300	-	от 0 до 300		

Цена деления шкалы барабана глубиномера - 0,01 мм.

Шаг дискретности цифрового устройства - 0,001 мм.

Длина и ширина основания - не более 100 × 25 мм.

Шаг микрометрического винта - 0,5 мм.

Измерительное перемещение микрометрического винта - 25 мм.

Диаметр измерительного стержня - не более 5 мм.

Измерительное усилие глубиномера - от 3 до 7 Н.

Колебание измерительного усилия в пределах указанного диапазона измерений глубиномера - не более 2 Н.

Глубиномеры типа ГМЦ должны обеспечивать выполнение функций, характеризующих степень автоматизации. Глубиномеры типа ГМЦ изготавливают с встроенным цифровым устройством или с выводом результата измерения на внешние устройства.

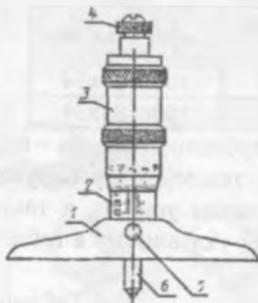


Рис. 3.37. Глубиномер с отсчетом по шкалам:
 1 - основание; 2 - стемель; 3 - барабан; 4 - трещотка (фрикцион); 5 - стопор; 6 - измерительный стержень.

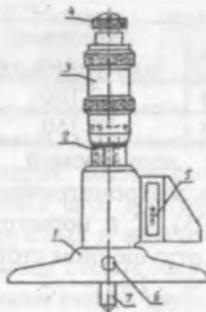


Рис. 3.38. Глубиномер с отсчетом по электронному цифровому устройству:
 1 - основание; 2 - стемель; 3 - барабан; 4 - трещотка (фрикцион); 5 - табло цифрового устройства; 6 - стопор; 7 - измерительный стержень.

Электрическое питание глубиномеров типа ГМЦ с встроенным цифровым устройством от автономного встроенного источника питания.

Глубиномеры с верхним пределом измерения до 150 мм изготавливаются классов точности 1 и 2, а свыше 150 мм -класса точности 2.

Глубиномеры укомплектованы:

- при диапазоне измерения 0 - 50 мм измерительными стержнями для измерений в диапазонах измерений 0 - 25; 25 - 50 мм и установочной мерой длиной 25 мм;
- при диапазоне измерения 0 - 75 мм измерительными стержнями для измерений в диапазонах измерений 0 - 25; 25 - 50; 50 - 75 мм и установочными мерами длиной 25; 50 мм;
- при диапазоне измерения 0 - 100 мм измерительными стержнями для измерений в диапазонах измерений 0,25; 25 - 50; 50 - 75; 75 - 100 мм и установочными мерами длиной 25; 75 мм;
- при диапазоне измерения 0 - 150 мм измерительными стержнями для измерений в диапазонах измерений 0 - 25; 25 - 50; 50 - 75; 75 - 100; 100 - 125; 125 - 150 мм и установочными мерами длиной 25; 75; 125 мм;
- при диапазоне измерения 0 - 300 мм измерительными стержнями для измерений в диапазонах измерений 50-175; 175-200; 200- 225; 225 - 250; 250-275; 275-300 мм и установочными мерами длиной 175; 225; 275 мм.

▼ *Технические характеристики*

Таблица 3.29.

Основные параметры

Модель	Диапазон измерений, мм	Цена деления, мм	Габариты, мм
ГМ 100	0-100	0,01	100x103x34
ГМ 150	0-150	0,01	100x103x34

Предел допускаемой погрешности глубиномеров (в пределах перемещения микрометрического винта) при температуре окружающей среды (20 ± 5) °С и нормируемом измерительном усилии, а также при зажатом или отпущенном стопоре соответствует указанному в табл. 3.30.

Таблица 3.30.

Предел допускаемой погрешности

Диапазон измерений, мм	Предел допускаемой погрешности, мкм, глубиномеров классов точности	
	1	2
0 - 25	± 2	± 4
25 - 50	± 3	
50 - 100		± 4
100 - 150	± 4	± 6
150 - 200	-	± 8
200 - 250		± 9
250 - 300		± 10

Средняя наработка на отказ глубиномеров типа ГМ должна быть не менее 50000, а типа ГМЦ - не менее 100000 условных измерений.

Под условным измерением понимается перемещение микрометрического винта до контакта измерительных поверхностей с объектом измерения.

Среднее время восстановления работоспособного состояния глубиномеров типа ГМ - не более 3 ч, типа ГМЦ - не более 8 ч.

Полный средний срок службы глубиномеров - не менее 6 лет.

Срок сохраняемости глубиномеров - не менее 2 лет.

Гарантийный срок эксплуатации - 12 месяцев со дня ввода глубиномеров в эксплуатацию.

Пример условного обозначения глубиномера с отсчетом по шкалам стебля и барабана при диапазоне измерения от 0 до 100 мм класса точности 2:

Глубиномер ГМ100-2 ГОСТ 7470-92.

3.2.10. Толщиномеры и стенкомеры индикаторные

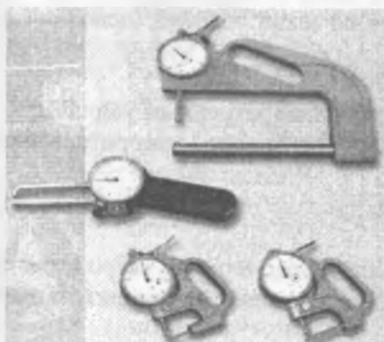


Рис. 3.39. Общий вид толщиномеров и стенкомеров.

Толщиномеры предназначены для измерения толщины листовых материалов.

Стенкомер индикаторный – прибор промышленного назначения, применяемый для измерения линейных размеров контактным методом, предназначен для контроля и измерения наружных и внутренних размеров, толщины стенок заготовок, канавок, толщины стенок труб.

Толщиномеры и стенкомеры изготавливаются следующих типов:

ТН-10, ТН-25 (рис. 3.40) - настольные толщиномеры с нормированным измерительным усилием;

ТР-10, ТР-25 (рис. 3.41) - ручные толщиномеры с нормированным измерительным усилием;

ТР-25Б, ТР-50Б (рис. 3.42) - ручные толщиномеры без нормированного измерительного усилия;

С-2, С-10А (рис. 3.43) - стенкомеры с ценой деления 0,01 мм отсчетного устройства;

С-10Б (рис. 3.44); С-25, С-50 (рис. 3.45) - стенкомеры с ценой деления 0,1 мм отсчетного устройства.

Устройство и принцип работы

Диапазон измерения стенкомеров индикаторных от 0 до 50 мм.

Цена деления от 0,01мм до 0,1 мм, глубина измерения 160 мм, наименьший диаметр отверстия 20 мм.в зависимости от модели стенкомера.

Пределы допускаемой погрешности $\pm 0,10$.

Стенкомер индикаторный состоит из неподвижной верхней рамки (корпуса) с рукояткой, подвижной нижней рамки, которая прижимается к неподвижной с помощью возвращающей пружины. К верхней рамке прикреплен индикатор часового типа, измерительный стержень которого упирается в горизонтальный выступ нижней рамки. При отжатии нижней рамки, выступ нижней рамки перемещает стержень индикатора.

Перемещение измерительного стержня преобразуется зубчатый механизм измерительной головки часового типа в перемещение стрелки измерительной головки. Отсчет снимается со шкал головки: основной и вспомогательной.

Типы толщиномеров:

ТР-10, ТР-25 - ручные с нормированным измерительным усилием;

ТР-25Б, ТР-50Б - ручные без нормированного измерительного усилия.

В верхнюю часть инструмента вмонтировано отсчетное устройство, а в нижнюю запрессована пятка.

Для установки измерительного стержня отсчетного устройства в рабочее положение у толщиномера с нормированным измерительным усилием имеется арретир.

У толщиномера без нормированного измерительного усилия измерительный стержень возвращается в исходное положение возвратной пружиной.

Диаметр измерительных поверхностей пятки и наконечника 10 мм.

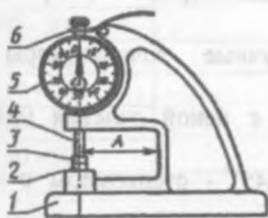


Рис. 3.40. Толщиномер ТН-10,
ТН-25;

1 - корпус; 2 - пятка;
3 - измерительный наконечник;
4 - измерительный стержень;
5 - отсчетное устройство;
6 - арретир; А - вылет.

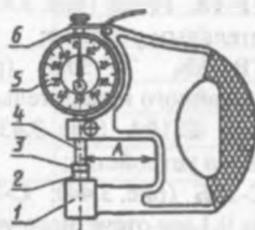


Рис. 3.41. Толщиномер ТР-10,
ТР-25;

1 - корпус; 2 - пятка;
3 - измерительный наконечник;
4 - измерительный стержень;
5 - отсчетное устройство;
6 - арретир; А - вылет.

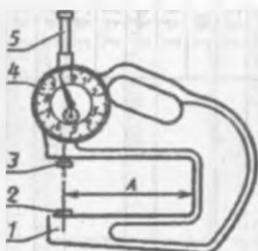


Рис. 3.42. Толщиномер ТР-25Б, ТР-50Б:
 1 - корпус; 2 - пятка;
 3 - измерительный наконечник;
 4 - отсчетное устройство;
 5 - измерительный стержень; А - вылет.



Рис. 3.43. Стенкомер С-2, С-10А:
 1 - корпус; 2 - неподвижный стержень; 3 - измерительный наконечник; 4 - отсчетное устройство; 5 - арретир.

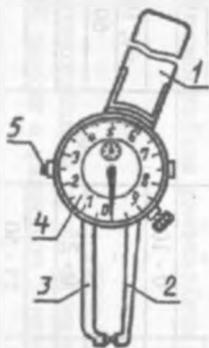


Рис. 3.44. Стенкомер С-10Б:
 1 - ручка; 2 - неподвижный стержень; 3 - измерительный наконечник; 4 - отсчетное устройство; 5 - арретир.

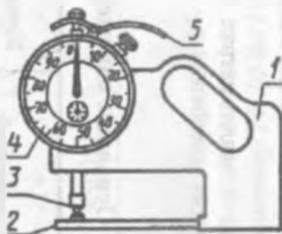


Рис. 3.45. Стенкомер С-25, С-50:
 1 - корпус; 2 - неподвижный стержень; 3 - измерительный наконечник; 4 - отсчетное устройство; 5 - арретир.

Средняя наработка на отказ толщиномеров и стенкомеров - не менее 200000 условных измерений.

Полный средний срок службы толщиномеров и стенкомеров - не менее четырех лет.

Среднее время восстановления толщиномеров и стенкомеров - не более 2 ч.

Срок сохраняемости - не менее двух лет.

Гарантийный срок эксплуатации толщиномеров и стенкомеров - 12 мес. со дня ввода в эксплуатацию.

▼ *Технические характеристики*

Типы, основные параметры и размеры в миллиметрах толщиномеров и стенкомеров соответствуют указанным на рис. 3.40-3.45 и в табл. 3.31.

Таблица 3.31.

Основные параметры

Тип		Диапазон измерений		Цена деления	Вылет <i>A</i> толщиномеров, не менее	Глубина измерения, не менее	Наименьший диаметр отверстия, не более	Номер рисунка
толщиномеров	стенкомеров	толщиномеров	стенкомеров					
-	C-2	-	0 - 2	0,01	-	25	3	3.43
ТН-10	-	0 - 10	-		60; 160	-	-	3.40
-	C-10А	-	0 - 10		-	40	5	3.43
ТН-25	-	0 - 25	-		160	-	-	3.40
ТР-10	-	0 - 10	-		60	-	-	3.41
-	C-10Б	-	0 - 10	0,1	-	60	7	3.44
ТР-25	-	0 - 25	-		60; 100; 250	-	-	3.41
ТР-25Б	-	0 - 25	-		60; 100	-	-	3.42
-	C-25	-	0 - 25		-	100	12	3.45
ТР-50Б	-	0 - 50	-		160	-	-	3.42
-	C-50	-	25 - 50	-	-	160	20	3.45

Предел допускаемой погрешности и размах показаний в любом рабочем положении при температуре $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$, изменении температуры за 30 мин на $0,5 ^\circ\text{C}$ и относительной влажности $(60 \pm 20) \%$ должны соответствовать значениям, указанным в табл. 3.32.

Таблица 3.32.

Предел допускаемой погрешности

Тип		Цена деления, мм	Предел допускаемой погрешности, мм				Размах показаний		
толщиномеров	стенкомеров		на участке до 1 мм		на всем диапазоне измерений				
			толщиномеров	стенкомеров	толщиномеров	стенкомеров			
ТН-10	C-2	0,01	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 0,018$	$\pm 0,015$	1/3 цены деления		
ТН-25	C-10А				$\pm 0,01$	$\pm 0,01$		$\pm 0,03$	$\pm 0,018$
ТР-10								$\pm 0,018$	
ТР-25; ТР-25Б	C-10Б; C-25	0,1	$\pm 0,05$	-	$\pm 0,08$	$\pm 0,1$			
ТР-50Б	C-50				$\pm 0,15$				

Примеры условных обозначений:

- настольного толщиномера с диапазоном измерения 0 - 10 мм, с вылетом $A = 60$ мм, с нормированным измерительным усилием и не оснащенного твердым сплавом:

Толщиномер ТР 10-60 ГОСТ 11358-89;

- стенкомера типа C-2 с диапазоном измерения 0 - 2 мм:

Стенкомер C-2 ГОСТ 11358-89.

3.2.11. Скобы

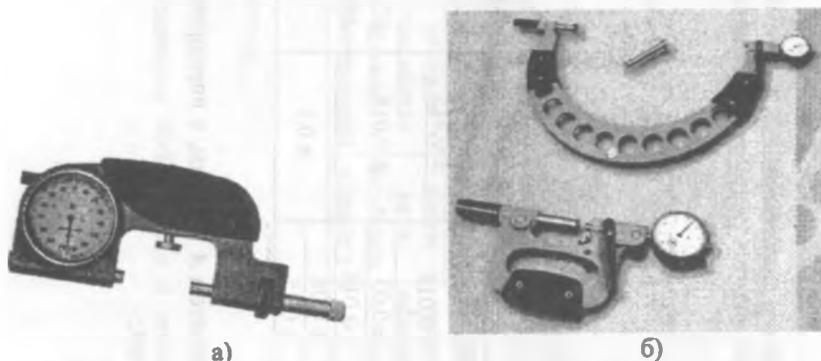


Рис. 3.46. Общий вид скоб: а) рычажной, б) индикаторной.

Скобы предназначены для измерения линейных наружных размеров прецизионных деталей методом сравнения с мерой в условиях массового производства точного машиностроения и приборостроения. Измерительные поверхности оснащены твердым сплавом.

Устройство и принцип работы

Скобы рычажные

В конструкции использованы унифицированные рычажно-зубчатые отсчетные устройства с ценой деления 0,001 мм для приборов с диапазоном измерений до 50 мм и ценой деления 0,002 мм для приборов с диапазоном измерения свыше 50 мм.

Технические характеристики

Таблица 3.33.

Основные параметры

Модель	01002	01102	01202	01302	01402	01502
Диапазон измерений, мм	0-25	25-50	50-75	75-100	100-125	125-150
Цена деления отсчетного устройства, мм	0,001		0,002			
Диапазон показаний отсчетного устройства, мкм	±70		±140			
Предел допускаемой погрешности по отсчетному устройству на участках						

шкалы, мкм						
±30 дел.	±7,0				±1,0	
более ±30 дел.	±1,4				±2,0	
Размах показаний, дел.			0,3			
Измерительное усилие, Н	6±1				8 ± 1	
Колебание измерительного усилия, Н, не более	1				2	
Габаритные размеры, мм	185x80x	210x85x	240x120	265x140	290x155	315x165x35
	35	35	x35	x35	x35	
Масса, кг	0,65	0,70	1,05	1,20	1,35	1,46

Пример обозначения при заказе скобы рычажной с ценой деления 0,002 мм и диапазоном измерений 50-75 мм:

Скоба мод. 01202; ТУ 2

Скобы индикаторные

В комплект изделия входят переставные пятки для индикаторных скоб с верхним пределом измерения:

до 100мм - 1; от 100 до 700мм - 2; свыше 700мм - 3.

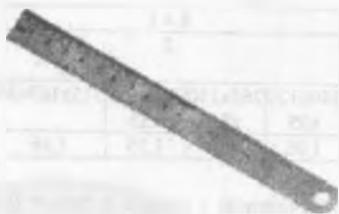
Технические характеристики

Таблица 3.34.

Основные параметры

Мо- дель	Диапазон измере- ний, мм	Диапазон измерений отсчет- ного уст- ройства, мм, не менее	Цена деления индикато- ра, мм	Основная погрешность скобы в интервалах шкалы		Габаритные размеры, мм, не более	Мас- са, кг
				на нормированном участке 0,1 мм	на любом участке 3 мм		
СИ 50	0-50	3	0,01	±0,005	±0,008	282x131x46	1,04
СИ 100	50-100	3	0,01	±0,005	±0,008	332x163x46	1,13
СИ 200	100-200	3	0,01	±0,005	±0,010	435x210x48	1,85
СИ 300	200-300	3	0,01	±0,007	±0,012	556x271x48	2,73
СИ 400	300-400	3	0,01	±0,007	±0,012	659x326x48	2,95
СИ 500	400-500	3	0,01	±0,007	±0,015	759x389x48	3,44
СИ 600	500-600	3	0,01	-	±0,015	859x459x48	4,6
СИ 700	600-700	5	0,01	-	±0,020	959x527x48	5,13
СИ 850	700-850	5	0,01	-	±0,020	1109x629x48	9,73
СИ 1000	850-1000	5	0,01	-	±0,020	1259x699x48	12,48

3.2.12. Линейки измерительные металлические



Линейки измерительные металлические применяются для разметки, проверки и контроля линейных размеров.

Рис. 3.47. Общий вид линейки.

Устройство и принцип работы

Линейки изготавливаются со следующими пределами измерений: 150; 300; 500; 1000; 1500; 2000; 3000 мм.

Технические характеристики

Таблица 3.35.

Основные параметры

Наименование основных размеров	Пределы измерений, мм	
	До 500	До 3000
Ширина линейки	18,0 - 22,0	36,0 - 40,0
Толщина линейки	0,4 - 0,6	0,8 - 2,0
Длина миллиметровых штрихов, не менее	3,5	5,0
Длина полусантиметровых штрихов, не менее	5,0	7,0
Длина сантиметровых штрихов, не менее	6,5	9,0
Высота числовых обозначений, не менее	3,0	3,0
Ширина штрихов	0,20 ± 0,05	

Таблица 3.36.

Предел допускаемой погрешности

Верхний предел измерений, мм	Погрешность	
	сантиметровых делений, мм	миллиметровых делений, мм
150	0,1	0,05
300	0,1	0,05
500	0,1	0,05
1000	0,1	0,05

Пример условного обозначения измерительной линейки с пределом измерения 300 мм:

Линейка - 300 ГОСТ 427-75.

3.2.13. Шаблон сварщика универсальный «УШС 3»



Рис. 3.48. Общий вид «УШС 3».

Шаблон сварщика универсальный модели 00314 предназначен для контроля элементов разделки под сварной шов, электродов и элементов сварного шва.

Устройство и принцип работы

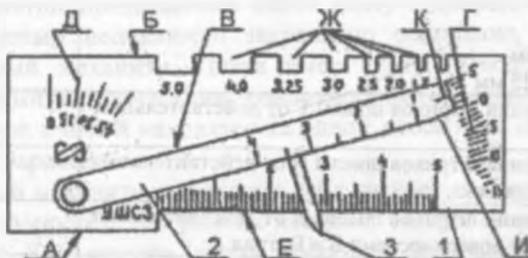


Рис. 3.49. Устройство «УШС 3».

Шаблон предназначен для использования как в помещении, так и на открытом воздухе.

Основные параметры

Характеристики	Значения
Диапазон измерения глубины дефектов (вмятин, забоин) глубины разделки шва до корневого слоя, превышения кромок (шкала Г)	0 - 15
Диапазон измерения высоты усиления шва (шкала Г), мм	0 - 5
Диапазон измерения величины притупления и ширины шва (шкала Е), мм	0 - 50
Диапазон измерения величины зазора (шкала И), мм	0,5 - 4
Диапазон измерения углов скоса кромок (шкала Д), град.	0 - 45
Номинальные значения диаметров электродов, измеряемых шаблоном (пазы Ж), мм	1; 1,2; 2; 2,5; 3; 3,25; 4; 5
Цены деления шкал:	
Г и Е, мм	1
И, мм	0,5
Д, град.	5
Пределы допускаемых отклонений ширины пазов Ж :	
верхнее / нижнее	+0,1/0
для пазов до 3 мм	+1,12/0
для пазов 3 и 3,25 мм	+0,3/0
для пазов свыше 3,25 мм	
Отклонение положений штрихов шкалы Г от действительных значений, мм	±0,5
Отклонение положений штрихов шкалы И от действительных значений толщины движка, мм	±0,25
Отклонение положений штрихов шкалы Д от действительных значений угла между поверхностями Б и В, град.	± 2,5
Отклонение от номинального значения между любым штрихом и началом шкалы Е (начало шкалы должно совпадать с плоскостью Л), мм	±0,25
Габаритные размеры, мм, не более	130x50x16
Масса, кг, не более	0,18
Средняя наработка на отказ*	не менее 55000 условных циклов**
Средний срок службы	не менее 5 лет

*Под отказом понимается событие, заключающееся в потере заданной точности или работоспособности, для восстановления которых требуется проведение ремонта.

**Под условным циклом понимается двойное перемещение движка на угол не менее 45°.

Пример обозначения при заказе:

"Шаблон сварщика универсальный УШС 3 модели 00314 ТУ 3936-050-00221190-99".

3.2.14. Планиметры корневые



Рис. 3.50. Планиметр «ПК-2».

Планиметры предназначены для обработки записи измеряемой величины на диаграммных дисках регистрирующих приборов по ГОСТ 7826-82. Посредством пропорциональных планиметров ППр-1 и ППр-2 определяют среднее значение радиуса записи, посредством корневых планиметров ПК-1, ПК-2 и ПК-3-среднее значение корня квадратного из радиуса записи.

Устройство и принцип работы

Планиметры представляют собой плату с направляющим пазом, на которой винтами неподвижно закреплено основание, представляющее собой счетный механизм. Плата имеет иглу, поводок, две ножки с полированными сферическими поверхностями. Начало направляющего паза и поводок с иглой находятся на одной плоскости, перпендикулярной к плоскости барабана.

Счетный механизм включает в себя отсчетный барабан с червяком и барабаном, имеющим 100 равных делений, оцифрованных через каждые 10 делений. Для отсчета числа оборотов барабана через червячную передачу с передаточным числом 1:10 его обороты передаются червячному колесу и лимбу, имеющему 10 оцифрованных делений, установленному перпендикулярно к плоскости вращения отсчетного барабана. Отсчет по лимбу производится по риске на скобе, отсчет по барабану - по риске на секторе, укрепленном на основании.

Планиметры по принципу работы принадлежат к типу катучих математических приборов, т.е. при планиметрировании диаграммный диск неподвижен, а планиметр обводится вокруг кнопки, размещенной в центре диаграммного диска таким образом, чтобы игла двигалась, не отклоняясь, вдоль линии записи.

Направляющие пазы планиметров имеют криволинейную форму и профиль их выполнен таким образом, что при повороте планиметра на 360° , число оборотов барабана счетного механизма в пропорциональных планиметрах пропорционально среднему значению радиуса записи в процентах, а в корневых планиметрах-среднему значению корня квадратного из радиуса записи в процентах от верхнего предела.

▼ Технические характеристики

Таблица 3.38.

**Технические характеристики планиметра
ППр-1, ППр-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3**

Характеристики	Значения
Условия эксплуатации в помещениях:	
- температура окружающей среды, °С	от +10 до +35
- относительная влажность, %, не более	80
Цена деления барабана планиметров, об.	0,01
Цена деления лимба планиметров, об.	1
Предел допускаемой дополнительной приведенной погрешности измерения, вызванной изменением температуры окружающей среды на каждые 10 °С, %	0,8
Средний срок службы планиметров ППр-1, ППр-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, лет, не менее	6

Таблица 3.39.

Основные параметры

Тип	Радиус окружности линии отсчёта измеряемого параметра, мм		Радиус дуги линии отсчёта времени, мм	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
	наименьший	наибольший			
ПК-2	22,5	115	170	127×110×26	0,25
ППр-1				140×135×26	0,28
ПК-1	22,5	115	110	127×110×26	0,25
ПК-3	28,75	135	133	144×110×26	0,27
ППр-2				140×135×26	0,28

Таблица 3.40.

Пределы допускаемой основной приведенной погрешности, для различных радиусов окружностей линии отсчёта пропорциональных планиметров ППр-1, ППр-2 при температуре окружающей среды (20 ± 2) °С

Характеристики	Значения									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номер точки на линейке										
Радиус окружности линии отсчёта измеряемого параметра R % об. максимального значения	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Номерующее значение, способствующее одному обороту по данному радиусу деления лимба	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Предел допускаемой основной приведенной погрешности, %	$\pm 0,2$									

Таблица 3.41.

Пределы допускаемой основной приведенной погрешности, для различных радиусов окружностей линии отсчёта корневых планиметров ПК-1, ПК-2, ПК-3 при температуре окружающей среды (20 ± 2) °С

Характеристики	Значения							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Номер точки на линейке								
Радиус окружности линии отсчёта измеряемого параметра R % об. максимального значения	9	16	25	36	49	64	81	100
Номерующее значение, способствующее одному обороту по данному радиусу деления лимба	2,25	3	3,75	4,5	5,25	6	6,75	7,5
Предел допускаемой основной приведенной погрешности, %	$\pm 0,3$			$\pm 0,2$				

3.2.15. Лазерный дальномер «LEICA Racer100»



Лазерный дальномер «LEICA Racer100» позволяют производить измерения расстояний самостоятельно без посторонней помощи, быстро и надежно, как в помещениях, так и под открытым небом.

Рис. 3.51. Лазерный дальномер «LEICA Racer100».

Технические характеристики

Таблица 3.42.

Основные параметры

Параметры	Значение
Измеряемое расстояние, м	0,05 - 100
Точность - стандартные условия, мм	±1,0
Диапазон измерения датчика наклона	±45°
Точность датчика наклона	±0,3°;
Дисплей	монохромный
Пыле и влагозащита	IP54
Память	20 измерений
Время измерений, с	0,16 - 1
Автоматическое выключение	лазер: через 180 с, прибор: через 360 с
Тип лазера	635 нм, < 1мВт, 2 класс
Продолжительность работы	5000 измерений
Измерение от угла	скоба с автоматическим определением положения
Функции	минимальные/максимальные измерения, непрерывные измерения, сложение/вычитание, вычисление площадей/объемов, определение недоступного расстояния по функции Пифагора, функция разметки, измерение углов наклона, определение углов помещений
Питание	AAA 2x1.5V
Размеры в мм	127 x 49 x 27,3
Вес, кг	0,15
Гарантия	2 года

3.2.16. Нивелиры

Нивелир – это геодезический прибор, который предназначен для определения превышений между точками горизонтальным лучом с использованием нивелирных реек. Эти приборы условно можно разделить на несколько групп: для выполнения внешних, внутренних работ, для управления строительной техникой и простые построители плоскости.

Устройство и принцип работы

Нивелиры подразделяются на *уровневые (без компенсатора)* и с *компенсатором*, для автоматического приведения визирной оси в горизонтальное положение при небольших наклонах самого нивелира, который обеспечивает более высокую точность, надежность и позволяет ускорить процесс измерений, повышая производительность труда, если нивелир оснащен компенсатором, то в обозначении нивелира после второй цифры добавляется буква К.

По способу успокоения колебаний компенсатора они подразделяются на нивелиры с воздушным демпфером или с магнитным.

Если после буквы К стоит буква Л, это указывает на наличие горизонтального лимба у данного нивелира.

Пример: нивелир 3Н-3КЛ - третья модификация нивелира - три миллиметра точности, компенсаторный, с лимбом.

Согласно техническим требованиям нивелиры подразделяются на три группы:

- высокоточные – точность 0,3-0,5 мм, увеличение зрительной трубы не менее 40 крат;
- точные - точность 2,0-3,0 мм, увеличение зрительной трубы не менее 30 крат;
- технические - точность 5,0 мм, увеличение зрительной трубы не менее 20 крат.

Оборудование, относящееся к первой и второй группам, снабжено цилиндрическим уровнем, что необходимо для установления нивелира в рабочее положение. Высокоточные аппараты имеют зрительную трубу прямого и обратного изображения, точные и технические – только прямое.

При выборе модели данного прибора учитывают показатели технических требований:

- коэффициент нитяного дальномера – 100 ± 1 ;
- диапазон работы компенсатора – не менее $\pm 8 - \pm 15$ угл. мин;
- СКО (среднее квадратичное отклонение) установки линии визирования - 0,2 - 0,5 угл.сек;
- инструментальная СКО измерения превышения - не более 0,5-6,0 на 1 км хода.

Нивелир оптический «NL 20»



Рис. 3.52. Нивелир оптический «NL 20»

Нивелир снабжён автоматическим компенсатором с магнитным демпфером. Нивелир влагозащищён, имеет открытый удобный для считывания горизонтальный лимб. Компенсатор нивелира защищён специальным фиксатором, который предохраняет его от вибрации и сильных ударов, когда прибор находится в футляре.

Технические характеристики

Таблица 3.43.

Основные параметры

Параметры	Значения
СКО изм. превышения на 1 км двойного хода, мм	2,5
Изображение	прямое
Увеличение зрительной трубы, х	20
Действующее отверстие объектива, мм	34
Поле зрения	1° 20'
Фокусное расстояние, м	0,5
Коэффициент дальномера	100
Диапазон работы компенсатора	± 15'
Точность установки компенсатора	± 0,6"
Чувствительность уровня	8'/2
Горизонтальный отсчет по лимбу	1
Гарантия, года	3

Нивелир «ЗН-5Л»

Малогабаритный нивелир (без компенсатора) относится к классу нивелиров технической точности.

Для приведения визирной линии к горизонту используется цилиндрический уровень на трубе нивелира, лимб 360°.

У этого нивелира зрительная труба и контактный цилиндрический уровень скреплены между собой и имеют общий корпус, который поворачивается вокруг вертикальной оси.

Рис. 3.53. Нивелир «ЗН-5Л»



После грубой наводки на рейку уточняют наведение с помощью винта наводящего устройства. Элевационным винтом зрительную трубу вместе с цилиндрическим уровнем можно наклонять в небольших пределах в вертикальной плоскости. С помощью юстировочных винтов, крепящих торцевую оправу цилиндрического уровня, можно изменять его посадку на инструменте, добываясь параллельности оси уровня визирной оси зрительной трубы.

Приведение нивелира в рабочее положение (установку оси вращения нивелира в отвесное положение) выполняют подъемными винтами по круглому уровню. Перед отсчетом по рейке наблюдатель, глядя в окуляр зрительной трубы, следит за положением пузырька цилиндрического уровня и вращением элевационного винта выводит пузырек в нуль-пункт, т. е. приводит в контакт изображения половинок противоположных концов пузырька в поле зрения окуляра (рис. 3.54).



Рис. 3.54. Поле зрения окуляра зрительной трубы нивелира «ЗН-5Л»: а, б - изображение концов пузырька уровня не совпадает; в - изображение концов пузырька уровня совпадает.

Технические характеристики

Таблица 3.44.

Основные параметры

Характеристики	НИ-3 (2Н-3Л)	ЗН-5Л
Средняя квадратичная погрешность измерения превышения (на 1 км двойного хода), мм	2,5	2,5
Точность (на 1 км двойного хода) с микрометрической насадкой, мм	1,6	-
Средняя квадратичная погрешность измерения горизонтального угла, град.	0,15	0,15
Изображение	прямое	прямое
Увеличение зрительной трубы, крат	31,8 ± 1,6	20
Минимальное расстояние визирования, м		
- без линзовой насадки	1,3	1,2
- с линзовой насадкой	0,75	0,5
Масса нивелира, кг	1,8	1,4
Масса нивелира в футляре, кг	2,7	3,0
Размеры нивелира, мм	200x100x145	148x134x126
Габариты в футляре, мм	140x225x210	285x245x220
Диапазон рабочих температур, °С	от - 40 до +50	

Автоматический самонивелирующийся лазер «PLP-700»



Серия «PLP-700» позволяет осуществлять чрезвычайно быстрое, надежное нивелирование с помощью лазерного луча. Просто нажмите на кнопку 'ON' и спустя пару секунд прибор готов к работе. Вам не нужно настраивать положение пузырька на уровне или осуществлять крепление регулировочными винтами. Луч автоматически наводится простой установкой PLP-700 в вертикальное положение.

Рис. 3.55. Автоматический самонивелирующийся лазер «PLP-700».

Во время зондирования, когда луч исходит из прибора, на дисплее LS7 детектора отображается уровень отсчета. Изменение положения детектора сопровождается тремя различными звуковыми сигналами.

Технические характеристики

- точность опорного луча $\pm 10''$, $\pm 12''$;
- диапазон измерений Радиус 0,5~ 200 м;
- диапазон автоматического нивелирования $\pm 10\%$ ($\pm 5,7^\circ$);
- источник света Лазерный диод видимого свечения, 635 нм;
- выходная мощность лазера Макс. 10 мВт;
- класс лазера Класс 2 IEC / Класс II FDA;
- скорость вращения 300 об/мин / 600 об/мин;
- источник электропитания аккумуляторные Ni-Mh батареи;
- рабочее время 12 часов;
- защита стандарта IPX 6 (водонепроницаемая и защищенная от пыли);
- интервал рабочих температур от -20° до $+50^\circ$ C;
- габариты, вес 166 (Ш) x 166 (Д) x 222 (В) мм; 2,5 кг (с батареями);

Детектор LS7

- точность определения: высокая ± 1 мм, низкая $\pm 2,5$ мм;
- индикатор направленного приема: ЖК дисплей, зуммер;
- чувствительность пузырька $30'$ / 2 мм;
- напряжение электропитания: батарея DC 9В (6F22 или 6LF22);
- время работы около 40 часов на щелочн. Батарее;
- автоматическое выключение питания - 10 мин;
- подсветки - 1 мин;
- габариты 68(Ш) x 28(Д) x 140(В) мм;
- вес 175г;
- гарантия 1 год.

3.2.17. Теодолиты

Теодолитами выполняются работы по измерению горизонтальных и вертикальных углов, в том числе для съемки участков под проектирование и строительство, разбивочные работы на стройплощадке, в прикладной геодезии а также обмеров зданий и сооружений.

Устройство и принцип работы

Теодолит состоит из основных частей (рис.3.56): зрительная труба (1), горизонтальный (5) и вертикальный (2) круг, уровень (4), подставка трубы (3), подставка прибора (трегер) (6), подъемные винты (7), закрепительные и наводящие (микрометренные) винты. Теодолит крепится к штативу с помощью станкового винта. Зрительная труба прибора состоит из объектива и окуляра. В окулярной части трубы расположена пластина с сеткой нитей. В

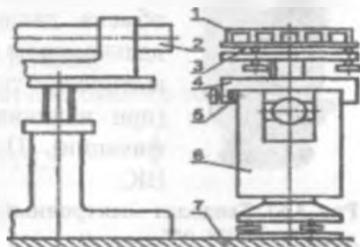


Рис. 3.56. Устройство теодолита.

настоящее время все выпускаемые теодолиты имеют зрительные трубы прямого изображения. Визирной осью трубы является прямая, соединяющая оптический центр объектива и крест сетки нитей. Горизонтальные и вертикальные круги теодолита состоят из лимба и алидады, оси вращения которых должны совпадать. Деления на лимбе наносятся по всей окружности от 0 до 360 и возрастают по часовой стрелке. Алидада горизонтального круга вращается вместе со своей верхней частью прибора, где на колонках расположены зрительная труба, вертикальный круг, закрепительные и микрометренные винты. Ось вращения алидады горизонтального круга является основной осью теодолита, на ней имеется индекс необходимый для фиксации отсчета по лимбу. На алидаде горизонтального круга расположен цилиндрический уровень.

Алидада вертикального круга находится в неподвижном состоянии, лимб вращается вместе со зрительной трубой. Цилиндрический уровень служит для установки прибора в рабочее положение (ось вращения прибора должна занять вертикальное положение, а ось трубы горизонтальное), он представляет из себя стеклянную ампулу с нанесенными делениями. Центром делений является нуль-пунктом уровня. Пузырек уровня приводится в нуль-пункт с помощью подъемных винтов.

В зависимости от конструктивных особенностей применяются следующие обозначения теодолитов (ГОСТ 10592-96):

Автоматический самонивелирующийся лазер «PLP-700»



Серия «PLP-700» позволяет осуществлять чрезвычайно быстрое, надежное нивелирование с помощью лазерного луча. Просто нажмите на кнопку 'ON' и спустя пару секунд прибор готов к работе. Вам не нужно настраивать положение пузырька на уровне или осуществлять крепление регулировочными винтами. Луч автоматически наводится простой установкой PLP-700 в вертикальное положение.

Рис. 3.55. Автоматический самонивелирующийся лазер «PLP-700».

Во время зондирования, когда луч исходит из прибора, на дисплее LS7 детектора отображается уровень отсчета. Изменение положения детектора сопровождается тремя различными звуковыми сигналами.

Технические характеристики

- точность опорного луча $\pm 10''$, $\pm 12''$;
- диапазон измерений Радиус 0,5~ 200 м;
- диапазон автоматического нивелирования $\pm 10\%$ ($\pm 5,7^\circ$);
- источник света Лазерный диод видимого свечения, 635 нм;
- выходная мощность лазера Макс. 10 мВт;
- класс лазера Класс 2 IEC / Класс II FDA;
- скорость вращения 300 об/мин / 600 об/мин;
- источник электропитания аккумуляторные Ni-Mh батареи;
- рабочее время 12 часов;
- защита стандарта IPX 6 (водонепроницаемая и защищенная от пыли);
- интервал рабочих температур от -20° до $+50^\circ$ C;
- габариты, вес 166 (Ш) x 166 (Д) x 222 (В) мм; 2.5 кг (с батареями);

Детектор LS7

- точность определения: высокая ± 1 мм, низкая ± 2.5 мм;
- индикатор направленного приема: ЖК дисплей, зуммер;
- чувствительность пузырька $30' / 2$ мм;
- напряжение электропитания: батарея DC 9В (6F22 или 6LF22);
- время работы около 40 часов на щелочн. Батарее;
- автоматическое выключение питания - 10 мин;
- подсветки - 1 мин;
- габариты 68(Ш) x 28(Д) x 140(В) мм;
- вес 175г;
- гарантия 1 год.

3.2.17. Теодолиты

Теодолитами выполняются работы по измерению горизонтальных и вертикальных углов, в том числе для съемки участков под проектирование и строительство, разбивочные работы на стройплощадке, в прикладной геодезии а также обмеров зданий и сооружений.

Устройство и принцип работы

Теодолит состоит из основных частей (рис.3.56): зрительная труба (1), горизонтальный (5) и вертикальный (2) круг, уровень (4), подставка трубы (3), подставка прибора (трегер) (6), подъемные винты (7), закрепительные и наводящие (микрометренные) винты. Теодолит крепится к штативу с помощью станового винта. Зрительная труба прибора состоит из объектива и окуляра. В окулярной части трубы расположена пластина с сеткой нитей. В

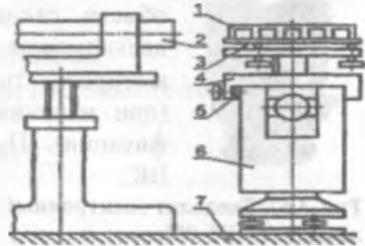


Рис. 3.56. Устройство теодолита.

настоящее время все выпускаемые теодолиты имеют зрительные трубы прямого изображения. Визирной осью трубы является прямая, соединяющая оптический центр объектива и крест сетки нитей. Горизонтальные и вертикальные круги теодолита состоят из лимба и алидады, оси вращения которых должны совпадать. Деления на лимбе наносятся по всей окружности от 0 до 360 и возрастают по часовой стрелке. Алидада горизонтального круга вращается вместе со своей верхней частью прибора, где на колонках расположены зрительная труба, вертикальный круг, закрепительные и микрометренные винты. Ось вращения алидады горизонтального круга является основной осью теодолита, на ней имеется индекс необходимый для фиксации отсчета по лимбу. На алидаде горизонтального круга расположен цилиндрический уровень.

Алидада вертикального круга находится в неподвижном состоянии, лимб вращается вместе со зрительной трубой. Цилиндрический уровень служит для установки прибора в рабочее положение (ось вращения прибора должна занять вертикальное положение, а ось трубы горизонтальное), он представляет из себя стеклянную ампулу с нанесенными делениями. Центром делений является нуль-пунктом уровня. Пузырек уровня приводится в нуль-пункт с помощью подъемных винтов.

В зависимости от конструктивных особенностей применяются следующие обозначения теодолитов (ГОСТ 10592-96):

Т-теодолит; К – наличие компенсатора; А- автоколлимационный; П- прямого изображения; М- маркшейдерский; Э – электронные.

ГОСТ подразделяет теодолиты на высокоточные (до 1"), точные (от 1" до 3"), средней точности (от 3" до 10"), технические (от 10" до...).

Теодолит электронный лазерный «ЕТ-05L»



Электронный теодолит с лазерным целеуказателем (5") точности. Теодолит имеет 2 интерфейсных порта для обмена данными с внешними устройствами - светодальномером и КПК. Прибор влагозащищён. Настройку и юстировку теодолита можно выполнять самостоятельно (при наличии у исполнителя соответствующей квалификации). Прибор имеет автоматический компенсатор ВК.

Рис. 3.57. Теодолит электронный лазерный «ЕТ-05L.»

Технические характеристики

Зрительная труба:

- изображение – Прямое;
- увеличение – 30X;
- диапазон фокусировки 0.5 м – бесконечность;
- поле зрения – 5°;
- диаметр объектива – 45 мм;
- разрешающая способность – 3";
- угол поля зрения – 1° 30';
- минимальное расстояние визирования – 1.4 м;
- коэффициент дальномера – 100;
- постоянная поправка дальномера – 0;
- подсветка сетки нитей и дисплея.

Угловые измерения:

- метод измерений: абсолютное считывание углов (не требует инициализации нулевого индекса при включении теодолита, отсчёт по ГК сохраняется в памяти прибора, нет необходимости повторного ввода азимута направления при очередном включении теодолита);
- метод отсчитывания по горизонтальному лимбу двухсторонний;
- метод отсчитывания по вертикальному лимбу односторонний;
- минимальный отсчёт – 1" и 5" по выбору;
- диаметр лимба – 79 мм;
- СКО измерения углов – 5".

Чувствительность уровней:

- цилиндрического – $30''/2$ мм;
- круглого – $8''/2$ мм.

Автоматический компенсатор ВК

- компенсатор вертикального круга жидкостной;
- диапазон работы компенсатора – $\pm 3'$;
- разрешение – $1''$ (жидкостной) $30''/2$ мм (цилиндрический уровень).

Физические характеристики:

- дисплей ЖКД, 2-х строчный;
- порт для передачи данных RS-232;
- аккумулятор Ni-H перезаряжаемый/AA батареек;
- питание 5В (или 6В, для старых моделей) постоянного тока;
- время работы 10 ч;
- диапазон рабочих температур -20°C - $+45^{\circ}\text{C}$;
- размеры 145 x 318 x 179 мм;
- вес 5.2 кг;
- лазерный целеуказатель;
- гарантия - 3 года.

Оптический теодолит «ADA PROF-X15»



Вертикальный и горизонтальный круги оборудованы цилиндрическими уровнями, с помощью которого выставляется в рабочее положение. Благодаря этому прибор чрезвычайно надежен и обладает малым весом.

Рис. 3.58. Оптический теодолит «ADA PROF-X15».

Технические характеристики

- точность (среднеквадратичное отклонение) – $'' 15$;
- изображение прямое;
- увеличение – х 28;
- минимальное расстояние визирования – м 2;
- диаметр объектива – мм 40;
- цена деления г.к. – 1;
- увеличение оптического центра – х 2,5;
- диапазон фокусировки оптического центра – м 0,7 – бесконечность;
- вес прибора, кг – 3.

3.3. Средства измерений температуры и влажности

3.3.1. Термометры жидкостные стеклянные



Температуру измеряют при помощи термометров. Термометры, предназначенные для измерения температур выше 630°C , называют пирометрами.

Термометры, наполненные несмачивающей жидкостью, изготавливаются для измерения температуры от минус 60 до плюс 650°C , наполненные смачивающей жидкостью, - от минус 200 до плюс 200°C .

Рис. 3.59. Общий вид термометров.

По принципу действия термометры могут быть классифицированы на следующие группы:

- *дилатометрические*, принцип действия которых основан на изменении объема рабочего тела (преимущественно жидкости) с изменением температуры;
- *манометрические*, принцип действия которых основаны на измерении давления, меняющегося с изменением температуры, в замкнутом пространстве, причем рабочим телом в них могут быть газы, пары или жидкости;
- *электрические*, подразделяющиеся на: а) термометры сопротивления (болотеры); б) термоэлектрические пирометры (термопары); в) термисторы (полупроводники);
- *оптические*;
- *термохимические*. Термохимическим путем температуру измеряют обычно при помощи веществ, изменяющих окраску с изменением температуры.

Устройство и принцип работы

Термометры различают по конструктивному исполнению:

- палочные — тип А;
- с вложенной шкальной пластиной — тип Б;
- с прикладной шкальной пластиной — тип В.

Термометры в зависимости от условий эксплуатации подразделяются на следующие:

- полного погружения;

– частичного погружения.

Ртутные термометры. Ртутный термометр представляет собой стеклянный капилляр, оканчивающийся резервуаром для ртути. Существует два вида ртутных термометров: трубчатые со вложенной шкалой и палочковые. У трубчатых термометров капилляр лежит на фарфоровой пластинке и находится в центре полый трубки, на фарфоровой пластинке нанесена шкала в градусах.

При измерении температуры какой-либо жидкости термометр должен быть погружен в нее так, чтобы он находился на одинаковом расстоянии от стенок сосуда и ни в коем случае не касался их, причем резервуар термометра полностью погружают в жидкость. Термометр держат в жидкости до тех пор, пока не перестанет подниматься или опускаться столбик ртути.

▼ Технические характеристики

Предел допускаемой погрешности термометров полного и частичного погружения в зависимости от диапазона измерения температуры, цены деления шкалы и класса точности не должен превышать значений, указанных в табл. 3.45–3.47. При обеспечении данных требований для более высокой точности измерений термометры могут иметь поправку к показанию. Предел допускаемой погрешности виброустойчивых и специальных, а также лабораторных термометров длиной менее 180 мм устанавливают в технических условиях на термометры конкретного типа, термометров для испытаний нефтепродуктов — по ГОСТ 400.

Таблица 3.45.

Предел допускаемой погрешности технических термометров

Диапазон измеряемых температур, °С	при цене деления шкалы и классе точности									
	0,5		1		2		5		10	
	I класс	I класс	II класс	I класс	II класс	I класс	I класс	II класс		
От — 90 до — 60	-	(±3)	-	-	-	-	-	-	-	
Св. — 60 » — 38	-	(±2)	(±3)	-	-	-	-	-	-	
» — 38 » 0	±1 (±1)	±1 (±1,5)	(±2)	-	-	-	-	-	-	
» 0 » 100	±1 (±1)	±1 (±1)	-	±2 (±2)	-	±5	±5	±10		
» 100 » 200	-	±2 (±2)	(±3)	±2 (±4)	±3	±5	±5	±10		
» 200 » 300	-	-	-	±3	±4	±5	±5	±10		
» 300 » 400	-	-	-	-	-	±10	±10	-		
» 400 » 500	-	-	-	-	-	±10	±10	-		
» 500 » 600	-	-	-	-	-	±10	±10	-		

Таблица 3.46.

**Предел допускаемой погрешности лабораторных термометров
полного погружения**

Диапазон измеряемых температур, °С	Предел допускаемой погрешности лабораторных термометров полного погружения при цене деления шкалы и классе точности									
	0,1		0,2		0,5		1		2	
	I класс	II класс	I класс	II класс	I класс	II класс	I класс	II класс	I класс	II класс
От — 100 до — 60	-	-	-	-	-	-	(±2)	-	(±4)	-
Св. — 60 » — 38	±0,3	-	±0,4	-	±0,5 (±1)	±1	±1 (±2)	-	±2 (±3)	(±4)
» — 38 » 0	±0,3	-	±0,3 (±0,4)	±0,4	±0,5 (±1)	±1	±0,5* ±1 (±1)	(±1,5)	±2 (±2)	(±3)
» 0 » 100	±0,2	±0,3	±0,3 (+0,4)	±0,4	±0,5 (±1)	-	±0,5* ±1 (±1)	-	±2 (±2)	(±3)
» 100 » 200	±0,3	±0,4	±0,4	±0,5	±0,5	±1	±1 (±2)	±2	±2 (±3)	-
» 200 » 300	±0,5	±0,8	±0,8	-	±1	±1,5	±2	±3	±2	-
» 300 » 400	±1	-	±1	-	±1	±2	±2	±4	±3	±4
» 400 » 500	±1	-	-	-	-	-	±3	±4	±4	-
» 500 » 600	-	-	-	-	-	-	-	-	±4	-

Таблица 3.47.

**Предел допускаемой погрешности лабораторных термометров
частичного погружения**

Диапазон измеряемых температур, °С	при цене деления шкалы и классе точности									
	0,1		0,2		0,5		1		2	
	I класс	II класс	I класс	II класс	I класс	II класс	I класс	II класс	I класс	II класс
От — 200 до — 100	-	-	-	-	-	-	(±3)	-	-	-
Св. — 100 » — 60	-	-	-	-	-	-	(±3)	-	-	-
» — 60 » — 38	-	-	-	-	(±1,5)	-	(±2)	-	-	-
» — 38 » 0	±0,3	±0,5	±0,3	±0,5	±1	-	±1 (±1,5)	-	-	-
» 0 » 100	±0,2	±0,6	±0,3	±0,6	±1	-	±1	-	±2	-
» 100 » 200	±0,4	±0,8	±0,4	±0,8	±1	±1,5	±1,5	±2	±2	-
» 200 » 300	-	-	±1,0	-	±2	-	±2	±3	±2,5* ±3	±4
» 300 » 400	-	-	-	-	-	-	±3	±4	±3	±4
» 400 » 500	-	-	-	-	-	-	±5	-	±5	-

* Для термометров типа А.

Примечание. Значения предела допускаемой погрешности в скобках приведены для смачивающей жидкости.

3.3.2. Термопары (термоэлектрические термометры)

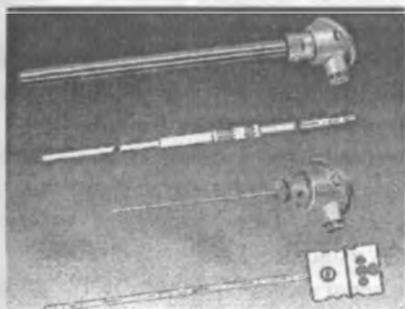


Рис. 3.60. Общий вид термопар.

Термоэлектрические термометры (или пирометры), стандартные с их помощью выполняют измерения при температурах от -50 до $+1800$ °С. Первичным измерительным преобразователем термоэлектрического термометра служит термопара, которая состоит из двух разнородных проводников.

Для измерения высоких температур до 2500 °С используют вольфрамрениевые термопары. Особенностью их использования является необходимость устранения окислительной атмосферы, разрушающей проволоку.

Устройство и принцип работы

Принцип действия термопары основан на образовании термоэлектродвижущей силы (ТЭДС) в спае двух разнородных проводников, если их температура изменяется вдоль проводников.

Преимуществом термопар является высокая чувствительность.

Особенностью работы с термопарами является применение стандартных удлинительных и компенсационных проводов. Провода позволяют передавать сигнал с термопары на сотни метров к измерительному прибору, внося минимальную потерю точности. Удлинительные провода изготавливаются из того же материала, что и термоэлектроды термопары, но с более низкими требованиями по качеству материалов. Компенсационные провода изготавливаются из совершенно других материалов, чем термоэлектроды и применяются для термопар из благородных металлов.

Главные преимущества термопар:

- широкий диапазон рабочих температур, это самый высокотемпературный из контактных датчиков;
- спай термопары может быть непосредственно заземлен или приведен в прямой контакт с измеряемым объектом;
- простота изготовления, надежность и прочность конструкции.

Целостность и точность измерительной системы, включающей термодатчик, может быть повышена с помощью следующих мер:

- использовать проволоки большого диаметра, которая, однако, не будет изменять температуру объекта измерения;
- если необходимо использовать миниатюрную термопару из очень тонкой проволоки, следует использовать ее только в месте измерения, вне объекта следует использовать удлинительные провода;
- избегать механических натяжений и вибраций термопарной проволоки;
- если необходимо использовать очень длинные термопары и удлинительные провода следует соединить экран провода с экраном вольтметра и тщательно перекручивать выводы;
- по-возможности избегать резких температурных градиентов по длине термопары;
- использовать термопару только в пределах рабочих температур, желательно с запасом;
- использовать подходящий материал защитного чехла при работе во вредных условиях, чтобы обеспечить надежную защиту термопарной проволоки;
- использовать удлинительные провода в их рабочем диапазоне и при минимальных градиентах температур;
- вести электронную запись всех событий и непрерывно контролировать сопротивление термоэлектродов;
- для дополнительного контроля и диагностики измерений температуры применяют специальные термопары с четырьмя термоэлектродами, которые позволяют проводить дополнительные измерения температуры, электрических помех, напряжения и сопротивления для контроля целостности и надежности термопар.

Принцип действия термопар и особенности преобразования и передачи сигнала приводят к следующим возможным проблемам при их эксплуатации, вызывающим ошибку в определении температуры:

- Дефекты формирования рабочего спая термопары;
- Возникновение термоэлектрической неоднородности по длине термоэлектродов и изменение градуировочной характеристики термопары;
- Электрическое шунтирование проводников изоляцией и возможное возникновение гальванического эффекта;
- Тепловое шунтирование;
- Электрические шумы и утечки.

Погрешность термопар составляет от $\pm 0,02^{\circ}\text{C}$ до $\pm 0,05^{\circ}\text{C}$.

▼ Технические характеристики

Термопары из благородных металлов

Тип J (железо-константановая термопара):

- не рекомендуется использовать ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, т.к. конденсация влаги на железном выводе приводит к образованию ржавчины;
- наиболее подходящий тип для разряженной атмосферы;
- максимальная температура применения – $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, т.к. выше этой температуры происходит быстрое окисление выводов;
- оба вывода быстро разрушаются в атмосфере серы;
- показания повышаются после термического старения.

Тип E (хромель-константановая термопара):

- преимуществом является высокая чувствительность;
- термоэлектрическая однородность материалов электродов;
- подходит для использования при низких температурах.

Тип T (медь-константановая термопара):

- может использоваться ниже $0\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- может использоваться в атмосфере с небольшим избытком или недостатком кислорода;
- не рекомендуется использование при температурах выше $400\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- не чувствительна к повышенной влажности;
- оба вывода могут быть отожжены для удаления материалов, вызывающих термоэлектрическую неоднородность.

Тип K (хромель-аюмелевая термопара):

- широко используются в различных областях от $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рекомендуемый предел, зависящий от диаметра термоэлектрода);
- в диапазоне от 200 до $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ возникает эффект гистерезиса, т.е. показания при нагреве и охлаждении могут различаться. Иногда разница достигает $5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- используется в нейтральной атмосфере или атмосфере с избытком кислорода;
- после термического старения показания снижаются;
- не рекомендуется использовать в разряженной атмосфере, т.к. хром может выделяться из Ni-Cr вывода (так называемая миграция), термопара при этом изменяет ТЭДС и показывает заниженную температуру;

- атмосфера серы вредна для термопары, т.к. воздействует на оба электрода.

Тип N (никросил-никсильная термопара):

- это относительно новый тип термопары, разработанный на основе термопары типа К. Термопара типа К может легко загрязняться примесями при высоких температурах. Сплавляя оба электрода с кремнием, можно тем самым загрязнить термопару заранее, и таким образом снизить риск дальнейшего загрязнения во время работы;
- рекомендуемая рабочая температура до 1200 °С (зависит от диаметра проволоки);
- кратковременная работа возможна при 1250 °С;
- высокая стабильность при температурах от 200 до 500 °С (значительно меньший гистерезис, чем для термопары типа К);
- считается самой точной термопарой из благородных металлов.

Термопары из благородных металлов

Тип S (платинородий-платиновая термопара):

- рекомендуемая максимальная рабочая температура 1350 °С;
- кратковременное применение возможно при 1600 °С;
- загрязняется при температурах выше 900 °С водородом, углеродом, металлическими примесями из меди и железа. При содержании железа в платиновом электроде на уровне 0,1%, ТЭДС изменяется более, чем на 1 мВ (100°С) при 1200 °С и 1,5 мВ (160 °С) при 1600 °С. Такая же картина наблюдается при загрязнении медью. Таким образом, термопары нельзя армировать стальной трубкой, или следует изолировать электроды от трубки газонепроницаемой керамикой;
- может применяться в окислительной атмосфере;
- при температуре выше 1000 °С термопара может загрязняться кремнием, который присутствует в некоторых видах защитных керамических материалов. Важно использовать керамические трубки, состоящие из высокочистого оксида алюминия;
- не рекомендуется применять ниже 400 °С, т.к ТЭДС в этой области мала и крайне не линейна.

Тип R (платинородий-платиновая термопара):

- свойства те же, что и у термопар типа S.

Тип B (платинородий-платинородиевая термопара):

- рекомендуемая максимальная температура рабочего диапазона 1500 °С (зависит от диаметра проволоки);
- кратковременное применение возможно до 1750 °С;
- может загрязниться при температурах выше 900 °С водородом, кремнием, парами меди и железа, но эффект меньше, чем для термопар типа S и R;
- при температуре выше 1000 °С термопара может загрязниться кремнием, который присутствует в некоторых видах защитных керамических материалов. Важно использовать керамические трубки, состоящие из высокочистого оксида алюминия;
- может использоваться в окислительной среде;
- не рекомендуется применение при температуре ниже 600 °С, где ТЭДС очень мала и не линейна.

3.3.3. Термопреобразователи сопротивления «ДТС» типа «ТСП, ТСМ» (датчики температуры - термосопротивления)



Термопреобразователи (датчики температуры) предназначены для непрерывного измерения температуры различных рабочих сред (например, пар, газ, вода, сыпучие материалы, химические реагенты и т.п.), не агрессивных к материалу корпуса датчика.

Рис. 3.61. Общий вид термопреобразователя сопротивления.

Устройство и принцип работы

Основные критерии правильного выбора термопреобразователя являются:

- соответствие измеряемых температур рабочим диапазонам измерений термопреобразователей;
- соответствие прочности корпуса датчика условиям эксплуатации;
- правильный выбор длины погружаемой части датчика и длины соединительного кабеля;
- необходимость взрывозащищенного исполнения для работы на взрывопожароопасных участках.

Принцип действия термосопротивления основан на свойстве проводника изменять электрическое сопротивление с изменением температуры окружающей среды.

Термосопротивления отличаются материалом чувствительного элемента: ТСМ – медь, ТСП – платина.

▼ Технические характеристики

Таблица 3.48.

Основные параметры

Характеристика датчика	ДТСХХ4		ДТСХХ5	
	Номинальная статическая характеристика (НСХ)	50М; 100М	50П; 100П; Pt100	50М; 100М
Рабочий диапазон измеряемых температур	-50...+150 °С	-50...+250 °С	-50...+180 °С	-50...+500 °С
Класс допуска	В; С	А; В; С	В; С	А; В; С
Группа климатического исполнения	Д2, Р2		Д2, Р2	
Условное давление	10 МПа		10 МПа	
Величина рабочего тока, не более	5 мА		5 мА	
Показатель тепловой инерции, не более	10...30 с		10...30 с	
Количество чувствительных элементов	1 шт.		1 шт.; 2 шт.	
Сопротивление изоляции, не менее	100 Мом		100 МОм	
Схема соединения внутренних проводников	2-х, 3-х, 4-х проводная		2-х, 3-х, 4-х проводная	
Степень защиты датчика по ГОСТ 14254	IP54		IP54	
Материал защитной арматуры	сталь 12Х18Н10Т (мод. 024, 044–184); латунь (мод. 014, 034, 204, 224)		сталь 12Х18Н10Т	

3.3.4. Психрометр «ВИТ-1»

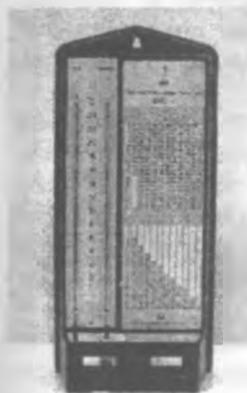


Рис. 3.62. Общий вид психрометра «ВИТ-1».

Прибор ВИТ-1 для измерения относительной влажности и температуры воздуха в помещениях.

Психрометр используют в экспериментальных лабораториях, в теплоэнергетической сети, вентиляционной системе, на многих промышленных предприятиях, таких как нефтехимия, газовых цехах и др. Такой аппарат очень практичный для использования в быту и в промышленности, имея его вы, всегда знаете температуру воздуха и влажность воздуха.

Устройство и принцип работы

В его конструкции используются спиртовые термометры, относящиеся к группе жидкостных термометров.

Принцип работы психрометра основывается на разности температур термометров, сухого и влажного. Датчиками температуры в психрометре используются кремниевые транзисторы. Имея результаты измерения можно определить относительную влажность, это выполняется при использовании калибровочных таблиц, а можно по температурной разности влажного и сухого термометров.

Гигрометр состоит из двух термометров, один из них определяет влажность, другой температуру. Для измерения температуры – термометр сухой, а для измерения влажности должен быть обернут батистом, предварительно смоченным водой. Второй термометр показывает собственную, зависящую от испарения температуру. Показатель будет низким при очень сухом воздухе. По полученным показаниям при помощи психометрической таблицы (приложение №5), расчетных линеек и нормограмм определяется относительная влажность и упругость пара.

Пример: при $T_c=22^{\circ}\text{C}$; разности $T_c-T_w = 6,0$ по психометрической таблице определяем относительную влажность равную 48%.

Сейчас наибольшее распространение получили аспирационный психрометр, стационарный психрометр, дистанционный психрометр. В стационарном психрометре оба термометра крепятся к штативу в метеорологической конструкции (будке). В аспирационном психрометре оба термометра прикреплены в специально разработанной оправе. Эта оправа предназначена для защиты от повреждений, от воздействия

солнечных лучей. Обдуваются аспиратором или вентилятором, подающим поток исследуемого воздуха, со скоростью 2 метра в секунду. Аспирационный психрометр более надежный в случае положительной температуры. В дистанционном психрометре используют термометры сопротивления, термодпары, термисторы.

Психрометр ВИТ-1 состоит из пластмассового основания, на котором закреплены температурная шкала с двумя капиллярами, резервуар одного из которых увлажняется фитилем из ткани, опущенным в питатель с водой, и таблица для определения относительной влажности воздуха по разнице показаний «сухого» и «увлажненного». Питатель закреплен с внутренней стороны основания. Шкальная пластина и таблица — металлические.

При отсутствии в таблице полученной разности температур по «сухому» и «увлажненному» термометрам для определения влажности примените интерполирование.

При отсутствии в таблице температуры по «сухому» термометру для определения влажности применяйте интерполирование только для тех областей психрометрической таблицы, в которых изменение температуры по «сухому» термометру на 1°C дает изменение относительной влажности более чем на 1%. Для остальных областей таблицы значения температуры по «сухому» термометру округляйте до ближайшего табличного значения по правилу арифметического округления.

Пример определения относительной влажности интерполированием. Определим температуры по «сухому» и «увлажненному» термометрам и разность между этими температурами.

При увеличении $T_c - T_w$ на 0,5°C относительная влажность уменьшается на 4,0%, поэтому увеличение $T_c - T_w$ на 0,1 °C уменьшит относительную влажность на $0,1 \cdot 4,0 / 0,5 = 0,8\%$. $49,0 - 0,8 = 48,2\%$. Принимаем относительную влажность = 48%.

▼ Технические характеристики

Таблица 3.49.

Основные параметры

Параметр	Значение
Диапазон измерений относительной влажности, %	20...90
Диапазон измерения температуры, °C	0...25
Цена деления шкалы, °C	0,2
Габаритные размеры, мм	325×120×50
Термометрическая жидкость	Толуол, метилкарбитол

3.3.5. Измеритель влажности и температуры



Измеритель влажности и температуры предназначен для измерения относительной влажности и температуры газов и жидкостей.

Рис. 3.63. Общий вид измерителя влажности и температуры.

Устройство и принцип работы

Состоит из блока электроники с дисплеем MR2350 и зонда MDR3. Для измерения относительной влажности используется плоский полимерный емкостной датчик, а для измерения температуры - платиновый, резистивный элемент.

При использовании зонда в запыленных средах для защиты чувствительного элемента применяется съемный, легко чистящийся фильтр-колпачок. Анализатор влажности разрешен к применению на небезопасных и взрывоопасных участках (имеет сертификаты - SIRA, FM и EEx). Блок электроники MR2350 имеет буквенно-цифровой дисплей, который позволяет удобно и с максимальной точностью отображать измеряемые величины. Возможно дополнительное подключение датчика давления.

▼ Технические характеристики

Таблица 3.50.

Спецификация блока электроники «MR2350»

Характеристики	Значения
Электроника	На базе микроконтролера
Единицы измерения влажности	Относительная влажность В %
Температура точки росы в °С	г/м ³ ; г/кг.
Единицы измерения температуры	°С
Давления	бар, кПа.
3 аналоговых выхода	0/4...20мА; 0/1...5В

4 программируемых выхода реле	2,5А; 250В.
Питание	220В.
Вес	1 кг.
Крепление	Настольное или настенное исполнение

Таблица 3.51.

Спецификация зонда «MDR3»

Характеристики	Значения
Чувствительный элемент	Емкостной датчик на полимерной основе
Диапазон относительной влажности	0 ... 100%.
Погрешность относительной влажности	$\pm 2\%$ ($\pm 3\%$ в диапазоне 90 ... 100%).
Диапазон точки росы	$-15^{\circ}\text{C} ; +75^{\circ}\text{C}$.
Погрешность точки росы	$+1^{\circ}\text{C}$.
Гистерезис относительной влажности	0,5%
Максимальная относительная влажность	50%, при точке росы больше 0°C .
Рабочая температура	$-10^{\circ}\text{C} ; +85^{\circ}\text{C}$.
Температурная погрешность	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.
Максимальное рабочее давление	17 бар.
Передача сигнала	4 жильный кабель, до 350 метров
Материал и габариты зонда	316 сталь, диаметр - 12,7 мм, длина - 172 мм.
Вес	230 г.

3.3.6. Микропроцессорный регулятор влажности и температуры



Рис. 3.64. Общий вид микропроцессорного регулятора влажности и температуры.

Регулятор предназначен для работы с увлажнителями марки «АГ1-15» (аэрозольный генератор).

Устройство и принцип работы

Прибор имеет 5 программируемых реле, которые могут быть настроены пользователем для управления процессами увлажнения, осушения, нагревания, охлаждения и оповещения о различных отклонениях в работе. Все настройки прибора могут быть легко изменены пользователем и хранятся при отключенном питании неограниченное время.

Микропроцессорный регулятор постоянно измеряет текущие значения влажности и температуры в зоне расположения датчика и поддерживает их на заданном уровне, управляя работой увлажнителей и нагревателей с помощью программируемых реле.

Информация о заданной влажности, заданной температуре и других настройках блока сохраняется в энергонезависимой памяти. Имеется возможность просмотра и изменения всех настроек прибора. Вывод алфавитно-цифровой информации осуществляется на шестиразрядный светодиодный индикатор. Все управление, задание режимов и просмотр введенных данных выполняется посредством кнопок на панели регулятора.

При подаче питания прибор автоматически переходит в рабочий режим - режим поддержания заданной влажности и температуры. На цифровой индикатор с интервалом около 7 сек. попеременно выводится

текущая влажность в процентах (например «47 НГ» т.е. 47%), и текущая температура в °С (например « 21.5 °С»). Если текущая влажность не достигла заданной, увлажнитель включен. При достижении заданной влажности, увлажнитель отключается. При последующем понижении влажности снова включится увлажнение. Если текущая температура не достигла заданной, нагреватель включен. При достижении заданной температуры нагреватель отключается. При последующем понижении температуры снова включится нагреватель.

Регулятор также может быть настроен для использования в режиме осушения и охлаждения.

▼ Технические характеристики

Таблица 3.52.

Основные параметры

Характеристики	Значения
Напряжение питания, В	220 ± 10%
Номинальная частота силовой сети, Гц.	50
Потребляемая мощность не более, Вт.	5
Нагрузочная способность выходов	5А, (реле)
Диапазон измерения и задания влажности, %	0...99
Дискретность задания влажности, %	1
Точность поддержания влажности, %	± 3
Дрейф характеристики датчика влажности	не более 1% за 5 лет
Диапазон измерения температуры, °С	-37...+89
Дискретность измерения температуры, °С	0.5
Диапазон задания температуры, °С	-35...+64
Дискретность задания температуры, °С	0.5
Точность поддержания температуры, °С	± 1
Количество программируемых реле, шт	5
Степень защиты прибора	IP56
Контроль исправности датчиков	есть
Габариты, мм.	220x190x90
Масса не более, кг.	1

Прибор предназначен для работы в условиях:

Температура воздуха при эксплуатации от 0 до + 45 °С;

Изготовитель гарантирует соответствие прибора техническим условиям при соблюдении условий эксплуатации, транспортирования, хранения и монтажа.

Гарантийный срок –12 месяцев с момента продажи прибора.

3.3.7. Датчик-регулятор влажности и температуры



Модификация датчика влажности и температуры ДВТ-03.RS с выходным исполнительным релейно-симисторным устройством для регулирования температуры и влажности без дополнительного регулятора.

Рис. 3.65. Общий вид датчика-регулятора влажности и температуры.

Устройство и принцип работы

Используемый в данной модификации релейно-симисторный силовой блок разработки НПК «Рэлсиб» позволяет значительно повысить надёжность прибора за счёт уменьшения электромагнитных помех и увеличения количества коммутационных циклов реле.

Имеется возможность изменения установок с компьютера (при помощи поставляемой в комплекте программы-конфигуратора).

Выпускается во влагозащищенном корпусе Н5.1 в настенном, канальном и уличном исполнениях.

Технические характеристики

Прибор выпускается:

- в корпусе на DIN-рейку – ДВТ-03.RS-Д4 с выносным датчиком;
- во влагозащищенном корпусе – ДВТ-03.RS-Н5.1 в настенном, канальном и уличном исполнениях.

Диапазоны по температуре: $-40...+100^{\circ}\text{C}$;

по влажности: $0...100\%$.

Погрешность по температуре: $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$;

по влажности: $\pm 2,0\%$.

Датчик работает в сети RS485 по протоколу Modbus. Поставляется совместно с программой-конфигуратором ПАС-ДВТ.

Имеет встроенную систему защиты от превышения относительной влажности выше 95% и конденсации влаги на чувствительном элементе, и позволяет регистрировать данные измерений с представлением информации в виде таблицы и графика.

В условиях бытовой и коммерческой эксплуатации срок службы таких датчиков составляет более 5 лет, однако воздействие химических паров и других загрязнений (масла, например) может привести к их досрочному выходу из строя.

3.3.8. Датчик температуры многоточечный



Датчики температуры многоточечные (ДТМ2) используются для постоянного мониторинга за изменением температур жидких сред в различных точках относительно высоты наполнения резервуара. Датчик температуры производит контактные замеры температуры в нескольких точках на расстоянии 0,25 м каждая. При этом предусмотрена возможность осуществления замеров в 16 разных точках.

Рис. 3.66. Общий вид датчика температуры многоточечного.

Устройство и принцип работы

Многоточечные датчики температуры используются для измерения температур щелочей, кислот и растворителей, а также нефтепродуктов и нефти. ДТМ2 применяются также для сплошного контроля за температурой других агрессивных и неагрессивных сред.

Невосприимчивость датчика температуры к воздействию агрессивной среды устанавливается, исходя из стойкости материалов, которые взаимодействуют с контролируемой средой, - фторопласт-4 и нержавеющая сталь марки 12Х18Н10Т.

Многоточечный датчик температуры представляет собой прибор из двух составляющих - это чувствительный элемент (ЧЭ) со встроенными интегральными термометрами и первичный преобразователь (ПП).

Первичный преобразователь представляет собой литый алюминиевый корпус, где находится микроконтроллер (МК) и энергонезависимая память (ЭМПК).

Чувствительный элемент (ЧЭ) представляет собой кабель, оболочка которого выполнена из фторопласта. Внутри кабеля с шагом равным 0,25 м размещены интегральные термометры (ИТ).

Многоточечный датчик температуры производит замеры температуры контролируемой среды посредством цифровых интегральных термометров, изготовленных компанией Maxim Integrated Products, Inc.

Первичный преобразователь считывает полученные данные и осуществляет выдачу сведений по требованию вторичного устройства в линию связи.

Микроконтроллер считывает информацию со всех интегральных термометров, имеющихся в чувствительном элементе. При этом скорость считывания составляет 8 интегральных термометров в секунду.

▼ Технические характеристики

Основные технические характеристики и условия эксплуатации датчиков ДТМ2 приведены в таблице 3.53.

Таблица 3.53.

Основные параметры

Характеристики	Значения
Длина чувствительного элемента	от 1,5 до 16 м
Количество точек измерений	до 16
Температура контролируемой среды	от минус 45 до + 125 °С
Давление контролируемой среды	не более 0,15 МПа
Температура внешней среды	от минус 45 до +85 °С
Пределы изменения атмосферного давления	от 84 до 106,7 кПа
Срок службы	не менее 10 лет
Масса	не более 4,7 кг
Габаритные размеры	145x215x(130+LЧЭ*) мм

* «LЧЭ» – длина чувствительного элемента датчика.

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры для ДТМ2-0, ДТМ2-0А:

- в диапазоне температур контролируемой среды от минус 45 до минус 10 °С – ± 2 °С;
- в диапазоне температур контролируемой среды свыше минус 10 до +85 °С – $\pm 0,5$ °С;
- в диапазоне температур контролируемой среды свыше +85 до +125 °С – ± 2 °С.

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры для ДТМ2-1, ДТМ2-1А:

- в диапазоне температур контролируемой среды от минус 45 до +85 °С – $\pm 0,5$ °С;
- в диапазоне температур контролируемой среды свыше +85 до +125 °С – ± 2 °С.

Датчик температуры устанавливается сверху резервуара на горизонтальной плоскости. При этом угол отклонения оси прибора от вертикали не должен превышать 15°.

3.3.9. Датчики температуры «ТСМУ-0104», «ТСПУ-0104»

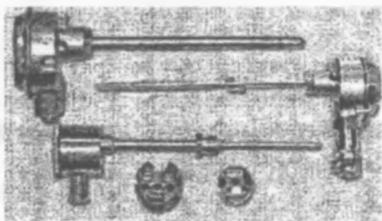


Рис. 3.67. Общий вид датчиков температуры «ТСМУ-0104», «ТСПУ-0104».

Термопреобразователи с унифицированным выходным сигналом ТСМУ-0104, ТСПУ-0104 предназначены для измерения и непрерывного преобразования температуры, твердых, жидких, газообразных и сыпучих веществ. ТСМУ-0104, ТСПУ-0104 предназначены для замены термопреобразователей с унифицированным выходным сигналом серии «ТСМУ-205», «ТСПУ-205».

Устройство и принцип работы

Отличаются возможностью смены термозонда и выбора нижнего и верхнего пределов диапазона измеряемой температуры с помощью переключателей (свитчи).

В соответствии с ГОСТ 14254 степень защиты от проникновения твердых тел, пыли и воды: IP54, IP65, IP67 в зависимости от исполнения клемной головки и типа присоединения.

Технические характеристики

Таблица 3.54.

Основные параметры

Параметры	Значения
Предел допустимой погрешности, %	$\pm 0,1$
Диапазон измеряемых температур, °C	-50 до 550
Используемый выходной сигнал, мА	4-20
Напряжение питания, В	15-42
Защита	взрывозащ.
Срок службы, лет	6

3.3.10. Анализатор температуры точки росы углеводородов «КОНГ-Прима-10»



Рис. 3.68. Общий вид анализатора температуры точки росы углеводородов «КОНГ-Прима-10».

Анализатор может быть использован в газовой, нефтяной промышленности и других отраслях народного хозяйства для контроля качества технологических процессов по параметру — точка росы влаги (влажность) и точка росы углеводородов в природном газе, воздухе и в других газах.

Устройство и принцип работы

В состав анализаторов входят:

- первичный преобразователь — преобразователь точки росы (ПТР);
- вторичный блок, осуществляющий общее управление анализатором (центральный управляющий блок ЦУБ или интерфейсный блок ИБ).

Преобразователь точки росы (ПТР), входящий в состав анализатора, может иметь различные конструктивные исполнения, которые определяются при заказе анализатора:

- ПТР в исполнении КРАУ2.848.004, с погружным газоподводом, предназначен для монтажа непосредственно на трубопроводе;
- ПТР в исполнении КРАУ2.848.004-01, с проточным газоподводом, предназначен для подключения к трубопроводу по проточной схеме, например, через систему подготовки газа КРАУ2.848.002 или КРАУ2.848.003;
- ПТР в исполнении КРАУ2.848.004-02, в отличие от ПТР КРАУ2.848.001-01 имеет повышенную прочность элементов конструкции ПТР, что позволяет использовать его при максимальном рабочем давлении до 25 МПа.

Вторичный блок анализатора имеет два конструктивных исполнения:

- Центральный управляющий блок КРАУ3.035.001-03;
- Интерфейсный блок КРАУ3.622.002-01.

Вторичный блок (ЦУБ КРАУЗ.035.001-03 или ИБ КРАУЗ.622.002-01) в составе анализатора выполняет следующие функции:

- управление процессом измерения и обработка результатов измерения;
- настройка параметров процесса измерения с помощью встроенной клавиатуры или терминального компьютера;
- сбор и хранение данных;
- визуализация процесса с помощью подключаемого к вторичному блоку терминального компьютера;
- формирование сообщений о самодиагностике анализатора;
- обеспечение интеграции анализатора в АСУ ТП.

▼ Технические характеристики

Таблица 3.55.

Основные параметры

Наименование параметра		КРАУ2.848.004,-01	КРАУ2.848.001-01,-02
Диапазон измерения температуры точки росы	по влаге	от -30 до +30°C	от -50 до +10°C
	по углеводородам		от -30 до +10°C
Пределы абсолютной погрешности при измерении точки росы	по влаге	± 0,25°C ± 0,5°C, ± 1°C	
	по углеводородам		± 1 (чистый пропан)
Длительность цикла измерения точки росы		от 10 до 30 мин	от 20 до 120 мин
Давление		до 10 МПа	до 25 МПа
Температура		от -20 до +50°C	
Рабочая температура окружающей среды		от -40 до +40°C	от +10 до +40°C
Расстояние от ПТР до ИБ		не более 1000 м	
Средний срок службы, не менее		10 лет	

3.3.11. Барометр «БТК-СН 18»



Рис. 3.69. Общий вид барометра «БТК-СН 18».

Барометры и баротермометры бытовые являются приборами, предназначенными для наблюдения за изменением атмосферного давления в географических районах, расположенных не выше 300 м. над уровнем моря.

Устройство и принцип работы

Барометр представляет собой механический стрелочный прибор, работающий от воздействия атмосферного давления на anerоидный чувствительный элемент. В конструкции барометра предусмотрен биметаллический стрелочный термометр.

Корпус прибора изготавливается из высококачественной пластмассы и ценных пород дерева с использованием технологии фирмы «Эйнсоф».

Барометры и баротермометры, в зависимости от внешнего оформления выпускаются в разных исполнениях.

Технические характеристики

Таблица 3.56.

Основные параметры

Параметры	Значения
Диапазон измерения давления мм. Рт. Сб.	695 – 805
Диапазон измерения давления в гПа	927 – 1073
Диапазон измерения температуры, °С	- 10 до +50
>Диаметр корпуса, мм	210
Диаметр циферблата (шкалы), мм	170
Вес, кг	0,7

3.4. Средства измерения и регулирования давления

3.4.1. Датчик давления



Рис. 3.70. Датчики давления Fuji Electric серии FCX-All: а) с фланцевым подключением, б) со штуцерным типом подключения.

Датчик давления — устройство, физические параметры которого изменяются в зависимости от давления измеряемой среды (жидкости, газы, пар). В датчиках давление измеряемой среды преобразуется в унифицированный пневматический, электрический сигналы или цифровой код.

Датчики давления серии FCX-All позволяют измерять дифференциальное, избыточное и абсолютное давления, уровень жидкости.

Устройство и принцип работы

Микропроцессор датчика выдает сигнал, пропорциональный току в диапазоне от 4 до 20 мА и поддерживает протоколы: Hart™ / Fuji, Fieldbus Foundation H1, Profibus PA.

На выходе датчик серии FCX-All выдает токовый сигнал 4-20 мА и поддерживает протоколы FUJI и HART™. Так же возможно использование протоколов Fieldbus Foundation H1 или Profibus PA. Модульная конструкция обеспечивает легкое и быстрое обслуживание.

Опции:

- Аналоговый или цифровой индикатор;
- Взрывозащищенное исполнение;
- Исполнения для работы при высоких температурах и с вакуумом (для датчиков уровня и с выносными мембранами);
- Работа с Хлором;
- Покрытие золотом/керамикой диафрагмы для работы с водородом или агрессивными средами;

- Боковой дренаж.

Материал деталей, контактирующих с рабочим веществом нерж. ст. 316 L.

▼ *Технические характеристики*

Датчики давления Fuji Electric серии FCX-AP с фланцевым подключением к процессу и выносными мембранами:

Диапазон измерений давления:

3,2 МПа, 10 МПа, 16 МПа, 42 МПа, 103,5 МПа

Точность:

$\pm 0,065\%$ от предела измерений (опционально 0,04%)

Температурные условия:

от -40 до +120°C (от -40 до +100°C для датчиков относительного и абсолютного давления)

Датчики давления Fuji Electric серии FCX-AP со штуцерным типом подключения к процессу и выносными мембранами с прямым монтажом:

Диапазон измерений давления:

3,0 МПа, 10 МПа

Точность:

$\pm 0,1\%$, $\pm 0,2\%$, $\pm 0,1$ или $\pm 0,2\%$

Температурные условия:

-40...+100 °C (температура среды)

-40...+85 °C (температура окружающей среды)

3.4.2. Датчики давления «МС-2000»



Датчики давления «МС-2000» предназначен для непрерывного преобразования значения абсолютного, избыточного давления и (или) разрежения жидкостей и газов, а также разности давлений (в т.ч. уровня жидкости) в унифицированный сигнал в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами.

Рис. 3.71. Датчики давления «МС-2000».

Устройство и принцип работы

Датчик имеет исполнения по взрывозащите, взрывозащищенное с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь «ia» с уровнем взрывозащиты «особовзрывобезопасный» (О), и маркировкой взрывозащиты «ОЕхialIBT5 X» взрывозащищенное с видами взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка» (d), «специальный» (s) и уровнем взрывозащиты «взрывобезопасный» (i) и маркировкой по взрывозащите «1ExsdIBT5— кроме датчиков моделей 2420ДГ, 2420ДГУ, 2430ДГ, 2430ДГУ, 2440ДГ, 2440ДГУ. Датчики с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка», выпускается только в корпусе Б.

Для датчиков разности давлений предельно допустимое рабочее избыточное давление должно быть:

- 4 МПа - для датчиков модели 2410;
- 40 МПа - для датчиков моделей 2434, 2444;
- 4, 10 МПа - для датчиков модели 2420, 2420ДГ, 2420ДГУ;
- 10, 16, 25 МПа - для датчиков остальных моделей.

При этом датчики являются многопредельными и могут быть настроены на 6 пределов измерений, что соответствует перенастройке выходного сигнала в соотношении 1:10.

Кроме того, отсутствует взаимное влияние регулировок «нуля» и «диапазона».

▼ Технические характеристики

Основная допускаемая погрешность аналогового выходного сигнала, выраженная в процентах верхнего предела или суммы верхних пределов измерений, не должна превышать пределов [Y], равных $\pm 0,2$; $\pm 0,25$; $\pm 0,5$.

Вариация аналогового выходного сигнала должна быть не более основной допускаемой погрешности.

Выходные сигналы 0-5 и 4-20 мА, включая реверсные значения. Значение выходного сигнала, соответствующее нижнему предельному значению измеряемого параметра:

- 0 и 4 мА - для предельных значений выходного сигнала 0-5 и 4-20 мА, соответственно;
- 5 и 20 мА - для предельных значений выходного сигнала 5-0 и 20-4 мА, соответственно.

Электрическое питание датчиков с видами взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка», «специальный» и невзрывозащищенных должно осуществляться от источника питания постоянного тока напряжением:

- $(36 \pm 0,72)$ В - для датчиков с выходным сигналом 0-5 и 5-0 мА;
- от 15 до 42 В, для датчиков с выходным сигналом 4-20 и 20-4 мА.

Датчики разности давлений выдерживают воздействие давления, в 1,5 раза превышающего предельно допускаемого рабочего избыточного.

Климатические исполнения:

- У2 для работы при температуре от минус 50 до 80 °С (основное исполнение);
- УХЛ3.1 - для работы при температуре от 5 до 50 °С;
- Т3 - для работы при температуре от минус 5 до 80 °С.

Условные обозначения датчика:

MC2000Ex2420-01-У2(-30+50)-0,25-6,3 кПа-10-42-Н1.*

3.4.3. Датчик-реле давления «Д-210-11»



Датчик-реле давления «Д-210-11» (в дальнейшем реле) предназначен для использования в автоматических и автоматизированных системах контроля управления и регулирования давления жидкостей, паров и газов, применяемых в холодильных и других установках.

Рис. 3.72. Датчик-реле давления «Д-210-11».

Устройство и принцип работы

Реле предназначено для эксплуатации во взрывобезопасных помещениях в условиях умеренного климата (вид климатического исполнения УЗ) при температуре окружающего воздуха от минус 40 до плюс 50°C и при атмосфере типа II ГОСТ 15150-69.

Модификация I – с зоной возврата (зоной нечувствительности), направленной в зону понижения (относительно уставки срабатывания) давления контролируемой среды;

Модификация II – с зоной возврата (зоной нечувствительности), направленной в сторону повышения (относительно уставки срабатывания) давления контролируемой среды.

Реле с пределами уставок срабатывания от минус 0,04 до плюс 0,25 МПа (от минус 0,4 до плюс 2,5 кгс/см²) изготавливаются только в модификации I.

▼ Технические характеристики

Основные параметры реле соответствуют приведенным в табл. 3.57 значениям при следующих условиях:

- изменение контролируемого давления – плавное со скоростью не более 0,5 МПа/мин [5 кгс/(см²·мин)];
- температура окружающего воздуха (20 + 5)°C;
- относительная влажность от 30 до 80% ;
- атмосферное давление от 84 до 107 кПа (от 630 до 800мм рт.ст.);
- рабочее положение реле – вертикальное, датчиком вниз.

Реле сохраняет работоспособность в следующих условиях эксплуатации:

- температура окружающей среды от минус 40 до плюс 50оС;
- относительная влажность воздуха до 95% при температуре 35оС;
- вибрация NX ГОСТ 12997 – 76 с частотой от 5 до 80 Гц и амплитудой смещения до частоты перехода 0,15мм, амплитудой ускорения для частоты выше частоты перехода 19,6 м/с².

Таблица 3.57.

Основные параметры

Пределы уставок срабатывания, МПа (кгс/см ²)		Пределы уставок зоны возврата (зоны нечувствительности), МПа (кгс/см ²)		Основные погрешности срабатывания и зоны возврата (зоны нечувствительности), МПа (кгс/см ²), не более	Разброс срабатываний, МПа (кгс/см ²), не более	Давление перегрузки МПа (кгс/см ²)
Нижний предел	Верхний предел	Нижний предел	Верхний предел			
-0,04(-0,4)	0,25(2,5)	0,03(0,3)	0,16(1,6)	±0,01(±0,1)	0,005(0,05)	
-0,04(-0,4)	0,4(4,0)	0,04(0,4)	0,25(2,5)	±0,016(±0,16)	0,008(0,08)	1,6(16)
0,2(2)	0,8(8)	0,08(0,8)	0,27(2,7)	±0,032(±0,32)	0,016(0,16)	
0,2(2)	1,2(12)	0,15(1,5)	0,45(4,5)	±0,048(±0,48)	0,024(0,24)	2,5(25)
0,5(5)	2(20)	0,2(2)	0,7(7)	±0,08(±0,8)	0,04(0,4)	

3.4.4. Сигнализатор давления универсальный «СДУ-М»



Сигнализатор давления универсальный «СДУ-М» - сигнальное устройство, реагирующее на изменение давления замыканием / размыканием контактной группы.

Рис. 3.73. Сигнализатор давления универсальный «СДУ-М».

Устройство и принцип работы

Сигнализатор рассчитан на круглосуточный режим работы. Сигнализатор выпускается в климатическом исполнении О2 по ГОСТ 15150 для работы при температуре от +1 до +45 °С. Сигнализатор предназначен для работы в помещениях, но может эксплуатироваться вне помещений при условии его установки в местах, защищенных от солнечного излучения и атмосферных осадков.

Сигнализатор давления универсальный СД 0,02 / 12(1) G °-В.02 - "СДУ-М" ТУ 4371-016-00226827-98.

Технические характеристики

Таблица 3.58.

Основные параметры

Параметры	Значения
Габаритные размеры, мм	42x50x55
Масса сигнализатора без упаковки, не более, кг	0,4
Контакты сигнализатора обеспечивают коммутацию:	
- цепей переменного тока напряжением от 0,2 до 250,0 В, в диапазоне	22мкА - 3 А
- цепей постоянного тока напряжением от 0,2 до 30,0 В, в диапазоне	22мкА - 4 А
Диапазон давлений рабочей газовой среды под мембраной сигнализатора в пределах, МПа	0,02 - 12,0
Диапазон давлений рабочей водяной или пенной среды под мембраной сигнализатора в пределах, МПа	0,02 - 1,5
Время срабатывания сигнализатора, не более, с	2
Давление срабатывания сигнализатора в пределах, МПа	0,02 - 0,06
Настраиваемое давление срабатывания, МПа	0,04 ± 0,02
Степень защиты оболочки	IP33
Срок службы сигнализатора, не менее, лет	10

3.4.5. Преобразователи «САПФИР-22МП»

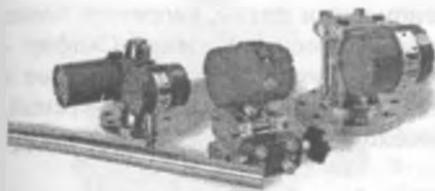


Рис. 3.74. Преобразователи «САПФИР-22МП».

Преобразователи «Сапфир 22МП» предназначены для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами в нефтеперерабатывающей, газовой, химической и других отраслях промышленности, в том числе с взрывоопасными условиями производства, и обеспечивают непрерывное преобразование измеряемых величин: - уровня жидкости, границы раздела двух несмешивающихся жидкостей как нейтральных, так и агрессивных; давления, разряжения, разности давлений, избыточного и абсолютного давления в стандартный токовый выходной сигнал.

Устройство и принцип работы

Преобразователи предназначены для работы с вторичной регистрирующей и показывающей аппаратурой, регуляторами и другими устройствами автоматики, машинами централизованного контроля и системами управления, работающими от стандартного входного сигнала 0-5 или 0-20 или 4-20 мА/ постоянного тока.

Преобразователи «Сапфир 22МП» полностью заменяет такие приборы как: «Сапфир-22, Сапфир -22М, Сапфир -22Р, Сапфир -22МТ, Сапфир -22К», и имеют те же присоединительные размеры. Преобразователи "Сапфир 22МП" являются аналогами преобразователей "Метран-100" с кодом МП.

Технические характеристики

По техническим и эксплуатационным характеристикам преобразователи, обладают большей стабильностью метрологических характеристик во времени и при изменении температуры окружающей среды за счет введения датчика температуры и калибровочной таблицы. Влияние температуры на показания прибора сводится к минимуму. Допускаемая температурная погрешность не превышает основную на любом из пределов измерений.

Калибровочная таблица может быть стандартной или произвольной формы. Таблица может быть с различными значениями тока из стандартного диапазона (0-20 000мкА) и температуры. Значения температуры и тока могут идти с неравномерным шагом, например: более часто на краях и более редко в середине. Преобразователи «Салфир - 22МП» можно настроить без применения образцовых милливольтметров и измерительных мостов сопротивлений на любой диапазон измерений, включая не стандартный, так как вся необходимая информация выводится на экран компьютера.

Перенастройку пределов, настройку "нуля" и "диапазона" можно осуществлять и при помощи выносного пульта управления с контролем вводимого параметра на индикаторе.

HART- протокол позволяет производить удаленную настройку прибора, не выходя из операторской, это сильно улучшает потребительские качества прибора особенно в зимнее время эксплуатации.

Таблица 3.59.

Основные параметры

Параметры	Значения
Предел допустимой погрешности, %	±0,5
Предел измерений, МПа	0 до 2,5
Диапазон измеряемых температур, °С	-50 до +80
Используемый выходной сигнал, мА	4-20
Напряжение питания, В	15-42
Защита	взрывозащ.
Срок службы, лет	10

3.4.6. Датчик измерения перепада давления «САПФИР - 22-Ех-М-ДД»

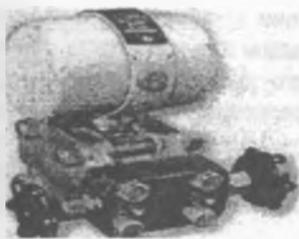


Рис. 3.75. Датчик измерения перепада давления «САПФИР - 22-Ех-М-ДД».

Датчик измерения перепада давления «САПФИР - 22-Ех-М-ДД» используется для преобразования значений уровня жидкости, расхода жидкости или газа, преобразование гидростатического давления - для преобразования значений уровня жидкости в унифицированный токовый сигнал. Каждый преобразователь имеет регулировку диапазона измерений и может быть настроен на любой верхний предел измерения, указанный для данной модели.

Преобразователи «САПФИР - 22-Ех-М-ДД» выполняются с видом взрывозащиты «искробезопасная электрическая цепь» с уровнем взрывозащиты «особовзрывобезопасный». Могут работать во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок.

Устройство и принцип работы

Принцип работы преобразователей основан на свойствах материалов менять свои электрические параметры (емкость, сопротивление) при изменении их геометрии. В качестве чувствительного элемента в преобразователях используется слой тензосопротивлений напыленных методом вакуумной диффузии на пластину из сапфира (так называемая структура КНС - «кремний на сапфире») соединенных с металлической пластиной. При изменении давления, оказываемого на пластину, происходит изменение сопротивления тензорезисторов, включенных в одно из плеч уравнительного моста, в результате чего появляется разбаланс мостовой схемы.

Таким образом, изменение давления или перепада давления преобразуется в выходной токовый сигнал 4-20 мА. Предельно допустимое рабочее избыточное давление - до 40 МПа.

▼ Технические характеристики

Таблица 3.60.

Основные параметры

Параметры	Значения
Предел допустимой погрешности, %	±0,5
Предел измерений, МПа	от 0 до 2,5
Диапазон измеряемых температур, °С	-50 до 550
Используемый выходной сигнал, мА	4-20
Напряжение питания, В	15-42
Срок службы, лет	12

3.4.7. Датчики давления «Метран»

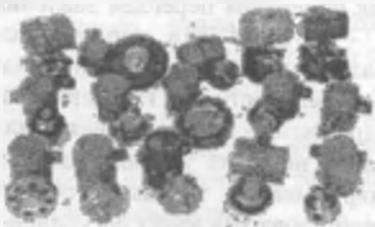


Рис. 3.76. Датчики давления «Метран».

Датчики давления «Метран» предназначены для измерения давления избыточного (ДИ), разрежения (ДВ), давления-разрежения (ДИВ), разности давлений (ДД) агрессивных сред с содержанием сероводорода, углеводородного конденсата, природного газа.

Устройство и принцип работы

«Метран-43» и «Метран-45», получили широкое признание потребителей благодаря высоким, а порой уникальным техническим и эксплуатационным характеристикам (верхние пределы измерений от 0,06 кПа до 100 МПа, «сухая» конструкция большинства измерительных блоков обеспечивает высокую надежность и стабильность метрологических характеристик датчиков при различных температурах окружающей среды, а для датчиков разности давлений - их практическую инвариантность к изменению величины рабочего статистического давления до 25 МПа).

Метран 44 - Датчики разности давлений «Метран-44-ДД» характеризуется высокой коррозионной стойкостью благодаря двум разделительным мембранам из специальных сплавов, защищающих с двух сторон измерительную мембрану и тензопреобразователь. При этом обеспечивается высокая точность измерений 0,2...0,5% и незначительное влияние рабочего избыточного давления до 25 МПа и температуры контролируемой среды до 120°C и более.

Метран 49 - Для нефтяной и газовой промышленности разработаны и освоены в производстве коррозионно-стойкие датчики серии «Метран-49». В зависимости от типа электронного преобразователя имеют два вида исполнения МП - микропроцессорный, АП - аналоговый.

3.4.8. Диафрагмы



Рис. 3.77. Диафрагма.

Диафрагмы предназначены для создания перепада давления при измерении расхода жидкостей газов или пара по методу переменного перепада давления в комплекте с дифманометрами-расходомерами.

Устройство и принцип работы

Диафрагма ДКС - камерная сужающее устройство, предназначена для измерения расхода жидкости, пара и газа методом переменного перепада давления, устанавливаемая во фланцах трубопровода, на условное давление до 10 МПа, с условным проходом от 50 до 500 мм. Поставляется в комплекте с датчиками давления ЕЖА/ЕЖХ.

Диафрагмы ДКС выпускаются в двух исполнениях и имеют одну пару отбора давления.

Диафрагма ДБС - бескамерная, предназначена для измерения расхода жидкости, пара и газа методом переменного перепада давления. Поставляется в комплекте с датчиками давления ЕЖА/ЕЖХ.

ДБС - диафрагма, устанавливаемая во фланцах на условный проход от 300 до 500 мм, и условное давление до 4 МПа.

ДВС - диафрагма бескамерная на высокое давление.

Диафрагма ДФК (диафрагма фланцевая, камерная) используется в трубопроводах с условным проходом менее 50 мм и условным давлением 10 МПа.

Диафрагма ДФК - фланцевая, камерная, имеет оригинальную конструкцию, которая позволяет сочетать камерный способ отбора давления и фланцевое соединение.

Стандартная измерительная диафрагма представляет собой тонкий металлический диск с центральным круглым отверстием, имеющим острую кромку. Перепад давления на ней возникает в результате локального увеличения скорости потока в соответствии с законом сохранения энергии и условием неразрывности потока. Зависимость перепада давления от расхода имеет квадратичный характер.

▼ Технические характеристики

Диски диафрагмы изготавливаются в различных вариантах:

- стандартные диафрагмы для трубопроводов с внутренним диаметром < 50 мм и рабочим давлением < 10 МПа;
- с коническим входом;
- износоустойчивые;
- стандартные диафрагмы для трубопроводов с внутренним диаметром > 50 мм (ГОСТ 8.563.1, МИ 2638-21);
- износоустойчивые по РД50-411;
- рабочим давлением < 0,6 МПа; 0,6...1,6 МПа; 1,6...2,5 МПа; 1,6...4 МПа;
- диаметром условного прохода - 300...2400 мм.

Диафрагмы с несколькими отверстиями



Диафрагмы предназначены для измерения расхода жидкостей, газов, пара по методу переменного перепада давления с использованием стандартных сужающих устройств по ГОСТ 8.563.197, ГОСТ 8.563.297, ГОСТ 8.563.397.

Рис. 3.78. Диафрагмы с несколькими отверстиями.

Устройство и принцип работы

Подобие центрированной диафрагмы – в диске диафрагмы сделано несколько отверстий. Протекание измеряемого материала через несколько суженных сечений приводит по сравнению с центрированной диафрагмой к снижению требований по минимальной длине прямолинейного участка трубопровода перед диафрагмой и за ней, которые необходимы для правильной работы средств измерения данного типа.

Исполнение диафрагмы с несколькими отверстиями дает возможность, чтобы длина прямолинейных участков трубопровода перед и за диафрагмой составляла не больше $2D$ или же $3D$ в зависимости от коэффициента β (символ D обозначает внутренний диаметр трубы). К преимуществам диафрагм с несколькими отверстиями относится, кроме выгод центрированных диафрагм (простота, заменяемость, надежность), главным образом застроенная длина, что предоставляет широкие возможности. Диафрагмы с несколькими отверстиями готовы к применению как рабочие средства измерения без поверки либо как калибровочные средства измерения с поверкой. Диафрагмы поставляются

в исполнении вместе с измерительными линиями. Диапазон применения диафрагмы с несколькими отверстиями ограничен коэффициентом β ($\beta=d/D$).

Диафрагму с несколькими отверстиями выпускают для внутреннего диаметра (диаметра в свету) DN15 - DN1000 для коэффициентов $\beta=0,4 - \beta=0,65$.

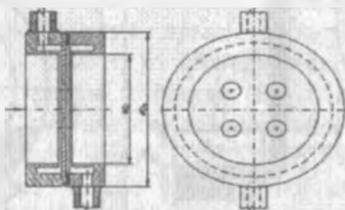


Рис. 3.79. Схема дисков диафрагмы с несколькими отверстиями.

Диафрагмы используются в комплекте с преобразователями разности давления или дифманометрами.

Диафрагмы, камерные и бескамерные, устанавливаются во фланцевых разъемах трубопроводов.

Вследствие перехода части потенциальной энергии давления в кинетическую средняя скорость потока в суженном сечении становится меньше статического давления перед сужающим устройством. Разность этих давлений (перепад давления) тем больше, чем больше расход протекающего вещества.

Камерная диафрагма ДКС отличается от бескамерной ДБС наличием кольцевых камер для отбора статического давления непосредственно у плоскостей диафрагмы.

Диафрагма камерная состоит из диска и корпусов кольцевых камер. Для уплотнения между плоскостью соприкосновения камер и диска вставлена прокладка.

Обозначение типоразмеров диафрагм при условном давлении P_u 6(0,6) кгс/см. (МПа); Условном проходе D_u , 300мм; ДБС 6-300

▼ *Технические характеристики*

Таблица 3.61.

Основные параметры

Параметры	ДКС	ДБС
Условное давление P_u , МПа	0,6	0,6; 1,6; 2,5; 4,0
Условные проходы трубопроводов D_u , мм.	50...500	50...350
Материал диска диафрагмы	сталь 20; сталь 12Х18Н10Т.	

3.4.9. Дифференциальные манометры

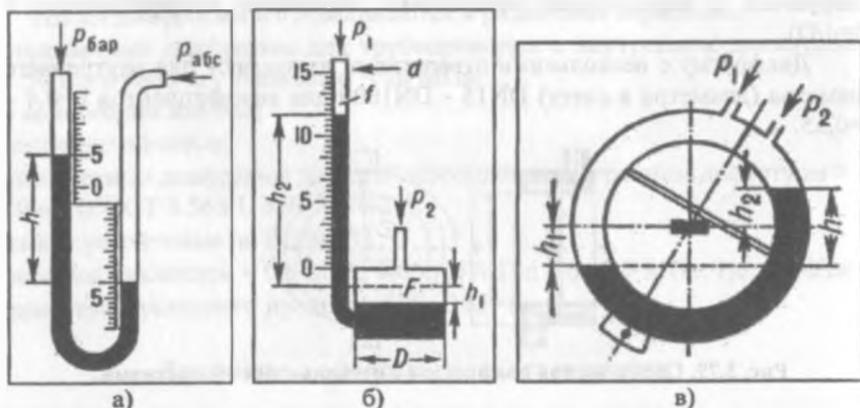


Рис. 3.80. Дифференциальные манометры: а) двухтрубный дифманометр; б) дифманометр с сосудом и вертикальной трубкой; в) кольцевой дифманометр.

Дифманометр, дифференциальный манометр, прибор для измерения разности (перепада) давлений; применяется также для измерений уровня жидкостей и расхода жидкости, пара или газа по методу перепада давлений.

Устройство и принцип работы

По принципу действия различают дифманометры: жидкостные, в которых измеряемое давление или разрежение уравнивается столбом жидкости, и механические, в которых давление уравнивается силами упругости различных чувствительных элементов — мембраны, пружины, сильфона. Упругая деформация чувствительного элемента — величина, пропорциональная измеряемому давлению.

Жидкостные дифманометры разделяются на *трубные, поплавковые, кольцевые и колокольные*.

Трубные дифманометры бывают двухтрубные (U-образные) и однотрубные (с сосудом и вертикальной трубкой и с сосудом и наклонной трубкой, служащей для увеличения точности отсчёта при измерении малых величин). Действие двухтрубного дифманометра (рис. 3.80, а) основано на использовании сообщающихся сосудов, заполненных жидкостью, столб которой одновременно является гидравлическим затвором и создаёт гидростатическое давление, противодействующее измеряемому. Один конец U-образной трубки, заполненной жидкостью, соединяют с замкнутым пространством, в котором надо измерить

избыточное давление, а второй остаётся открытым (под барометрическим давлением). Разность уровней жидкости в трубках показывает избыточное давление $p_{изб} = p_{абс} - p_{бар} = p$; $p = h\gamma$, где h — разность уровней жидкости, γ — плотность заполняющей жидкости, g — ускорение свободного падения. Уравнение для однотрубного дифманометра с сосудом и вертикальной трубкой (рис. 3.80. б.) аналогично уравнению для двухтрубного дифманометра. Величина перемещения жидкости в трубке однотрубного дифманометра прямо пропорциональна измеряемому перепаду давлений и зависит от соотношения квадратов диаметров или площадей сечения трубки и сосуда: $f/F = d^2/D^2$. Чтобы упростить измерения, обычно принимают соотношение, при котором h_2 будет отличаться от h_1 не более чем на 1%; поэтому величиной h_1 пренебрегают и отсчёт производят только по уровню жидкости в трубке. Для исключения погрешности шкала изготавливается с делениями, равными не 1 мм, а меньше (0,9 мм). Диапазон измерений U-образных дифманометров до 93 кН/м² (700 мм рт. ст.) при давлении среды до 15 Мн/м² (150 кгс/см²). Точность отсчёта в двух трубках ± 1 мм.

Поплавковый дифманометр по принципу действия аналогичен однотрубному дифманометру с сосудом и вертикальной трубкой, только для измерения служит поплавок, передающий изменение уровня жидкости в сосуде на стрелку прибора. Диапазон измерения перепадов давления от 0 до 133 кН/м² (от 0 до 1000 мм рт. ст.), при давлении среды до 16 Мн/м² (160 кгс/см²). Основная приведённая погрешность $\pm 1,5$ —2%.

Кольцевой дифманометр, или "кольцевые весы", имеет чувствительный элемент в виде полого кольца с перегородкой (рис. 3.80. в). В нижней части кольца, заполненного жидкостью (вода, масло, ртуть), укреплен компенсационный груз. При $p_1 = p_2$ уровень жидкости в обеих частях кольца одинаков, а центр тяжести груза находится на вертикальной оси, проходящей через центр кольца. При $p_1 > p_2$ жидкость в левой части опустится, а в правой поднимется. Усилие, создаваемое действием разности давлений на перегородку, вызывает момент, стремящийся повернуть кольцо по часовой стрелке. Диапазон измерения перепадов давлений: для низкого давления (с водяным заполнением) до 1,6 кН/м² (160 кгс/м²) при давлении среды до 150 кН/м² (15000 кгс/м²); для среднего (с ртутным заполнением) — до 33 кН/м² (250 мм рт. ст.) при давлении среды 3,2 Мн/м² (32 кгс/см²). Основная приведённая погрешность $\pm 0,5$ —1,5%.

Колокольный дифманометр представляет собой колокол, погружённый в жидкость и перемещающийся под влиянием разности давлений внутри (большее) и снаружи (меньшее) колокола. Противодействующая измеряемому давлению сила создаётся утяжелением колокола (гидростатическое уравновешивание) или деформацией пружины, на

▼ *Технические характеристики*

Таблица 3.62.

Основные параметры

Параметры		Значения
Предельно допускаемые рабочие избыточные давления, кгс/см ²		63; 160; 250; 320
Верхние пределы измерений манометрической части дифманометров ДСС-711-2С-М1, ДСС-712-2С-М1, кгс/см ²		6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160 на избыточное давление до 63 и 160 кгс/см ² 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250; 400 на избыточное давление до 250 и 320 кгс/см ²
Предельные номинальные перепады давлений, кгс/см ²		0,063; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,63; 1; 1,6; 2,5 – на избыточное давление до 63 и 160 кгс/см ² 0,4; 0,63; 1,6; 2,5; 4; 6,3 – на избыточное давление до 250 и 320 кгс/см ²
Классы точности		1; 1,5
Верхние пределы измерений:	дифманометров-расходомеров выбираются из ряда $A \cdot n^{10p}$, где a – одно из чисел ряда, n – целое (положительное или отрицательное) число или нуль	1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8
	дифманометров-перепадаомеров должны соответствовать предельным номинальным перепадам давлений	±31,5; ±50
	дифманометров-уровнемеров выбираются из ряда	63; 100; 160; 250; 400; 630; 1000; 1600; 2500; 4000; 6300; 10000; 16000 см 0,63; 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160 м
	дифманометров-уровнемеров ДСП-УС выбираются из ряда	160; 250; 400; 630; 1000; 1600 см – на избыточное давление 25 кгс/см ²
Время одного оборота диаграммы, ч		24
Питание дифманометров ДСС-711-М1, ДСС-711-2С-М1; ДСП-4Сг-М1 от сети переменного тока:		- напряжение, В 220 - частота, Гц 50±1
Температура окружающей среды, °С	ДСС-711-М1; ДСС-711-2С-М1	-10... +50
	ДСС-712-М1; ДСС-712-2С-М1	-10... +50; -30... +50
	ДСП-4Сг-М1	-40... +70
	ДСП-160-М1	-40... +70
	ДСП-УС	-50... +70
Относительная влажность, %		до 80
Габаритные размеры, мм:	дифманометров самопшущих	280x340x230
	показывающих	195x153x136
	показывающих сигнализирующих	235x205x165

3.4.10. Манометры, вакуумметры, мановакуумметры, напоромеры, тягомеры и тягонапоромеры

Показывающие и самопишущие манометры, вакуумметры, мановакуумметры, напоромеры, тягомеры и тягонапоромеры, предназначенные для измерения избыточного и вакуумметрического давления жидкости, газа и пара.

В группу приборов измеряющих избыточное давление входят:

- манометры ДМ - приборы с измерением от 0,06 до 1000 МПа (Измеряют избыточное давление — положительную разность между абсолютным и барометрическим давлением);
- вакуумметры ДВ - приборы измеряющие разрежения (давления ниже атмосферного) (до минус 100 кПа);
- мановакуумметры ДА - манометры измеряющие как избыточное (от 60 до 240000 кПа), так и вакуумметрическое (до минус 100 кПа) давление;
- напоромеры ДН - манометры малых избыточных давлений до 40 КПа;
- тягомеры ДТ - вакуумметры с пределом до минус 40 КПа;
- тягонапоромеры ДГ - мановакуумметры с крайними пределами не превышающими ± 20 кПа.

Прибор, измеряющий атмосферное давление, называется барометром.

Манометр — прибор, измеряющий давление жидкостей и газов, применяется для контроля и регулирования давления.

По назначению манометры можно разделить на технические — общетехнические, электроконтактные, специальные, самопишущие, виброустойчивые (глицеринозаполненные), и эталонные (образцовые).

Общетехнические: предназначены для измерения не агрессивных к сплавам меди жидкостей, газов и паров.

Электроконтактные: имеют возможность регулировки измеряемой среды, благодаря наличию электроконтактного механизма.

Специальные: кислородные - должны быть обезжирены, так как иногда даже незначительное загрязнение механизма при контакте с чистым кислородом может привести к взрыву.

Эталонные: обладая более высоким классом точности (0,15; 0,25; 0,4) эти приборы служат для поверки других манометров. Устанавливаются такие приборы, в большинстве случаев на грузопоршневых манометрах или каких-либо других установках способных развивать нужное давление.

которой подвешивается колокол (механическое уравнивание). Диапазон измерения перепада давлений от 40 н/м² до 4 кн/м² (от 4 до 400 кгс/см²) при давлении среды от 10 кн/м² до 0,3 Мн/м² (от 1000 кгс/см² до 3 кгс/см²).

Механические дифманометры разделяются на мембранные с плоской упругой металлической мембраной и с неметаллической мембраной и сильфонные. В мембранных дифманометрах упругая металлическая мембрана прогибается под влиянием измеряемого давления, по величине прогиба определяют давление. В некоторых конструкциях дифманометров мембрана служит только для разделения камер. Противодействующую силу при деформации создаёт тарированная цилиндрическая спиральная пружина, которая разгружает мембрану. Некоторые мембранные дифманометры имеют защиту от односторонней перегрузки и могут применяться для измерения не только перепадов, но и избыточных давлений. Диапазон измерения давления от 0 до 6,3 кн/м² (0—630 кгс/м²) и от 0,16 до 0,63 Мн/м² (1,6—6,3 кгс/см²); диапазон перепада давлений до 133 кн/м² (1000 мм рт. ст.) при максимальном давлении среды до 60 Мн/м² (600 кгс/см²). Основная приведённая погрешность ± 1,5%. Дифманометры с неметаллическими мембранами (из резины и т.п. материалов) имеют только цилиндрическую спиральную пружину, не воспринимают изгибающих моментов и сжимающих усилий и работают только на растяжение. Для увеличения перемещения они изготавливаются гофрированными и имеют жёсткий центр, образованный двумя металлическими дисками. Диапазон измерений перепада давлений до 133 кн/м² (1000 мм рт. ст.) при давлении среды до 6,4 Мн/м² (64 кгс/см²). Основная приведённая погрешность ± 1—2%.

Сильфонные дифманометры имеют чувствительный элемент — гофрированную металлическую коробку (сильфон) с тарированной цилиндрической спиральной пружиной. Сильфон разделяет полость дифманометра на две камеры. Большее давление подводится в полость над сильфоном, а меньшее — внутрь. Под действием разности давлений сильфон прогибается на величину, пропорциональную измеряемому давлению. Диапазон измерений до 25 кн/м² (2500 кгс/м²) при давлении среды до 32 Мн/м² (320 кгс/см²). Основная приведённая погрешность ± 0,5—1%.

Поплавковые, кольцевые, колокольные и механические дифманометры изготавливаются показывающими, самопишущими и бесшкальными (с электрической или пневматической дистанционной передачей показаний), с электрическим контактным устройством. Дифманометры для измерения расхода по методу переменного перепада выпускаются с интегрирующими и суммирующими устройствами.

Дифманометры сифонные



Дифференциальные манометры (дифманометры) сифонные предназначены для измерения:

а) расхода жидких и газообразных сред по методу переменного перепада давлений (расходомеры);

б) разности давлений жидких и газообразных сред (перепадомеры);

в) уровня жидких сред, находящихся под атмосферным, вакуумметрическим или избыточным давлением (уровнемеры).

Рис. 3.81. Дифманометр сифонный.

Устройство и принцип работы

Типы:

- ДСП-160-М1 – дифманометр показывающий;
- ДСП-4Сг-М1 – дифманометр показывающий сигнализирующий;
- ДСП-УС – дифманометр-уровнемер показывающий;
- ДСС-711-М1 – дифманометр самопишущий с приводом диаграммного диска от электродвигателя;
- ДСС-712-М1 – дифманометр самопишущий с приводом диаграммного диска от часового механизма;
- ДСС-711-2С-М1 – дифманометр самопишущий с приводом диаграммного диска от электродвигателя и дополнительной записью избыточного давления;
- ДСС-712-2С-М1 – дифманометр самопишущий с приводом диаграммного диска от часового механизма и дополнительной записью избыточного давления.

Изготавливаются по ТУ 25-7310.0063-87.

Пример обозначения: дифманометр-расходомер ДСС-711-М1, класса точности 1, на предельный номинальный перепад 0,25 кгс/см², рабочее избыточное давление 160 кгс/см², верхний предел измерений 2500 т/ч:

“ДСС-711-М1-1-0,25кгс/см²-160кгс/см²-2500т/ч. ТУ 25-7310.0063-87”.

Самопишущие: манометры в корпусе, с механизмом позволяющим воспроизводить на диаграмной бумаге график работы манометра.

Довольно часто корпуса манометров, служащих для измерения давления газов, окрашивают в различные цвета. Так манометры с голубым цветом корпуса предназначены для измерения давления кислорода. Желтый цвет корпуса имеют манометры на аммиак, белый – на азотелен, темно-зеленый – на водород, серовато-зеленый – на хлор. Манометры на пропан и другие горючие газы имеют красный цвет корпуса. Корпус черного цвета имеют манометры предназначенные для работы с негорючими газами.

Устройство и принцип работы

Принцип действия манометра основан на уравнивании измеряемого давления силой упругой деформации трубчатой пружины или более чувствительной двухпластинчатой мембраны, один конец которой запаян в держатель, а другой через тягу связан с трибко-секторным механизмом, преобразующим линейное перемещение упругого чувствительного элемента в круговое движение показывающей стрелки.

Соответствие диаметра или размера лицевой панели корпуса классу точности приведено в табл. 3.63.

Таблица 3.63.

Соответствие диаметра панели корпуса классу точности

Диаметр или размер лицевой панели корпуса, мм, не более	Класс точности					
	0,4	0,6	1,0	1,5	2,5	4,0
40, 50	-	-	-	-	+	+
60, 63	-	-	+	+	+	+
100	-	-	+	+	+	-
160	-	+	+	+	+	-
250	+	+	+	+	-	-

Манометр технический (показывающий) - манометры, преобразующие деформацию чувствительного элемента (трубки Бурдона) в показания манометра. Технический манометр используется для измерения избыточного и вакуумметрического постоянного и переменного давления

некристаллизующихся жидкостей, газа и пара. С точки зрения классификации по способу преобразования деформации чувствительного элемента делятся на сигнализирующие, котловые, аммиачные, коррозионностойкие, виброустойчивые и железнодорожные манометры также относятся к этому типу. К техническим манометрам относятся приборы неагрессивные к медным сплавам, с диаметром шкалы 60, 100 и 150 мм и отображением значения давления на шкале.

Манометр может точно работать в условиях водяных паров, насыщенных солями, содержащимися в морском тумане, с примесью паров масел в условиях вибрации и наклонов. Измеряемыми техническим манометром средами могут быть: морская и пресная вода, пар, паровоздушная смесь, технический воздух, масло, хладон марок 12, 22, 142 (символическое обозначение R12, R22, R142), керосин, флотский мазут, соляр, дизельное топливо, бензин, гелий, азот.

Манометр технический конструктивно состоит из цилиндрического корпуса со шкалой, закрытой защитным стеклом, и штуцера для присоединения к месту отбора давления. В середине корпуса находится чувствительный элемент в виде трубчатой пружины (трубки Бурдона). Принцип действия технического манометра основан на деформации трубчатой пружины под действием давления. Подвижный конец трубчатой пружины запаян и соединен с осью, на которой жестко закреплена показывающая стрелка. Для устранения люфта ось соединена со спиралью - пружиной. Под действием избыточного давления трубка выпрямляется, а под действием вакуумметрического давления - сжимается, что приводит к вращению секторного устройства. Через зубчатое зацепление этот поворот передается оси с показывающей стрелкой, которая перемещается по шкале прибора.

Пример условного обозначения прибора при заказе:

Манометр с верхним пределом измерений 25 МПа класса точности 1,5:

ДМ 1001-25 МПа-1,5 ТУ.

Мановакуумметр с верхним пределом измерений избыточного давления 500 кПа класса точности 1:

ДА 1001-500 кПа-1 ТУ.

Тягомер с верхним пределом измерений 400 Па класса точности 2,5:

ДТ - серийно-порядковая часть-400 Па-2,5 ТУ.

Тягонапоромер с верхним пределом измерений избыточного давления 300 Па класса точности 2,5:

ДГ - серийно-порядковая часть-300 Па-2,5 ТУ.

▼ Технические характеристики

Пределы допускаемой основной погрешности приборов Δ , выраженные в процентах диапазона показаний (записи), и дифференцированные значения предела допускаемой основной погрешности для приборов с диапазоном измерений от 0 до 100 % приведены в табл. 3.64.

Таблица 3.64.

Предел допускаемой основной погрешности

Обозначение класса точности	Предел допускаемой основной погрешности, % диапазона показаний, в диапазоне шкалы		
	от 0 до 25 %	от 25 до 75 %	св. 75 до 100 %
0,4	$\pm 0,4$	$\pm 0,4$	$\pm 0,4$
0,6 - 0,4 - 0,6	$\pm 0,6$	$\pm 0,4$	$\pm 0,6$
0,6	$\pm 0,6$	$\pm 0,6$	$\pm 0,6$
1 - 0,6 - 1	$\pm 1,0$	$\pm 0,6$	$\pm 1,0$
1	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
1,5 - 1 - 1,5	$\pm 1,5$	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$
1,5	$\pm 1,5$	$\pm 1,5$	$\pm 1,5$
2,5 - 1,5 - 2,5	$\pm 2,5$	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$
2,5	$\pm 2,5$	$\pm 2,5$	$\pm 2,5$
4 - 2,5 - 4	$\pm 4,0$	$\pm 2,5$	$\pm 4,0$
4	$\pm 4,0$	$\pm 4,0$	$\pm 4,0$

Предел допускаемой основной погрешности Δ составляет:

- $0,8\Delta$ - при выпуске приборов из производства и ремонта;
- Δ - для приборов, находящихся в эксплуатации.

На циферблат прибора наносят:

- единицу физической величины;
- знак «-» (минус) перед числом, обозначающим верхний предел измерений вакуумметрического давления;
- класс точности или условное обозначение класса точности (например: 0,6 или 1-0,6-1);
- условное обозначение рабочего положения прибора, если оно отличается от нормального;

– наименование или условное обозначение измеряемой среды - при специальном исполнении прибора.

На циферблате, корпусе или табличке показывающих приборов наносят:

- номинальное напряжение и ток - для приборов с сигнализирующим устройством;
- параметры питания - для приборов с сигнализирующим устройством непрямого действия;
- условное обозначение прибора;
- знак Государственного реестра - по ГОСТ 8.383;
- товарный знак предприятия-изготовителя;
- другие необходимые обозначения.

На табличке самопишущих приборов наносят:

- единицу физической величины;
- класс точности;
- номинальное напряжение и частоту тока - для приборов с электрическим приводом диаграммы;
- условное обозначение прибора;
- знак Государственного реестра - по ГОСТ 8.383;
- товарный знак предприятия-изготовителя;
- другие необходимые обозначения.

Манометры, мановакуумметры, напоромеры, тягонапоромеры должны выдерживать перегрузку избыточным давлением, значение которой должно соответствовать указанному в табл. 3.65.

Таблица 3.65.

Перегрузка к верхнему пределу измерений

Верхний предел измерений, МПа (кгс/см ²)	Перегрузка к верхнему пределу измерений избыточного давления, %
До 10 (100) включ.	25
Св. 10 (100) » 60 (600) »	15
» 60 (600) » 160 (1600) »	10
» 160 (1600) » 1000 (10000) »	5

Манометры с верхними пределами измерений до 25 МПа (250 кгс/см²), мановакуумметры, напоромеры и тягонапоромеры должны выдерживать воздействие 20000 циклов переменного избыточного давления, манометры с верхними пределами свыше 25 МПа (250 кгс/см²) до 160 МПа (1600 кгс/см²) - 15000 циклов переменного избыточного давления, изменяющегося от верхнего предела измерений в диапазоне:

- от (30 ± 5) до (70 ± 5) % - для приборов с диапазоном измерений от 25 до 75 %;
- от (50 ± 5) до (90 ± 5) % - для приборов с диапазоном измерений от 0 до 100 %.

Число циклов для приборов с верхним пределом измерений свыше 160 МПа (1600 кгс/см²) должно устанавливаться в ТУ на прибор конкретного типа.

Среднюю наработку на отказ по каждой функции или каналу следует выбирать из ряда: 66000; 80000; 100000; 125000 ч.

Установленную безотказную наработку приборов следует выбирать из ряда: 6600; 8000; 10000; 12500 ч.

Полный средний срок службы приборов должен быть не менее 10 лет.

Давление измеряемой среды должно изменяться со скоростью не более 3 % диапазона показаний в секунду - для самопишущих приборов и не более 10 % - для показывающих приборов.

Гарантийный срок эксплуатации - не менее 18 мес со дня ввода в эксплуатацию.

Манометры точных измерений



Манометры, вакуумметры и мановакуумметры показывающие для точных измерений МПТИ, ВПТИ, МВПТИ предназначены для измерения избыточного и вакуумметрического давления неагрессивных, некристаллизующихся жидкостей, газа и пара, в том числе кислорода.

Рис. 3.82. Манометр точных измерений.

Технические характеристики

Манометры, вакуумметры и мановакуумметры показывающие для точных измерений МПТИ, ВПТИ, МВПТИ изготавливаются по ТУ 4212-044-00225590-2003

Таблица 3.66.

Основные параметры

Технические характеристики	МПТИ	ВПТИ	МВПТИ
Пределы показаний прибора, кгс/см ²	от 0 до 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250; 400; 600	от -1 до 0	от -1 до 0,6; 1,5; 3; 5; 9; 15; 24
Диаметр корпуса, мм	160		
Класс точности приборов	1* 0,6* 0,4		
Масса приборов не более, кг	1,5		
Средний срок службы, лет	10		
Измеряемая среда	жидкость, пар, газ, кислород		
Диапазон рабочих температур, °С	-50 до +60		

Электроконтактные сигнализирующие манометры, вакуумметры, мановакуумметры



Манометры, вакуумметры и мановакуумметры показывающие сигнализирующие ДМ2005Сг, ДВ2005Сг и ДА2005Сг, ДМ2010Сг, ДВ2010Сг и ДА2010Сг предназначены для измерения избыточного и вакуумметрического давления различных сред и управления внешними электрическими цепями от сигнализирующего устройства прямого действия.

Рис. 3.83. Электроконтактный сигнализирующий манометр.

Технические характеристики

Манометры, вакуумметры и мановакуумметры показывающие сигнализирующие ДМ2005Сг, ДВ2005Сг и ДА2005Сг, ДМ2010Сг, ДВ2010Сг и ДА2010Сг изготавливаются по ТУ 4212-040-00225590-2001.

Таблица 3.67.

Основные параметры

Технические характеристики	ДМ2005Сг	ДМ2010Сг	ДВ2005Сг	ДВ2010Сг	ДА2005Сг	ДА2010Сг
Пределы показаний прибора, кгс/см ²	от 0 до 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250; 400; 600; 1000; 1600		от -1 до 0		от -1 до 0,6; 1,5; 3; 5; 9; 15; 24	
Диаметр корпуса мм	160	100	160	100	160	100
Класс точности приборов	1,5					
Масса приборов не более, кг	1,6	1,0	1,6	1,0	1,6	1,0
Средний срок службы, лет	10					
Измеряемые среды	жидкость, пар, газ, пропан, бутан, кислород					
Диапазон рабочих температур, °С	-50 до +60					

Технические манометры, вакуумметры, мановакуумметры



Манометры, вакуумметры и мановакуумметры показывающие МП-2 МП-3 МП-4-У, ВП-2 ВП-3 ВП-4-У и МВП-2 МВП-3 МВП-4-У предназначены для измерения избыточного и вакуумметрического давления неагрессивных, некристаллизующихся по отношению к медным сплавам жидкостей, пара и газа, в том числе кислорода, ацетилена.

Рис. 3.84. Технический манометр.

Технические характеристики

Манометры, вакуумметры и мановакуумметры показывающие МП-2 МП-3 МП-4-У, ВП-2 ВП-3 ВП-4-У и МВП-2 МВП-3 МВП-4-У изготавливаются по ТУ 25-02.180335-84.

Таблица 3.68.

Основные параметры

Технические характеристики	МП2(3,4)-У	ВП2(3,4)-У	МВП2(3,4)-У
Пределы показаний прибора, кгс/см ²	от 0 до 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250; 400; 600	от -1 до 0	от -1 до 0,6; 1,5; 3; 5; 9; 15; 24
Диаметр корпуса, мм	60, 100, 160		
Масса приборов не более, кг	0,15		
Средний срок службы, лет	10		
Класс точности приборов, %	+/-2,5, +/-1,5		
Измеряемая среда	жидкость, пар, газ, пропан, бутан, кислород, ацетилен		
Диапазон рабочих температур, °С	-50 до +60		
Межповторный интервал, год	1		

Манометры, вакуумметры, мановакуумметры



Манометры, вакуумметры и мановакуумметры показывающие ДМ8010, ДВ8010 и ДА8010 предназначены для измерения избыточного и вакуумметрического давления неагрессивных некристаллизующихся по отношению к медным сплавам жидкостей, пара и газа.

Рис. 3.85. Манометр ДМ8010.

Технические характеристики

Манометры, вакуумметры и мановакуумметры показывающие ДМ8010, ДВ8010 и ДА8010 изготавливаются по ТУ 4212-001-42368375-01.

Таблица 3.69.

Основные параметры

Технические характеристики	ДМ8010	ДВ8010	ДА8010
Пределы показаний прибора, кгс/см ²	от 0 до 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250; 400; 600	от -1 до 0	от -1 до 0,6; 1,5; 3; 5; 9; 15; 24
Диаметр корпуса, мм	250		
Масса приборов не более, кг	2,2		
Средний срок службы, лет	10		
Класс точности приборов, %	+/-1,5		
Измеряемая среда	жидкость, пар, газ		
Диапазон рабочих температур, °С	-50 до +60		
Межповерочный интервал, год	1		

Виброустойчивые манометры, вакуумметры, мановакуумметры



Манометры, вакуумметры и мановакуумметры показывающие виброустойчивые М-ЗВУ, В-ЗВУ и МВ-ЗВУ предназначены для измерения избыточного и вакуумметрического давления некристаллизующихся жидкостей, паров, газов, в том числе кислорода, ацетилена, хладонов 12, 13, 22, 142, 502 (фреонов), газодонефтяной эмульсии, нефти и нефтепродуктов в промышленных установках и гидравлических бурильных и насосных установках.

Рис. 3.86. Виброустойчивый манометр.

Технические характеристики

Манометры, вакуумметры и мановакуумметры показывающие виброустойчивые М-ЗВУ, В-ЗВУ и МВ-ЗВУ изготавливаются по ТУ 25-7310.041-86.

Таблица 3.70.

Основные параметры

Технические характеристики	М-ЗВУ	В-ЗВУ	МВ-ЗВУ
Пределы показаний прибора, кгс/см ²	от 0 до 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250; 400; 600; 1000; 1600	от -1 до 0	от -1 до 0,6; 1,5; 3; 5; 9; 15; 24
Диаметр корпуса, мм	100		
Масса приборов не более, кг	0,8		
Средний срок службы, лет	8		
Класс точности приборов, %	+/-1,5; +/-1		
Измеряемая среда	жидкость, пар, газ, пропан, бутан, кислород, ацетилен, хладон		
Диапазон рабочих температур, °С	-60 до +70		
Межповсрочный интервал, год	1		

Манометр общетехнический типа «ТМ»



Манометры (мановакуметры, вакуумметры) общетехнические типа «ТМ» (ТМВ, ТВ) предназначены для измерения разрежений и давления газообразных и жидких, не вязких и не кристаллизующихся измеряемых сред, не агрессивных по отношению к медным сплавам (вода, пар, газ, масло, керосин, бензин, дизтопливо).

Рис. 3.87. Манометр общетехнический типа «ТМ».

Технические характеристики

При подборе манометра следует учитывать, что постоянная нагрузка не должна выходить из диапазона $3/4$ шкалы измерения, переменная нагрузка не должна выходить из диапазона $2/3$ шкалы измерения. Возможны кратковременные нагрузки на прибор, не превышающие 110 % от значения шкалы.

При установке манометра рекомендуется установка через специальный термогасящий отвод (трубку Перкинса).

При наличии в системе пульсаций измеряемой среды рекомендуется использовать специальные демферные блоки.

При высокой динамической нагрузке рекомендуется использовать заполнение манометров глицерином или силиконом (серия 20, 21).

Для подключения к трубопроводам необходимо использовать трехходовые краны типов 116186к, 116386к, игольчатые вентили.

Таблица 3.71.

Основные параметры

Технические характеристики	ТМ	ТВ	ТМВ
Пределы показаний прибора, кгс/см ²	0...1000	от -1 до 0	-1...24
Диаметр корпуса, мм	40, 50, 63, 100, 150, 250		
Масса приборов не более, кг	0,15		
Средний срок службы, лет	10		
Класс точности приборов, %	+/-1,5		
Измеряемая среда	жидкость, пар, газ, пропан, бутан, кислород, ацетилен		
Диапазон рабочих температур, °С	-50 до +60		
Измеряемая среда, °С	до 150		
Межповерочный интервал, год	1		

Электроконтактные манометры (ЭКМ)



Рис. 3.88. Электроконтактный манометр серии ТМ-510Р.03.

Манометры с электроконтактной приставкой (электроконтактный манометр) предназначены для измерения избыточного и вакуумметрического давления различных жидких или газообразных сред и управления внешними электрическими цепями от сигнализирующего устройства прямого действия.

Устройство и принцип работы

Используется для выдачи управляющих сигналов на поддержание давления в компрессорном оборудовании (реле давления компрессора), гидросистемах (гидроаккумуляторах) и пневмооборудовании (реле давления воздуха), автоклавах паровых и автоклавах бытовых. Может использоваться в качестве замены датчика реле-давления с двумя независимыми порогами и манометра показывающего.

Электроконтактные манометры серии ТМ-510Р.03 (ТМ-510Р.05) применяются для замены более старых серий электроконтактных манометров ДМ-2010, ЭКМ-100 и ЭКМ-1У.

Электроконтактные манометры ТМ-610Р.03 (ТМ-610Р.05) применяются для замены более старых серий манометров электроконтактных ДМ-2005, ЭКМ-160 и ЭКМ-2У.

Технические характеристики

Таблица 3.72.

Основные параметры

Характеристики	Значения
Контролируемые среды	Неагрессивные некристаллизующиеся жидкости, газы и пары с допускаемой температурой до 150 градусов Цельсия
Тип контактной системы	Двухконтактная с магнитным поджатием контактов (уменьшение дребезга, увеличение коммутируемой мощности)
Исполнение сигнализирующего устройства по ГОСТ 2405-88	Исполнение V -левый замыкающий правый размыкающий (указатели синего цвета) Исполнение III -левый размыкающий правый замыкающий (указатели красного цвета)
Номинальное зна-	1А (максимальная разрывная мощность 30ВА)

Основные параметры

Характеристики	Значения
Верхние пределы измерений ЭКМ-1005:	
- 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	4:1 (4 диапазона измерений)
Выходной сигнал (опция), мА	4 - 20
Мощность коммутации оптореле:	
- напряжение, В	~/ = 220
- ток, мА	300
Сигнализирующее устройство в соответствии с ГОСТ 2405-88 обеспечивает коммутацию переменного тока сетевой частоты и постоянного тока:	
- в ЭКМ-1005, ЭКМ-1005Exd	-220 В (-24; -27; -36; -110 В) =220 В (=24; = 27; =36; =110 В)
- в ЭКМ-1005Ex	=24 В
Температура измеряемой среды в рабочей полости, °С	от -40 до +120
Конфигурирование	внутренняя клавиатура, магнитный брелок для наружного управления
Функция извлечения квадратного корня	есть
Погрешность ЭКМ1005, %	от $\pm 0,25$, $\pm 0,4$, $\pm 0,6$
Климатические исполнения	С3° (от -5 до +50 °С) С3 (от -25 до +70 °С) С2 (от -40 до +70 °С)
Масса ЭКМ, кг, не более:	
- для исполнения ЭКМ-1005-ДА, ЭКМ-1005-ДИ, ЭКМ-1005-ДИВ	1,25
- для исполнения ЭКМ-1005-ДД	1,5
Пылевлагозащита	IP65
Варианты исполнения	общепромышленное, «Ex» (ExialICT6 X), «Exd» (1ExdIICT6)
Индикация	5-разрядный ЖК-индикатор с подсветкой и графической шкалой; вращение индикатора на 180°
Гарантия, лет	5
Межпроверочный интервал, года	2

Манометры образцовые



Рис. 3.90. Манометр образцовый типа МО.

Манометры деформационные образцовые с условными шкалами типов МО предназначены для проверки рабочих манометров, а также преобразователей давления и разности давлений.

Приборы выпускаются по ТУ 25-05-1664-74. Шкала приборов: 250 условных единиц - для класса точности 0,4; 400 условных единиц - для классов точности 0,15 и 0,25. Цена деления - 1 условная единица.

Диаметр корпуса для класса 0,4 - 160 мм ; для класса 0,15 и 0,25 - 250 мм.

Температура окружающего воздуха - от 5 до 40 °С, относительная влажность 80 % при $t = 25$ °С.

Технические характеристики

Таблица 3.74.

Основные параметры

Модель	Верхний предел измерений, МПа (кгс/см ²)	Класс точности
11201	0,1(1)	
11202	0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6 (1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60)	0,4
11203	10; 16; 25; 40; 60; (100; 160; 250; 400; 600)	
1227	0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5 (1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25)	0,15 или 0,25
1226	4; 6; 10; 16; 25; 40; 60 (40; 60; 100; 160; 250; 400; 600)	0,15 или 0,25

3.5. Расходомеры и счетчики количества

Расходомер – в технике, прибор для измерения расхода – объема или массы среды, протекающей через прибор в единицу времени. Используется для контроля и учёта жидкости, пара или газа при их производстве, отпуске, потреблении и хранении, а также служит для регулирования технологических и теплоэнергетических процессов в автоматических системах контроля и регулирования. Расходомеры, работающие в течение произвольного промежутка времени, называются счётчиками жидкости и газа; они могут использоваться как самостоятельные приборы или входить в измерительный узел топливно-маслораздаточной колонки и т.п. установок. Иногда расходомер снабжают интеграторами — устройствами для суммирования измеряемых масс или объема.

Тип используемого для измерений устройства зависит от измеряемой характеристики, величины объемного расхода и требуемой точности измерений.

Существующие устройства учета расхода газа по пропускной способности можно классифицировать на следующие группы:

- бытовые – с пропускной способностью до $10 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- коммунально-бытовые - с пропускной способностью $10 \text{ м}^3/\text{ч} - 40 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- промышленные - с пропускной способностью свыше $40 \text{ м}^3/\text{ч}$.

По методу измерения можно классифицировать на следующие группы:

Основанные на гидродинамических методах:

- переменного перепада давления (с сужающими устройствами);
- обтекания (ротаметры, поплавковые, поршневые, поплавково-пружинные и с поворотной осью);
- вихревые.

С непрерывно движущимся телом:

- тахометрические (турбинные, камерные, барабанные, ротационные, мембранные объемные счетчики и др.);
- силовые (массомеры газа, в работе которых используется Кориолисов эффект).

Основанные на различных физических явлениях:

- тепловые (калориметрические, с внешним нагревом, термоанемометрические);
- акустические (ультразвуковые);
- оптические (лазерно-доплеровские анемометры).

3.5.1. Счетчики газа - бытовые



Рис. 3.91. Счетчик газа - бытовой G 6.

Устройство и принцип работы

Область применения: учет объема газа в домах, оборудованных газовыми плитами, газовыми колонками, нагревательными котлами малой мощности.

Принцип работы диафрагменных счетчиков основан на поочередном вытеснении газа из рабочих камер за счет попеременного перемещения диафрагм (перегородок, разделяющих рабочие камеры) входным давлением газа.

Перемещение диафрагм через систему рычагов и редуктор приводит в действие счетный механизм.

Возможность применения в автоматизированных системах сбора информации по радиоканалу, GSM каналу, с помощью переносного считывающего устройства.

Для дистанционной передачи информации к счётчику может быть присоединён низкочастотный датчик импульсов (геркон) типа IN-Z61, срабатывающий от магнитной вставки, встроенной в младший разряд счётного механизма.

Совокупность всех особенностей предопределяет долговечную надежность диафрагменного счетчика газа.

Счетчик имеет отсчетное устройство в виде ЖКИ, на котором цифры показывают объем газа в кубических метрах, а три цифры после точки соответственно в десятых, сотых и тысячных долях кубического метра. Питание счетчика осуществляется от литиевой батареи, обеспечивающей работу счетчика в течении не менее 12 лет с даты выпуска.

Счетчик эксплуатируется при температуре окружающего воздуха от минус 10°C до 50°C, относительной влажности воздуха не более 95% при температуре 35°C.

▼ *Технические характеристики*

Таблица 3.75.

Основные параметры

Технические характеристики	Счетчик газа		
	СГБ G2,5	СГБ G4	СГБ G 6
Максимальный расход газа, м ³ /ч	4	6	10
Номинальный расход газа, м ³ /ч	2,5	4	6
Минимальный расход газа, м ³ /ч	0,025	0,04	0,06
Максимальное давление, кПа, (кгс/см ²)	50 (0,51)		
Рабочее давление, кПа, (кгс/см ²)	10 (0,10)		
Потери давления при максимальном расходе, Па (мм вод.ст.), не более	200 (20)		250(25)
Пределы допускаемой основной относительной погрешности в диапазонах расхода, %	от Q _{мин.} до 0,1 Q _{ном.}		±3
	0,1 Q _{ном.} до Q _{макс.}		±1,5
Цена деления отсчетного устройства	0,002		0,012
Изменение относительной погрешности при отклонении температуры окружающей и измеряемой среды на 10°C от нормальной. % не более	0,45		
Температура измеряемой и окружающей среды, °C	- 40 ... +60		
Порог чувствительности, м ³ /ч не более	0,005	0,008	
Циклический объем, дм ³	1,2		
Межповерочный интервал, лет	8		
Гарантийный срок эксплуатации, мес.	18		
Масса, кг	3,5		4

Таблица 3.76.

Основные параметры

Технические характеристики	Счетчики газа ВКГ4Т		
	NPM-G1,6	NPM-G2,5	NPM-G4
Циклический объем (дм ³)	1,2		
Максимальный расход газа (м ³ /ч)	2,5	4	6
Номинальный расход газа (м ³ /ч)	1,6	2,5	4
Минимальный расход газа (м ³ /ч)	0,016	0,025	0,04
Наибольшее избыточное рабочее давление (кПа)	50		

Пределы допускаемой относительной погрешности	± 3		
Допускаемая потеря давления (Па) при Q _{max}	не более 200		
Макс. допускаемая потеря давления (Па) при Q _{ном} .	50	80	100
Порог чувствительности счетчика	не более 0,002 Q ном		
Максимальное значение отсчётного устройства (м3)	99999,999		
Цена деления отсчетного устройства (дм3)	0,2		
Рабочий диапазон температур измеряемого газа (°С)	- 40, + 50		
Диаметр входного и выходного штуцеров (дюйм)	1, 1/4		
Межповерочный интервал (лет)	10		
Гарантийный срок (со дня ввода в эксплуатацию)	3 года		

Таблица 3.77.

Основные параметры

Технические характеристики		Счетчик газа	
		СГБМ-1,6	СГ-1
Диаметр условного прохода Ду [мм]		15	
Диапазон измерения расхода газа	от Q _{min} [м3/ч]	0,04	0,03
	до Q _{max} [м3/ч]	1,6	1,2
Пределы допускаемой относительной погрешности [%]	в диапазоне от Q _{min} до 0,2 Q _{max}	3	±2
	в диапазоне от 0,2 Q _{max} до Q _{max}	1	
	в диапазоне от 0,2 Q _{max} до Q _{max}	1,5	
Давление измеряемой среды, не более [кПа]		5,0	5,0
Межповерочный интервал [лет]		8	5
Средний срок службы счетчика [лет]		12	
Масса счетчика, не более [кг]		0,67	0,8
Диапазон рабочих температур, °С		от -10 до +40	

Основные параметры

Технические характеристики		Счетчики газа - бытовые	
		СГМН-1 G4	СГМН-1 G6
Максимальный расход, м ³ /ч		6	10
Номинальный расход газа Q _{ном} , м ³ /ч		4	6
Минимальный расход, м ³ /ч		0,04	0,06
Максимальное рабочее давление, кПа		60	
Предел погрешности, %:	от Q _{min} до 0,1 Q _{ном}	±3	
	от 0,1 Q _{ном} до Q _{мах}	±1,5	
Потеря давления при Q _{мах} , Па		250	
Диапазон рабочих температур, °С		от -40 до +50	
Межповерочный интервал, лет		8	
Масса, кг		3,3	3,8
Габаритные размеры, мм		263×165×235	306×165×223
Срок службы счетчика, лет		20	
Гарантийный срок, месяцев		36	

3.5.2. Счетчики газа - ротационные



Рис. 3.92. Счетчик газа ротационный «РЛ-4».

Счетчики РЛ-1,6; РЛ-2,5; РЛ-4; РЛ-6; РЛ-10; РЛ-20; RVG предназначены для коммерческого учета объемного количества неагрессивных газов. Измеряемая среда: природный и другие газы (пропана-бутана, воздуха, сланцевого, генераторного, светильного и других).

Устройство и принцип работы

Ротационный (роторный) счетчик — камерный счетчик газа, в котором в качестве преобразовательного элемента применяются восьмиобразные роторы.

Ротационный счетчик газа RVG работает по принципу вытеснения строго определенного объема газа вращающимися роторами. Объем вытесненного газа определяется объемом измерительной камеры счетчика, образованной внутренней поверхностью корпуса и поверхностями двух синхронно вращающихся в противоположных

направлениях роторов. Вращательное движение роторов через редуктор и магнитную муфту передается на 8-ми разрядный счетный механизм, который регистрирует число оборотов роторов, а следовательно и объем газа, прошедший через счетчик.

Технические характеристики

Конструкция счетчика обеспечивает самоочищаемость от пыли и других твердых частиц, содержащихся в природном газе. Счетчики оснащены встроенным сетчатым фильтром и укомплектованы присоединительными деталями на 3/4".

Таблица 3.79.

Основные параметры

Технические характеристики	Счетчики газа ротационные					
	РЛ-1,6	РЛ-2,5	РЛ-4	РЛ-6	РЛ-10	РЛ-20
Номинальный расход, (м3/час)	1,6	2,5	4,0	6,0	10,0	20,0
Максимальный расход, (м3/час)	2,5	4,0	6,0	10,0	16,0	20,0
Минимальный расход, (м3/час)	0,04			0,06		1,0
Порог чувствительности, (м3/час)	0,04			0,25		
Относительная погрешность в диапазоне расхода от Q_{min} до Q_{max} , (%), не более	±1,5			2,5		
Условия эксплуатации: температура, (°C)	+5... +50					
Относительная влажность до, (%)	95					
Габаритные размеры, (мм)	157x100x100		178x100x100		230x150x130	
Масса, (кг)	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0
Межповерочный интервал, (лет)	8					
Средний срок службы, (лет)	20					

Таблица 3.80.

Основные параметры

Технические характеристики	Счетчики газа ротационные RVG						
	RVG G16	RVG G25	RVG G40	RVG G65	RVG G100	RVG G160	RVG G250
Наибольший расход, приведенный к н.у. при $P_{изб}=1,6(7,5)$ МПа Q_{max} , м3/ч	425	680	1105	1700	2720	4250	6800
Диапазон измерения Q_{max}/Q_{min}	1:20	1:20; 1:50		1:20; 1:50; 1:100			
Рабочее давление газа не более МПа	1,6						

Наибольший физический расход Q_{max} , м ³ /ч		25	40	65	100	160	250	400
Диаметр Ду, мм		50			80			100
Погрешность измерений составляет:	при $Q=(0,1 \dots 1,0)Q_{max}$, %	1						
	при $Q=Q_{min} \dots 0,1Q_{max}$, %	2						
Температура рабочей среды, (°C)		-20...+60						
Температура окружающей среды		-30oC...+70oC						
Межповерочный интервал составляет		4 года						
Масса, кг		13			15	27	37	

Ротационные счетчики газа «РГК-Ех»



Рис. 3.93. Счетчик газа - ротационный «РГК-Ех».

Счетчики газа «РГК-Ех» предназначены для измерения количества газа, протекающего в трубопроводе, при действующих давлении и температуре.

Устройство и принцип работы

Счетчики имеют выходной низкочастотный сигнал для работы с электронными корректорами объема газа, являются взрывозащищенными, имеют маркировку взрывозащиты IExibIIBT3.

Объемное измерение в счетчике осуществляется вследствие вращения двух роторов восьмиобразной формы, которое происходит за счет разности давлений на входе и выходе. Измерительный объем счетчика определяется пространством, заключенным между стенкой корпуса и роторами. Газ поступает через входное отверстие в верхней части корпуса. При протекании газа через счетчик на выходе счетчика давление газа P2 будет несколько ниже, чем давление на входе P1.

Благодаря разности давлений на входе и выходе роторы приводятся во вращательное движение и вращаются в направлении, указанном стрелками. При вращении роторов за каждый оборот дважды происходит наполнение камеры и дважды — выталкивание газа. Точность измерения обеспечивается точностью изготовления деталей, определяющих

измерительный объем счетчика, минимальной величиной зазоров между роторами и корпусом, а также легкостью вращения роторов.

Ротационные счетчики РГК-Ех состоят из двух основных узлов: измерителя и счетного механизма. Измеритель состоит из корпуса, отлитого из чугуна, в котором расточены два полуцилиндра. В полуцилиндрах размещены два ротора во взаимно перпендикулярном положении. По овальным фланцам корпус закрыт стенками, в которых монтируются подшипники — опоры роторов. На шейках роторов смонтированы две пары шестерен. Сопряжение шестерни с валом происходит по конической поверхности.

Установка двух пар шестерен и поворот их в противоположные направления позволяет свести зазор в зубчатом зацеплении до минимума и тем самым сохранить постоянство зазора во всех положениях роторов. Шестерни закрыты герметичными крышками, образующими камеры шестерен. Одна шейка ротора соединена с редуктором счетного механизма, который крепится на передней крышке измерителя.

Передаточное отношение выбрано так, что счетный механизм показывает объем прошедшего через счетчик газа непосредственно в кубометрах. Счетный механизм роликового типа имеет 8 цифровых роликов для счетчиков с расходом 40 и 100 м³/ч. Счетный механизм закрывается герметичной крышкой и работает в атмосфере газа.

Потерю давления в счетчике можно определить дифманометром, обеспечивающим измерение перепада давления ± 30 мм вод.ст. Дифманометр подключают в местах, предназначенных для отбора давления на входе и выходе счетчика. Подключают дифманометр только на остановленном счетчике.

▼ Технические характеристики

Таблица 3.81.

Основные параметры

Технические характеристики		Счетчики газа							
		G25	G40	G65	G100	G250	G400	G650	G1000
Максимальный расход, м ³ /ч		40	65	100	160	400	650	1000	1250
Минимальный расход, м ³ /ч, при соотношении Q _{min} /Q _{max}	1 : 20	2	3	5	8	20	32	50	62
	1 : 30	1,3	2	3	5	13	20	32	40
Порог чувствительности, м ³ /ч		1/3Q _{min}							

Максимальное рабочее давление, МПа		0,1–0,3				
Предел погрешности, %	от 10 до 20 $Q_{ном}$	± 2				
	от 20 до 100 $Q_{ном}$	± 1				
ДУ, мм		50	80	125	150	200
Рабочая температура, °С		от –25 до +50				

Счетчик газа «DELTA»



Ротационные счетчики газа «DELTA» предназначены для коммерческого учета количества природного и других неагрессивных газов. Счетчики могут иметь специальное исполнение для учета водорода и кислорода.

Рис. 3.94. Счетчик газоротационный «DELTA».

Технические характеристики

Счетчики типоразмеров от G10 до G650 обеспечивают измерение объемного расхода газа в трубопроводах с диаметрами условного прохода от 40 до 150 мм;

Таблица 3.82.

Основные параметры

Параметры		Значения
Температура измеряемой среды, °С		от –20 до +60
Максимальное рабочее давление, бар		до 96
Счетчики предназначены для эксплуатации при температуре окружающей среды, °С		от –20 +60
Счетчики обеспечивают измерение объемного расхода газа в диапазоне, м ³ /ч		от 0,4 до 1000
Основная относительная погрешность находится в пределах	при расходе газа от Q_{min} до $0,2Q_{max}$, %	± 2
	от $0,2Q_{max}$ до Q_{max} , %	± 1
Межповерочный интервал, лет		5
Гарантийный срок эксплуатации, месяцев		18

Основные параметры

Типо-размер	Серия	Ду, мм	Корпус	Q_{max} (P_{max}), м ³ /ч	Диапазон измерения Q_{max} / Q_{min}	P_{max} бар	Кол-во газа, соотв. 1 мм-у НЧ датчика, м ³ /мм.	Потери давления ΔP , мбар (1мбар=10 мм вод. ст.)	Масса ⁽³⁾ , кг
G10	2040/A	40	A	16	1:20-30	12	0,01	0,27	2,7
G16	2040/A	40	A	25	1:20-30-50	12	0,01	0,67	2,7
	2050/A	50	A	25	1:20-30-50	16	0,1	0,11	11
	2050/B	50	GGG40.3	25	1:20-30-50	17,2	0,1	0,11	19
	2050/C	50	Ст-ое литье	25	1:20-30-50	94	0,1	0,11	53
G25	2040/A	40	A	40	1:20-30-50	12	0,01	1,11	3,4
	2050/A	50	A	40	1:20-30-50 - 100	16	0,1	0,27	11
	2050/B	50	GGG40.3	40	1:20-30-50 - 100	17,2	0,1	0,27	19
	2050/C	50	Ст-ое литье	40	1:20-30-50 - 100	94	0,1	0,27	53
G40	2040/A	40	A	65	1:20-30-50	12	0,01	2,68	3,4
	2050/A	50	A	65	1:20-30-50 - 100 - 160	16	0,1	0,71	11
	2050/B	50	GGG40.3	65	1:20-30-50 - 100 - 160	17,2	0,1	0,71	19
	2050/C	50	Ст-ое литье	65	1:20-30-50 - 100 - 160	94	0,1	0,71	53
G65	2050/A	50	A	100	1:20-30-50 - 100 - 160 - 200	16	0,1	1,68	11
	2050/B	50	GGG40.3	100	1:20-30-50 - 100 - 160 - 200	17,2	0,1	1,68	19
	2050/C	50	Ст-ое литье	100	1:20-30-50 - 100 - 160 - 200	94	0,1	1,68	53
G100	2050/A	50	A	160	1:20-30-50 - 100 - 160 - 200	16	0,1	2,62	15
	2080/A	80	A	160	1:20-30-50	16	0,1	1,4	15

					- 100 - 160 - 200				
	2080/B	80	GGG40.3	160	1:20-30-50 - 100 - 160 - 200	17,2	0,1	1,4	25
	2080/C	80	Ст-ое литые	160	1:20-30	94	1	1,4	84
G160	2080/A	80	A	250	1:20-30-50 - 100 - 160	16	1	2,2	29
	2080/B	80	GGG40.3	250	1:20-30-50 - 100 - 160	17,2	1	2,2	41
	2080/C	80	Ст-ое литые	250	1:20-30-50 - 100 - 160	94	1	2,2	84
G250	2100/A	100	A	400	1:20-30-50 - 100 - 160	16	1	2,12	43
	2100/B	100	GGG40.3	400	1:20-30-50 - 100 - 160	17,2	1	2,12	56
	2100/C	100	Ст-ое литые	400	1:20-30-50	94	1	2,12	119
G400	3D	150	GG25	650	1:20-30-50	12	1	2,12	104
G650	N	150	GG25	1000	1:20-30-50	12	1	3,24	197

Примечания:

- (1) - в таблице указаны значения расхода газа при рабочих условиях (в газопроводе);
- (2) - потеря давления указана для следующих условий: через счетчик протекает природный газ с плотностью $0,67 \text{ кг/м}^3$ с расходом $Q_{\text{тах}}$;
- (3) - величина массы счетчика зависит от конструкции фланцев и материала корпуса. Пересчет расходов газа, приведенных при рабочих условиях, к нормальным условиям производится по формуле: $Q_n = Q(P+1)$, где:
 Q_n - расход газа, приведенный к нормальным условиям, в $\text{м}^3/\text{ч}$;
 Q - расход газа через счетчик при рабочем давлении, в $\text{м}^3/\text{ч}$;
 P - рабочее давление газа в газопроводе, в кг/см^2 .

3.5.3. Расходомеры серии «Time Delta-C»

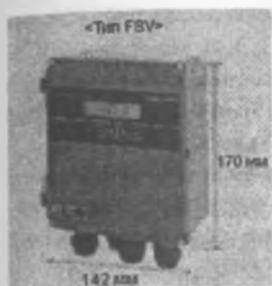


Рис. 3.95. Расходомер серии «Time Delta-C».

Расходомеры серии «Time Delta-C» – это стационарные ультразвуковые расходомеры накладного типа, которые предназначены для измерения расхода и общего потока жидкости в закрытых трубопроводах неинтрузивным методом. Это особенно полезно, когда требуется высокая точность измерений, а расходомер должен быть установлен без остановки процесса.

Благодаря применению новейших достижений электроники и технологий цифровой обработки сигнала ультразвуковой расходомер серии «Time Delta-C» демонстрирует высокую точность результатов (свыше ± 1.0 % от номинала), является компактным и легким в использовании, обладает повышенной устойчивостью к пузырькам воздуха. Также имеется коммуникационная функция - передача данных по шине MODBUS, опционально.

Устройство и принцип работы

Расход измеряется путем определения разности времен диагонального прохождения ультразвуковых импульсов между датчиками, установленных на внешней стороне трубопровода сверху и снизу по отношению к направлению потока.

Отличительные особенности:

- широкий диапазон типоразмеров датчиков УЗ расходомер может использоваться с различными типами датчиков, применяемых на трубопроводах с широким диапазоном диаметров труб (от $\varnothing 13$ до $\varnothing 6000$ мм), а также в условиях высоких и низких температур (от -40 °C до $+200$ °C);
- высокая точность (свыше ± 1.0 % от номинала) обеспечивается за счет динамической компенсации полностью сформировавшегося профиля потока;
- отличная устойчивость к пузырькам воздуха. Уникальная функция АВМ, разработанная компанией Fuji Electric, повышает надежность

измерений, проводимых в различных потоках, таких как жидкая глина, буровой раствор, неочищенные сточные воды и жидкость, в которой присутствуют пузырьки (приемлемо 12% содержание пузырьков по объему при скорости 1 м/с);

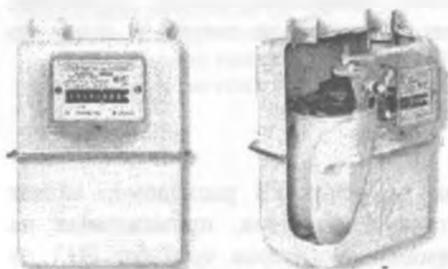
- высокая скорость обработки данных. Использование высокоскоростного микропроцессора, подходящего для цифровой обработки сигналов, обеспечивается быстрый отклик системы;
- легкость в эксплуатации и высокая производительность ЖК-индикатор с подсветкой; легкая установка датчика; поиск и устранение неисправностей; легкая эксплуатация благодаря клавиатуре, расположенной на внешней поверхности корпуса расходомера.

▼ *Технические характеристики*

Измерение расхода жидкости с высокой точностью: 1,0% от расхода. Быстрый отклик: 0,2 с или меньше (режим быстрого отклика). Минимальное влияние давления и температуры измеряемой жидкости. Эффективное устранение воздействия пузырьков (применяется усовершенствованный способ АВМ).

Возможность соединения с ПК. Установка параметров и сбор данных могут выполняться на ПК с использованием дополнительного коммуникационного интерфейса с ПК.

3.5.4. Счетчики газа - мембранные



Счетчики газа - мембранные G4, G6T предназначены для измерения объема количества природного газа, протекающий через счетчик и соответствует требованиям ГОСТ 5542-87, ГОСТ 20448-90, а также других неагрессивных газов.

Рис. 3.96. Счетчик газа - мембранный.

Устройство и принцип работы

Основная сфера применения счетчиков для коммерческого учета объема газа коммунально-бытовая сфера, они могут также использоваться и в других сферах деятельности, что требует учета пользования газа.

Преимущества и отличительные особенности счётчиков:

- мембранные счётчики с металлическим корпусом и восьми-разрядным счётным механизмом;
- при производстве счетчиков применены мембраны фирмы Helsacom GmbH (Германия);
- кривая погрешность преимущественно располагается в положительной области;
- конструкция счётного устройства счётчиков оснащена механизмом передачи вращения от мембраны посредством магнитной муфты;
- счётчики оборудованы защитой от внешнего магнитного воздействия;
- корпус счётчиков изготовлен из стали высокого качества;
- внутренние детали счетчиков изготовлены из материалов, не подлежащих коррозии;
- в зависимости от исполнения или требований заказчика, возможна установка устройства формирования импульсных сигналов для систем дистанционного снятия показаний;
- счетчики могут изготавливаться для прямого (справа на лево) или обратного (слева на право) направления протекания газа;
- надежное антикоррозионное покрытие металлических частей счетчиков.

▼ Технические характеристики

Таблица 3.84.

Основные параметры

Характеристики	G4	G6T
Номинальный расход, м ³ /ч	4,0	6,0
Максимальный расход, м ³ /ч	6,0	10,0
Минимальный расход, м ³ /ч	0,040	0,060
Циклический объем, дм ³	1,2	3,5
Средняя потеря давления, Па	200	
Макс. рабочее избыточное давление, кПа	50	30
Диапазон температур	от -30 до +50	
Номинальный диаметр штуцеров	G3/4	G1-1/4
Средний срок службы, лет	20	

3.5.5. Вихревые расходомеры



Вихревые расходомеры газа серии YEFWLO представляют собой интеллектуальные датчики расхода и предназначены для измерения объемного расхода жидкости, пара или газа.

Рис. 3.97. Вихревой расходомер серии YEFWLO.

Устройство и принцип работы

Вихревые расходомеры пара измеряют частоту вихрей с помощью вихреобразователя, внутри которого находятся пьезодатчики, преобразующие вибрацию вихреобразователя в электрический частотный сигнал.

Измеряемая среда – газ, пар, жидкость (за исключением многофазных, агрессивных и клейких сред).

Последняя модель вихревых расходомеров газа серии YEFWLO, называемая digitalYewflo (DY), принципиально отличается от предыдущей версии тем, что в ней применяется новая уникальная цифровая электроника, использующая разработанную фирмой Июкогава технологию спектральной обработки сигнала «SSP». Благодаря этому, вихревой расходомер пара теперь постоянно анализирует вибрацию, состояние среды внутри себя и, используя эти данные, автоматически подстраивает режимы обработки сигнала, а также вовремя информирует оператора или устройства верхнего уровня о нештатных режимах потока и вибрации, если таковые возникают.

У модели вихревого расходомера газа digitalYewflo также имеется модификация, обладающая способностью одновременно с расходом измерять через встроенный в вихреобразователь термометр сопротивления еще и температуру рабочей среды. С помощью этой функции теперь вихревой расходомер пара может самостоятельно рассчитывать и выдавать массовый расход при измерении расхода жидкости и насыщенного пара (в память электронного блока "защита" зависимость плотности насыщенного пара от температуры).

Кроме того, 2 выходных сигнала (токовый 4...20 мА и импульсный) позволяют вихревому расходомеру газа передавать на верхний уровень

одновременно информацию как о расходе, так и о температуре рабочей среды.

▼ Технические характеристики

Номиналы фланцев ANSI Class 150, 300, 600, 900, DIN PN 10, 16, 25, 40, 64, 100.

Максимальное рабочее давление определяется номиналом фланца.

Температура рабочей среды:

-40...+260°C – базовая модель;

-200...+100°C – низкотемпературное исполнение;

-40...+450°C – высокотемпературное исполнение.

Температура окружающей среды:

-40...+85°C (-30...+80°C – с индикатором).

Конструктивное исполнение:

IP67, искробезопасное, взрывонепроницаемое.

Таблица 3.85.

Основные параметры

Технические характеристики		Серия YEWFL0
Погрешность	Жидкость от текущего значения	±0,75%
	Газ и пар от текущего значения (при скорости потока до 35 м/с)	±1%
	Газ и пар от текущего значения (при скорости потока от 35 м/с до 80 м/с)	±1,5%
Номинальный диаметр		15...400мм
Межповерочный интервал, года		4

Вихревой расходомер-счетчик газа «ВРСГ-1»

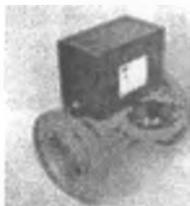


Рис. 3.98. Вихревой расходомер -
счетчик газа «ВРСГ-1»

Вихревой расходомер-счетчик газа «ВРСГ-1» предназначен для измерения объема (коммерческого учета) неагрессивных горючих и инертных газов приведенного к стандартным условиям (760мм.рт.ст. и 20°C) по ГОСТ 2939 «Газы. Условия для определения объема».

Устройство и принцип работы

Расходомер-счетчик также позволяет контролировать текущий объемный расход газа, приведенный к стандартным условиям, температуру, давление рабочего газа в трубопроводе и суммарное время наработки прибора.

Принцип действия расходомера-счетчика «ВРСГ-1» основан на измерении частоты образования вихрей, возникающих в потоке газа при обтекании неподвижного тела.

При введении в трубопровод перпендикулярно потоку неподвижного тела поочередно, то с одной, то с другой стороны происходит срыв вихрей, которые образуют позади тела обтекания двойную цепочку постепенно рассеивающихся вихрей, создавая, так называемую, «дорожку Кармана». Частота вихреобразования, пропорциональна объемному расходу рабочего газа.

Фиксация частоты срыва вихрей производится чувствительным элементом термоанемометра, представляющим вольфрамовую нить, расположенную в канале перетока тела обтекания.

Для приведения измеренного расхода газа к нормальным условиям используются сигналы с датчиков давления и температуры рабочего газа.

Использование частотного вихревого сигнала, микропроцессорная обработка сигнала и индивидуальная градуировка расходомеров-счетчиков на образцовой расходомерной установке обеспечивают высокую точность и помехоустойчивость в самых сложных условиях применения. Высокая точность сохраняется во всем диапазоне измерений расхода, а частотный вихревой сигнал обеспечивает долговременную стабильность показаний и отсутствие дрейфа нуля.

Для снижения дополнительных погрешностей возникающих в процессе эксплуатации связанных с отличием реального состава газа от

расчетного, «ВРСГ-1» градуируется на конкретный состав рабочего газа, который оговаривается при заказе.

▼ Технические характеристики

Таблица 3.86.

Основные параметры

Технические характеристики		Вихревой расходомер-счетчик газа ВРСГ-1
Давление рабочего газа, (абсолютное), МПа		от 0,05 до 1,7
Температура рабочего газа		от -35 до +45°C
Температура окружающего воздуха		от -35 до + 50°C
Диаметры условного прохода, мм		50, 80, 100, 150 и 200
Диапазон измеряемых расходов газа при рабочих условиях, м ³ /час		12-5000
Диапазон измеряемых скоростей потока, м/с		0,1-45
Межповерочный интервал, года		2
Предел относительной погрешности измерения объема рабочего газа приведенного к нормальным условиям не более	при $Q_{наим} \dots 0,2Q_{наиб}$	$\pm 1,3\%$
	при $0,2Q_{наиб} \dots Q_{наиб}$	$\pm 1\%$

3.5.6. Турбинные счетчики газа «СГ»



Турбинные счетчики газа «СГ-16М» (75М) предназначены для измерения и коммерческого учета объема плавно меняющихся потоков очищенных неагрессивных одно- и многокомпонентных газов (природный газ, воздух, азот, аргон и др.) при использовании их в установках промышленных и коммунальных предприятий.

Рис. 3.99. Турбинный счетчик газа «СГ».

Устройство и принцип работы

Счетчики газа «СГ-16М» (75М) имеют низкочастотный выход по расходу и могут быть использованы для совместной работы с устройством электронной коррекции объемного расхода по температуре и давлению измеряемого газа. Конструкция проточной части счетчиков позволяет установить датчики температуры и давления измеряемой среды.

Особенность конструкции счетчиков с символом "МТ" - модернизированный счетный механизм.

▼ Технические характеристики

Таблица 3.87.

Основные параметры

Наименование счетчика	Ду, мм	Наибольший физический расход Q_{max}	Наименьший физический расход Q_{min}	Наименьший расход, приведенный к н.у. при $P_{н.у.}=1,6(7,5^*)$ МПа $Q_{н.у.}$	Масса, кг
СГ 16М-100	50	100 м ³ /ч	10 м ³ /ч	1700 м ³ /ч	5
СГ 16МТ-100	50	100 м ³ /ч	10 м ³ /ч	1700 м ³ /ч	5
СГ 16М-160	80	160 м ³ /ч	8 м ³ /ч	2720 м ³ /ч	15
СГ 16МТ-160	80	160 м ³ /ч	8 м ³ /ч	2720 м ³ /ч	15
СГ 16М-200	80	200 м ³ /ч	10 м ³ /ч	3400 м ³ /ч	15
СГ 16МТ-200	80	200 м ³ /ч	10 м ³ /ч	3400 м ³ /ч	15
СГ 75М-200	80	200 м ³ /ч	10 м ³ /ч	15200* м ³ /ч	17
СГ 16М-250	80	250 м ³ /ч	12,5 м ³ /ч	4250 м ³ /ч	15
СГ 16МТ-250	80	250 м ³ /ч	12,5 м ³ /ч	4250 м ³ /ч	15
СГ 16М-400	100	400 м ³ /ч	20 м ³ /ч	6800 м ³ /ч	17
СГ 16МТ-400	100	400 м ³ /ч	20 м ³ /ч	6800 м ³ /ч	17
СГ 75М-400	100	400 м ³ /ч	20 м ³ /ч	30400* м ³ /ч	20
СГ 16М-650	100/150	650 м ³ /ч	32,5 м ³ /ч	11050 м ³ /ч	20/35
СГ 16МТ-650	100/150	650 м ³ /ч	32,5 м ³ /ч	11050 м ³ /ч	20/35
СГ 75М-650	100/150	650 м ³ /ч	32,5 м ³ /ч	49400* м ³ /ч	20/45
СГ 16М-800	150	800 м ³ /ч	40 м ³ /ч	13600 м ³ /ч	35
СГ 16МТ-800	150	800 м ³ /ч	40 м ³ /ч	13600 м ³ /ч	35
СГ 75М-800	150	800 м ³ /ч	40 м ³ /ч	60800* м ³ /ч	35
СГ 16М-1000	150	1000 м ³ /ч	50 м ³ /ч	17000 м ³ /ч	35
СГ 16МТ-1000	150	1000 м ³ /ч	50 м ³ /ч	17000 м ³ /ч	35
СГ 75М-1000	150	1000 м ³ /ч	50 м ³ /ч	46000* м ³ /ч	45
СГ 16М-1600	200	1600 м ³ /ч	80 м ³ /ч	27200 м ³ /ч	46
СГ 16МТ-1600	200	1600 м ³ /ч	80 м ³ /ч	27200 м ³ /ч	46

СГ 75М-1600	200	1600 м ³ /ч	80 м ³ /ч	121600* м ³ /ч	75
СГ 16М-2500	200	2500 м ³ /ч	125 м ³ /ч	49300 м ³ /ч	46
СГ 75М-2500	200	2500 м ³ /ч	125 м ³ /ч	190000* м ³ /ч	75

Погрешность измерений составляет:

– 1% - при $Q=(0,2 - 1,0)Q_{\max}$;

– 2% - при $Q=(0,2 - 1,2)Q_{\max}$.

Температура рабочей среды -20°С...+60°С.

Температура окружающей среды -40°С...+50°С.

Рабочее давление 0,0012...1,6(7,5)МПа.

Межповерочный интервал 3 года.

Турбинные счетчики газа «TRZ»

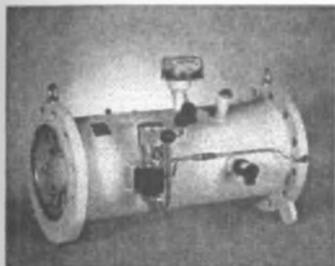


Рис. 3.100. Турбинный счетчик газа «TRZ».

Счетчики «TRZ» предназначены для измерения объема плавно меняющихся потоков очищенных неагрессивных одно и многокомпонентных газов (природный газ, воздух, азот, аргон и др.) при использовании их в установках промышленных и коммунальных предприятий (для учета расхода газа при коммерческих операциях).

Счетчики «TRZ» применимы для работы с электронным корректором объема газа ЕК-88, ЕК-90, ЕК-260 и температурным корректором ТС-90.

Устройство и принцип работы

Принцип действия счетчика основан на использовании энергии потока газа для вращения чувствительного элемента счетчика - измерительного турбинного колеса. При этом, при взаимодействии потока газа с измерительным турбинным колесом последнее вращается со скоростью, пропорциональной скорости (объемному расходу) измеряемого газа.

Вращательное движение измерительного турбинного колеса через механический редуктор и магнитную муфту передается на счётный механизм, показывающий объемное количество газа, прошедшее через счетчик за время измерения.

Конструкция счетчика приведена на рисунке 3.101.

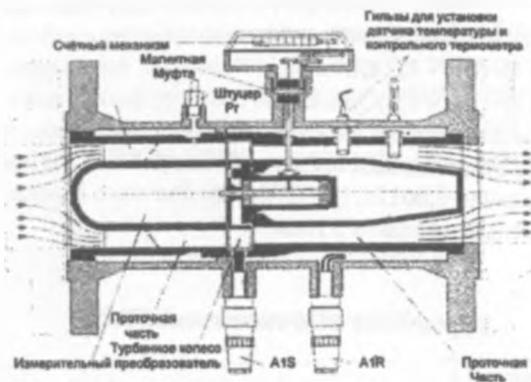


Рис. 3.101. Конструкция счетчика газа TRZ

▼ Технические характеристики

- Максимальное рабочее давление газа: 1,6 МПа, 6,3 МПа, 10 МПа;
- Диапазон измерений: $Q_{\min}/Q_{\max} = 1:30, 1:20$;
- Диапазон рабочих температур: от -30 до $+70$ °С;
- Погрешность измерения:
 - ±2% в диапазоне расходов от Q_{\min} до $0,2Q_{\max}$;
 - ±1% в диапазоне расходов от $0,2Q_{\max}$ до Q_{\max} ;
- Межповерочный интервал 10 лет.

Таблица 3.88.

Основные параметры

Типоразмер	DN, мм	Q _{max} , м ³ /ч	Масса, кг
G 65	50	100	15
G 100	80	160	21
G 160		250	40
G 250		400	
G 160		100	250
G 250	400		58
G 400	650		
G 250	150		400
G 400		650	80
G 650		1000	90
G 1000		1600	100
G 400	200	650	100
G 650		1000	130
G 1000		1600	210
G 1600		2500	
G 1000	250	1600	106
G 1600		2500	152
G 2500		4000	293
G 2500	300	4000	146
G 4000		6500	197
G 4000	400	6500	450
G 6500		10000	1000
G 6500	500	10000	1000
G 10000		16000	1800
G 10000	600	16000	1230
G 16000		25000	2880

Турбинные расходомеры серии «ЭРИС 43х»



Турбинные расходомеры используются для измерений расхода и объема жидких сред, таких как: сырая неочищенная нефть, нефтепродукты, кислоты, щелочные растворы, растворители, вода, жидкие газы.

Рис. 3.102. Турбинный расходомер серии «ЭРИС 43х».

Устройство и принцип работы

Турбинные расходомеры серии «ЭРИС 43х» изготавливаются с номинальным внутренним диаметром: от 10 до 300 мм. В зависимости от номинального внутреннего диаметра они могут применяться при номинальном рабочем давлении от PN 6 до PN 320; максимально допустимая рабочая температура измеряемого вещества в зависимости от конструктивного исполнения может достигать 250 °С.

Турбинный расходомер является усредняющим счётчиком объёма. Основная часть расходомера - осевая турбина, которая может свободно вращаться в потоке жидкости. Если турбинное колесо приводится в движение потоком жидкости, то число оборотов колеса соответствует средней скорости потока в поперечном сечении расходомера. Таким образом, число оборотов турбинного колеса в единицу времени пропорционально объёмному расходу, а количество оборотов объёму жидкости.

Вращательное движение турбины отслеживается магнитно-индуктивным датчиком смонтированным в наружную стенку корпуса расходомера. Датчик не имеет контакта с измерительной средой и не влияет на поток жидкости. Измерительная головка датчика представляет собой катушку индуктивности, в которой возбуждается электромагнитное поле.

В зависимости от конструктивного исполнения имеется 2 вида турбинных расходомеров типа «ЭРИС 43х».



Рис. 3.103. «ЭРИС 430 Ду 10...65».

В приборах серии 1 измерительный механизм проверяется и складывается как отдельное устройство. Замена измерительного механизма не влечёт за собой необходимости последующей проверки счётчика.

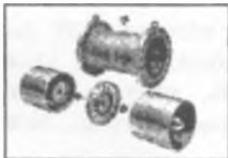


Рис. 3.104. «ЭРИС 431 Ду 80...300».

В приборах серии 2 турбинное колесо оснащено ободом с смонтированными в него штифтами. Это исполнение позволяет получить более высокое разрешение выходного сигнала.

Основные параметры

Показатели	ЭРИС 430	ЭРИС 431
Диаметр условного прохода, мм	10 - 65	80 - 300
Давление, бар	16 - 320	16 - 100
Расход, м ³ /ч	0,15 - 120	18 - 24000
Точность, %	± 0,15 выше предусмотренного расхода (для вязкости 0,2 – 0,7 мПа·с)	± 0,5
	± 0,25 - 0,3 для стандартного расхода (для вязкости 0,2 – 0,7 мПа·с)	
Допустимая рабочая температура, °С	-196 до +250	

3.5.7. Расходомеры «Promass»



Данный расходомер по своей сути является микролабораторией, т.к. способен измерять и температуру и проходящий через него объем и плотность измеряемой среды и является кориолисовым.

Расходомеры Promass производят высокоточное измерение расхода жидкостей и газов, например эмульсий, добавок, ароматизаторов, инсулина, газов

Рис. 3.105. Расходомер «Promass».

для высокого и низкого давления, при температуре жидкости до +200°С (+392°F) и рабочем давлении до 400 бар (5800 фунт/кв. дюйм)

Устройство и принцип работы

Кориолисовые расходомеры выполняют прямое измерение массового расхода жидкостей, суспензий и газов. Прямое измерение исключает влияние изменения состава жидкости или плотности на измерение расхода массы. Кориолисовые расходомеры также предусматривают прямое измерение плотности и температуры.

Точность измерения, широкий диапазон расходов, многопараметричность делают кориолисовые расходомеры самой производительной и наиболее гибкой технологией измерения расхода на рынке сегодня.

Кориолисовые расходомеры поддерживают точность на всем протяжении диапазона расхода. Это преимущество обеспечивает универсальность применения технологии, например, когда дозирование включает многочисленные технологические среды и различные объемы.

В связи с тем, что кориолисовые расходомеры не имеют изнашивающихся частей, расходы на техническое содержание и калибровку значительно снижаются по сравнению с остальными расходомерами. Датчики также оснащены средствами внутренней диагностики и редко выходят из строя. Если в характеристиках расходомерной трубки нет изменений, вызванных эрозией, коррозией или остаточным продуктом, образовавшимся со временем, то при последующих поверках прибора калибровочные коэффициенты остаются неизменными.

На работу кориолисовых расходомеров может оказывать влияние появление двухфазной среды (газ и жидкость) в технологическом процессе. Расходомер в таком случае выдает сигнал тревоги. Как только эти условия устраняются, датчик снова функционирует должным образом. Одним словом прибор должен измерять однородную (однообразную) среду.

Существует два варианта компоновки прибора:

- компактное исполнение: преобразователь и датчик представляют собой единый механический узел;
- раздельное исполнение: преобразователь и датчик устанавливаются отдельно друг от друга.

▼ *Технические характеристики*

Таблица 3.90.

**Рекомендуемые диапазоны измерений массового расхода
в зависимости от условного диаметра**

ДУ	Диапазон измерений по документации, кг/ч.	Рекомендуемые диапазоны наиболее точных измерений, кг/ч.
8	0 .. 2 000	100 .. 1 800
15	0 .. 6 500	300 .. 5 850
25	0 .. 18 000	900 .. 16 200
40	0 .. 45 000	2000 .. 40 500
50	0 .. 70 000	3500 .. 63 000
80	0 .. 150 000	9000 .. 162 000
100	0 .. 350 000	17500 .. 315 000

Максимальная погрешность измерения:

Массовый расход и объемный расход (жидкость):

- Promass 83A: $\pm 0,10\%$ ИЗМ;
- Promass 80A: $\pm 0,15\%$ ИЗМ.

Массовый расход (газ):

- Promass 83A, 80A: $\pm 0,50\%$ ИЗМ.

Плотность (жидкость):

- $\pm 0,0005$ г/см³ (в нормальных условиях);
- $\pm 0,0005$ г/см³ (после калибровки по плотности на месте эксплуатации в рабочих условиях процесса);
- $\pm 0,002$ г/см³ (после специальной калибровки по плотности);
- $\pm 0,02$ г/см³ (для всего диапазона измерения сенсора).

1 г/ см³ = 1 кг/л

Специальная калибровка по плотности (дополнительно):

- Диапазон калибровки: 0,8...1,8 г/ см³, +5...+80°C (+41...+176°F);
- Рабочий диапазон: 0,0...5,0 г/куб. см, -50...+200°C (-58...+392°F).

Температура:

$\pm 0,5^\circ\text{C} \pm 0,005$ T°C ($\pm 1^\circ\text{F} \pm 0,003 \cdot (T - 32)^\circ\text{F}$).

T = температура продукта.

ИЗМ = от значения измеряемой величины.

3.5.8. Расходомер газа «ГИПЕРФЛОУ-ЗПМ»



Рис. 3.106. Расходомер газа «ГИПЕРФЛОУ-ЗПМ».

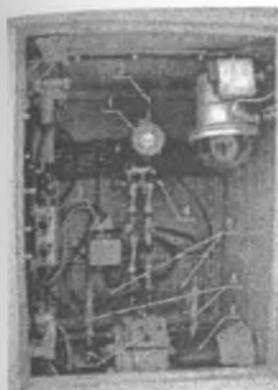
Расходомер газа «ГИПЕРФЛОУ-ЗПМ» предназначен для измерения и регистрации параметров потока измеряемой среды методом переменного перепада давления на стандартных сужающих устройствах и в системах с применением счетчиков и датчиков объемного расхода газа (работа в режиме корректора). Прибор эксплуатируется на промышленных и коммунальных объектах как автономное средство измерения, а также в составе автоматизированных систем учета и контроля расхода или передачи информации в другие системы. «ГИПЕРФЛОУ-ЗПМ» предназначен для эксплуатации во взрывоопасных зонах.

Устройство и принцип работы

В основу работы прибора положен принцип измерения избыточного (абсолютного) давления, перепада давления и температуры контролируемой среды путем преобразования:

- избыточного (абсолютного) давления и перепада давления с помощью интегральных мостовых тензопреобразователей в цифровое значение давления и перепада давления;
- температуры контролируемой среды с помощью термопреобразователя сопротивления в цифровое значение температуры.

По измеренным значениям давления, перепада давления и температуры методом переменного перепада давления на сужающем устройстве производится вычисление расхода и количества жидкостей и газов. Для воды и водяного пара по вычисленному значению расхода и измеренному значению давления и температуры производится вычисление тепловой мощности и количества тепловой энергии.



- 1 — датчик комплексный с вычислителем расхода «ГиперФлоу-3Пм»;
- 2 — датчик избыточного давления ДИ-005;
- 3 — коробка распределительная КР-001;
- 4 — клапанный блок;
- 5 — продувочные краны;
- 6 — отсечные краны;
- 7 — быстросъемное сужающее устройство;
- 8 — измерительный трубопровод.

Рис. 3.107. Монтаж прибора «ГиперФлоу-3Пм» в шкафу с вариантом подключения датчика избыточного давления в плюсовую камеру датчика перепада давления.

При работе в режиме корректора совместно со счетчиком или датчиком объемного расхода прибор определяет расход в рабочих условиях по количеству импульсов объемного счетчика. Затем по измеренным значениям давления, температуры и объемного расхода вычисляется количество и расход природного газа, приведенные к нормальным условиям.

В приборе предусмотрена возможность контроля состояния «охранного контакта» турбинных счетчиков СГ-16М и СГ-75М.

Функция «охранного контакта» — контроль наличия сильного магнитного поля, когда основной датчик импульсов расхода может остановиться («залипнуть»). В такой ситуации нормально разомкнутый «охранный контакт» замыкается, и прибор это фиксирует в архиве вмешательств. Состояние «охранного контакта» опрашивается адаптером импульсного сигнала с той же периодичностью, что и основного сигнала счетчика, пропорционального расходу.

Прибор позволяет измерять расход и количество при движении потока в прямом и обратном направлении при использовании с симметричными диафрагмами.

В приборе применяются датчики перепада давления и абсолютного давления фирмы «Siemens», и датчики давления фирмы «Ortlex».

Датчики давления допускают двукратную перегрузку по предельному давлению, а за счет выбора датчика на больший предел (без потери точности) значение допустимого давления можно довести до десятикратного и тем самым предохранить датчик от разрушения при аварийных ситуациях.

Для сбора, обработки и регистрации информации с приборов "ГиперФлоу-3Пм" предназначен вторичный блок МАС-003 (микропроцессорный адаптер связи).

Питание взрывозащищенной (измерительной) части прибора осуществляется:

- от барьера искрозащитного БИЗ-002 (напряжение холостого хода $U_{хх}$ не более 32 В постоянного тока, ток короткого замыкания $I_{кз}$ не более 60 мА);
- и (или) от встроенного искробезопасного автономного источника питания БП-012 (напряжение холостого хода $U_{хх}$ не более 3,7 В постоянного тока, ток короткого замыкания $I_{кз}$ не более 1,0 А).

▼ Технические характеристики

Таблица 3.91.

Основные параметры

Параметры	Значения
Тип первичного элемента (внутренний диаметр измерительного трубопровода, мм)	Диафрагма с угловым отбором давления (50–2500 мм); диафрагма с фланцевым или трехрадиусным отбором давления (50–1000 мм); сопло ИСА 1932 (65–500 мм); сопло Вентури (65–500 мм); труба Вентури (50–1200 мм); нестандартные сужающие устройства (50–400 мм)
Пределы измерений расхода при применении стандартного сужающего устройства	от 10 до 8 000 000 м ³ /ч (газ, в т.ч. природный газ); от 0,003 до 16 000 т/ч (водяной пар); от 0,8 до 100 000 т/ч (жидкость, в т.ч. вода)
Пределы измерений расхода при применении нестандартного сужающего устройства	от 50 до 1 000 000 м ³ /ч (природный газ)
Пределы измерений расхода при применении счетчика (датчика) объемного расхода (работа в режиме корректора)	от 40 до 40 000 м ³ /ч (газ, в т.ч. природный газ)
Пределы измерений тепловой энергии	от 0,01 до 9 000 Гкал/ч; относительная погрешность вычисления тепловой энергии $\delta = \pm 0,3\%$
Верхние пределы измерения избыточного давления	6,0 кгс/см ² , 25 кгс/см ² , 60 кгс/см ² , 160 кгс/см ² , 250 кгс/см ² ; приведенная

	погрешность $\delta = \pm (0,01+0,2(P/P_{\max}))$
Верхние пределы измерения абсолютного давления	2,5 кгс/см ² , 6,0 кгс/см ² , 25 кгс/см ² ; приведенная погрешность $\delta = \pm (0,01+0,2(P/P_{\max}))$
Верхние пределы измерения перепада давления	600 кгс/м ² , 1000 кгс/м ² , 2500 кгс/м ² , 4000 кгс/м ² , 10 000 кгс/м ² , 25 000 кгс/м ² , 16 кгс/см ² , 160 кгс/см ² ; приведенная погрешность $\delta = \pm (0,01+0,2(dP/dP_{\max}))$
Диапазон измерения по каналам перепада давления и давления	1 : 100
Диапазон измерения расхода	1 : 10
Пределы измерения температуры, °С	медные ТС с W100=1,4280 от -40 до +200°С; платиновые ТС с W100=1,3910 от -40 до +400°С
Погрешность измерения температуры	$\pm 0,25^{\circ}\text{C}$; $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$; $\pm 1^{\circ}\text{C}$; $\pm 2^{\circ}\text{C}$
Глубина архива часовых трасс данных	50 суток по каналам давления, перепада давления, температуры измеряемой среды, накопленного расхода и тепловой энергии
Глубина архива суточных трасс	600 суток по каналам давления, перепада давления, температуры измеряемой среды, накопленного расхода и тепловой энергии
Глубина архива трасс вмешательства	1200 сообщений
Питание	Сетевое — от барьера искрозащитного БИЗ-002; автономное — от встроенного источника питания 27000 часов
Средний срок службы, не менее	10 лет
Межповерочный интервал	От 1 года до 3-х лет (в зависимости от варианта исполнения по точности А, Б, В или Г)
Габариты, мм	190x370x230 (датчик)
Масса, кг	не более 10 (датчик)
Условия эксплуатации	Температура окружающей среды выбирается из ряда: от -40 до +60°С; от -30 до +50°С; от +5 до +50°С
Исполнение по защите от воздействия твердых тел и воды	Не ниже IP 54 по ГОСТ 14254

3.5.9. Ротаметры металлические «ЭМИС-МЕТА 215»



Рис. 3.108. Ротаметр металлический «ЭМИС-МЕТА 215».

Ротаметры «ЭМИС-МЕТА 215» предназначены для измерения объемного или массового расхода жидкостей или газов, в том числе химически агрессивных (в антикоррозионном исполнении Фт) на предприятиях топливно-энергетического комплекса и других отраслей промышленности.

Ротаметры применяются в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности, в стационарных технологических установках, средствах перекачки.

Устройство и принцип работы

Ротаметр состоит из двух основных узлов - измерительного узла и узла индикации. Узел индикации может быть оснащен токовым выходным сигналом для дистанционного контроля показаний.

Устройство ротаметра показано на рисунке 3.109.

Восходящий поток жидкости (или газа) в трубке (2) воздействует на поплавков (5) с некоторой подъемной силой. Под действием этой силы поплавков начинает подниматься вверх. При этом увеличивается площадь проточного канала между поплавком и конической трубкой (6), вследствие чего подъемная сила, действующая на поплавков, уменьшается. На определенной высоте подъемная сила и сила тяжести поплавка компенсируют друг друга, и поплавков останавливается. Высота подъема поплавка зависит от текущего расхода и передается на индикатор (8) через электромагнитный механизм. Стрелка индикатора показывает текущее значение расхода на шкале.

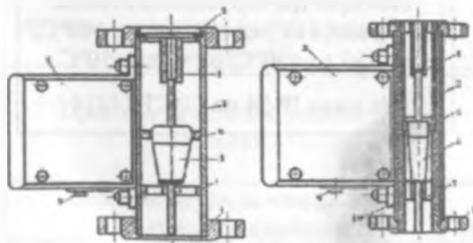


Рис. 3.109. Устройство ротаметра:

- 1 - фланцы, 2 - корпус трубки,
- 3 - направляющая для оси поплавка, 4 - ограничитель (для поплавка), 5 - поплавков,
- 6 - коническая трубка,
- 7 - опора для поплавка (нижняя направляющая), 8 - индикатор,
- 9 - разъем сигнальной линии,
- 10 - футеровка (фторопласт).

▼ *Технические характеристики*

Таблица 3.92.

▼ **Основные параметры**

Параметры		Значения
Диаметр условного прохода		15; 25; 40; 50; 80; 100; 150 мм
Класс точности		2,5%; 1,5%
Избыточное давление измеряемой среды		1,6 МПа; 4,0 МПа; 10,0 МПа
Температура измеряемой среды		Стандартное исполнение 100: от -40° С до +100 °С
		Высокотемпературное исполнение 250: от-80° С до+250 °С
Максимальная вязкость измеряемой среды:	для Ду 15 мм	5 МПа·с
	для других исполнений	250 МПа·с
Выходные сигналы		- Индикатор, - аналоговый токовый 4-20 мА, - до 2х предельных выключателей,
Напряжение питания цепи токового сигнала		24 В постоянного тока
Атмосферное давление		от 84 до 106,7 кПа
Температура окружающей среды		от -25 до +55 °С
Защита от пыли и влаги		IP65
Диапазон измеряемых расходов	воды	от 2,5 до 100000 л/ч
	газа	от 0,07 до 3000 м3/ч
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения от значений объемного расхода среды по индикатору составляют:		±1,5% ± 2,5 %
Межповерочный интервал		1 год
Срок службы		не менее 8 лет

3.5.10. Счетчик для измерения дебита «СКЖ»



Счетчик «СКЖ» состоит из камерного преобразователя расхода (КПР) и блока вычислителя массы БЭСКОЖ. КПР счетчика СКЖ состоит из корпуса и, в зависимости от типоразмера, одного или двух блоков измерительных. Для работы счетчика СКЖ необходимо присутствие в его корпусе свободного газа. Поэтому счетчик наиболее

Рис. 3.110. Счетчик для измерения дебита «СКЖ».

подходит для измерения веществ, содержащих в своем составе попутный газ, способный выделяться в корпусе счетчика.

Счетчики «СКЖ» измеряют расход в тоннах за сутки, а общую накопленную массу - в килограммах. В качестве измеряемой среды может быть жидкость, газожидкостная смесь, например, поступающая из нефтяных скважин, растворы различных веществ, в том числе пульпы с мелкодисперсными частицами, сжиженные газы.

Счетчик «СКЖ» предназначен для измерения при постоянных и переменных расходах:

- массового расхода;
- общей массы вещества.

Устройство и принцип работы

Счетчики СКЖ устанавливаются на устье добывающей скважины, на групповой замерной установке, на узле сбора и подготовки нефти, в системах контроля и регулирования технологических процессов.

При измерении счетчиком массы жидкости в составе газожидкостной смеси в большинстве случаев не требуется предварительного разделения ее на жидкость и газ.

Свободный газ, который движется вместе с жидкостью, в счетчике СКЖ выполняет полезную функцию. Эта функция заключается в том, что за счет конструкции корпуса, в его внутренней полости скапливается постоянный объем свободного газа. Плотность газа в несколько раз меньше плотности жидкости, что позволяет взвесить жидкость в этой газовой атмосфере. Следовательно, работа и измерение счетчиком СКЖ невозможны, если в потоке продукции не будет свободного газа. Поэтому условия измерения для счетчика СКЖ ограничены нижним пределом содержания свободного газа в потоке смеси: 2%.

Газожидкостная смесь подается во входной коллектор камерного преобразователя, затем через сопло в измерительную камеру, состоящую из двух полостей. Заполнение одной полости измерительной камеры до определенной массы приводит к нарушению условия равновесия и повороту измерительной камеры, с последующим сливом жидкости из полости камеры в корпус преобразователя. Затем этот процесс повторяется в другой полости камеры. Жидкость из полости измерительной камеры и излишек свободного газа одновременно вытесняются из нижней части корпуса в выходной коллектор.

Магнит, закреплённый на измерительной камере, при её повороте, проходит мимо датчика в виде геркона или датчика Холла. Сигналы от датчика, число которых равно числу поворотов измерительной камеры, поступают в вычислитель БЭСЖ или преобразователь нормирующий ПНСЖ-1, в которых осуществляется их обработка до нормируемой величины.



Рис. 3.111. Конструкция счетчика для измерения дебита «СКЖ».

Счетчики «СЮЖ» также могут использоваться для порционного взвешивания в процессах смешивания, дозирования, проверки.

При работе счетчик «СЮЖ» выдает нормируемый импульсный выходной сигнал для передачи информации в систему телеметрии, а также имеет интерфейс EIA RS-232 и EIA RS-485, что позволяет легко встраивать его в любые системы автоматизированного контроля и управления.

▼ Технические характеристики

Таблица 3.93.

Основные параметры

Параметры	СКЖ- Эн-40М1	СКЖ- 60-40	СКЖ- 60-40М	СКЖ- 120-40	СКЖ- 60-40Д	СКЖ- 90-40Д	СКЖ- 120-40Д
1. Диапазон измерения расхода жидкости счетчика:							
- по первому каналу, т/сутки	0,0005- 30	0,0005- 60	0,0005- 60	0,001- 120	0,0005- 30	0,0005- 30	0,0005- 60
- по второму каналу, т/сутки	нет	нет	нет	нет	0,0005- 30	0,0005- 60	0,0005- 60
2. Максимальное рабочее давление, кг/см²	40	40	40	40	40	40	40
3. Допускаемое значение кинематической вязкости измеряемой жидкости:							
- по первому каналу, м ² /с	0,0005	0,0005	0,00015	0,00015	0,0005	0,0005	0,00015
- по второму каналу, м ² /с	нет	нет	нет	нет	0,0005	0,00015	0,00015
4. Допускаемый предел изменения газового фактора, м³ газа на тонну жидкости (при условии обеспечения скорости газожидкостной смеси в выходном сечении сопла не более, м/с):							
- по первому каналу	0,1...100 (0,3)	0,1...100 (0,3)	0,1...50 (0,6)	0,1...50 (0,6)	0,1...100 (0,3)	0,1...100 (0,3)	0,1...50 (0,6)
- по второму каналу					0,1...100 (0,3)	0,1...50 (0,6)	0,1...50 (0,6)
5. Содержание сероводорода в попутном газе в % к объему при давлении:							
- до 1,0 МПа	не более 8						
- до 1,7 МПа	не более 4						
- до 4,0 МПа	не более 0,02						
6. Относительная погрешность счетчика в диапазоне расхода по каждому каналу измерения, %, не более	±2,5	±2,5	±2,0	±2,0	±2,5 ±2,5	±2,5 ±2,0	±2,0 ±2,0
7. Условия эксплуатации	нефть, вода, газ, газожидкая эмульсия						
8. Исполнение счетчика	взрывозащищенное						
9. Питание электрических цепей устройства электрообогрева счетчика КТО-220-300							
- род тока	переменный						
- напряжение, В	220						
- частота, Гц	50						
10. Параметры окружающей среды							
- температура воздуха камерного преобразователя расхода	от -40 до +50						
- температура воздуха камерного преобразователя расхода исполнения С	от -50 до +50						

- вычислителя БЭСЮЖ-2М1-05, БЭСЮЖ-2М2-05, ВСУ-4-0-1-485-01	от -20 до +50					
- вычислителя БЭСЮЖ-2М3-03	от -40 до +50					
- Относительная влажность воздуха для камерного преобразователя расхода и вычислителя	95% при +35°C и более низких температурах без конденсации влаги					
11. Масса счетчика, кг	86	136	86	136	136	136
12. Срок службы, лет	6					
13. Средняя наработка на отказ, часов	10000					

3.5.11. Контроллер расхода «FloBoss 407»



Контроллер расхода «FloBoss 407» ориентирован на вычисление расхода на основе измерений как методом переменного перепада давления, так и турбинными счетчиками.

Рис. 3.112. Контроллер расхода «FloBoss 407».

Устройство и принцип работы

Контроллер «FloBoss 407» - это автономное, микропроцессорное устройство, предназначенное для автоматизации различных функций, связанных с измерением и коммерческим учетом расхода природного газа, воздуха, пара и др. сред.

Расход вычисляется посредством методов ISO1567, ГОСТ 8.586-2005, AGA 3 и AGA 7 и ГОСТ 30319.2-96 (методы AGA8 и NX-19).

Возможности контроллера расхода FloBoss 407:

- решение любых задач по вычислению и управлению расходом;
- модульная конструкция;
- комплектация многопараметрическими сенсорами для измерения давления, перепада давлений и температуры;
- широкие возможности коммуникации;

- простота настройки при помощи встроенной клавиатуры или персонального компьютера;
- возможность использования для настройки популярных SCADA-пакетов.

Прибор может быть установлен непосредственно на месте, где требуется управление процессом, мониторинг, измерения, сбор и архивирование данных (включая передачу данных на удаленный центральный пункт управления).

Пользователь может сконфигурировать FloBoss 407 для выполнения конкретной задачи, требующей проведения расчетов, управления контуром ПИД-регулирования, а также выполнения действий в определенной логической, последовательности.

Входное напряжение 11 – 30 В постоянного тока. Потребляемая мощность (без учета модулей ввода/вывода и коммуникационных карт) 0,8 Вт.

Рабочая температура от -40 до 75°C, кроме дисплея (от -20 до 70°C). Температура хранения -50...85°C. Влажность до 95% без конденсации.

Габаритные размеры: 305x236x112 мм (без MVS); 457x236x130 мм (со встроенным MVS).

Масса: 3,2кг; 7,7 кг (со встроенным MVS).

3.5.12. Контроллер расхода «FloBoss S600»



Контроллер расхода «FloBoss S600» ориентирован на вычисление расхода на основе измерений как методом переменного перепада давления, так и турбинными, ротационными счетчиками, вихревыми расходомерами серии 8800 производства Rosemount.

Рис. 3.113. Контроллер расхода «FloBoss S600».

Устройство и принцип работы

Контроллер FloBoss S600 - это автономное, микропроцессорное устройство, предназначенное для автоматизации процесса сбора, обработки данных о расходах жидкостей и газов и дистанционного

управления. Также контроллер обладает функцией поверки измерительных систем (при установке платы прuvera).

Прибор идеален для коммерческого учета как нефти, так и природного газа. Расход газа вычисляется посредством методов ISO5167, ГОСТ 8.586-2005, ISO6976, AGA 3, AGA 5 и AGA 7, ГОСТ30319.2-96 (методы AGA 8, NX-19 и SGERG). Расход жидкости вычисляется посредством методов API 2540, API 11 -2-1, API 11 -2-2.

Возможности контроллера расхода FloBoss S600:

- решение любых задач по вычислению и управлению расходом;
- вычисления для жидкостей и газов в одном приборе;
- до шести измерительных линий;
- модульная система ввода/вывода;
- функция поверки измерительных систем;
- широкие возможности коммуникации;
- простота настройки при помощи встроенной клавиатуры или персонального компьютера;
- конфигурационный пакет Corifig 600, работающий под Windows.

Напряжение источника питания: от 20 до 32 В пост, тока, 24 Вт (номинально).

Защита: предохранитель 2.5 А с защитой от перенапряжения.

Изоляция источника питания: гальваническая развязка между устройством и защитным заземлением электрической прочностью 50 В.

Выходы датчиков: 24 В, тока, 500 мА; 15 В, тока, 100 мА.

Рабочая температура: от 0 до 60 °С.

Температура хранения: от -40 до 70 °С.

Рабочая влажность:

до 90% при температуре 35 °С без конденсации влаги.

Глубина корпуса: 304 мм.

Передняя панель: 85 мм (ширина) x 270 мм (высота).

Масса: 4,3 кг с одной платой ввода/вывода.

3.5.13. Электронный корректор объема газа «СПГ-741.1»



Рис. 3.114. Электронный корректор объема газа «СПГ741.1».

Корректор «СПГ-741.1» является средством измерения, обеспечивающим взаимные расчеты между потребителями и поставщиками природного газа. СПГ-741 используется для работы в составе узлов учета совместно с преобразователем объема или объемного расхода газа.

Устройство и принцип работы

Функциональные возможности:

Корректор «СПГ-741» рассчитан на работу совместно с датчиками объема или объемного расхода, давления и температуры газа. К корректору могут быть одновременно подключены:

- пять преобразователей с выходным токовым сигналом 4-20 мА;
- два преобразователя с выходным числоимпульсным сигналом 0-18 Гц при пассивной схеме выходного каскада датчика и 0 - 500 Гц — при активной;
- два термопреобразователя сопротивления с характеристикой 50П, 100П, 50М, 100М.

Дополнительный вход для приема дискретного сигнала позволяет подключить двухпозиционный датчик охранной сигнализации либо загазованности помещения. Корректор осуществляет контроль входных электрических сигналов и параметров потока газа. При любом недопустимом их отклонении от нормы формируется выходной двухпозиционный сигнал, а сам факт отклонения фиксируется в архиве диагностических сообщений с привязкой по времени.

В корректоре «СПГ-741» предусмотрен еще один выходной двухпозиционный сигнал, каждый импульс которого несет информацию о количестве газа, прошедшем через расходомерный узел.

Существенным достоинством корректора СПГ-741 является наличие режима компенсации смещения "нуля" и "диапазона" датчиков давления и перепада давления, который позволяет выполнять их оперативную подстройку на месте эксплуатации без доступа к органам регулировки.

Введением специальной уставки полностью исключается влияние эффекта "самохода". Средние и суммарные значения измеряемых и

вычисляемых параметров заносятся в архивы, причем, с привязкой к расчетному дню и часу. Всего существует четыре типа таких архивов, имеющих различную глубину хранения:

- часовые архивы - 1080 ч;
- суточные архивы - 185 сут.;
- декадные архивы - 96 декады;
- месячные архивы - 48 мес.

В специальном архиве ведется учет изменений, вносимых в базу настроечных данных корректора в процессе его эксплуатации. Помимо этого ведется "архив нештатных ситуаций (НС)", в который в хронологическом порядке заносятся коды НС, имевших место в течение времени интегрирования (счета), с указанием моментов их возникновения и снятия.

Электропитание корректора «СПГ-741» осуществляется от встроенной литиевой батареи, что в совокупности со специальными малопотребляющими датчиками давления и перепада давления дает возможность создавать полностью энергонезависимые комплекты. Кроме того, в корректоре предусмотрена возможность подключения внешнего источника питания напряжением от 9 до 24 В постоянного или переменного тока.

Важным свойством корректора «СПГ-741» является высокая надежность хранения информации — все архивы размещаются в энергонезависимой памяти. Даже при самых неблагоприятных условиях эксплуатации, которые могут привести к потере работоспособности корректора, наличие "почасовых слепков" его состояния позволяет восстановить всю информацию об узле учета с точностью до одного часа. Для исключения несанкционированного изменения данных используется защищенный режим работы корректора, при котором функция ввода блокируется.

Архивные значения параметров в любой момент могут быть выведены на табло корректора и на компьютер.

Подключение компьютера или модема для считывания отчетов осуществляется по интерфейсу RS-232C. Кроме того, имеется возможность подключать переносный компьютер с помощью адаптера АПС70 к оптическому коммуникационному порту корректора. Программа считывания отчетов входит в комплект поставки каждого корректора. Принтер с интерфейсом CENTRONICS подключается к корректору посредством адаптера АПС45. Этот адаптер также обеспечивает возможность работы корректора одновременно с принтером и компьютером. Адаптер может быть размещен в непосредственной близости от корректора или удален от него на расстояние до 2 км.

Основные параметры

Характеристики	СПГ741.1
Температура окружающего воздуха	от минус 10 до 50 °С.
Относительная влажность	95% при 35 °С.
Степень защиты от воды и пыли	IP65.
Габаритные размеры	180 х 194 х 64 мм.
Основная погрешность не превышает:	± 0,1 % (приведенная) — по показаниям давления
	± 0,15 °С (абсолютная) — по показаниями температуры
	± 0,05 % (относительная) — по показаниям объема и объемного расхода в рабочих условиях
	± 0,05 % (относительная) — по вычислениям стандартных расхода и объема.
Срок службы	12 лет.
Межповерочный интервал	4 года

3.5.14. Контроллер микропроцессорный «Ремиконт Р-130»



Контроллер микропроцессорный «Ремиконт Р-130» предназначен для построения современных автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) и позволяет выполнять оперативное управление с использованием персональных ЭВМ, автоматическое регулирование, автоматическое логикопрограммное управление, автоматическое управление с переменной структурой, защиту и блокировку, сигнализацию, регистрацию событий.

Рис. 3.115. Контроллер микропроцессорный «Ремиконт Р-130».

Устройство и принцип работы

Технологическое программирование контроллера микропроцессорного Ремиконт Р-130 выполняется без программистов специалистами.

знакомыми с традиционными средствами контроля и управления в АСУ ТП. Запрограммированная информация сохраняется при отключении питания с помощью встроенной батареи.

Контроллер микропроцессорный Ремиконт Р-130 имеет проектную компоновку, которая позволяет пользователю выбрать нужный набор модулей и блоков, согласно числу и виду входных – выходных сигналов. В контроллер встроены развитые средства самодиагностики, сигнализации и идентификации неисправностей, в том числе при отказе комплектующих изделий, выходе сигналов за допустимые границы, сбое в ОЗУ, нарушении обмена по кольцевой сети и т.п. Для дистанционной сигнализации об отказе предусмотрены специальные дискретные выходы.

По интерфейсному входу-выходу контроллеры микропроцессорные Ремиконт Р-130 могут объединяться в локальную управляющую сеть «Транзит» кольцевой конфигурации, которая с помощью блока «Шлюз БШ-1» может взаимодействовать с любым внешним абонентом (например, ЭВМ).

▼ Технические характеристики

В процессе сбора и обработки информации от датчиков пользователь может выполнять необходимую коррекцию входных сигналов, их линеаризацию, фильтрацию, а также любую арифметическую операцию, в том числе извлечение квадратного корня. В контроллер устанавливаются 2 любых сменных модуля входа – выхода УСО (устройства связи с объектом), выбираемых из таблицы.

Таблица 3.95.

Количество входных - выходных сигналов

Наименование и код модуля УСО		Количество входных - выходных сигналов			
		аналоговых		дискретных	
Наименование модуля	код	вход	выход	вход	выход*
МАС (аналоговых сигналов)	1	8	2	-	-
МДА (дискретно-аналоговый)	2	8	-	-	4
МСД (сигналов дискретных)	3	-	-	-	16
МСД (сигналов дискретных)	4	-	-	4	12
МСД (сигналов дискретных)	5	-	-	8	8
МСД (сигналов дискретных)	6	-	-	12	4
МСД (сигналов дискретных)	7	-	-	16	-

* Каждая пара дискретных выходов может выполнять функции одного импульсного выхода с целями «больше» - «меньше», общее количество импульсных выходов Ремиконта – 4.

Входные сигналы:

- сигналы от термопар ТХК, ТХА, ТПР, ТВР, ТПП;
- сигналы от термометров сопротивлений ТСМ, ТСП;
- унифицированные аналоговые сигналы постоянного тока 0-5, 0-20, 4-20 мА; 0-10В;
- дискретные сигналы:
- логическая «1» напряжением от 19 до 32В;
- логический «0» напряжением от 0 до 7В.

Выходные сигналы:

- унифицированные аналоговые сигналы постоянного тока 0-5, 0-20, 4-20 мА;
- дискретные сигналы:
- транзитного выхода – максимальное напряжение коммутации 40В, максимальный ток нагрузки 0,3А;
- сильноточного релейного выхода – максимальное напряжение коммутации 220В, максимальный ток нагрузки 2А.

Таблица 3.96.

Основные параметры

Характеристики	Показатель
Объем памяти	ПЗУ – 32 кбайт, ОЗУ – 8 кбайт, ППЗУ – 8 кбайт
Текущее время (таймеры, программные задатчики и т.д.), постоянные времени	0 до 819 с, от 0 до 819 ч.
Время цикла	от 0.2 до 2с
Количество алгоблоков	99
Количество алгоритмов в библиотеке	76
Погрешности преобразования	АЦП - $\pm 0.4\%$; ЦАП - $\pm 0.5\%$.
Время сохранения информации при отключении питания	10 лет
Каналы интерфейсной связи	ИРПС или RS232C.
Скорость обмена	1,2; 2,4; 4,8; 9,6 кбит/с.
Потребляемая мощность контроллера	15 ВА.
Напряжение питания	220В или 240В переменного тока, 24В постоянного тока (при отсутствии блока БП-1)
Условия эксплуатации	температура от 1 до 45°C, влажность до 80%

3.6. Средства измерений для анализа концентраций горючих газов и определения физических свойств нефти, нефтепродуктов и газа

3.6.1. Газоанализаторы

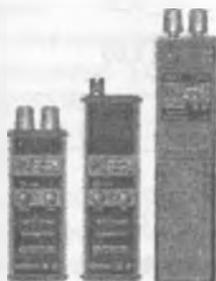


Рис. 3.116. Газоанализаторы «ФП-11.1»; «ФП-11.2»; «ФП-11.3».

Переносные, малогабаритные измерительные приборы взрывозащищенного исполнения с цифровой индикацией, световой и звуковой сигнализацией и диффузионной подачей анализируемой среды (газоанализаторы ФП-11.1, ФП-11.3) и со встроенным микронасосом (газоанализатор ФП-11.2), предназначенные для измерения довзрывных концентраций горючих газов (метана, пропана или водорода) в атмосфере производственных помещений, в колодцах, подвалах, скважинах и т.д., в которых возможно образование взрывоопасных смесей газов или паров, категорий ПА, ПВ, ПС, групп Т1...Т5 по ГОСТ 12.1.011.

▼ Технические характеристики

Таблица 3.97.

Основные параметры

Технические характеристики		Газоанализаторы ФП-11		
		ФП-11.1	ФП-11.2	ФП-11.3
Принцип действия:		В основе работы газоанализатора лежит принцип регистрации изменения сопротивления термокаталитического сенсора при воздействии на него газа		
Габаритные размеры, не более, мм		35 x 60 x 160	35 x 60 x 185	40 x 68 x 315
Масса, не более, г		400	430	650
Напряжение питания, В		от 4,1 до 5,8		
Потребляемая мощность, ВА, не более		3		
Диапазон измерений:	объемная доля (метана) CH ₄ , %	0 – 5,0		
	объемная доля (пропана) C ₃ H ₈ , %	0 – 2,0		
	объемная доля (водорода) H ₂ , %	0 - 4,0		
Порог срабатывания:	объемная доля CH ₄ , %	1,0		

вания сигнали- зации	объемная доля СЗН8, %	0,4
	объемная доля Н2, %	0,8
Предел допус- каемой основ- ной погреш- ности измере- ния	объемная доля СН4, %	+/- 0,25
	объемная доля СЗН8, %	+/- 0,10
	объемная доля Н2, %	+/- 0,20
Предел допус- каемой абсолют- ной погреш- ности срабаты- вания сигнали- зации:	объемная доля СН4, %	+/- 0,05
	объемная доля СЗН8, %	+/- 0,02
	объемная доля Н2, %	+/- 0,04
Время прогрева, с, не более		20
Средний срок службы газоанализатора, лет		не менее 10
Средняя выработка на отказ, ч не менее		30000
Номинальная производительность микрошосса, л/мин		не менее 0,3
Условия эксплуатации	Предназначен для эксплуатации при температуре воздуха от -20 до 50°С, атмосферном давлении от 84,0 до 106,7 кПа и относительной влажности воздуха до 98% при температуре 25град.С.	

Газоанализатор «ПГА-100» многокомпонентный



Газоанализатор «ПГА-100» многокомпонентный предназначен для измерения концентрации метана, пропана, диоксида углерода, кислорода, аммиака, оксида углерода, сероводорода, диоксида азота, диоксида серы и водорода в газовой среде на взрывоопасных объектах и в рабочих зонах в соответствии с ГОСТ 51330.9-99 и ГОСТ 12.1005-88.

Рис. 3.117. Газоанализатор «ПГА-100» многокомпонентный.

Устройство и принцип работы

Газоанализатор «ПГА-100» обеспечивает световую и звуковую предупредительную и аварийную сигнализацию при достижении концентрации определяемых компонентов газов по двум фиксированным уровням.

Использование оптических датчиков позволяет контролировать концентрацию углекислого газа одновременно с токсичными газами и кислородом.

ПГА-100 — портативный измерительный прибор непрерывного действия.

Разработаны две модели газоанализатора ПГА-100:

- с диффузионным способом отбора пробы;
- с принудительной прокачкой датчиков с помощью встроенного микрокомпрессора.

Достоинства газоанализаторов ПГА-100:

- Подключение к внешней ЭВМ через адаптер, встроенный в блок зарядки;
- Одновременный контроль до 4 газов;
- Расширенный набор газов;
- Наличие оптического канала измерения;
- Программная переустановка порогов сигнализации заказчиком;
- Высокая чувствительность, селективность, широкий диапазон измерений и малая погрешность;
- Подсветка цифрового табло.

▼ Технические характеристики

Таблица 3.98.

Основные параметры

Газ	Диапазон измерений		Основная погрешность	
			абсолютная	относительная
СГО-1 оптический Метан CH_4	0 — 5 об.д%	—	$\pm (0,1+0,04Cx)$ об.д.%	—
СГО-2 оптический Пропан C_3H_8	0 — 2 об.д%	—	$\pm (0,1+0,04Cx)$ об.д.%	—
СГО-3 оптический Дioxid углерода CO_2	0 — 5 об.д%	—	$\pm (0,1+0,04Cx)$ об.д.%	—
СГЭ-1 электрохимический Кислород O_2	0 — 30 об.д%	—	$\pm (0,1+0,04Cx)$ об.д.%	—

СГЭ-2 электрохимический Аммиак NH ₃	0 — 28 ppm 28 — 99 ppm	0 — 20 мг/м ³ 20 — 70 мг/м ³	± 5 мг/м ³	± 25 %
СГЭ-3 электрохимический Оксид углерода CO	0 — 17 ppm 17 — 102 ppm	0 — 20 мг/м ³ 20 — 120 мг/м ³	± 5 мг/м ³	± 25 %
СГЭ-4 электрохимический Сероводород H ₂ S	0 — 7 ppm 7 — 32 ppm	0 — 10 мг/м ³ 10 — 45 мг/м ³	± 2,5 мг/м ³	± 25 %
СГЭ-5 электрохимический Дioxid азота NO ₂	0 — 1 ppm 1 — 10 ppm	0 — 2 мг/м ³ 2 — 20 мг/м ³	± 0,5 мг/м ³	± 25 %
СГЭ-6 электрохимический Дioxid серы SO ₂	0 — 3,8 ppm 3,8 — 19 ppm	0 — 10 мг/м ³ 10 — 50 мг/м ³	± 2,5 мг/м ³	± 25 %
СГЭ-7 электрохимический Водород H ₂	0 — 5 об.д%	—	± (0,1+0,04Сх)об.д.%	—

Сх — измеренное значение концентрации газа.

3.6.2. Сигнализатор горючих газов



Рис. 3.118. Сигнализатор горючих газов.

Предназначены для периодического автоматического контроля утечек и измерения концентрации многокомпонентных воздушных смесей горючих газов и паров во взрывоопасных зонах помещений и открытых пространств, а также выдачи сигнализации о превышении установленных значений дозрывоопасных концентраций.

Устройство и принцип работы

Сигнализаторы могут быть использованы на объектах газового хозяйства и общепромышленного назначения.

Сигнализаторы представляют собой носимые приборы непрерывного действия. Принцип действия сигнализатора - термохимический. Способ забора пробы - конвекционный. Модельный ряд: СГТ-20, СГТ-20Н, СГТ-20Р, СГТ-20-01, СГТ-20-02, СГТ-20-02Н, СГТ-20-03К, СГТ-20М, СГТ-20-01М, СГТ-20-02М.

3.6.3. Лабораторный комплект «2М6», «2М7»



Переносная лаборатория для отбора проб и оперативного проведения приемо-сдаточного анализа топлива стандартными и экспресс-методами. Результаты анализов позволяют с высокой точностью оценить качество топлива, в условиях, когда анализ в стационарных лабораториях невозможен. Лабораторный комплект позволяет определить основные показатели качества нефтепродуктов:

Рис. 3.119 Лабораторный комплект «2М6», «2М7».

- определение октанового числа автомобильных бензинов по моторному и исследовательскому методу;
- определение цетанового числа дизельных топлив;
- содержание антидетонационных присадок, повышающих октановое число в бензинах;
- содержание депрессорных присадок, понижающих температуру застывания дизельных топлив;
- содержание керосина в дизтопливе;
- индукционный период бензина (устойчивость к окислению);
- тангенс угла потерь трансформаторных, промышленных и моторных масел (также с октанометром SX-200);
- степень чистоты (очистки) масел: моторных, промышленных, трансформаторных;
- фирма-производитель (марка) моторного масла;
- щелочное число моторных масел;
- диэлектрическая проницаемость нефтепродуктов (также с октанометром SX-200);
- удельное объемное сопротивление нефтепродуктов;
- определения содержания механических примесей в нефтепродуктах;
- процентное содержание воды в нефти и нефтепродуктах;
- определение содержания железа (ферроцена) в бензинах (комплект 2М7);
- определение содержания свинца в бензинах;
- определение плотности нефтепродуктов;
- определение содержания механических примесей и воды;
- определение цвета автобензинов;
- определение содержания тяжелых углеводородов;
- определение содержания смол в автомобильном бензине;

- определение состава и температуры замерзания охлаждающей жидкости по ее плотности;
- отбор проб нефтепродуктов;
- количественное определение воды в резервуаре (автоцистерне, ж.д. цистерне);
- отбор донной пробы нефтепродуктов из резервуаров и определение наличия отстойной воды и механических примесей;
- определение содержания воды в противокристаллизационных присадках;
- определение содержания противокристаллизационных жидкостей (ПВК) в топливах для реактивных двигателей;
- определение содержания нерастворенной воды;
- определение содержания суммарной воды (количественный метод);
- определение плотности кислотного электролита;
- определения содержания моющих присадок в бензинах;
- определение содержания водорастворимых кислот и щелочей в светлых нефтепродуктах.

3.6.4. Ареометры для измерения плотности нефти и нефтепродуктов

Ареометр представляет собой прибор, предназначенный для измерения плотности исследуемой жидкости, принцип работы которого основан на Законе Архимеда.

Ареометры для нефтепродуктов АН, АНТ ГОСТ 18481-81 предназначены для измерения плотности нефти и нефтепродуктов.

Рис. 3.120. Ареометры «АН», «АНТ1», «АНТ2».

Устройство и принцип работы

Как правило, ареометры представлены стеклянной трубкой, нижняя часть которой при калибровке заполняется ртутью или дробью для

достижения необходимой массы. В узкой верхней части находится специальная шкала, проградуированная в значениях концентрации растворенного вещества или плотности раствора. Плотность раствора равняется отношению объема к массе ареометра, на который прибор погружается в жидкость. В зависимости от этого, различают ареометры постоянной массы и ареометры постоянного объема.

Для измерения плотности жидкости чистый и сухой ареометр помещают в сосуд с данной жидкостью таким образом, чтобы он мог свободно в нем плавать. При этом значения плотности считывают по нижнему краю мениска, по шкале ареометра.

Так как плотность жидкостей напрямую зависит от их температуры, то измерения концентрации должны проводиться при строго определенной температуре, для чего устройство иногда снабжают термометром.

Ареометр автомобильный служит для измерения плотности тосола и электролита. Ареометр для электролита предназначен для измерения его плотности в щелочных и кислотных аккумуляторах в диапазоне от 1100 кг/м³ до 1300 кг/м³, а также для определения температуры замерзания тосола в системе охлаждения двигателя автомобиля в диапазоне от минус 5 °С до минус 40 °С.

Ареометры общего назначения предназначены для измерения концентрации и плотности веществ в двухкомпонентных растворах различных жидкостей. При этом диапазон измерения плотности жидкости составляет от 700 до 1840 кг/м³, цена деления шкалы в пределах 1 кг/м³, высота нижней части примерно 80 мм, диаметр 17-19 мм, а высота верхней части прим. 85 мм и диаметр 5-6 мм. Ареометры общего назначения выпускаются также в виде набора ареометров из нескольких предметов. Они активно используются для измерения плотности жидкости от 1000 до 2000 кг/м³ с ценой деления 1 кг/м³.

Ареометры для нефтепродуктов служат для определения их плотности и называются также «стеклянным поплавком». Они имеют вид колбы, которая расширяется к низу. Дно прибора наполняется определенной тяжелой массой, чаще балластом. Ареометр для измерения плотности нефтепродуктов работает в соответствии с законом Архимеда. Чем гуще является исследуемая жидкость, тем больший балласт необходим для измерения плотности нефтепродуктов и нефти.

Принцип работы ареометра для нефтепродуктов и нефти, заключается в погружении устройства в жидкость, которая исследуется и определении показаний на обозначенной шкале. За величину веса принимается значение, напротив которого задается уровень жидкости. Показания ареометра для определения плотности нефтепродуктов также отсчитывают по нижнему краю мениска.

Ареометр спиртовой предназначен для измерения в водных растворах объемной концентрации этилового спирта. Суть данного метода заключается в определении объемной доли этилового спирта путем погружения ареометра в измеряемую среду при температуре +20°C.

Ареометр для антифриза предназначен для измерения ориентировочной температуры замерзания антифриза (этиленгликолевых охлаждающих жидкостей). Он имеет длину 130 мм, диапазон замерзания температур от -10 до -50°C и две шкалы для определения точки кипения и замерзания.

Ареометр электронный имеет специальный термодатчик, предназначенный для измерения температуры среды, в которую погружается.

▼ Технические характеристики

Таблица 3.99.

Основные параметры

Наименование	Диапазон измерения плотности, кг/м ³	Цена деления шкалы, кг/м ³	Диапазон измерения t , °C	Длина, мм	Предел допускаемой погрешности термометра, °C
АН	650...680, 680...710, 710...740, 740...770, 770...800, 800...830, 830...860, 860...890, 890...920, 920...950, 950...980, 980...1010, 1010...1040, 1040...1070	0,5	—	300	0,5
АНТ-1	650...710, 710...770, 770...830, 830...890, 890...950, 950...1010, 010...1070	0,5	-20...+45	500	0,5

АНТ-2	670...750, 750...830, 830...910, 910...990 990...1070	1	-20...+35	300	0,5
-------	---	---	-----------	-----	-----

Ориентировочная таблица плотности нефтепродуктов и соответствия ареометров:

Таблица 3.100.

Плотность нефтепродуктов

Ареометры с термометром АНТ-1		Ареометры с термометром АНТ-2	
650-710	бензин 72, 76	670-750	бензин 72-90
710-770	бензин 80-92, 93	750-830	бензин 98-95
770-830	бензин 95-98	830-910	ДТ
830-890	ДТ	910-1070	Масло
890-950	Масло (лето)		
950-1010	Масло (зима)		
1010-1070	Мазут		

Портативный погружной плотномер «DM-230.1B»



Позволяет определить реальную плотность и температуру жидкостей в ж/д цистернах, бензовозах и резервуарах для нефтепродуктов (до 6 м). Портативный погружной плотномер DM-230.1B используется для контроля качества и широкое использование получил в нефтехимической отрасли для товарного учета нефти и нефтепродуктов при транспортировке и хранении.

Рис. 3.121. Портативный погружной плотномер «DM-230.1B».

Портативный плотномер «DM-230.1B» имеет ЖКИ с подсветкой, где отображаются результаты измерений, также он производит автоматическую температурную компенсацию и избавляет оператора от необходимости ручного пересчета приведенных значений плотности при помощи функции автоматического пересчета реальной плотности и температуры к значениям плотности при 15°C и 20°C.

Портативный погружной плотномер «DM-230.2B»



Рис. 3.122. Портативный погружной плотномер «DM-230.2B».

Портативный погружной плотномер «DM-230.2B» является уникальным решением по замене традиционного способа измерения плотности в отобранных пробах. Данный погружной плотномер позволяет измерить плотность и температуру жидкости в данный момент времени в резервуаре хранения на различных уровнях (до 30 м).

При использовании «DM-230.2B» отпадает необходимость пробоотбора с различных уровней жидкости, т.к. реальная плотность измеряется непосредственно в резервуаре, опуская в него датчик плотнмера.

Особенно популярным погружным плотномер «DM-230.2B» стал в отрасли для нефтехимии. Данный прибор позволяет не только измерять плотность нефти и нефтепродуктов в резервуарах хранения, но также определять расслоения продуктов по плотности и температуре, а также рассчитывать их массу при известном значении объема.

Вибрационный плотномер «ВИП-2М»



Рис. 3.123. Вибрационный плотномер «ВИП-2М».

Предназначены для лабораторного определения плотности жидкостей, в том числе агрессивных, а так же подходят для измерения плотности нефти и нефтепродуктов.

Их работа также основана на измерении периода колебаний полой трубки оригинальной конфигурации, заполненной исследуемой жидкостью, и последующего вычисления значения ее плотности с использованием результатов предварительной калибровки по двум веществам известной плотности, например воздуху и воде. В приборах осуществляется автоматическое преобразование полученных результатов в концентрацию, удельный вес и другие, связанные с плотностью, показатели.

Портативный плотномер газа «LPGDi»



Уникальный цифровой плотномер «LPGDi» - специальная разработка компании LEMIS для измерения реальной плотности и температуры, расчета приведенной плотности и массовой доли пропана и п-бутана в газе в процентах (рассчитанной согласно стандарту ГОСТ28656 для идеальной смеси двух газов пропана и п-бутана) сжиженных нефтяных газов (пропан, бутан).

Рис. 3.124. Портативный плотномер газа «LPGDi».

LPGDi предназначен для исследования проб сжиженных газов в лабораторных или полевых условиях.

Полностью автоматизированный процесс измерений и надежная конструкция прибора позволяют получить необходимые данные о реальной плотности и температуре за считанные секунды. Полученные результаты измерений реальной плотности и температуры автоматически преобразуются в приведенную плотность к 15°C и 20°C, а также в концентрацию пропана и бутана.

Электронный лабораторный плотномер (цифровой ареометр) «DenDi»



Цифровой ареометр для нефти DenDi может заменить целый набор ареометров и значительно сократить расходы на проведение анализов и подготовку квалифицированного персонала. Цифровой плотномер использует тот же принцип, что и обычный стеклянный ареометр (выталкивающая сила или сила Архимеда), а уникальное исполнение позволяет проводить измерения жидкостей в широком диапазоне плотности.

Рис. 3.125. Электронный лабораторный плотномер (цифровой ареометр) «DenDi».

Съемный стеклянный поплавок облегчает чистку прибора и позволяет измерять плотность очень вязких жидкостей и непрозрачных жидкостей.

Поточный плотномер «DC-50»



Поточный плотномер DC-50 предназначен для измерения плотности жидких продуктов с динамической вязкостью до 1200 мПас.

В основе измерений лежит резонансный метод, обладающий непревзойденной стабильностью в работе и высокой точностью. Уникальный датчик от LEMIS process, полностью омываемый потоком жидкости, особо чувствителен к плотности и вязкости среды.

Рис. 3.126. Поточный плотномер «DC-50».

В сочетании со скуппулезной заводской калибровкой согласно стандарту качества ISO 9001 технология компании не имеет себе равных среди конкурентов.

Стационарный вибрационный плотномер «DC-40»



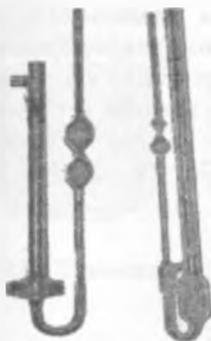
Стационарный плотномер «DC-40» предназначен для измерения плотности жидких продуктов с динамической вязкостью до 1200 мПас в резервуарах. Прибор использует надежный и проверенный временем резонансный (вибрационный) метод измерений, гарантирующий точные и быстрые результаты.

Рис. 3.127. Стационарный вибрационный плотномер «DC-40».

LEMIS process разработал уникальный вибрационный датчик, в котором в качестве чувствительного элемента используется полностью погруженная в жидкость резонаторная трубка. Благодаря этой особенности прибор обладает несравненной точностью и стабильностью измерений.

Встроенный температурный датчик позволяет рассчитать температурную коррекцию.

3.6.5. Вискозиметры стеклянные «ВПЖ»



Вискозиметры капиллярные «ВПЖ» применяются для определения кинематической вязкости прозрачных жидкостей при положительных и отрицательных температурах во всех отраслях промышленности, где используются горюче-смазочные масла, в лабораториях нефтезаводов, в машиностроении, строительстве и т.д.

Рис. 3.128. Вискозиметры стеклянные «ВПЖ».

Устройство и принцип работы

Измерение вязкости с помощью вискозиметра «ВПЖ» основано на определении времени истечения через капилляр определенного объема жидкости из измерительного резервуара. При этом определение кинематической вязкости производят по формуле:

$$V = g/9,807 \cdot T \cdot K,$$

где g - ускорение свободного падения в месте измерения, T - время истечения, K - постоянная вискозиметра.

Вискозиметры ВПЖ предназначены для эксплуатации в условиях, нормированных для исполнения ВЗ по ГОСТ 12 997.

Технические характеристики

Вискозиметры капиллярные типов ВПЖ-1, ВПЖ-2, ВПЖ-3, ВПЖ-4 выпускаются по ГОСТ 10028-81. Выпускаются вискозиметры ВПЖ-4 с диаметрами капилляров: 0,37; 0,42; 0,62; 0,82; 1,12; 1,47; 2,00; 2,62; 3,55 мм. Объем измерительного резервуара для вискозиметров ВПЖ-4 может быть $1,5 \pm 0,2$; $3,8 \pm 0,3$ см³.

простоты управления и других широких возможностей делает фотометр незаменимым для выполнения анализов растворов.

Технические характеристики

Таблица 3.104.

Основные параметры

Характеристики	Показатель
Спектральный диапазон работы фотоколориметра, нм	315 ... 990
Спектральный интервал, выделяемый монохроматором фотометра, нм	7
Пределы измерения, коэффициента пропускания, %	0,1 ... 100
Пределы измерения, оптической плотности	0 ... 3
Предел допускаемого значения основной абсолютной погрешности фотометра при измерении коэффициента пропускания, %	0,5
Предел допускаемого среднеквадратического отклонения случайной составляющей основной абсолютной погрешности, %	0,15
Дополнительная погрешность фотометра при измерении коэффициента пропускания в интервале температур от 10 до 35°C, %	0,3
Диспергирующий элемент	дифракционная решетка вогнутая, R 250 мм, число штрихов 1200 на 1 мм.
Источник излучения	лампа галогенная КГМ 12-10
Приемник излучения	фотодиод ФД 288Б
Рабочая длина кювет (набор кювет №2), мм	50, 30, 20, 10 и 5
Питание, В/Гц	220 ±22 / 50(60)
Потребляемая мощность ВА	60
Габаритные размеры, мм	500 x 360 x 165
Масса, кг	15

3.7. Уровнемеры

3.7.1. Датчики уровня



Многофункциональные датчики уровня, датчики уровня раздела сред, датчики температуры и давления, применяются для автоматизации технологических процессов в нефтедобывающей, химической, металлургической и других отраслей промышленности в составе автоматизированных комплексов и систем и обеспечивают взрывобезопасный мониторинг резервуаров с жидкими и сыпучими средами.

Рис. 3.134. Датчик уровня ультразвуковой «ДУУ5».

Устройство и принцип работы

- датчик уровня поплавковый (ультразвуковой) ДУУ2М;
- датчик уровня ультразвуковой ДУУ5;
- датчики уровня ультразвуковые ДУУ6, ДУУ6-1;
- ультразвуковой уровнемер ДУУ4М;
- уровнемеры автономные ДУУ4МА;
- радарный уровнемер (радиоволновый) РДУ1/ГАММА-РДУ1.

Поплавки для сигнализаторов и датчиков уровня, уровня раздела сред (с встроенной магнитной системой, с вынесенной магнитной системой «карусельного типа»).

Таблица 3.105.

Контролируемые среды датчиками уровня

Наименование датчика	Контролируемая среда
ДУУ2М	Агрессивные и неагрессивные жидкости, многофазные жидкости: нефть, светлые и темные нефтепродукты, растворы химических реагентов, растворители, щелочи, кислоты и др.
ДУУ5	Неагрессивные жидкости, чистые нефтепродукты.
ДУУ6 (ДУУ6-1)	Неагрессивные многофазные жидкости, чистые нефтепродукты.
РДУ1	Агрессивные и неагрессивные жидкости, парящие, неоднородные, вязкие, выпадающие в осадок среды; сыпучие кусковые материалы с размером гранул от 0 до 10 мм (кроме датчика уровня РДУ1-2(2А) и датчика уровня РДУ1-3(3А)).

3.6.6. Криостаты «КРИО-ВИС-Т», «КРИО-ВТ»



Рис. 3.129. Криостат «КРИО-ВИС-Т».

Жидкостные криостаты модельного ряда «КРИО-ВИС-Т» предназначены для поддержания заданной температуры при проведении измерений вязкости нефтепродуктов при помощи стеклянных капиллярных вискозиметров в соответствии с ГОСТ 33, ASTM D445, IP 71, ISO 3104 и DIN 51366.

Устройство и принцип работы

Для визуального наблюдения за метками вискозиметров все криостаты этого модельного ряда имеют однокамерный или двухкамерный стеклопакеты, исключающие запотевание и обмерзание.

Жидкостные криостаты модельного ряда КРИО-ВТ предназначены для поддержания заданной температуры при определении низкотемпературных характеристик нефтепродуктов в соответствии с ГОСТ 20287, ГОСТ 5066, ГОСТ 22254, ГОСТ 18995.5, ASTM D97 (ISO 3016), ASTM D7346, ASTM D2386 (ISO 3013), ASTM D2500 и ASTM D6371.

Технические характеристики

Таблица 3.101.

Диапазон регулирования температуры

Криостаты	Показатель
КРИО-ВИС-Т-01, °С	0...+50
КРИО-ВИС-Т-02, °С	-20...+50
КРИО-ВИС-Т-03, °С	-30...+50
КРИО-ВИС-Т-05, °С	-50...+30
КРИО-ВИС-Т-05-01, °С	-70...+30
КРИО-ВИС-Т-06, °С	-30...+50
КРИО-ВИС-Т-06-01, °С	-30...+100
КРИО-ВТ-05-1, °С	-80...+20
КРИО-ВТ-05-04, °С	-70...+20

Термостаты «ВИС-Т», «ВТ-Р», «ТМП»



Жидкостные термостаты модельного ряда «ВИС-Т» предназначены для поддержания заданной температуры при проведении измерений вязкости нефтепродуктов при помощи стеклянных капиллярных вискозиметров.

Рис. 3.130. Термостат «ВИС-Т».

Устройство и принцип работы

Все термостаты этого модельного ряда имеют прозрачные окна для визуального наблюдения за метками вискозиметров, а также перелив по всему периметру, что гарантирует обеспечение заявленных метрологических характеристик во всем температурном диапазоне.

Термостаты модельного ряда «ВТ-Р» предназначены для определения давления насыщенных паров нефтепродуктов с помощью бомб Рейда.

Жидкостный термостат ТМП предназначен для поддержания заданной температуры при проведении испытаний топлив для двигателей на медной пластинке в соответствии с ГОСТ 6321, ASTM D130 и ISO 2160.

Технические характеристики

Таблица 3.102.

Диапазон регулирования температуры

Криостаты	Показатель
ВИС-Т-01, °С	+20...+100
ВИС-Т-02, °С	+20...+150
ВИС-Т-08-3, °С	+20...+100
ВИС-Т-09-3, °С	+20...+150
ВИС-Т-08-4, °С	+20...+100
ВИС-Т-09-4, °С	+20...+150
ВИС-Т-06, °С	+20...+50
ВИС-Т-07, °С	+20...+100
ВИС-Т-11, °С	+20...+100
ТМП, °С	+20...+100

С помощью датчиков уровня ДУУ2М, ДУУ5 и ДУУ6 реализуется непрерывное контактное измерение уровня продукта. Принцип измерения уровня: магнитострикционный ультразвуковой.

Диапазон измерений для ДУУ2М составляет до 25 м, для ДУУ5 – до 4 м, для ДУУ6 (ДУУ6-1) – до 6 м.

Таблица 3.106.

Измеряемые параметры датчиками уровня

Наименование датчика	Измеряемые параметры
ДУУ2М	Уровень, уровень раздела сред, температура, избыточное давление.
ДУУ5	Уровень, температура.
ДУУ6 (ДУУ6-1)	Уровень, уровень раздела сред, температура в 5 точках, избыточное давление, гидростатическое давление.

▼ Технические характеристики

Датчик уровня ДУУ2М может иметь гибкий или жесткий чувствительный элемент, датчики уровня ДУУ5 и ДУУ6 (ДУУ6-1) – только жесткий.

Все датчики представляют собой интеллектуальные приборы, включающие микроконтроллеры. Они не только выполняют непосредственно измерения, но и представляют их результаты в цифровом виде, что позволяет отдавать датчик уровня от контроллера на расстояние до 1,5 км.

Отличительной характеристикой датчиков уровня является их многофункциональность. Каждый датчик - ДУУ2М, ДУУ5 или ДУУ6 (ДУУ6-1) измеряет одновременно несколько параметров жидкости в контролируемом резервуаре.

Рабочее давление в резервуарах составляет: для датчиков уровня ДУУ2М и ДУУ5 – до 2 МПа, для датчика уровня ДУУ6 (ДУУ6-1) – до 0,15 МПа.

Рабочая температура контролируемой среды: от - 45 до + 65 °С.

3.7.2. Датчик уровня топлива «Эпсилон» (RS-232)



Датчик «Эпсилон» предназначен для точного (погрешность < 1%) измерения уровня топлива в резервуарах и баках транспортных средств. Датчик может использоваться в составе систем контроля за расходом топлива (контроль сливов и заправок) и систем спутникового мониторинга транспорта.

Рис. 3.135. Датчик уровня топлива «Эпсилон» (RS-232).

Устройство и принцип работы

Датчик уровня характеризуется следующими показателями:

- более высокая точность измерения уровня топлива за счет более высокого разрешения датчика по уровню и лучших характеристик линейности шкалы измерений;
- технологичное модульное исполнение (измерительная головка монтируется и демонтируется независимо от топливного зонда, что позволяет легко и быстро менять в случае необходимости измерительную головку без повторной тарировки бака);
- возможность использования коротких измерительных зондов (для плоских баков глубиной менее 30 см);
- малый вес (до 250 г) и простота монтажа.

▼ Технические характеристики

Таблица 3.107.

Основные параметры

Наименование характеристики или параметра	Ед. изм.	Значение	Примечания
Допустимые значения электрической проводимости контролируемого топлива, не более	См/м	10^{-8}	2
Предельный диапазон рабочей температуры	°С	-40...+75	
Степень защиты измерительной головки	IP68		сертификат взрывозащитности

Диапазон измеряемых значений положения уровня контролируемого топлива	мм	От 10 до 910	1,3,4,5
Разрешающая способность измерения уровня дизтоплива в статическом режиме, не хуже	мм	0,05	6
Основная допустимая погрешность измерения уровня в статическом режиме, не более	мм	0,5	7
Период усреднения результатов измерений в динамическом режиме	с	8	
Режим работы		Продолжительный	
Масса датчика, не более	гр	250	4, 14

3.7.3. Метроштоки «МШС»



Метроштоки предназначены для измерения высоты уровня нефти и нефтепродуктов в транспортных и стационарных емкостях, а также высоты уровня подтоварной воды в стационарных емкостях с применением специальной водочувствительной пасты.

Рис. 3.136. Метрошток «МШС».

Устройство и принцип работы

Метрошток «МШС» состоит из звеньев Т-образного или полукруглого профиля, снабжены ручкой и наконечником из латуни. Полукруглый - диаметр описанной окружности 29 мм; Т-образный - диаметр описанной окружности 36 мм. Звенья метроштоков изготовлены из алюминиевого сплава марки АД-31. ТУ РБ 14749061.001-96.

Нижняя рейка снабжена наконечником, изготовленным из латуни, который жестко соединен с нижней рейкой с помощью заклепок, и исключает самопроизвольное ослабление наконечника и искрообразование в процессе работы. Конструкция наконечника предусматривает возможность его замены.

Верхняя и нижняя рейки жестко соединяются между собой с помощью двух соединительных планок. Соединительные планки и элементы фиксации реек выполнены таким образом, что они не выступают за образующую метроштока.

При эксплуатации метроштоков наиболее часто изнашивается наконечник. Не реже 1 раза в 3 месяцев необходимо измерять длину наконечника штангенциркулем ШЦ-1-125-0,1. Если длина наконечника окажется менее $2 \pm 0,1$ мм, то он подлежит замене.

▼ Технические характеристики

Таблица 3.108.

Основные параметры

Обозначение	МШС	МШС	
	3,5	4,5	
Общая длина метроштока в развернутом и зафиксированном положении, мм	3500	4500	
Длина шкалы, мм	3300	4300	
Цена деления шкалы, мм	1	1	
Допустимая погрешность при температуре $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$	По всей длине шкалы, не более, мм	$\pm 2,0$	$\pm 2,0$
	От начала до середины шкалы, не более, мм	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
	Для сантиметровых делений, не более, мм	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$
	Для миллиметровых делений, не более, мм	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$
Масса, кг. не более	3,0	4,0	
Минимальный диаметр описанной окружности, мм	39	39	

3.7.4. Система измерения «Игла»



Применяют для измерения уровня нефтепродуктов, уровня подтоварной воды в резервуарах, температуры и плотности нефтепродуктов. СИ ИГЛА обеспечивает автоматизацию процессов учета нефтепродуктов на АЗС и нефтебазах, контроль запасов и утечек нефтепродуктов, вычисление объема и массы светлых нефтепродуктов.

Рис. 3.137. Система измерения Игла.

Системы измерительные «ИГЛА» используются на горизонтальных и вертикальных резервуарах (АЗС и нефтебазах), а также может устанавливаться на передвижных емкостях (автоцистернах, танкерах и пр.) везде, где требуется измерение уровня нефтепродуктов, уровня подтоварной воды, температуры и плотности нефтепродуктов.

3.7.5. Система измерительная «Струна»



Рис. 3.138. Система измерительная «Струна».

Применяют для измерения уровня, температуры, плотности, давления, массы, вычисления объема светлых нефтепродуктов и сжиженного газа (СУГ) в одностенных и двустенных резервуарах, сигнализации наличия и измерения уровня подтоварной воды, повышения пожарной и экологической безопасности.

Используются для автоматизации процессов учета нефтепродуктов на АЗС, АГЗС, нефтебазах (НБ), предприятиях пищевой и химической промышленности.

Системы "Струна" могут использоваться практически со всеми известными системами отпуска нефтепродуктов и легко интегрируются в комплексы АСУ ТП предприятий, системы сбора и обработки информации. (до 2005 г. Уровнемер "СТРУНА-М").

3.7.6. Волноводный радарный уровнемер «Radar-5302»



Рис. 3.139. Волноводный радарный уровнемер «Radar-5302».

Волноводный радарный уровнемер для измерения уровня и уровня границы раздела двух сред. Rosemount серии 5300 - это высокопроизводительный двухпроводный волноводный уровнемер для измерения уровня и уровня поверхности раздела жидкостей, суспензий и твердых сыпучих сред. Уровнемер характеризуется следующими показателями:

- широкие диапазоны измерений и достоверные измерения сред с низким коэффициентом отражения благодаря технологии прямого переключения и функции проецирования конца зонда;
- точность ± 3 мм благодаря усовершенствованному методу приема/передачи сигналов;
- гибкость в применениях с широким выбором разных типов зондов;
- сокращение количества оборудования и технологических присоединений при использовании уровнемера с многопараметрическим (Multi-variable™) выходом;

- мощные и простые в использовании инструменты конфигурирования;
- сниженные затраты и повышенная безопасность благодаря прочной модульной конструкции;
- улучшенные характеристики электромагнитной совместимости благодаря интеллектуальной гальванической развязке;
- устойчивость к изменениям условий эксплуатации.

Rosemount 5300 обеспечивает наилучшие рабочие характеристики с применением технологии 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.

3.7.7. Рулетка с лотом



Рулетки с лотом «P10УЗ» и «P20УЗ» предназначены для измерения высоты уровня нефтепродуктов в емкостях и резервуарах.

P-10 УЗГ - с длиной ленты 10м и грузом; P-20 УЗГ - с длиной ленты 20м и грузом. Цена деления шкалы 1мм. Погрешность измерения 0,2мм. Масса рулетки в комплекте с лотом 2кг.

Рис. 3.140. Рулетка с лотом «P20УЗ».

Измерения, проводимые при помощи рулеток с лотом P-10 УЗГ и P-20 УЗГ, следует проводить строго придерживаясь следующих правил: опускать груз плавно, медленно вращая рукоятку; не допускать ударов груза о горловину емкости и о другие металлические предметы, чтобы не нарушать покрытие.

Порядок сборки рулеток с грузом: Вставьте конец измерительной ленты в отверстие груза, зафиксируйте ленту при помощи винта М5.

Рулетки следует хранить в закрытых помещениях при температуре от +10С до +35С и относительной влажности до 80%.

3.8. Средства измерения определения дефектов в металлах

3.8.1. Ультразвуковые дефектоскопы

Ультразвуковой дефектоскоп «УСД-50» (UCD-50)



Дефектоскоп «УСД-50» позволяет измерять толщину изделий с большой точностью, выводить сигнал в виде А- и В-сканов и обладает всеми функциями по полному документированию контроля, с поддержкой программы UdReport.

Рис. 3.141. Ультразвуковой дефектоскоп «УСД-50» (UCD-50).

Ультразвуковая дефектоскопия - новые решения в области неразрушающего контроля.

Во все времена определение характера, размера и ориентации дефектов во внутренних секторах сложных механизмов и в закрытых трубных магистралях без прямого проникновения являлась актуальной задачей. За последние годы в этой области возникли принципиально новые технологические решения, позволяющие минимизировать временные и материальные затраты, возникающие в процессе диагностики и технического обслуживания агрегатов и трубопроводов. Это, прежде всего, ультразвуковой контроль, позволяющий с помощью ультразвуковых колебаний сканировать даже самые сложные внутренние поверхности и объекты.

Устройство и принцип работы

Ультразвуковая дефектометрия основана на свойстве волн - изменять частоту колебаний или скорость распространения на неоднородных участках. Такая технология позволяет быстро обнаруживать поверхностные и глубинные дефекты сварных швов и других ответственных участков. Стоит отметить, что своевременно проведенный ультразвуковой контроль сварных швов помогает избежать серьезных аварий и дорогостоящего ремонта.

Тем более что дефектоскопия трубопроводов с помощью ультразвукового оборудования отличается оперативностью и точной локализацией проблемных участков. Дефектоскопия резервуаров и

трубных магистралей, ультразвуковой контроль сварных швов, акустическое сканирование лопастей турбин, контроль над качеством трубопровода и другие сложные задачи сегодня можно успешно решать с помощью передовых приборов, представленного линейкой компактных дефектоскопов.

Мощный, легкий и портативный (масса всего 2 кг с аккумулятором), в эргономичном ударопрочном корпусе из ABS пластика, дефектоскоп УСД-50 устанавливает новый стандарт для современных цифровых приборов ручного контроля. Режим огибающей максимума сигнала, реализован на базе специального алгоритма прибора УД2В-П46.

▼ *Технические характеристики*

Особенности характеристик ультразвукового дефектоскопа УСД-50 (ультразвукового дефектоскопа UCD-50):

- дисплей: цветной TFT 135 x 100 мм (640 x 480 точек);
- усилитель: широкополосный 0.4 - 15 МГц;
- ВРЧ с диапазоном до 70 дБ, 12 дБ/мкс с построением кривой по 32-м опорным точкам;
- работа с кривой амплитуда-расстояние: измерение уровня сигнала в дБ относительно кривой и режим АСД по кривой АРК;
- частота повторения ЗИ: до 800Гц;
- зоны контроля: две независимых, с индивидуальной логикой определения дефекта;
- вывод сигналов в виде А-, В- сканов;
- интерфейс RS232, USB;
- питание: LiOn аккумулятор или внешний блок питания до 8 часов работы от аккумулятора;
- максимальная длина контролируемого материала: до 3000 мм (эхо-режим);
- диапазон скоростей: 1000 - 9999 м/с;
- временная регулировка чувствительности (ВРЧ): диапазон до 90 дБ, 12 дБ/мкс с построением кривой по 10 опорным точкам введенным вручную или от контрольных отражателей;
- память: 100 настроек с А-сигналом; 500 протоколов контроля (сигнал, огибающая, результат измерения, параметры работы прибора, дата, время и название протокола);
- внешнее питание: блок питания 220 В АС;
- диапазон рабочих температур: от -20 °С до +50 °С;
- размер (В x Ш x Д): 200 мм x 225 мм x 80 мм.

Цифровой ультразвуковой дефектоскоп «CTS-9006»



Предназначен для ультразвукового неразрушающего контроля на наличие дефектов типа нарушения сплошности или однородности в различных материалах, изделиях и сварных соединениях.

Рис. 3.142. Цифровой ультразвуковой дефектоскоп «CTS-9006»

Технические характеристики

Компактность: масса около 1 кг.

Простота эксплуатации: расположение клавиш и простое меню упрощает работу оператора, возможность работы одной рукой.

Компактный ультразвуковой дефектоскоп, который имеет полностью защищенный от попадания пыли и влаги (IP 65) корпус и представляет собой одно из самых надежных и эффективных средств для НК и ТД.

Работа от батарей: до 7 ч непрерывной эксплуатации.

- дискретность: 0.1 мм;
- диапазон рабочих частот: 0.5~15МГц;
- измерение пути и разницы в расстояниях, глубины залегания и расстояния до проекции дефекта на поверхность;
- измерение амплитуды эхо-сигнала в % от высоты экрана, в дБ относительно АРК, в дБ относительно АРД или как экв. диаметр дискового отражателя;
- 5.7" цветной TFT дисплей, яркий, высококонтрастный, три различных цветовых схемы для различных условий работы;
- Peak Memory функция обеспечивает высокую скорость сканирования;
- до 300 блоков настройки могут быть сохранены во встроенной памяти прибора.

Ультразвуковой дефектоскоп-томограф «УД4Т»



Рис. 3.143. Ультразвуковой дефектоскоп-томограф «УД4Т».

Предназначен для ультразвукового неразрушающего контроля на наличие дефектов типа нарушения сплошности или однородности в различных материалах, изделиях и сварных соединениях.

Технические характеристики

По конструктивному исполнению прибор относится к портативным микропроцессорным, по степени участия оператора в процессе контроля - к ручным дефектоскопам, по параметрам пылевлагозащищенного исполнения соответствует - IP-54.

УД4-Т - технологическая новинка, являющаяся продолжением серийного ряда широко применяемого дефектоскопа-томографа УД4Т с сохранением основных концептуальных и методических решений:

- автоматическая настройка - ВРЧ;
- паспортизация преобразователей (измерение фактических параметров каждого применяемого ПЭП);
- измерение акустических свойств материалов контролируемых объектов без использования дополнительного метрологического оборудования;
- визуализация положения дефекта в слое металла или в сварном шве;
- прямое измерение эквивалентной площади дефекта;
- оценка конфигурации и размеров дефектов;
- цифровые технологии применяемые в УД4-Т позволили в одном приборе реализовать набор различных по назначению ультразвуковых устройств, максимально удовлетворяющих требованиям конкретного пользователя;
- выбор и активизация отдельных прикладных задач происходит из пользовательского "меню", по аналогии с Windows, где каждая задача является самостоятельным ультразвуковым прибором: Дефектоскоп, Толщиномер, Тензомер и тп.

Ультразвуковой дефектоскоп «УД2-70»

Ультразвуковой дефектоскоп УД2-70 предназначен для контроля продукции на наличие дефектов типа нарушения сплошности и однородности материалов, полуфабрикатов, готовых изделий и сварных соединений, для измерения глубины и координат их залегания, измерения отношений амплитуд сигналов от дефектов.

Рис. 3.144. Ультразвуковой дефектоскоп «УД2-70».

Технические характеристики

Особенности ультразвукового дефектоскопа:

- малые габариты;
- большой цветной дисплей с высокой разрешающей способностью (320x240 точек) и высокой контрастностью;
- запоминание программ настроек, что позволяет настраивать прибор в лаборатории и вызывать программу на объекте;
- два независимых строба АСД;
- встроенный глубиномер, измеряющий расстояние до эхо-сигнала в первом и во втором стробе по лучу в координатах X, Y, а также расстояние между сигналами в двух стробах;
- запоминание 4000 значений глубиномера;
- цифровая ВРЧ;
- порт RS 232 для подсоединения компьютера;
- встроенные часы и календарь;
- прочный алюминиевый корпус для тяжелых условий эксплуатации.

3.8.2. Ультразвуковые толщиномеры

Предназначены для измерения толщин изделий в диапазоне от 0,1 до 1000 мм из материалов со скоростью распространения ультразвуковых колебаний в них от 1500 до 12000 м/с.

Точное измерение толщины – важный параметр неразрушающего контроля

В процессе эксплуатации под действием различных внешних факторов – трения, коррозии, давления, толщина стенок деталей механизмов и трубопроводов может выйти за пределы допустимых значений. Такие дефекты, как правило, являются самой распространённой причиной выхода из строя промышленного оборудования. Во избежание негативных последствий современный неразрушающий контроль предлагает оптимальные решения, способные вовремя предоставить информацию о проблемных участках.

Основное измерительное оборудование для точного измерения толщины – это ультразвуковой толщиномер, широко применяющийся в мониторинге промышленных систем и оборудования. С помощью этого прибора можно также осуществлять контроль сварных швов для проверки соответствия реальных параметров стандартам ГОСТа. Основная область использования этого дефектоскопического оборудования - замеры остаточной толщины стенок в трубопроводах, резервуарах и емкостях.

Современный толщиномер – компактное эффективное оборудование

Сегодня ультразвуковой толщиномер - это наиболее эффективный прибор для измерения толщины в промышленном оборудовании. Самые передовые модели толщиномеров способны осуществлять мониторинг изделий из различных материалов – металла, пластмассы, пластика, керамики, стекла, включая сложные композитивные сплавы.

Современный ультразвуковой толщиномер предлагает следующие технические и потребительские характеристики:

- компактность и небольшой вес;
- герметичность и прочность корпуса;
- широкий диапазон рабочих температур;
- минимальные погрешности измерений;
- оперативный вывод информации об измерениях на дисплей;
- возможность работать под различными углами;
- сопряжение с другими приборами неразрушающего контроля.

Кроме того, некоторые толщиномеры способны измерять не только толщину стенки, но и размер слоя покрытия, что позволяет производить замеры без предварительной зачистки поверхностей.

Такой измеритель толщины работает по принципу контроля над поведением ультразвуковых импульсов – в процессе замеров измеряется время распространения в изделии излучаемого ультразвука с соответствующим анализом и предоставлением результатов. Естественно, для разных материалов требуются различные параметры для анализа полученных данных, которые изначально встроены в программное обеспечение многофункциональных толщиномеров. При этом все вычисления осуществляются по известной формуле $H=ct/2$, где c - скорость ультразвука в материале, из которого изготовлено изделие, t - измеренное время распространения импульса, H – искомое значение толщины.

При проведении измерений толщины в изделиях из пластмассы и пластика очень важно учитывать климатические условия, так как скорость распространения ультразвуковых импульсов в этих материалах сильно зависит от температуры проводника. Некоторые модели толщиномеров имеют встроенные температурные компенсаторы, которые позволяют исключать погрешности при замерах. Большинство измерителей толщины для создания обширных баз данных может быть сопряжено с персональными компьютерами, что позволяет впоследствии проводить комплексный сравнительный анализ исследуемых объектов.

Таким образом, ультразвуковые толщиномеры способны служить эффективными составляющими общей системы неразрушающего контроля в строительстве и на производстве. В настоящее время рынок предлагает широкую линейку высокотехнологичных приборов этого класса, позволяющую подобрать измерительное оборудование, в точности соответствующее предстоящим задачам.

Устройство и принцип работы

Принцип работы которых основан на взаимодействии с изделием излучаемых импульсных или непрерывных акустических колебаний, вводимых в изделие от пьезоэлектрических преобразователей через промежуточные контактные звукопроводящие среды, от электромагнитных или магнито-индукционных преобразователей.

По назначению толщиномеры подразделяют на:

- общего назначения;
- специализированные.

По степени автоматизации толщиномеры подразделяют на:

- ручного контроля;
- автоматизированного контроля.

По защищенности от воздействия окружающей среды толщиномеры подразделяют на следующие исполнения:

- защищенные от попадания внутрь толщиномера твердых тел (пыли);
- защищенные от попадания внутрь толщиномера воды;
- взрывозащищенные;
- защищенные от воздействия агрессивной среды;
- защищенные от других внешних воздействий.

По стойкости к механическим воздействиям толщиномеры подразделяют на исполнения:

- виброустойчивое;
- вибропрочное;
- удароустойчивое;
- ударопрочное.

▼ Технические характеристики

Основные показатели для толщиномеров общего назначения приведены в табл. 3.109 - 3.111.

Таблица 3.109.

Толщиномеры ручного контроля, предназначенные для измерения толщины изделий при значениях параметра шероховатости поверхностей $R_z \leq 40$ мкм по ГОСТ 2789

Наименование показателя	Значение показателя
1. Диапазон измеряемых толщин (по стали), мм	0,2–100,0
5. Предел допускаемого значения основной погрешности, мм:	
в диапазоне толщин до 10 мм	$\pm 0,003$; $\pm 0,005$; $\pm 0,01$; $\pm 0,02^*$
в диапазоне толщин свыше 10 мм	$\pm 0,001 X^*$; $\pm 0,01$
3. Мощность, потребляемая от сети, В·А, не более	12
4. Время непрерывной работы от автономного источника питания без его замены или перезарядки при нормальных условиях, ч, не менее	16, 40
5. Масса толщиномера, кг, не более	1,8
6. Время одного измерения на стандартном образце, с, не более	6
7. Степень защиты от попадания внутрь толщиномера твердых тел и воды (по ГОСТ 14254), не хуже	IP54
8. Средняя наработка на отказ, ч, не менее	25000

Таблица 3.110.

Толщиномеры ручного контроля, предназначенные для измерения толщины корродированных, эродированных изделий при значениях параметра шероховатости поверхностей $Rz \leq 40$ мкм по ГОСТ 2789

Наименование подгруппы однородной продукции	Наименование показателя	Значение показателя
Толщиномеры со степенью защиты не ниже IP53 по ГОСТ 14254 для работы при температуре не ниже минус 10°C	1. Диапазон измеряемых толщин (по стали или алюминию), мм	0,5-1000
	для толщиномеров с автоматической настройкой на скорость распространения ультразвуковых колебаний (УЗК) в материале изделия, мм	1-1000
	2. Предел допускаемого значения основной погрешности, мм:	
	в диапазоне толщин до 300 мм	$\pm 0,1$
	в диапазоне толщин свыше 300 мм	$\pm(0,1 + 0,001 X^*)$
	для толщиномеров с автоматической настройкой (юстировкой) на скорость распространения УЗК в материале изделия	$\pm(0,1 \pm 0,1 X)$
	3. Время непрерывной работы толщиномера от автономного источника питания без его замены или перезарядки, ч, не менее:	
	со светозлучающим индикатором	20
	со светоотражающим индикатором	300; 400
	для толщиномеров с автоматической настройкой (юстировкой) на скорость распространения УЗК в материале изделия, ч	50
4. Масса толщиномера с автономным источником питания без пьезоэлектрических преобразователей, кг, не более	0,4	
для толщиномеров с автоматической настройкой (юстировкой) на скорость распространения УЗК в материале изделия, кг	0,4	
5. Средняя наработка на отказ, ч, не менее	32000	
Толщиномеры взрывозащищенные со степенью защиты не ниже IP54 по ГОСТ	1. Диапазон измеряемых толщин (по стали), мм	0,7-300
	2. Предел допускаемого значения основной погрешности, мм	$\pm 0,1$
	для толщиномеров с автоматической настройкой (юстировкой) на скорость	$\pm(0,1 + 0,001 X)$

Наименование подгруппы однородной продукции	Наименование показателя	Значение показателя
при температуре не ниже минус 10°C	распространения УЗК в материале изделия, мм	
	3. Время непрерывной работы толщиномера от автономного источника питания без его замены или перезарядки, ч, не менее:	
	со светонизлучающим индикатором	16
	со светоотражающим индикатором	80
	4. Масса толщиномера с автономным источником питания, без пьезоэлектрических преобразователей, кг, не более	0,9
Толщиномеры взрывозащищенные со степенью защиты не ниже IP54 по ГОСТ 14254 для работы при температуре до минус 30°C и ниже	5. Средняя наработка на отказ, ч, не менее	32000
	1. Диапазон измеряемых толщин (по стали), мм	0,7-300
	2. Предел допускаемого значения основной погрешности, мм	±0,1
	для толщиномеров с автоматической настройкой (юстировкой) на скорость распространения УЗК в материале изделия, мм	±(0,1 ± 0,01 X)
	3. Время непрерывной работы толщиномера со светонизлучающим индикатором от одного комплекта батарей или аккумуляторов без их замены или зарядки при нормальных условиях, ч, не менее	20
Толщиномеры взрывозащищенные со степенью защиты не ниже IP54 по ГОСТ 14254 для работы при температуре до минус 30°C и ниже	4. Масса толщиномера с автономным источником питания, кг, не более	1,8
	5. Средняя наработка на отказ, ч, не менее	25000

Таблица 3.111.

Толщиномеры автоматизированного контроля, предназначенные для измерения толщины изделий в процессе их производства или эксплуатации

Наименование подгруппы однородной продукции	Наименование показателя	Значение показателя
Толщиномеры для измерения толщины изделий со значением параметра шероховатости поверхности $Rz \leq 40$ мкм	1. Диапазон измеряемых толщин (по стали), мм	0,2–100,0; 0,1–100,0
	2. Предел допускаемого значения основной погрешности, мм:	
	в диапазоне толщин до 10 мм	$\pm 0,003$; $\pm 0,005$; 0,01
	в диапазоне толщин свыше 10 мм	$\pm 0,001 X^*$; $\pm 0,01$
	3. Масса толщиномера, кг, не более	9
	4. Мощность, потребляемая от сети, В·А, не более	60
	5. Производительность контроля:	
	Количество измерений в секунду, не менее	1000
	Время перенастройки толщиномера при смене объекта контроля, с, не более	300
	6. Степень защиты от попадания внутрь толщиномера твердых тел и воды (по ГОСТ 14254), не хуже	IP54
7. Средняя наработка на отказ, ч, не менее	6600	
Толщиномеры для измерения толщины изделий со значением параметра шероховатости поверхности $Rz > 40$ мкм	1. Диапазон измеряемых толщин (по стали), мм	0,6–100,0
	1. Предел допускаемого значения основной погрешности, мм:	
	в диапазоне толщин до 10 мм	$\pm 0,1$
	в диапазоне толщин свыше 10 мм	$\pm(0,1 + 0,001 X)$
	3. Масса толщиномера, кг, не более	18
	4. Мощность, потребляемая от сети, В·А, не более	50
	5. Производительность контроля:	
Количество измерений в секунду, не менее	250	
Толщиномеры для измерения толщины изделий со значением параметра	Время перенастройки толщиномера при смене объекта контроля, с, не более	300
	6. Степень защиты от попадания внутрь толщиномера твердых тел и воды (по ГОСТ 14254), не хуже	IP54

Наименование подгруппы однородной продукции	Наименование показателя	Значение показателя
шероховатости поверхности $Rz > 40$ мкм	7. Средняя наработка на отказ, ч, не менее	10000

* X — измеряемая толщина, мм.

Примечание к табл. 3.98–3.100. При расширении функциональных возможностей толщиномеров, обеспечиваемых применением встроенных микропроцессорных устройств и (или) устройств оперативной памяти результатов измерений и (или) интерфейсных устройств для подключения внешних устройств автоматической регистрации результатов измерений, допускается нормировать значения показателей времени непрерывной работы менее, а массы более установленных значений.

Ультразвуковой толщиномер «26MG»



Толщиномер 26MG применяется при контроле резервуаров-хранилищ, нефтепроводов, сосудов высокого давления, бойлерных труб, паровых магистралей и прочих конструкций, подверженных внутренней коррозии или эрозии.

Рис. 3.145. Ультразвуковой толщиномер «26MG».

Толщиномер весит всего 240 г и легко умещается в ладони. С помощью толщиномера 26MG можно производить измерения при одностороннем доступе к объекту контроля.

Технические характеристики

Таблица 3.112.

Основные параметры

Характеристики	Показатель
Режим измерения	Режим импульс-эхо с раздельно-совмещёнными преобразователями.
Диапазон измерения толщины	от 0,50 мм до 508,00 мм (зависит от материала, преобразователя, состояния поверхности, температуры).
Диапазон скорости звука в материале	от 0,762 до 13,999 мм/мкс

Точность отображения измерений	Низкая 0,1 мм Стандартная 0,01 мм
Частота измерений	- Стандартная: 4 Гц. - Быстрая: 20 Гц.
Режим минимума	Отображение минимального значения толщины в режиме высокой частоты измерения (20 Гц).
Стоп-кадр	Фиксация изображения для записи критических значений толщины. Позволяет уменьшить погрешность при избытке контактной жидкости при отрыве датчика от поверхности и упрощает измерения на высоконагретых поверхностях.
Автоматическое распознавание датчика	Автоматически распознаёт тип большинства преобразователей. Настраивает внутренние параметры и корректирует ошибки V-образного пути ультразвука.
Компенсация нуля	Поправка на температуру преобразователя и смещение нуля.
Дисплей	ЖК-дисплей (LCD), высота цифр 10,2 мм.
Удержание последнего значения/Сброс	Отображение последнего значения толщины на экране или сброс последнего значения.
Электролюминесцентная подсветка экрана	ВКЛ или Авто-ВКЛ.
Полоса пропускания приёмника	от 1 МГц до 15 МГц (по уровню -3 дБ).
Единицы измерения	Миллиметры или дюймы.
Питание	2 щелочные батареи АА.
Время работы	Стандартное время работы от батарей 250 часов, с постоянно включенной подсветкой - 30 часов.
Индикатор оставшегося заряда	Постоянное отображение состояния заряда.
Энергосбережение	Автоматическое выключение питания.
Корпус/Клавиатура	Ударопрочный, герметичный корпус Lexan с защитой от брызг. Герметичная клавиатура, кнопки которой маркированы определённым цветом в соответствии с выполняемыми функциями. С тактильной и звуковой обратной связью.
Диапазон рабочих температур	от -10°C до +50°C.
Размер	128,7 мм × 64,8 мм × 29 мм.

3.8.3. Твердомеры Динамический твердомер «ТЭМП-2»



Твердомер предназначен для экспрессного измерения твердости различных изделий (из стали, ее сплавов и сварных соединений, чугуна, цветных металлов, резины и др. материалов) по шкалам Бринелля (НВ), Роквелла (HRC), Виккерса (HV), Шора "D" (HSD). Метод измерения - динамический.

Рис. 3.146. Динамический твердомер «ТЭМП-2».

Устройство и принцип работы

Возможности твердомера:

- измерение твердости деталей, в том числе сложной формы и крупногабаритных изделий, имеющих труднодоступные зоны измерений, при различных пространственных положениях датчика прибора;
- высокая производительность, простота измерений и обслуживания прибора;
- диагностирование твердости эксплуатируемого оборудования с целью оценки его остаточного безопасного ресурса;
- усреднение результатов измерений прибором, их ввод в буфер памяти и последующий вывод из него на дисплей прибора или на компьютер, распечатка данных на принтере в виде протокола либо сохранение их в виде файла;
- энергонезависимая память 10-ти программируемых шкал твердости и 99-ти усредненных результатов измерений твердости;
- программирование (калибровка) шкал твердости прибора с его клавиатуры или с компьютера с помощью поставляемых с твердомером кабеля RS 232 (порты COM 1 или COM 2) и программы (на дискете);
- определение предела прочности на растяжение R_m (σ_B) путем автоматического пересчета с НВ по ГОСТ 22761-77 для углеродистых сталей перлитного класса;
- самоотключение прибора, индикация ресурса батарей питания; подсветка дисплея (графический ЖКИ) обеспечивающая устойчивую работу прибора при низких (до минус 15°C) температурах и в неосвещенных местах;

- графический ЖКИ позволяет отслеживать все действия пользователя при работе с прибором (усреднение, работа с памятью, положение датчика, программирование, разряд батарей, включение и выключение подсветки);
- наличие специальных датчиков разного назначения, в том числе спецдатчика с удлиненной насадкой, позволяющего измерять твердость шестерен с модулем четыре и выше во впадинах и по эвольвенте зуба, а также твердость шкивов, пазов под шпонки, труднодоступных мест, например зон термического влияния у сварных валиков на трубах.

▼ Технические характеристики

Таблица 3.113.

Основные параметры

Параметр	Значение
Диапазоны измерения твердости по шкалам:	
шкала HRC	22...68
шкала HB	100...450
шкала HV	100...950
шкала HSD	22...99
Предел относительной допускаемой погрешности, %	3
Время одного измерения, с	5
Напряжение питания прибора от 3-х элементов типа А-316 (либо от аккумуляторов типа RX6, либо от блока питания), В	4,5
Ресурс непрерывной работы на одном комплекте питания, час:	120
без подсветки	40
с включенной подсветкой	60

Твердомер «EQUOTIP 3»



«Equotip 3» является универсальным портативным твердомером на основе динамического метода отскока по Leeb, разработанного компанией Proceq.

Рис. 3.147. Твердомер «EQUOTIP 3».

Устройство и принцип работы

Подходит для большинства металлов.

Отлично подходит для выбора материала, прямо-сдаточных испытаний и контроля качества на производстве.

Идеально подходит для измерений по месту эксплуатации тяжелых, массивных объектов до или после монтажа.

Удобен для применения в труднодоступных или замкнутых пространствах.

Также точен при контроле на криволинейных поверхностях ($R > 10$ мм).

Технические характеристики

Таблица 3.114.

Основные параметры

Параметры	Значения
Метод измерения	Метод отскока по Leeb
Существующие датчики	C, D, DC, DL, E, G, S
Сферический наконечник	Карбид вольфрама, диаметр 3 мм (для датчиков D, DC, DL типа)
Минимальный радиус кривизны поверхности	10 мм
Разрешение	1 HL; 1 HV; 1 HB; 0.1 HRC; 0.1 HRB; 0.1 HRA; 0.1 HS; 1 МПа (1 N/мм ²)
Погрешность	± 4 HL (0.5% на 800 HL)
Электронный блок прибора Equotip 3:	
Размеры	170 x 200 x 45 мм
Масса	780 г. плюс около 120 г батареи
Материал	ударопрочный пластик ABS
Экран	большой ЖК QVGA экран с подсветкой и настраиваемой контрастностью
Внутренняя память	~ 100000 значений
Подключение	Ethernet, USB и RS 232
Приложение для ПК	ПО EquoLink 3 в комплекте
Тип батареи	перезаряжаемая Li ion или 3 стандартных элемента "С"
Рабочая температура	от 0 до + 50 °С
Температура хранения	от -10 до + 60 °С
Допустимая влажность	90%

Твердомер «EQUOTIP BAMBINO»



Твердомер «EQUOTIP BAMBINO» является простым, экономичным и простым в использовании твердомером, работающим по методу отскока по Leeb и измеряющим твердость большинства металлов.

Рис. 3.148. Твердомер «EQUOTIP BAMBINO».

Технические характеристики

Таблица 3.115.

Основные параметры

Параметры	Значения
Метод измерения	метод отскока по Leeb
Энергия удара	11 Нмм (датчик Equotip D)
Сферический наконечник	Карбид вольфрама, диаметр 3 мм
Минимальный радиус кривизны поверхности	10 мм
Диапазон измерения	150 - 950 HL
Разрешение	1 HL; 1 HV; 1 HB; 0.1 HRC; 0.1 HRB; 0.1 HS
Погрешность	± 4 HL (0.5% на 800 HL)
Размеры	147,5 x 44 x 20 мм
Масса	110 г
Материал корпуса	Анодированный алюминий с защитой от царапин
Экран	Большой высококонтрастный ЖК
Подключение	нет
Приложение на ПК	нет
Аккумулятор	Li ion, заряжается через USB порт, более 20000 ударов на один цикл заряда, интеллектуальный режим пробуждения/оживания
Рабочая температура	от -10 до +60 °C
Допустимая влажность	90%

▼ 3.9. Эксплуатация средств измерений

К общим эксплуатационным показателям средств измерений относятся надежность, долговечность, динамическое качество, экономичность, эффективность применения. Работоспособность средств измерений обеспечивается при эксплуатации в нормальных условиях, рекомендуемых в технических документах.

По Государственным стандартам в помещениях, где проводятся измерительные работы, установлены: нормальная температура $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$, нормальное давление воздуха — 84... 106 кПа, относительная влажность воздуха — 30... 80%, освещенность — 50...60 (в зависимости от обстановки) люкс, а также использование соответствующей спецодежды.

При измерениях не допускается располагать средства измерений вблизи предметов, вызывающих изменение температуры со скоростью более $0,3^\circ\text{C}/\text{ч}$.

Пределы допускаемой погрешности средств измерений при температуре окружающего воздуха $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ и относительной влажности до 80% при температуре 25°C не должны превышать значений, указанных в документации.

Гарантийный срок эксплуатации и срок службы приборов регламентируется в технических инструкциях, паспортах и действующей документации на конкретный прибор. Он характеризует долговечность работы приборов при соблюдении установленных требований в отношении режима эксплуатации, условий транспортировки и хранения. Иными словами, срок службы прибора — предельно допустимая норма времени его использования в режиме активной эксплуатации и хранения с учетом выполненных технологических процедур по восстановлению работоспособности (текущий, средний, капитальный ремонты, техническое и метрологическое обслуживание). По истечении срока службы прибор списывают, заменяя его аналогичным новым или усовершенствованным (в случае морального износа).

Как показывает отечественный и зарубежный опыт развития приборостроения, измерительной базы и метрологического обеспечения производства, срок службы составляет (табл. 3.116):

Таблица 3.116.

Сроки службы средств измерений

№	Наименование измерительных средств	Срок службы (годы)
1	2	3
1	Оптико - механические приборы	5-10
2	Оптико - электронные приборы	3-7

3	Штриховые меры длины	0,5-2
4	Концевые меры длины	3-4
5	Сило - и массоизмерительные приборы	до 5
6	Электроизмерительные приборы общепромышленного исполнения	5-6
7	Электроизмерительные приборы специального назначения	3-4
8	Дефектоскопические аппаратуры для контроля качества сварных соединений	3-5
9	Дозиметрические приборы индивидуального назначения	до 4
10	Гидроакустические приборы	7-8
11	Течискательные аппаратуры	2-3
<p><i>Примечание:</i> В стационарных помещениях, имеющих установки кондиционирования и термостатирования, срок службы приборов увеличивается в среднем на 35-45%. Полный средний срок службы приборов должен быть не менее 10 лет.</p>		

Качество измерительных средств определяется совокупностью эксплуатационных показателей, указанных в технической документации. Среди них можно выделить: *общие* – свойственные любому СИз (класс точности, диапазон измерений); *типичные* – присущие большинству измерительных средств (поверка) и *специальные* – присущие лишь отдельным измерительным средствам (упаковка, требования к транспортировке).

В процессе эксплуатации средств измерений нельзя допускать грубых ударов или падения и других повреждений, царапин на измерительных поверхностях, трения измерительных поверхностей об контролируемую деталь во избежание неисправностей.

Образцовые меры необходимо предохранять от резких изменений температуры, толчков, тряски и т.п., поэтому их всегда следует хранить в двойных футлярах в специальных помещениях с двойными, хорошо изолированными стенами, иногда достаточно углубленными в землю, т.е. в помещениях, где годовое колебание температуры не превышает 1-2° С. Их не следует перевозить без крайней необходимости.

Поступившие приборы проходят проверку комплектности, технического состояния и соответствия их паспортным характеристикам. Все поступившие приборы заносятся в приходно-расходный журнал с указанием их типа, инвентарного номера, заводского номера, года выпуска.

Использование неисправного и неуправляемого или не прошедшего калибровку контрольно-измерительного оборудования запрещено.

С целью обеспечения соответствующей метрологической точности и пригодности средств измерительной техники к дальнейшей эксплуатации

производится их периодическая поверка на основании графика поверки СИз (Приложение №6. табл.1) в соответствующих организациях, имеющих право на проведение поверки соответствующих приборов и средств измерений согласно заключенным договорам.

Организация, производившая поверку СИз, выдаёт соответствующие сертификаты (заключения) на поверенные годные к применению СИз.

Для уверенности в том, что все средства измерительной техники регулярно подвергаются поверке, ответственный за метрологическое обеспечение должен регулярно проводить контроль и анализ выполнения поверки СИз (Приложение №6 табл. 2.) в соответствии с графиком поверки СИз.

Все приобретаемые СИз должны регистрироваться в журнале регистрации приобретаемых СИз (Приложение №6. табл. 3.).

При выдаче СИз в производство заполняется журнал регистрации выдачи средств измерений (Приложение №6. табл. 4.).

Средства измерительной техники, с истёкшим сроком поверки, а также СИз признанные негодными к эксплуатации должны отмечаться в журнале (Приложение №6. табл. 5.).

Все записи, подтверждающие исправность и годность СИз к применению должны быть включены в перечень сертификатов поверок (Приложение №6. табл. 6.).

Для своевременного контроля за состоянием наличия и потребности СИз ответственное должностное лицо за метрологическое обеспечение ежегодно заполняет таблицу метрологического состояния на предприятии (Приложение №6. табл.7.).

Для контроля за движением и хранением СИз в инструментальном помещении ответственный за инструментальное помещение ведёт учёт выдачи СИз (Приложение №6. табл. 8.).

Все СИз, непосредственно влияющие на качество, должны иметь:

- идентификационный номер;
- дата поверки или калибровки;
- срок действия поверки или калибровки;
- подпись лица, ответственного за поверку или калибровку.

При невозможности наклеивания этикетки из-за формы или условий эксплуатации измерительных средств, на них в обязательном порядке должен быть нанесен идентификационный номер.

Если на средствах измерительной техники нет этикетки или идентификационного номера, запрещается их использование без письменного разрешения лица, ответственного за поверку или калибровку данного контрольно-измерительного оборудования.

3.10. Эталоны и поверка средств измерений

Одно из условий обеспечения единства измерений - выражение результата в узаконенных единицах. Это предполагает не только применение допущенных ГОСТ 8.417 единиц, но и обеспечение равенства их размеров. А для этого необходимо обеспечить воспроизведение, хранение единиц физических величин и передачу их размеров всем применяемым средствам измерений, прогнатурированных в этих единицах.

Средство измерений, предназначенное для воспроизведения и хранения единицы величины (или кратных либо дельных значений единицы величины) с целью передачи ее размера другим средствам измерений данной величины, выполненное по особой спецификации и официально утвержденное в установленном порядке, называется эталоном.

Эталон, утвержденный в качестве исходного для страны, называют *государственным эталоном*.

В структуре Агентства Узстандарт функционирует Центр национальных эталонов, где хранятся 9 национальных эталонов, из них, 4 рабочих эталона единиц (время и частоты, напряжения переменного тока, давления, длины) и 5 образцовых средств измерений (доля массы смеси газа в воздухе, электрической емкости, индуктивности, массы, измерения расхода и объема жидкостей).

В основе создания эталонов лежат фундаментальные исследования. В эталонах воплощены новейшие достижения науки и техники для воспроизведения единиц с максимально возможной точностью.

Для различных метрологических работ создают *вторичные эталоны*, значения которых устанавливают по государственному эталону. По назначению их подразделяют на *эталон-свидетели*, *эталон-сравнения*, *эталон-копии* и *рабочие эталоны*. *Эталон-свидетель* предназначен для проверки сохранности государственного эталона и его замены в случае порчи или утраты. *Эталон-сравнения* применяют для сличения эталонов. *Эталон-копия* предназначен для передачи размеров единиц рабочим эталонам. *Рабочий эталон* используется для передачи размера единиц эталонам высшей точности и в отдельных случаях наиболее точным рабочим средствам измерений.

Для передачи размеров единиц от государственного эталона рабочим средствам измерений создана система эталонов, которые по точности подразделяются на разряды. Передача размеров единиц осуществляется путем поверки или калибровки средств измерений.

Поверка средств измерений - совокупность операций, выполняемых органами Государственной метрологической службы (другими уполномоченными на то органами, организациями) с целью

определения и подтверждения соответствия средства измерений установленным техническим требованиям. Поверка средства измерений заключается в определении погрешностей средства измерений и в установлении его пригодности к применению. Проведение поверки позволяет установить, находятся ли метрологические характеристики средств измерений в заданных пределах.

Процедура поверки средств измерений регламентируется различными документами (государственными стандартами, инструкциями, методическими указаниями и др.), соблюдение требований которых обязательно.

Калибровка средств измерений - совокупность операций, выполняемых с целью определения и подтверждения действительных значений характеристик и (или) пригодности к применению средств измерений, не подлежащих государственному метрологическому контролю и надзору.

▼ **Поверочная схема** - утвержденный в установленном порядке документ, устанавливающий средства, методы и точность передачи размеров единиц от государственного эталона рабочим средствам измерений.

Поверочные схемы разделяют на государственные и локальные, Государственные поверочные схемы регламентируются государственными стандартами и распространяются на все средства измерений данного вида. Локальные поверочные схемы предназначены для метрологических служб Государственных органов управления и юридических лиц. Все локальные схемы должны соответствовать требованиям соподчиненности, которая определена государственной поверочной схемой.

Поверочные схемы состоят из чертежа и текстовой части. На чертеже указывают: наименование средств измерений, диапазоны значений физических величин, обозначения и значения погрешностей, наименования методов поверки. Текстовая часть состоит из вводной части и пояснений к элементам поверочной схемы.

▼ **Методы поверки.** Под методами поверки понимают методы передачи размера единиц физической величины. В основу классификации применяемых методов поверки положены следующие признаки, в соответствии с которыми средства измерений могут быть поверены:

- без использования компаратора (прибора сравнения), то есть непосредственным сличением поверяемого СИз с эталонным СИз того же вида;
- сличением поверяемого СИз с эталонным СИз того же вида с помощью компаратора или других средств сравнения;

- прямым измерением поверяемым СИз значения физической величины, воспроизводимой эталонной мерой;
- прямым измерением эталонным СИз значения физической величины, воспроизводимой подвергаемой поверке мерой;
- косвенным измерением величины, воспроизводимой мерой или поверяемым прибором, подвергаемыми поверке;
- путем независимой (автономной) поверки.

При поверке методом *непосредственного сличения* устанавливают требуемые значения измеряемой величины X и сравнивают показания поверяемого прибора X_p и эталонного прибора $X_э$. Разность между их показаниями будет определять абсолютную погрешность поверяемого прибора, которую приводят к нормированному значению для получения приведенной погрешности.

Основным достоинством метода непосредственного сличения является простота и отсутствие необходимости применения сложного оборудования. Метод сличения при помощи компаратора применяют тогда, когда невозможно или сложно сравнить показания двух приборов или двух мер. Измерения в этом случае выполняют путем введения в схему поверки компаратора, позволяющего косвенно сравнивать две однородные или разнородные физические величины. Компаратором может быть средство измерений, одинаково реагирующее на сигнал эталонного и поверяемого средства измерений. Например, при сличении мер сопротивления, емкости и индуктивности в качестве компаратора используют мосты постоянного или переменного тока. При сравнении мер сопротивления и ЭДС – потенциометры.

Метод *прямых измерений* заключается в прямом измерении поверяемым прибором значения физической величины воспроизводимой мерой. Практическая реализация метода прямых измерений предъявляет к мерам следующие требования:

- возможность воспроизведения мерой той же физической величины, в единицах которой проградуировано поверяемое средство измерений;
- достаточный для перекрытия всего диапазона измерения поверяемого средства измерений диапазон физических величин воспроизводимых мерой;
- соответствие точности меры, а в ряде случаев и ее типа и плавности изменения размера требованиям, которые предъявляются в нормативных документах (НД) по поверке данного средства измерений.

Суть *метода косвенных измерений* заключается в следующем: проводят прямые измерения нескольких физических величин с помощью эталонных СИз и получают значения X_{01} , X_{02} , ..., X_{0n} . Затем, используя известную функциональную зависимость f между этими

величинами и величиной, которая измеряется поверяемым прибором, определяют действительные значения величины, то есть находят результат косвенного измерения по формуле:

$$Q_0 = f(X_{01}, X_{02}, \dots, X_{0m})$$

Метод используется тогда, когда действительные значения величин, измеряемые поверяемым средством измерений невозможно или трудно определить прямым измерением или когда косвенные измерения более простые или точные.

Например, поверка электрического счетчика активной энергии с помощью образцового ваттметра и секундомера. По показаниям ваттметра определяют значение мощности P_0 и поддерживают ее неизменной в течение времени t_0 , которое в свою очередь определяется по эталонному секундомеру. Тогда действительное значение энергии W_0 можно рассчитывать по формуле:

$$W_0 = P_0 t_0.$$

При выполнении поверки методом косвенных измерений следует учитывать тот факт, что конечный результат и погрешность косвенного измерения зависит от составляющих погрешностей прямых измерений.

Автономная поверка - это поверка без применения эталонных средств измерений (СИз). Она применяется при разработке особо точных СИз, которые невозможно или очень сложно поверить одним из рассмотренных выше методов поверки ввиду отсутствия еще более точных СИз с соответствующими пределами измерения. Суть этой поверки, которая наиболее часто используется для поверки приборов сравнения, заключается в сравнении величин, воспроизводимых отдельными элементами поверяемого СИз с величиной, выбранной в качестве опорной и конструктивно воспроизводимой в самом поверяемом СИз. Например, при поверке m -ной декады потенциометра необходимо убедиться в равенстве падений напряжений на каждой n -ной ступени этой декады. Для этого, выбрав в качестве опорной величины сопротивление первой ступени декады, можно поочередно сравнивать с помощью компаратора падение напряжения на каждой n -ной ступени с падением напряжения на этом сопротивлении. Метод трудоемок, но обладает высокой точностью.

Реализация рассмотренных выше методов поверки осуществляется с помощью способов *комплектной и поэлементной поверки*.

При комплектной поверке средство измерений поверяют в полном комплекте его составных частей, без нарушения взаимосвязей между ними. Погрешности, которые при этом определяют, рассматривают как погрешности, свойственные поверяемому средству измерений как единому целому. При этом средство измерений находится в условиях, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации, что

позволяет в ходе поверки выявить многие, присущие поверяемому средству измерений недостатки: дефекты внутреннего монтажа, неисправности переключающих устройств и т.п. С учетом простоты и хорошей достоверности результатов, комплектной поверке всегда, когда это возможно отдают предпочтение.

В случае невозможности реализации комплектной поверки, ввиду отсутствия эталонных средств измерений, несоответствия их требованиям точности или пределам измерений, применяют поэлементную поверку. Поэлементная поверка средств измерений это поверка, при которой его погрешности определяют по погрешностям отдельных частей. Затем по полученным данным расчетным путем определяют погрешности, свойственные поверяемому средству измерений как единому целому. При этом предполагают, что закономерности взаимодействия отдельных частей средства измерений точно известны, а возможности посторонних влияний на его показания исключены и поддаются точному учету.

Иногда применение поэлементной поверки оказывается единственно возможным. Часто ее используют при поверке сложных СИз, состоящих из компаратора со встроенными в него образцовыми мерами. Следует особо отметить, что по результатам поэлементной поверки, если действительная погрешность превышает допускаемую, то можно непосредственно установить причину неисправности СИз.

Существенным недостатком поэлементной поверки является ее трудоемкость и сложность реализации по сравнению с комплектной поверкой.

▼ Порядок составления и согласования перечней. Перечни составляются ежегодно специалистами метрологических служб и лицами ответственными за обеспечение единства измерений предприятий-пользователей.

Перечни составляются в двух экземплярах и подписанные руководителем предприятия - пользователя представляются в метрологическую службу поверителя на согласование.

Срок подачи перечней на согласование в территориальные органы до 1 декабря текущего года.

Рассмотрение и согласование перечней осуществляется в двухнедельный срок.

При наличии замечаний к правильности отнесения указанных в перечнях СИз к таким, которые подлежат поверке повторное согласование проводится в том же порядке. Предприятия – пользователи направляют перечни на повторное согласование в течение 10 календарных дней.

Изменения или дополнения к перечням могут вноситься предприятиями-пользователями в течении календарного года при условии их согласования в вышеприведенном порядке.

▼ **Подготовка годового графика поверки.** Органы Государственной метрологической службы осуществляют поверку средств измерений на основании графиков поверки (Приложении №6, табл. 1.).

Графики поверки составляются на срок, устанавливаемый владельцами средств измерений.

Сроки представления графиков поверки устанавливают органы Государственной метрологической службы.

Графики поверки могут быть скорректированы в зависимости от изменения номенклатуры и количества средств измерений.

Графики поверки направляются в орган Государственной метрологической службы, на обслуживаемой территории которого находятся владельцы средств измерений. Графики поверки составляются в трех экземплярах.

В течение 10 дней с момента поступления графиков поверки средств измерений орган Государственной метрологической службы проводит их рассмотрение.

Порядок рассмотрения и согласования графиков поверки устанавливает руководитель органа Государственной метрологической службы.

При рассмотрении графиков поверки определяют средства измерений, поверка которых проводится в органе Государственной метрологической службы.

Данные средства измерений отмечаются в третьем экземпляре, который возвращается для сведения заявителю.

В ответе могут быть указаны другие органы Государственной метрологической службы или юридические лица, которые могут обеспечить поверку средств измерений, не обеспеченных поверкой в данном органе Государственной метрологической службы.

Заявитель повторно направляет графики поверки в другой орган Государственной метрологической службы или юридическое лицо по своему выбору, который их согласовывает.

При согласовании графиков поверки проверяют полноту информации о средствах измерений, представляемых на поверку, уточняют место, сроки, объем поверки, а также оплату.

Первый экземпляр согласованных графиков поверки и подписанных руководителем органа Государственной метрологической службы направляется заявителю.

Доставку средств измерений на поверку обеспечивают владельцы средств измерений.

Средства измерений сдаются на поверку в органы Государственной метрологической службы под расписку.

Ответственность за сохранность средств измерений несет орган Государственной метрологической службы в соответствии с действующим законодательством.

Графики поверки средств измерений устанавливают сроки и объемы проведения работ, связанных с определением пригодности средств измерений к применению, через определенные интервалы времени.

В графики периодической поверки включаются все средства измерений хозяйственного субъекта, предназначенные для измерений.

▼ **Подготовка средств измерений к поверке.** Планирование государственной и ведомственной поверок средств измерений (в том числе и нестандартизованных), находящихся в эксплуатации и на хранении, осуществляет главный метролог, и включает в себя следующие этапы:

- установление номенклатуры средств измерений, подлежащих государственной или ведомственной поверке;
- изучение условий и интенсивности эксплуатации средств измерений; установление межповерочных интервалов;
- составление, утверждение и согласование годовых календарных графиков поверки, которые должны содержать следующие данные: наименование и тип средств измерений, заводской (инвентарный) номер, периодичность поверки, календарные сроки поверки.

Межповерочные интервалы (периодичность поверки) для средств измерений, находящихся в эксплуатации, определяются метрологической службой в зависимости от типа средств измерений, условий и интенсивности их эксплуатации, а также важности выполняемой измерительной операции.

Межповерочные интервалы для средств измерений, находящихся на хранении, должны быть не более:

- Гарантированный срок, установленных приборостроительными предприятиями, - для средств измерений, поступивших на хранение после выпуска из производства;
- Удвоенных межповерочных интервалов, установленных для поверки средств измерений, находящихся в эксплуатации.

Межповерочный интервал обычно составляет:

- 1 год - для линейных и угловых средства измерений;
- 2 года - для датчиков с пределом допускаемой основной погрешности $\pm 0.2\%$ и $\pm 0.25\%$;
- 3 года - для датчиков с пределом допускаемой основной погрешности $\pm 0.5\%$;
- 1 год - для манометров;
- 1 год - для газоанализаторов;

- 4 года – для газовых счетчиков, корректоров объема газа;
- 4 года – для ариометров, вискозиметров.

Средства измерений, находящихся на длительном хранении, при соблюдении требований к их консервации и хранению периодической поверке не подвергаются. Передача средств измерений на длительное хранение оформляется актом, в котором указывают условия хранения, вид консервации или упаковки.

Если средства измерительной техники используются в индикаторном режиме, то они обозначаются буквой "И" и не подлежат поверке или калибровке.

На предприятии имеются: перечень измерительных приборов, носящих информационный характер и не подлежащих калибровке, а также перечень контрольно-измерительных приборов, за которыми осуществляется контроль для обеспечения их калибровки и поверки в установленные сроки.

▼ Поверка средств измерений. Перечни СИз, используемых в сфере распространения государственного контроля и надзора, подлежащих поверке, утверждаются Агентством Узстандарт.

Государственную поверку СИз производят органы государственной метрологической службы, но право поверки СИз может быть предоставлено аккредитованным метрологическим службам юридических лиц.

Результаты поверки СИз, произведенной в других государствах, признаются на основании международных договоров и соглашений.

Обязательной государственной поверке подлежат:

а) образцовые СИз государственных метрологических служб и субъектов предпринимательства;

б) СИз, выпускаемые из производства в качестве образцовых согласно их прямому назначению или по условиям заказа на изготовление;

в) СИз ионизирующих излучений и содержащие в своем составе источники ионизирующих излучений;

г) СИз, выпускаемые прибороремонтными хозяйственными субъектами после ремонта для сторонних хозяйственных субъектов;

д) СИз, связанные с регистрацией спортивных национальных и международных рекордов;

е) СИз, применяемые для измерений при проведении экспертиз органами государственного арбитража, а также при таможенном контроле;

ж) СИз, применяемые в качестве рабочих для измерений, результаты которых используются для:

- охраны природы; охраны здоровья; обеспечения безопасности труда;

- обеспечения безопасности движения всех видов транспорта;
- обеспечения безопасности производственных и технологических процессов;
- обеспечения систем связи; межхозяйственных взаиморасчетов; всех видов торговли; всех видов платных услуг населению.

Поверка средств измерений производится лицами, имеющими действующие удостоверения о присвоении им квалификации государственного или ведомственного поверителя.

Средства измерений подвергаются *первичной, периодической, внеочередной, инспекционной, выборочной, и экспертной поверкам.*

Первичная поверка - поверка, выполняемая при выпуске средства измерений из производства или после ремонта, а также при ввозе средства измерений из-за границы партиями, при продаже. *Периодическая поверка* - поверка средств измерений, находящихся в эксплуатации или на хранении, выполняемая через установленные межповерочные интервалы времени. *Внеочередная поверка* - поверка средства измерений, проводимая до наступления срока его очередной периодической поверки при повреждении знака поверительного клейма; в случае утраты свидетельства о поверке; вводе в эксплуатацию средств измерений после длительного хранения (более одного межповерочного интервала); проведении повторной юстировки или настройки. *Инспекционная поверка* - поверка, проводимая органом государственной метрологической службы при проведении государственного надзора за состоянием и применением средств измерений. *Выборочная поверка* - поверка группы средств измерений, отобранных из партии случайным образом, по результатам которой судят о пригодности всей партии. *Экспертная поверка* - проводится при возникновении разногласий по вопросам, относящимся к метрологическим характеристикам, исправности средств измерений и пригодности их к применению.

Если средство измерений по результатам поверки признано пригодным к применению, то на него или техническую документацию наносится оттиск поверительного клейма или выдается "Свидетельство о поверке". Если средство измерений по результатам поверки признано непригодным к применению, оттиск поверительного клейма гасится, "Свидетельство о поверке" аннулируется, выписывается "Извещение о непригодности" или делается соответствующая запись в технической документации.

3.11. Калибраторы

Многофункциональный калибратор «MC5-R»



Рис. 3.149. Многофункциональный калибратор «MC5-R».

Многофункциональный калибратор MC5-R предназначен для поверки и калибровки в полевых или лабораторных условиях стрелочных и цифровых приборов, преобразователей давления, перепада давления, расхода, уровня и температуры, имеющих сигналы (P, t , U, I, R, f, импульсы и HART-протокол).

Устройство и принцип работы

Уникальные функциональные возможности и конфигурация MC5-R позволяют собрать практически любую поверочную схему.

Имеется исполнение калибратора для монтажа в панель - MCSP-R.

Многофункциональность - первый портативный калибратор давления и электрических сигналов в едином корпусе.

Модульность - множество вариантов комплектации с возможностью наращивания.

Большой графический дисплей с подсветкой и мембранной клавиатурой.

Самый большой выбор типов термодатчиков и термометров сопротивления по ГОСТ, IEC, DIN для МПТШ-68 и МТШ-90.

Полностью русифицированный многооконный интерфейс пользователя на основе меню.

Хранение процедур и результатов калибровок.

Ввод данных и текста в полевых условиях.

Одновременное измерение или задание до трех параметров (например, дельта P, P и t).

Влаго- и пыленепроницаемый корпус (IP65).

3 года гарантии на все модули.

▼ *Технические характеристики*

Таблица 3.117.

Измерение/генерирование электрических сигналов.

Диапазоны	Погрешность
$\pm 50/\pm 12$ В	$\pm(0,02\%$ показ. + 0,25 мВ/0,1 мВ)
$\pm 1000/\pm 500$ мВ	$\pm(0,02\%$ показ. + 5 мкВ/4 мкВ)
$\pm 100/\pm 25$ мА	$\pm(0,02\%$ показ. + 1,5 мкА/1 мкА)
0/1 ... 4000 Ом	$\pm(0,02\%$ показ. + 3,5 мОм)/ $\pm 0,04\%$ показ.
0,0027 ... 50000 Гц	$\pm 0,01\%$ показ.
0 ... 9 999 999 имп.	

Таблица 3.118.

Измерение давления (внутренние и внешние модули)

Диапазоны	Погрешность	
	6 месяцев	12 месяцев
± 1 кПа дифф.	$\pm(0,06\%$ П + 0,035% Д)	$\pm(0,1\%$ П + 0,05% Д)
0 ... 10 кПа	$\pm(0,015\%$ П + 0,017% ВП)	$\pm(0,025\%$ П + 0,025% ВП)
± 40 кПа	$\pm(0,015\%$ П + 0,015% ВП)	$\pm(0,025\%$ П + 0,02% ВП)
± 100 кПа	$\pm(0,015\%$ П + 0,01% ВП)	$\pm(0,025\%$ П + 0,01% ВП)
-0,1 ... +0,2/0,6/2/6/10/16 МПа	$\pm(0,015\%$ П + 0,007% ВП)	$\pm(0,025\%$ П + 0,01% ВП)
0 ... 16/25/60/100 МПа	$\pm(0,015\%$ П + 0,01% ВП)	$\pm(0,025\%$ П + 0,015% ВП)

Цифровые калибраторы температуры серии «СТС»



Цифровые сухоблочные калибраторы температуры серии СТС предназначены для калибровки (поверки) термодпар, термометров сопротивления, жидкостных стеклянных, манометрических, термометров и термореле погружного типа. Эти калибраторы заменяют приборы предыдущего поколения типа 201, 202 и 601, 602, 1200SE, а также серию Comvast.

Рис. 3.150. Цифровой калибратор температуры серии «СТС».

Отсутствие жидкости и небольшие габариты позволяют проводить калибровку как в лабораторных условиях, так и по месту установки датчиков.

Устройство и принцип работы

Оператор может установить заданное значение температуры, максимально допустимое значение температуры, разрешение (0,1 или 1°C), скорость изменения температуры и значение выдержки по времени после стабилизации режима по температуре.

Калибратор в автоматическом режиме изменяет температуру с заданной скоростью и определяет значения температуры при замыкании и размыкании реле, а также вычисляет гистерезис.

Особенности:

- быстрый нагрев и охлаждение;
- полная компенсация бросков и нестабильности сетевого питания;
- большой дисплей с подсветкой и мембранной клавиатурой;
- индикация стабилизации режима;
- автоматическая калибровка термореле;
- автоматические ступени по температуре;
- простая процедура рекалибровки;
- полная автоматизация поверки под управлением ПО JofraCal;
- режим имитации всех операций, упрощающий освоение прибора;
- два года гарантии.

Модель СТС-140 А позволяет задавать и положительные, и отрицательные температуры.

Специальные нагревательные блоки моделей СТС-320 и СТС-650 обеспечивают оптимальное соотношение между скоростью изменения и

стабильностью поддержания температуры. Особая конструкция термостата модели СТС-1200 А обеспечивает низкую погрешность задания высоких температур. Для улучшения теплового контакта с калибруемыми датчиками используются специальные металлические вставные трубки. Могут поставляться и трубки без расточки, в которых пользователь рассверливает отверстия нужного диаметра для калибруемых датчиков.

Выходные сигналы термопар или термометров сопротивления можно измерить различными калибраторами, например, МС2-Р, МС3-Р, МС5-Р, АСC300-Р, ССC200-Р, термометром DTI-1000 или коммутатором АSМ-Р, которые, преобразуя эти сигналы в соответствии с градуировками ГОСТ, представляют измеренную температуру в °С.

▼ Технические характеристики

Таблица 3.119.

Основные параметры

Параметр \ Модель	Ед.изм	СТC-140 А	СТC-320 А/ СТC-320 В	СТC-650 А/ СТC-650 В	СТC-1200 А
Диапазон	°С	-30°...+140 - 20°...+140	33...320	33...650	300...1205
Погрешность	°С	±0,4	±0,5	±0,9/±0,6	±2,0
Разрешение	°С	0,1	0,1	0,1	0,1
Стабильность	°С	±0,05	±0,1	±0,1/±0,05	±0,1
Внутренний диаметр термостата	мм	19	25,4	25,4	12,7
Глубина термостата	мм	125	120/200	120/200	110
Время нагрева от 23°С до макс. температуры	мин	15	4/20	10/39	45
Время охлаждения от макс. температуры до 100°С	мин	2	16/22	28/62	120
Габариты (Д х Ш х В)	мм	241x139x325	241x139x325/408	241x139x325/408	241x139x408
Масса	кг	7	5/7	6/10,5	12
Потребляемая мощность	ВА	150	1150/600	1150	650

▼ 3.12. Хранение средств измерений

Средства измерений должны храниться в условиях, указанных в эксплуатационной документации, или в рабочих условиях соответствующей группы исполнения и размещаться, как правило, отдельно от других видов имущества.

Хранение СИЗ в исправном состоянии должно достигаться:

- подготовкой к хранению с применением установленных средств согласно эксплуатационной документации;
- наличием помещений, отвечающих требованиям обеспечения нормальных условий хранения;
- правильным размещением приборов по местам хранения;
- проведением технического обслуживания, предусмотренного эксплуатационной документацией для режима хранения.

При наличии отапливаемых помещений средства измерений должны храниться в этих помещениях. При этом оптимальными условиями хранения считаются температура от 10 до 35 °С, относительная влажность воздуха не более 80 %, нормальное давление воздуха — 84... 106 кПа. Суточные колебания температуры не должны превышать 5 °С. Для контроля температуры и влажности в помещениях должны быть установлены соответствующие средства измерений.

Средства измерений в хранилищах размещаются на стеллажах или в шкафах, которые должны удовлетворять следующим требованиям:

- быть прочными;
- проходы между стеллажами (шкафами) должны обеспечивать свободное перемещение хранимых средств измерений и доступ к ним (включая средства механизации);
- расстояние между стеллажами (шкафами) и наружными стенами помещения должно быть не менее 0,6 м, а между стеллажами и печами (радиаторами) отопления – не менее 1,5 м;
- нижние полки стеллажей должны быть на 0,2 м выше уровня пола, а расстояние между верхними полками стеллажей и потолком должно быть не менее 0,8 м;
- поверхность полок стеллажей и шкафов должна быть гладкой.

Материал для стеллажей должен быть сухим и несмолистым. К стеллажам, полкам и шкафам прикрепляются соответствующие ярлыки.

СИЗ во время хранения должны подвергаться осмотру и техническому обслуживанию, если это оговорено в эксплуатационной документации. Обслуживание проводится по истечении сроков поверки; при нарушении доверительного клейма или утере документов, подтверждаю-

щих проведение поверки; нарушении условий хранения и в др. случаях, когда возникает сомнение в исправности хранимых приборов.

Средства измерений, находящиеся на длительном хранении (более одного межповерочного интервала), периодической поверке могут не подвергаться.

СИз хранятся отдельно от заполненных электролитом аккумуляторов, кислот, щелочей и материалов, выделяющих химически активные пары и газы; продуктов питания и веществ, подверженных гниению или выделяющих влагу; горючих материалов.

Для хранения все СИз следует группировать по типам и классам точности. Ответственные детали прибора должны быть обернуты мягкой бумагой, механизмы наводящих и подъемных винтов установлены в среднем положении. Металлические наружные части штативов и реек должны быть смазаны.

Приборы, снабженные магнитными стрелками, следует хранить на расстоянии не менее 2 м от предметов из ферромагнитных материалов и электропроводки.

Источники питания (сухие элементы, батареи) должны извлекаться из приборов, заворачиваться в пергаментную бумагу или водонепроницаемую пленку и храниться совместно с приборами.

Поступившие на длительное хранение приборы должны освобождаться от транспортной тары. Транспортная тара хранится отдельно в неотопливаемых помещениях или под навесами в условиях, обеспечивающих ее сохранность.

При длительном хранении средства измерений подвергаются консервации с оформлением акта (Приложение 7).

Консервация включает подготовку поверхности, применение (нанесение) средств временной защиты и упаковку.

Консервация должна проводиться в специально оборудованных помещениях, воздух в помещении не должен содержать примесей агрессивных паров и газов.

Средства измерения, подвергаемые консервации, должны иметь температуру воздуха помещения.

При консервации средства измерений покрываются консервационными маслами марок, таких как: масло консервационное К-17; Росойл-700.

Во избежание возникновения коррозии, помимо смазки маслом, средства измерений необходимо завернуть в бумагу с водоотталкивающей пропиткой.

Срок хранения прибора без переконсервации – 2 года, при условии хранения в условиях по ГОСТ 15150.

Условные обозначения

- ▼ - Учебный материал предназначен для студентов высших учебных заведений.

Примечание:

Учебный материал без условного обозначения соответствует учебным программам как среднеспециального, так и высшего профессионального образования. Степень его усвоения учащимися профессиональных колледжей и студентами высших учебных заведений устанавливается в соответствии с учебными целями сформулированными на основании учебных планов и программ с помощью педагогической таксономии [9].

Формирование учебных целей

Курс «Метрологическое обеспечение производства» (МОП) является одинаково важным для всех направлений образования нефтегазовой отрасли в профессиональных колледжах (ПК) и высших учебных заведениях (ВУЗ). Это утверждение основывается на том, что курс МОП в ПК и ВУЗах входит в состав обязательных специальных дисциплин. Для эффективной организации учебного процесса необходимо учитывать, что 72% базовых понятий курса МОП идентичны (табл. 1). Из этого следует первостепенность задачи дифференциации содержания учебного материала курса МОП в системе «ПК - ВУЗ».

Из требований Национальной программы по подготовке кадров к современному учебному процессу, следует, что данную задачу необходимо решать с использованием основ педагогической технологии.

Известно, что педагогическая технология базируется на выделении базовых понятий учебной дисциплины и установлении категории учебных целей с использованием педагогической таксономии.

Современная педагогическая таксономия предусматривает восемь категорий учебных целей: иметь представление, знание, понимание, применение, анализ, синтез, оценка, отношение (табл. 2) [9].

Базовые понятия учебной дисциплины выявляются из государственного образовательного стандарта, учебной программы и учебного материала.

Основой установления категории учебных целей базовых понятий являются требования, приведённые в нормативных материалах к приобретаемым знаниям, навыкам и умениям по курсу МОП. Также

учитывается роль и место курса МОП в осуществление профессиональной деятельности младшего специалиста и бакалавра.

Рекомендуемые соотношения между показателями степени усвоения учебного материала указанные в нормативных материалах и категориями учебных целей педагогической таксономии отражены в табл. 3.

Технология и результаты установления категории учебных целей базовых понятий отражены в табл. 4, табл. 5 и табл. 6.

Формирования учебных целей (табл. 7) производится с применением глаголов соответствующих установленным категориям учебных целей базовых понятий (табл. 2). Сформированные учебные цели базовых понятий в свою очередь могут выполняют роль контрольных вопросов по курсу МОП при рейтинговой оценке знаний учащихся и студентов.

Таблица 1.

Выделение базовых понятий курса МОП в системе «ПК-ВУЗ»

№	ПК	ВУЗ
1	Понятие «метрология»	Понятие «метрология»
2	Единство измерения	Единство измерения
3	Объект измерения	Объект измерения
4	Физические величины	Физические величины
5	Основные физические величины	Основные физические величины
6	Производные физические величины	Производные физические величины
7	Метрологическая служба	Метрологическая служба
8	Метрологическое обеспечение	Метрологическое обеспечение
9	Метрологический контроль	Метрологический контроль
10	Средства измерения	Средства измерения
11	Способы измерения	Способы измерения
12	Методы измерений	Методы измерений
13	-	Погрешность измерений
14	-	Неопределённость измерений
15	-	Класс точности
16	Диапазон измерений	Диапазон измерений
17	Эталон	Эталон
18	-	Проверка

Таблица 2.

Современная таксономия учебных целей

Категория	Глаголы, характеризующие категорию
Иметь представление	Показать, рассказать, описать
Знание	Воспроизвести, написать, повторить
Понимание	Объяснить, прокомментировать, раскрыть
Применение	Внедрить, вычислить, рассчитать
Анализ	Дифференцировать, классифицировать, разложить
Синтез	Обобщить, систематизировать, составить
Оценка	Оценить, сопоставить, сравнить
Отношение	Выявить, сформулировать, определить

Таблица 3.

Рекомендуемые соотношения между показателями усвоения учебного материала указанных в нормативных материалах и категориями учебных целей педагогической таксономии

№	Показателя усвоения учебного материала	Категории учебных целей
1	Иметь представление	Иметь представление
2	Знать	Знание Понимание
3	Иметь навыки	Применение, анализ, синтез
4	Умение	Оценка Отношение

Таблица 4.

**Определение категории учебных целей базовых понятий
курса МОП в ПК.**

№	Наименование базовых понятий	Категории учебных целей							
		Иметь представление	Знание	Понимание	Применение	Анализ	Синтез	Оценка	Отношение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Понятие «метрология»	+	+						
2	Единство измерения	+	+						
3	Объект измерения	+	+						
4	Физические величины	+	+						
5	Основные физические величины	+	+	+	+				
6	Производные физические величины	+	+	+	+				
7	Метрологическая служба	+							
8	Метрологическое обеспечение	+							
9	Метрологический контроль	+							
10	Средства измерения	+	+	+					
11	Способы измерения	+	+						
12	Методы измерений	+							
13	Диапазон измерений	+							
14	Эталон	+	+						

Примечание: На курс «МОП» отведено:

- ❖ Введение – 2 часа.
- ❖ Тема № 1 – лекция - 4 часа; практические занятия - 2 часа.

Таблица 5.

**Определение категорий учебных целей базовых понятий
курса МОП в ВУЗе**

№	Наименование базовых понятий	Категории учебных целей							
		Иметь представление	Знание	Понимание	Применение	Анализ	Синтез	Оценка	Отношение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Понятие «метрология»	+	+	+					
2	Единство измерения	+	+	+					
3	Объект измерения	+	+	+					
4	Физические величины	+	+	+					
5	Основные физические величины	+	+	+	+				
6	Производные физические величины	+	+	+	+				
7	Метрологическая служба	+	+	+	+				
8	Метрологическое обеспечение	+	+	+					
9	Метрологический контроль	+	+	+					
10	Средства измерения	+	+	+	+				
11	Способы измерения	+	+	+					
12	Методы измерений	+	+						
13	Погрешность измерений	+	+	+	+				
14	Неопределённость измерений	+							
15	Класс точности	+	+						
16	Диапазон измерений	+	+						
17	Эталон	+	+	+					
18	Поверка	+	+						

Примечание: На курс «МОП» отведено:

- ❖ Введение - 2 часа.
- ❖ Тема № 1 – лекция - 2 часа; практические занятия - 6 часа.
- ❖ Тема № 2 – лекция - 2 часа; практические занятия - 4 часа.

**Сводная таблица категорий учебных целей базовых понятий курса
МОП характеризующая неразрывность содержания обучения
в ПК и ВУЗе**

№	Базовые понятия	Категории учебных целей	
		ПК	ВУЗ
1	2	3	4
1	Понятие «метрология»	Знание	Понимание
2	Единство измерения	Знание	Понимание
3	Объект измерения	Знание	Понимание
4	Физические величины	Знание	Понимание
5	Основные физические величины	Применение	Применение*
6	Производные физические величины	Применение	Применение*
7	Метрологическая служба	Иметь представление	Понимание
8	Метрологическое обеспечение	Иметь представление	Понимание
9	Метрологический контроль	Иметь представление	Понимание
10	Средства измерения	Понимание	Применение
11	Способы измерения	Знание	Понимание
12	Методы измерений	Иметь представлений	Знаний
13	Погрешность измерений	-	Применение
14	Неопределённость измерений	-	Иметь представление
15	Класс точности	-	Знание
16	Диапазон измерений	Иметь представление	Знание
17	Эталон	Знание	Понимание
18	Поверка	-	Знание

Примечание: * - означает навыки применения взаимосвязанных единиц измерения физических величин.

Таблица 7.

Формирование учебных целей базовых понятий по курсу МОП

№	Базовые понятия	Категории учебных целей			Учебные цели	
		ПК	ВУЗ	ПК	ВУЗ	
1	2	3	4	5	6	
1	Понятие «метрология»	Знание	Понимание	Дать определение понятию «метрология», перечислить её основные понятия в соответствии с законом «О метрологии»	Прокомментировать основные составляющие компетенции агентства «Узстандарт» в области управления деятельностью по метрологии в соответствии с законом «О метрологии»	
2	Единство измерения	Знание	Понимание	Дать определение понятию «единства изменений» и описать назначение международной системы единиц измерения «СИ»	Раскрыть сущность международной системы единиц измерения «СИ»	
3	Объект измерения	Знание	Понимание	Назвать, что является объектом измерения	Раскрыть сущность и структуру понятия «объект измерения»	
4	Физические величины	Знание	Понимание	Дать определение понятию «физические величины»	Объяснить качественные и количественные характеристики физических величин	
5	Основные физические величины	Применение	Применение	Продемонстрируйте навыки использования единиц основных физических величин при измерениях	Продемонстрируйте навыки применения взаимосвязанных единиц для выражения результатов измерения	
6	Производные физические величины	Применение	Применение	Продемонстрируйте навыки использования единиц производных физических величин	Продемонстрируйте навыки определения по результатам измерения наименования производной физической величины	
7	Метрологическая	Иметь	Понимание	Описать назначение	Объяснить деятельность	

	служба	представление		метрологической службы	метрологической службы
8	Метрологическое обеспечение	Иметь представление	Понимание	Рассказать о сущности метрологического обеспечения	Раскрыть сущность основ метрологического обеспечения производства
9	Метрологический контроль	Иметь представление	Понимание	Рассказать об организации осуществляющий государственный метрологический контроль и его задачах	Объяснить сущность и структуру организации государственного метрологического контроля
10	Средства измерения	Понимание	Применение	Объяснить назначение и классификацию средств измерений	Продемонстрировать навыки работы со средствами измерений
11	Способы измерения	Знание	Понимание	Перечислить способы измерений	Объяснить сущность способов измерений
12	Методы измерений	Иметь представлений	Знаний	Рассказать о понятие методика измерений	Дать определение понятию «методика выполнения измерений» и назвать требования к их разработке
13	Погрешность измерений	—	Применение	-	Продемонстрировать навыки расчёта погрешности измерений
14	Неопределённость измерений	—	Иметь представление	-	Описать понятие «неопределённость» как характеристику погрешности
15	Класс точности	—	Знание	-	Дать определение класса точности и знать её сущность
16	Диапазон измерений	Иметь представление	Знание	Описать понятие «диапазон измерения»	Дать определение «диапазона измерений» и воспроизвести его схематично
17	Эталон	Знание	Понимание	Дать определение эталону, назвать их виды и назначение	Объяснить связь эталонов с новейшими достижениями науки и техники
18	Поверка	—	Знание	-	Дать определение поверке и калибровке, знать их назначение

Условные сокращения

1. **ГСИ** – Государственная система обеспечения единства измерений.
2. **СИ** – Международная система единиц измерений.
3. **O'zDSt** – Государственный стандарт.
4. **ГОСТ** – Межгосударственный стандарт.
5. **РСТ** – Руководящий стандарт.
6. **РД** – Руководящий документ.
7. **НИИСМС** – Научно-исследовательский институт стандартизации, метрологии и сертификации.
8. **ЦПК** – Центр повышения квалификации.
9. **ЦИС** – Метрологические лаборатории территориальных центров испытаний и сертификации.
10. **УСМ** – Территориальные управления стандартизации и метрологии;
11. **СИз** – Средства измерений.
12. **МС** – Метрологическая служба.
13. **КНИО** – Контрольные, измерительные и испытательные оборудования.
14. **МВИ** – Методика выполнения измерений.
15. **МОП** – Метрологическое обеспечение производства.
16. **СТП** – Стандарты предприятия.
17. **ПДКК** – Постоянно действующая комиссия по качеству.
18. **ЦСМ** – Центры стандартизации и метрологии.
19. **НД** – Нормативная документация.
20. **ТУ** – Технические условия.
21. **АСУТП** – Автоматизированные системы управления технологическими процессами.
22. **НИР** – Научно-исследовательские работы.
23. **ОКР** – Опытно-конструкторские работы.
24. **МБМВ** – Международное бюро мер и весов.
25. **МОЗМ** – Международная организация законодательной метрологии.
26. **МБЗМ** – Международное бюро законодательной метрологии.
27. **МР** – Международные рекомендации.
28. **МД** – Международные документы.
29. **ИМЕКО** – Международная конференция по измерительной технике и приборостроению.
30. **ЕВРОМЕТ** – Европейскую организацию по метрологии.
31. **ИСО** – Международная организация по стандартизации.
32. **МЭК** – Международная электротехническая комиссия.
33. **МКО** – Международная комиссия по освещению.
34. **РЕМКО** – Комитет по стандартным образцам.
35. **СКО** – Средство контроля отклонений.
36. **ЭДС** – Электро – движущая сила.

Использованная литература

1. Закон Республики Узбекистан 28.12.1993 г. О метрологии.
2. Абдувалиев А.А. Основы стандартизации, сертификации и управления качеством. –Ташкент.: Узстандарт, 2005г.
3. Абдувалиев А.А. и др. Основы обеспечения единства измерений. –Ташкент.: Узстандарт, 2005г.
4. Абдувалиев А.А. и др. Стандартизация, метрология, сертификация, качество. –Ташкент.: НИИСМС, 2007г.
5. Абдувалиев А.А., Жебровский С.К., Валиев У.Н. Русско – узбекский толковый метрологический словарь. –Ташкент.: TAFAKKUR, УЗСТАНДАРТ, 2010 г.
6. Авлиякулов Н. Н. Проблемы обеспечения сейсмостойкости подземных трубопроводов, прокладываемых в грунтах с изменяющейся влагосодержанностью. Журнал трубопроводный транспорт: теория и практика. ВНИИСТ. –Москва, 2007, №4, с.38–41.
7. Авлиякулов Н.Х., Мусаева Н. Н. Технология непрерывности обучения в системе непрерывного профессионального образования. –Т.: «Фан ва технология», 2010 – 80 с.
8. Бармин А.В. Радарные системы контроля уровня. //Современные технологии автоматизации. №4, 2002.
9. Белевцев А. и др. Термоэлектрические преобразователи температуры. Теория, практика, развитие. //Современные технологии автоматизации. №2, 2004.
10. Бриндли К. Измерительные преобразователи: Справочное пособие: Пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1991.
11. Воскобойников В. Великий врачеватель. Авиценна. –М.: «МГ», 1980, 206с.
12. Гарсия В. Измерение температуры: теория и практика. //Современные технологии автоматизации. №1,1999.
13. Геращенко О.А., Гордов А.Н., Еремина А.К. и др. Температурные измерения: Справочник. - Киев: Наукова Думка, 1989.
14. Гордов А.Н., Жагулло О.М., Иванова А.Г. Основы температурных измерений. - М., Энергоатомиздат, 1992.
15. Жданкин В.К. Сигнализаторы изменения уровня. //Современные технологии автоматизации. №2, 2002.
16. Курбанов А.А. Метрология, стандартизация и сертификация. Учебное пособие на узбекском и русском языках. –Ташкент.: Янгиул полиграф сервис, 2007г.
17. Латипов В.Б. и др. Стандарты, испытания, инспекция, метрология, сертификация, аккредитация. Справочник в вопросах и ответах. –Ташкент.: НИИСМС, 2005г.

18. O'z DSt 8.003-2005. ГСИ РУз. Поверка средств измерений. Основные положения.
19. O'z DSt 8.010.1:2002. ГСИ РУз. Метрология. Термины и определения. Часть 1. Основные и общие термины.
20. O'z DSt 8.010.2:2003. ГСИ РУз. Метрология. Термины и определения. Часть 2. Средства измерений и их параметры.
21. O'z DSt 8.012:2005. ГСИ РУз. Единицы величин.
22. O'z DSt 8.016:2002. ГСИ РУз. Методики выполнения измерений. Основные положения.
23. Межгосударственный стандарт ГОСТ 6651-94. Термопреобразователи сопротивления. Общие технические условия. - Минск: Изд-во Стандартов, 1998.
24. Межгосударственный стандарт ГОСТ 8.586.1-2005. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 1. Принцип метода измерений и общие требования - М.: Стандартинформ, 2007.
25. Межгосударственный стандарт ГОСТ 8.586.2-2005. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 2. Диафрагмы. Технические требования- М.: Стандартинформ, 2007.
26. Межгосударственный стандарт ГОСТ 8.586.3-2005. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 3. Сопла и сопла Вентури. Технические требования-М.: Стандартинформ, 2007.
27. Межгосударственный стандарт ГОСТ 8.586.4-2005. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 4. Трубы Вентури. Технические требования- М.: Стандартинформ, 2007.
28. Олейник Б.М. и др. Приборы и методы температурных измерений. - М.: Издательство стандартов, 1987.
29. Промышленные приборы и средства автоматизации: Справочник/ Под ред. В.В. Черенкова,- Л.: Машиностроение. 1987.
30. Раннев Г.Г. Методы и средства измерений: Учебник для вузов - М.: Издательский центр «Академия», 2003.
31. Фарзана Н.Т. и др. Технологические измерения и приборы -М.: Высш.шк., 1989.
32. Чистяков В.С. Краткий справочник по теплотехническим измерениям и приборам.-М.: Энергоатомиздат, 1990.
33. Хансуваров К.И., Цейтлин В.Г. Техника измерения давления, расхода, количества и уровня жидкости, газа и пара. - М.: Издательство стандартов, 1990.

Приложения

ЗАКОН РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН О МЕТРОЛОГИИ
28.12.1993 г. N 1004-XII

В настоящий Закон внесены изменения в соответствии с
Законом РУз от 26.05.2000 г. N 82-II
Законом РУз от 25.04.2003 г. N 482-II

- Раздел I. Общие положения (Статьи 1 - 4-I)
Раздел II. Единицы физических величин, их
воспроизведение и применение (Статьи 5 - 8)
Раздел III. Метрологические службы Республики
Узбекистан (Статьи 9 - 11)
Раздел IV. Государственный метрологический
контроль и надзор (Статьи 12 - 19)
Раздел V. Финансирование работ по метрологии
(Статьи 20 - 21)

РАЗДЕЛ I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Статья 1. Основные понятия
Статья 2. Законодательство о метрологии
Статья 3. Международные договоры и соглашения
Статья 4. Государственное управление деятельностью
по метрологии
Статья 4-I. Нормативные документы по обеспечению
единства измерений

Статья 1. Основные понятия

В настоящем Законе применяются следующие основные понятия:

"метрология" - наука об измерениях, методах и средствах
обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности;

"единство измерений" - состояние измерений, при котором их
результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности
измерений известны с заданной вероятностью;

"средство измерений" - техническое средство, используемое для
измерений и имеющее нормированные метрологические свойства;

"эталон единицы" - средство измерений, предназначенное для
воспроизведения и хранения единицы физической величины с целью
передачи ее размера другим средствам измерений;

"государственный эталон" - эталон, признанный решением уполномоченного национального органа в качестве исходного для установления размера единицы величины на территории Республики Узбекистан;

"метрологическая служба" - сеть государственных органов и метрологических служб юридических лиц и их деятельность, направленная на обеспечение единства измерений;

"государственный метрологический надзор" - деятельность, осуществляемая органами государственной метрологической службы в целях проверки соблюдения правил метрологии;

"поверка средств измерений" - совокупность операций, выполняемых органами государственной метрологической службы (другими уполномоченными органами, организациями) с целью определения и подтверждения соответствия средств измерений установленным техническим требованиям;

"калибровка средств измерений" - совокупность операций, выполняемых калибровочной лабораторией с целью определения и подтверждения действительных значений метрологических характеристик и пригодности средств измерений к применению;

"метрологическая аттестация средств измерений" - признание метрологической службой правомочным для применения средств измерений единичного производства (или ввозимых на территорию Узбекистана единичными экземплярами) на основании тщательных исследований их свойств; (Абзац введен в соответствии с Законом РУз от 26.05.2000 г. N 82-II);

"аккредитация метрологических служб, центров, лабораторий" - официальное признание правомочности метрологических служб, центров, лабораторий проводить в установленной области аккредитации работы по обеспечению единства измерений; (Абзац введен в соответствии с Законом РУз от 26.05.2000 г. N 82-II);

"аккредитация метрологической службы юридических лиц на право калибровки средств измерений" - официальное признание правомочности метрологической службы юридических лиц проводить в установленной области калибровку средств измерений; (Абзац введен в соответствии с Законом РУз от 26.05.2000 г. N 82-II);

"метрологическая аттестация методик выполнения измерений" - исследование с целью оценки и подтверждения соответствия методики выполнения измерений предъявляемым к ней метрологическим

требованиям; (Абзац в редакции Закона РУз от 25.04.2003 г. N 482-II) (См. Предыдущую редакцию);

"методика выполнения измерений" - совокупность операций и правил, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с известной погрешностью. (Абзац в редакции Закона РУз от 25.04.2003 г. N 482-II) (См. Предыдущую редакцию).

Статья 2. Законодательство о метрологии

Законодательство о метрологии состоит из настоящего Закона и других актов законодательства Республики Узбекистан.

Отношения в области метрологии в Республике Каракалпакстан регулируются также и законодательством Республики Каракалпакстан.

Статья 3. Международные договоры и соглашения

Если международным договором или соглашением установлены иные правила, чем те, которые содержатся в законодательстве Республики Узбекистан о метрологии, то применяются правила международного договора или соглашения.

Статья 4. Государственное управление деятельностью по метрологии

Государственное управление деятельностью по метрологии осуществляет национальный орган по метрологии - Узбекское агентство стандартизации, метрологии и сертификации (агентство "Узстандарт"). (Часть в редакции Закона РУз от 25.04.2003 г. N 482-II).

К компетенции агентства "Узстандарт" относятся: (Абзац в редакции Закона РУз от 25.04.2003 г. N 482-II)

осуществление единой государственной политики в области метрологии, межрегиональной и межотраслевой координации метрологической деятельности; (Абзац в редакции Закона РУз от 25.04.2003 г. N 482-II) (См. Предыдущую редакцию)

установление правил создания, утверждения, хранения и поддержания национальных эталонов и обеспечения их сличения на международном уровне; (Абзац в редакции Закона РУз от 25.04.2003 г. N 482-II) (См. Предыдущую редакцию)

определение общих метрологических требований к средствам, методам и результатам измерений;

осуществление государственного метрологического контроля и надзора;

принятие нормативных актов по вопросам метрологии, в том числе совместно с другими государственными органами управления, имеющих обязательную силу на всей территории Республики Узбекистан;

подготовка научных и инженерно-технических кадров в области метрологии;

осуществление контроля за соблюдением международных договоров Республики Узбекистан в области метрологии;

участие в деятельности международных организаций по вопросам метрологии;

обеспечение функционирования и развития системы обеспечения единства измерений Республики Узбекистан и ее гармонизации с международной системой измерений и системами измерений других стран; (Абзац введен в соответствии с Законом РУз от 25.04.2003 г. N 482-II)

осуществление мер по защите прав потребителей, здоровья и безопасности граждан, окружающей среды и интересов государства от отрицательных последствий недостоверных результатов измерений. (Абзац введен в соответствии с Законом РУз от 25.04.2003 г. N 482-II)

Статья 4-1. Нормативные документы по обеспечению единства измерений

(Статья введена в соответствии с Законом РУз от 25.04.2003 г. N 482-II)

Утверждение и государственную регистрацию нормативных документов по обеспечению единства измерений, устанавливающих метрологические нормы и правила и имеющих обязательную силу на территории Республики Узбекистан, осуществляет агентство "Узстандарт".

Органы государственного управления, объединения юридических лиц, предприятия и организации Республики Узбекистан могут, в пределах своей компетенции, разрабатывать и утверждать нормативные документы в области метрологии, устанавливающие нормы и правила вне сферы распространения государственного метрологического контроля и надзора, конкретизирующие утвержденные агентством "Узстандарт" нормативные документы по обеспечению единства измерений и не противоречащие им.

РАЗДЕЛ II. ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН, ИХ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ

Статья 5. Единицы физических величин

Статья 6. Эталоны единиц физических величин

Статья 7. Средства измерений

Статья 8. Методики выполнения измерений

Статья 5. Единицы физических величин

В Республике Узбекистан в установленном порядке допускаются к применению единицы физических величин Международной системы единиц (СИ). Наименование единиц физических величин, обозначение, правила их написания и применения утверждаются Кабинетом Министров Республики Узбекистан по представлению агентства "Узстандарт". (Часть в редакции Закона РУз от 25.04.2003 г. N 482-II)

Кабинетом Министров Республики Узбекистан может быть допущено применение единиц, не включенных в Международную систему единиц.

При осуществлении внешнеэкономической деятельности в соответствии с условиями контракта могут использоваться и иные единицы физических величин.

Статья 6. Эталоны единиц физических величин

Единицы физических величин хранятся и воспроизводятся посредством эталонов.

Порядок создания, утверждения, хранения и применения эталонов устанавливает агентство "Узстандарт". (Часть в редакции Закона РУз от 25.04.2003 г. N 482-II)

Статья 7. Средства измерений

Средства измерений, находящиеся в эксплуатации, должны обеспечивать результаты измерений в законных единицах с установленной точностью и соответствовать условиям применения.

Критерий отнесения технических средств к средствам измерений устанавливает агентство "Узстандарт". (Часть в редакции Закона РУз от 25.04.2003 г. N 482-II)

Статья 8. Методики выполнения измерений

Методики выполнения измерений должны содержать оценку погрешностей результатов измерений и обеспечивать установленную точность в реальных условиях проведения измерений. Измерения должны осуществляться в соответствии с аттестованными в установленном порядке методиками выполнения измерений. (Часть в редакции Закона РУз от 26.05.2000 г. N 82-II)

Порядок разработки и метрологической аттестации методик выполнения измерений устанавливает агентство "Узстандарт". (Часть в редакции Закона РУз от 25.04.2003 г. N 482-II)

РАЗДЕЛ III. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ СЛУЖБЫ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

Статья 9. Структура метрологической службы
Республики Узбекистан

Статья 10. Государственная метрологическая служба

Статья 11. Метрологические службы юридических лиц

Статья 9. Структура метрологической службы Республики Узбекистан

Метрологическая служба Республики Узбекистан состоит из государственной метрологической службы и метрологических служб юридических лиц.

Статья 10. Государственная метрологическая служба

В государственную метрологическую службу, возглавляемую агентством "Узстандарт", входят органы государственной метрологической службы в Республике Каракалпакстан, областях и г.Ташкенте. (Часть в редакции Закона РУз от 25.04.2003 г. N 482-II)

Органы государственной метрологической службы осуществляют государственный метрологический контроль и надзор, а также другие виды деятельности в соответствии с действующим законодательством.

Статья 11. Метрологические службы юридических лиц

Метрологические службы юридических лиц образуются в необходимых случаях для выполнения работ по обеспечению единства измерений и осуществления метрологического контроля.

Права и обязанности метрологических служб юридических лиц определяются положениями, согласованными с органами государственной метрологической службы.

РАЗДЕЛ IV. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И НАДЗОР

Статья 12. Порядок проведения государственного метрологического контроля и надзора

Статья 13. Объекты государственного метрологического контроля и надзора

Статья 14. Сфера распространения государственного метрологического контроля и надзора

Статья 15. Виды государственного метрологического контроля и надзора

Статья 16. Утверждение типа средств измерений

Статья 17. Поверка средств измерений

Статья 18. Лицензирование деятельности юридических и физических лиц по изготовлению, реализации и прокату средств измерений

Статья 18-1. Аккредитация юридических и физических лиц на право проведения метрологических работ и услуг

Статья 19. Ответственность за нарушение норм и правил метрологии

Статья 12. Порядок проведения государственного метрологического контроля и надзора

Государственный метрологический контроль и надзор осуществляются органами государственной метрологической службы в целях проверки соблюдения норм и правил метрологии.

Государственный метрологический контроль и надзор осуществляются в соответствии с требованиями законодательства в области метрологии.

Статья 13. Объекты государственного метрологического контроля и надзора

Объектами государственного метрологического контроля и надзора являются:

- эталоны;
- средства измерений;
- стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов;
- информационно-измерительные системы;
- методики выполнения измерений;
- иные объекты, предусмотренные нормами и правилами метрологии.

Статья 14. Сфера распространения государственного метрологического контроля и надзора

Государственный метрологический контроль и надзор распространяется на:

здравоохранение, ветеринарию, охрану окружающей среды; учет материальных ценностей и энергетических ресурсов; проведение торгово-коммерческих, таможенных, почтовых и налоговых операций, оказание услуг телекоммуникаций; (Абзац в редакции Закона РУз от 26.05.2000 г. N 82-II) (См. Предыдущую редакцию)

хранение, перевозку и уничтожение токсичных, легковоспламеняющихся, взрывчатых и радиоактивных веществ;

обеспечение обороны государства;

обеспечение безопасности труда и безопасности движения транспорта;

определение безопасности и качества сертифицируемой продукции;

геодезические и гидрометеорологические работы;

проведение государственных испытаний, проверки, калибровки, ремонта и метрологической аттестации средств измерений;

добычу полезных ископаемых;

регистрацию национальных и международных спортивных рекордов.

Нормативными актами Республики Узбекистан государственный метрологический контроль и надзор могут быть распространены и на иные сферы деятельности.

Статья 15. Виды государственного метрологического контроля и надзора

Государственный метрологический контроль осуществляется в виде:

испытаний и утверждения типов средств измерений;
метрологической аттестации средств измерений и методик выполнения измерений (Абзац в редакции Закона РУз от 25.04.2003 г. N 482-II) (См. Предыдущую редакцию)

поверки, калибровки средств измерений, в том числе эталонов;
аккредитации метрологических служб, центров, лабораторий на право испытаний, поверки, метрологической аттестации средств измерений и методик выполнения измерений, калибровки средств измерений и иных конкретных видов метрологической деятельности;

оценки и подтверждения соблюдения юридическими и физическими лицами установленных метрологических норм и правил при лицензировании их деятельности по изготовлению, реализации, прокату средств измерений. (Абзац в редакции Закона РУз от 25.04.2003 г. N 482-II) (См. Предыдущую редакцию)

оценки качества выполнения измерений и иных видов метрологической деятельности. (Абзац введен в соответствии с Законом РУз от 25.04.2003 г. N 482-II)

Государственный метрологический надзор осуществляется за:

изготовлением, ремонтом, прокатом, реализацией, состоянием и применением средств измерений (включая эталоны единиц физических величин, стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов, измерительные системы);

применением методик выполнения измерений;

соблюдением установленных метрологических норм и правил и деятельностью аккредитованных метрологических служб, центров, лабораторий. (Часть в редакции Закона РУз от 25.04.2003 г. N 482-II) (См. Предыдущую редакцию)

По решению агентства "Узстандарт" в необходимых случаях могут устанавливаться и иные виды и формы метрологического контроля и надзора. (Часть в редакции Закона РУз от 25.04.2003 г. N 482-II) (См. Предыдущую редакцию)

Статья 16. Утверждение типа средств измерений

Средства измерений, используемые в сферах, указанных в статье 14 настоящего Закона, подлежащие производству и ввозу по импорту, должны подвергаться государственным испытаниям (с последующим утверждением их типа) или метрологической аттестации.

Проведение государственных испытаний, утверждение типа и внесение в Государственный реестр средств измерений осуществляет агентство "Узстандарт". (Часть в редакции Закона РУз от 25.04.2003 г. N 482-II)

На утверждение средства измерений или в их эксплуатационную документацию изготовитель обязан наносить знак Государственного реестра.

Результаты испытаний и метрологической аттестации средств измерений других государств признаются в соответствии с заключенными договорами и соглашениями.

Статья 17. Поверка средств измерений

Перечни групп средств измерений, подлежащих поверке, утверждаются агентством "Узстандарт". (Часть в редакции Закона РУз от 25.04.2003 г. N 482-II)

Право поверки средств измерений может быть предоставлено аккредитованным метрологическим службам юридических лиц.

Результаты поверки средств измерений, произведенной в других государствах, признаются на основании международных договоров и соглашений.

Статья 17-1. Калибровка средств измерений

(Статья введена в соответствии с Законом РУз от 26.05.2000 г. N 82-II)

Средства измерений, применяемые вне сферы, указанной в статье 14 настоящего Закона, и не подлежащие обязательной поверке, могут подвергаться калибровке при их производстве, реализации, эксплуатации, прокате, ремонте и ввозе на территорию Республики Узбекистан.

Право калибровки средств измерений может быть предоставлено аккредитованным метрологическим службам юридических лиц.

Порядок аккредитации метрологических служб юридических лиц на право калибровки средств измерений и порядок проведения калибровки устанавливаются агентством "Узстандарт". (Часть в редакции Закона РУз от 25.04.2003 г. N 482-II)

Статья 18. Лицензирование деятельности юридических и физических лиц по изготовлению, реализации и прокату средств измерений

Изготовление, реализация и прокат средств измерений, применение которых возможно в сфере, указанной в статье 14 настоящего Закона, осуществляются юридическими и физическими лицами на основании лицензии, выдаваемой в соответствии с законодательством. (Статья в

редакции Закона РУз от 25.04.2003 г. N 482-II) (См. Предыдущую редакцию)

Статья 18-1. Аккредитация юридических и физических лиц на право проведения метрологических работ и услуг

Аккредитация юридических и физических лиц на право проведения метрологической экспертизы нормативных и технических документов, метрологической аттестации методик выполнения измерений, поверки, калибровки, ремонта, испытаний, метрологической аттестации средств измерений, применение и использование которых возможно в сфере, указанной в статье 14 настоящего Закона, осуществляется в порядке, установленном агентством "Узстандарт". (Статья введена в соответствии с Законом РУз от 25.04.2003 г. N 482-II)

Статья 19. Ответственность за нарушение норм и правил метрологии

Юридические и физические лица, а также государственные органы управления Республики Узбекистан, виновные в нарушении положений настоящего Закона, а также норм и правил метрологии, несут ответственность в соответствии с действующим законодательством.

РАЗДЕЛ V. ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТ ПО МЕТРОЛОГИИ

Статья 20. Обязательное государственное финансирование

Статья 21. Оплата метрологических работ и услуг

Статья 20. Обязательное государственное финансирование

Обязательному государственному финансированию подлежат:

- разработка прогнозов развития метрологии;
- обеспечение официальной информацией в области метрологии;
- участие в работе международных, региональных организаций по метрологии и проведение работ с зарубежными национальными службами по метрологии;
- разработка и участие в разработке международных, региональных норм и правил по метрологии;
- разработка нормативных актов в области метрологии;
- проведение научно-исследовательских и иных работ по метрологии, имеющих общегосударственное значение;

разработка утверждаемых агентством "Узстандарт" нормативных документов по обеспечению единства измерений; (Абзац в редакции Закона РУз от 25.04.2003 г. N 482-II)

разработка, совершенствование, изготовление, хранение, применение, приобретение и содержание эталонов единиц физических величин и высокоточных образцов средств измерений, а также обеспечение их сличения на международном уровне; (Абзац в редакции Закона РУз от 25.04.2003 г. N 482-II)

работы по развитию государственных систем разработки и внедрения стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов, а также стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов;

работы по государственному метрологическому контролю и надзору. (Абзац в редакции Закона РУз от 25.04.2003 г. N 482-II)

Статья 21. Оплата метрологических работ и услуг

Метрологические работы и услуги, оказываемые юридическим и физическим лицам по испытаниям, проверке средств измерений, аттестации методик выполнения измерений, метрологической экспертизе нормативных и технических документов, оценке технической компетентности и соответствия установленным метрологическим нормам и правилам, оценке качества выполнения измерений, а также иные виды метрологической деятельности, не входящие в сферу государственного финансирования, оплачиваются заинтересованными лицами в соответствии с условиями заключаемых договоров. (Статья в редакции Закона РУз от 25.04.2003 г. N 482-II) (См. Предыдущую редакцию)

Перечень нормативных документов Государственной системы обеспечения единства измерений Узбекистана (ГСИ Уз)

Государственная система обеспечения единства измерений Узбекистана (ГСИ Уз)			
РСТ Уз 8.001-98	Т80	17.020	1998-03-01
ГСИ РУз. Система обеспечения единства измерений. Основные положения			
О'z DSt 8.002:2002	Т80	17.020	2002-12-25
ГСИ РУз. Метрологический контроль и надзор. Основные положения			
О'z DSt 8.003-2005	Т80	17.020	2005-04-25
ГСИ РУз. Поверка средств измерений. Основные положения			
О'z DSt 8.004:2004			2004-09-10
ГСИ РУз. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Основные положения			
О'z DSt 8.006:1999	Т80	17.020	2000-01-01
ГСИ РУз. Аккредитация на право испытаний, метрологической аттестации, поверки средств измерений			
О'z DSt 8.007:2002	Т80	17.020	2002-12-25
ГСИ РУз. Подтверждение соответствия средств измерений законодательным требованиям. Основные положения			
О'z DSt 8.008:2000	Т80	17.020	2000-06-25
ГСИ РУз. Клейма поверительные и калибровочные. Правила изготовления, применения, хранения и гашения			
РСТ Уз 8.009:2004	Т80	17.020	2004-04-26
ГСИ РУз. Утверждение типа средств измерений. Организация и порядок проведения			
О'z DSt 8.010.1:2002	Т80	17.020	2002-05-03
ГСИ РУз. Метрология. Термины и определения. Часть 1. Основные и общие термины			
О'z DSt 8.010.2:2003	Т80	17.020	2002-02-14
ГСИ РУз. Метрология. Термины и определения. Часть 2. Средства измерений и их параметры			
О'z DSt 8.010.3:2004	Т80	17.020	2004-05-25
ГСИ РУз. Метрология. Термины и определения. Часть 3. Метрологическая служба			
О'z DSt 8.010.4:2002	Т80	17.020	2002-04-25
ГСИ РУз. Метрология. Термины и определения. Часть 4. Метрологическое обеспечение аналитического контроля			
О'z DSt 8.011-2004	Т80	17.020	2004-04-26
ГСИ РУз. Аттестация средств измерений метрологическая. Организация и порядок проведения			

О'z DSt 8.012:2005	T80	17.020	2005-01-12
ГСИ РУз. Единицы величин			
РСТ Уз 8.013-94	T80	17.020	1994-11-01
ГСИ РУз. Эталоны единиц физических величин. Основные положения			
О'z DSt 8.014:2002	T80	17.020	2002-07-25
ГСИ РУз. Эталоны единиц физических величин. Порядок разработки, утверждения, регистрации, хранения и применения			
О'z DSt 8.016:2002	T80	17.020	2002-12-25
ГСИ РУз. Методики выполнения измерений. Основные положения			
РСТ Уз 8.017-95	T80	17.020	1995-09-01
ГСИ РУз. Аттестация испытательного оборудования. Организация и порядок проведения			
РСТ Уз 8.018-97*	T80	17.020	1997-05-01
ГСИ РУз. Система калибровки средств измерений. Основные положения			
РСТ Уз 8.019-99*	T80	17.020	1999-02-01
ГСИ РУз. Порядок проведения внутреннего, внешнего и арбитражного контроля результатов количественных химических анализов продукции, содержащей драгоценные металлы			
О'z DSt 8.020:2000	T80	17.020	2000-02-25
ГСИ РУз. Регистрация деятельности юридических и физических лиц по изготовлению, ремонту, прокату и реализации средств измерений			
О'z DSt 8.022:2002	T80	17.020	2002-12-25
ГСИ РУз. Общие метрологические требования к количеству фасованных товаров в упаковках любого вида и порядок осуществления государственного метрологического контроля и надзора за их соответствием			
О'z DSt 8.023:2000	T80	17.040	2000-06-25
ГСИ РУз. Измерение расхода и количества жидкостей и газов методом переменного перепада давления. Организация и порядок проведения метрологического контроля и надзора за состоянием и применением измерительных комплексов			
О'z DSt 8.024:2002	T80	17.040	2002-04-25
ГСИ РУз. Измерение расхода и количества жидкостей и газов методом переменного перепада давления. Определение поправочного коэффициента на притупление входной кромки отверстия диафрагмы			
РД Уз 51-006-93*	T80	17.020	1993-01-01
ГСИ РУз. Правила перевода средств измерений в разряд индикаторов			
РД Уз 51-008-93*	T80	17.020	1993-02-19
ГСИ РУз. Подготовка, переподготовка и повышение квалификации работников метрологических служб			
РД Уз 51-009-93	T80	17.020	1993-02-19
ГСИ РУз. Правила вызова государственных поверителей. Организация и порядок проведения			
РД Уз 51-011-93*	T80	17.020	1993-06-01

ГСИ РУз. Типовое положение о метрологической службе юридического лица в Республике Узбекистан			
РД Уз 51-016-93	Т80	17.020	1993-12-01
ГСИ РУз. Аккредитация хозяйственных субъектов на право поверки средств измерений. Общие требования к поверочным подразделениям			
РД Уз 51-017-93	Т80	17.020	1993-12-01
ГСИ РУз. Методические указания по аттестации стандартных образцов состава и свойств веществ и материалов			
О'з RH 51-019:2005	Т80	17.020	2005-04-25
ГСИ РУз. Государственный Реестр средств измерений. Основные положения			
О'з RH 51-029-94	Т80	17.020	1994-08-01
ГСИ Уз. Требования к нормативным документам на методы и средства поверки			
РД Уз 51-036-95	Т80	17.020	1995-01-03
ГСИ РУз. Требования к программам и методикам испытаний по утверждению типа средств измерений			
РД Уз 51-038-95	Т80	17.020	1995-08-01
ГСИ РУз. Порядок регистрации юридических и физических лиц на право ремонта средств измерений			
Р Уз 51-039-95	Т80	17.020	1995-09-01
ГСИ РУз. Аттестация методик выполнения измерений. Порядок проведения экспериментальных работ и алгоритмы расчетов метрологических характеристик			
О'з RH 51-045:2001	Т80	17.040	2001-06-01
ГСИ РУз. Измерение расхода и количества жидкостей и газов методом переменного перепада давления. Метрологическая аттестация измерительных комплексов. Организация и порядок проведения			
РД Уз 51-046-96	Т80	17.020	1996-07-25
ГСИ РУз. Анализ состояния измерений, испытаний и контроля на предприятиях, в организации и объединении. Методика, организация и порядок проведения			
РД Уз 51-048-96	Т84	17.020	1996-10-01
ГСИ РУз. Поверочная схема Республики Узбекистан для средств измерений коэффициента нелинейных искажений в диапазоне частот от 20 до 200000 Гц			
РД Уз 51-049-96	Т84	17.020	1996-10-01
ГСИ РУз. Поверочная схема Республики Узбекистан для средств измерений электродвижущей силы и постоянного напряжения			
РД Уз 51-059-97	Т84	17.020	1997-05-01
ГСИ РУз. Расходомеры со стандартными диафрагмами. Учет влияния притупления входной кромки диафрагмы и изменения внутреннего диаметра трубопровода при измерении расхода газа			
О'з RH 51-060:2003	Т84	17.020	2002-03-13

ГСИ РУз. Статические счетчики ватт-часов активной энергии переменного тока (классы точности 1 и 2). Методика поверки			
РД Уз 51-066-97	Т84	17.020	1998-01-01
ГСИ РУз. Методика метрологической экспертизы документов по разработке, изготовлению и аттестации стандартных образцов			
РД Уз 51-068-98	Т84	17.020	1998-01-25
ГСИ РУз. Поверочная схема Республики Узбекистан для средств измерений девиации частоты			
РД Уз 51-070-98	Т84	17.020	1998-02-01
ГСИ РУз. Поверочная схема Республики Узбекистан для средств измерений коэффициента амплитудной модуляции высокочастотных колебаний			
РД Уз 51-071-98	Т80	17.020	1998-02-01
ГСИ РУз. Система калибровки средств измерений. Требования и выполнения калибровочных работ			
РД Уз 51-073-98	Т80	17.020	1998-06-01
ГСИ РУз. Система калибровки средств измерений. Требования к органам государственной метрологической службы при регистрации их в качестве органов по аккредитации			
РД Уз 51-080-99	Т80	17.020	1999-01-25
ГСИ РУз. Поверочная схема Республики Узбекистан для средств измерений энергетической освещенности солнечным излучением в диапазоне длин волн 0,3-10,0 мкм			
РД Уз 51-081-99	Т80	17.020	1999-01-25
ГСИ РУз. Система калибровки средств измерений. Порядок аккредитация метрологических служб юридических лиц на право калибровки средств измерений			
РД Уз 51-083-99	Т80	17.020	1999-03-01
ГСИ РУз. Порядок организации учета топлива и энергии при их производстве, распределении и потреблении			
РД Уз 51-084-99	Т80	17.020	1999-03-01
ГСИ РУз. Правила оснащения приборами учета топлива и энергии, организация их эксплуатации			
О'z RH 51-086:1999	Т80	17.040	1999-09-01
ГСИ РУз. Диафрагмы расходомеров переменного перепада давления. Методика выполнения измерений радиуса закругления входной кромки диафрагмы			
О'z T 51-088-1999	Т80	17.020	1999-10-01
ГСИ РУз. Методики выполнения измерений. Построение, содержание, изложение и оформление			
О'z RH 51-089:1999	Т80	17.020	2000-01-01
ГСИ РУз. Государственный реестр методик выполнения измерений. Основные положения			
О'z RH 51-101:2000	Т80	17.020	2000-09-01

ГСИ РУз. Государственный метрологический надзор за состоянием и применением методик выполнения измерений			
О'з RH 51-106:2001	T80	17.020	2001-05-01
ГСИ РУз. Метрологическая экспертиза нормативной и технической документации. Организация и порядок проведения			
О'з RH 51-107:2001	T80	17.020	2001-06-01
ГСИ РУз. Система калибровки средств измерений. Порядок осуществления инспекционного контроля за соблюдением аккредитованными метрологическими службами. Требования к проведению калибровочных работ			
О'з RH 51-111:2001	T82	17.020	2002-01-01
ГСИ РУз. Порядок определения срока годности стандартных образцов, состава и свойств веществ и материалов			
О'з RH 51-113:2002	T80	17.020	2002-05-01
ГСИ РУз. Метрологический контроль и надзор осуществляемый юридическим лицом. Основные положения			
О'з RH 51-120:2002	T80	17.020	2002-01-01
ГСИ РУз. Аттестация поверителей средств измерений			
О'з RH 51-124:2003	T80	17.020	2003-02-14
ГСИ РУз. Оценка состояния измерений в испытательных и измерительных лабораториях. Порядок организации и проведения работ			
О'з RH 51-125:2003	T80	17.020	2003-02-14
ГСИ РУз. Документация поверочных лабораторий			
О'з RH 51-127:2003	T80	17.040	2003-02-14
ГСИ РУз. Измерение расхода и количества жидкостей и газов методом переменного перепада давления. Типовая программа и методика метрологической аттестации измерительных комплексов			
О'з RH 51-132:2003	T80	17.020	18.09.2003
ГСИ РУз. Анализ состояния метрологического обеспечения электрических станций стационарного типа. Организация и порядок проведения			
О'з RH 51-133:2004		17.020	2004-05-03
ГСИ РУз. Измерение расхода и количества жидкостей и газов методом переменного перепада давления. Устройства стандартные сужающие. Методы и средства поверки			
О'з T 51-140:2005	T80	17.020	2005-01-12
Основные положения метрологического обеспечения на малых предприятиях			
О'з RH 51-143:2005	T80	17.020	2005-04-25
ГСИ Уз. Измерения расхода и количества жидкостей и газов методом переменного перепада давления. Дополнительные требования к конструкции и монтажу измерительных комплексов			

Единицы измерения физических величин

Таблица 1.

Основные единицы международной системы СИ.

Величина		Единица			
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение		Определение
			международное	русское	
Длина	L	метр	m	м	Метр есть длина пути, проходимого светом в вакууме за интервал времени $1/299792458$ s [XVII ГКМВ (1983 г.), Резолюция 1].
Масса	M	килограмм	kg	кг	Килограмм есть единица массы, равная массе международного прототипа килограмма [I ГКМВ (1889 г.) и III ГКМВ (1901 г.)]
Время	T	секунда	s	с	Секунда есть время, равное 9192631770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133 [XIII ГКМВ (1967 г.), Резолюция 1]
Сила электрического тока	I	ампер	A	A	Ампер есть сила равная силе неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам

Величина		Единица			
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение		Определение
			международное	русское	
					бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 m один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 m силу взаимодействия, равную 2×10^{-7} N [МКМВ (1946 г.), Резолюция 2, одобренная IX ГКМВ (1948 г.)]
Термодинамическая температура	θ	кельвин	K	К	Кельвин есть единица термодинамической температуры, равная $1/273,16$ части термодинамической температуры тройной точки воды [XIII ГКМВ (1967 г.), Резолюция 4]
Количество вещества	N	моль	mol	моль	Моль есть количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 kg. При применении моля структурные элементы должны быть специфицированы и могут быть

Величина		Единица			Определение
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение		
			международное	русское	
Сила света	J	кандела	cd	кд	Кандела есть сила, равная силе света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой 540×10^{12} Hz, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $1/683$ W/sr [XIV ГКМВ (1971 г.), Резолюция 3]

Примечания:

1. Кроме температуры Кельвина (обозначение T) допускается применять также температуру Цельсия (обозначение t), определяемую выражением $t = T - T_0$, где $T_0 = 273,15$ К, по определению. Температура Кельвина выражается в Кельвинах, температура Цельсия - в градусах Цельсия (обозначение международное и русское °C). По размеру градус Цельсия равен кельвину.
2. Интервал или разность температур Кельвина выражают в кельвинах. Интервал или разность температур Цельсия допускается выражать как в кельвинах, так и в градусах Цельсия.
3. Обозначение Международной практической температуры в Международной практической температурной шкале 1968 г., если ее необходимо отличить от термодинамической температуры, образуется путем добавления к обозначению термодинамической, температуры индекса «68» (например, T_{68} или t_{68}).
4. Единство световых измерений обеспечивается в соответствии с ГОСТ 8.023-83.

Таблица 2.

Дополнительные единицы СИ

Наименование величины	Единица			Определение
	Наименование	Обозначение		
		международное	русское	
Плоский угол	радиан	rad	рад	Радиан есть угол между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу
Телесный угол	стерадиан	sr	ср	Стерadian есть телесный угол с вершиной в центре сферы, вырезающий на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы

Таблица 3.

Примеры производных единиц СИ, наименования которых образованы из наименований основных и дополнительных единиц

Величина		Единица		
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение	
			международное	русское
Площадь	L^2	квадратный метр	m^2	$м^2$
Объем, вместимость	L^3	кубический метр	m^3	$М^3$
Скорость	LT^{-1}	метр в секунду	m/s	м/с
Угловая скорость	T^{-1}	радиан в секунду	rad/s	рад/с
Ускорение	LT^{-2}	метр на секунду в квадрате	m/s^2	$м/с^2$
Угловое ускорение	T^{-2}	радиан на секунду в квадрате	rad/s^2	$рад/с^2$

Величина		Единица		
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение	
			международное	русское
Волновое число	L^{-1}	метр в минус первой степени	m^{-1}	M^{-1}
Плотность	$L^{-3}M$	килограмм на кубический метр	kg/m^3	$кг/м^3$
Удельный объем	L^3M^{-1}	кубический метр на килограмм	m^3/kg	$м^3/кг$
Плотность электрического тока	$L^{-2}I$	ампер на квадратный метр	A/m^2	$A/м^2$
Напряженность магнитного поля	$L^{-1}I$	ампер на метр	A/m	$A/м$
Молярная концентрация	$L^{-3}N$	моль на кубический метр	mol/m^3	моль/ m^3
Поток ионизирующих частиц	T^{-1}	секунда в минус первой степени	s^{-1}	c^{-1}
Плотность потока частиц	$L^{-2}T^{-1}$	секунда в минус первой степени - метр в минус второй степени	$s^{-1} \times m^{-2}$	$c^{-1} \times м^{-2}$
Яркость	$L^{-2}J$	кандела на квадратный метр	cd/m^2	$кд/м^2$

Таблица 4.

Производные единицы СИ, имеющие специальные наименования

Величина		Единица			Выражение через основные и дополнительные, единицы СИ
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение		
			международное	русское	
Частота	T^{-1}	герц	Hz	Гц	s^{-1}
Сила, вес	$LM T^{-2}$	ньютон	N	Н	$m \times kg \times s^{-2}$
Давление, механическое	$L^{-1}M T^{-2}$	паскаль	Pa	Па	$m^{-1} kg \times s^{-2}$

Величина		Единица				Выражение через основные и дополнительные, единицы СИ
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение			
			международное	русское		
напряжение, модуль упругости						
Энергия, работа, количество теплоты	$L^2M T^{-2}$	джоуль	J	Дж	$m^2 \times kg \times s^{-2}$	
Мощность, поток энергии	$L^2M T^{-3}$	ватт	W	Вт	$m^2 \times kg \times s^{-3}$	
Электрический заряд (количество электричества)	TI	кулон	C	Кл	$s \times A$	
Электрическое напряжение, электрический потенциал, разность электрических потенциалов, электродвижущая сила	$L^2M T^{-3}I^{-1}$	вольт	V	В	$m^2 \times kg \times s^{-3} \times A^{-1}$	
Электрическая емкость	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$	фарад	F	Ф	$m^{-2} \times kg^{-1} \times s^4 \times A^2$	
Электрическое сопротивление	$L^2M T^{-3}I^{-2}$	ом	W	Ом	$m^2 \times kg \times s^{-3} \times A^{-2}$	
Электрическая проводимость	$L^{-2}M^{-1}T^3I^2$	сименс	S	См	$m^{-2} \times kg^{-1} \times s^3 \times A^2$	
Поток магнитной индукции, магнитный поток	$L^2M T^{-2}I^{-1}$	вебер	Wb	Вб	$m^2 \times kg \times s^{-2} \times A^{-1}$	
Плотность магнитного потока, магнитная индукция	$M T^{-2}I^{-1}$	тесла	T	Тл	$kg \times s^{-2} \times A^{-1}$	
Индуктивность, взаимная индуктивность	$L^2M T^{-2}I^{-2}$	генри	h	Гн	$m^2 \times kg \times s^{-2} \times A^{-2}$	
Световой поток	J	люмен	lm	лм	$cd \times sr$	
Освещенность	$L^{-2}J$	люкс	lx	лк	$m^{-2} \times cd \times sr$	
Эквивалентная доза излучения	L^2T^{-2}	зиверт	Sv	Зв	$m^2 \times s^{-2}$	

Примеры производных единиц СИ, наименования которых образованы с использованием специальных наименований, приведенных в табл. 4

Величина		Единица			
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение		Выражение через основные и дополнительные единицы СИ
			международное	русское	
Момент силы	L^2MT^{-2}	ньютон-метр	N×m	Н×м	$m^2 \times kg \times s^{-2}$
Поверхностное натяжение	MT^{-2}	Ньютон на метр	N/m	Н/м	$kg \times s^{-2}$
Динамическая вязкость	$L^{-1}MT^{-1}$	паскаль-секунда	Pa×s	Па×с	$m^{-1} \times kg \times s^{-1}$
Пространственная плотность электрического заряда	$L^{-3}TI$	кулон на кубический метр	C/m ³	Кл/м ³	$m^{-3} \times s \times A$
Электрическое смещение	$L^{-2}TI$	кулон на квадратный метр	C/m ²	Кл/м ²	$m^{-2} \times s \times A$
Напряженность электрического поля	$LMT^{-3}I^{-1}$	вольт на метр	V/m	В/м	$m \times kg \times s^{-3} \times A^{-1}$
Абсолютная диэлектрическая проницаемость	$L^{-3}M^{-1} \times T^4 I^2$	фарад на метр	F/m	Ф/м	$m^{-3} \times kg^{-1} \times s^4 \times A^2$
Абсолютная магнитная проницаемость	$LMT^{-2}I^{-2}$	генри на метр	H/m	Гн/м	$m \times kg \times s^{-2} \times A^{-2}$
Удельная энергия	L^2T^{-2}	джоуль на килограмм	J/kg	Дж/кг	$m^2 \times s^{-2}$
Поверхностная плотность потока энергии	MT^{-3}	ватт на квадратный метр	W/m ²	Вт/м ²	$kg \times s^{-3}$
Теплопроводность	$LMT^{-3}q^{-1}$	ватт на метр-кельвин	W/(m×K)	Вт/(м×К)	$m \times kg \times s^{-3} \times K^{-1}$

Величина		Единица			
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение		Выражение через основные и дополнительные единицы СИ
			международное	русское	
Молярная внутренняя энергия	$L^2MT^{-2}N^{-1}$	джоуль на моль	J/mol	Дж/моль	$m^2 \times kg \times s^{-2} \times mol^{-1}$
Энергетическая сила света (сила излучения)	L^2MT^{-3}	ватт на стерadian	W/sr	Вт/ср	$m^2 \times kg \times s^{-3} \times sr^{-1}$
Экспозиционная доза (рентгеновского и гамма-излучения)	$M^{-1}TI$	кулон на килограмм	C/kg	Кл/кг	$kg^{-1} \times s \times A$
Мощность поглощенной дозы	L^2T^{-3}	грэй в секунду	Gy/s	Гр/с	$m^2 \times s^{-3}$

Таблица 6.

Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ

Наименование величины	Единица				Примечание
	Наименование	Обозначение		Соотношение с единицей СИ	
		международное	русское		
Масса	тонна	t	т	10^3 kg	
	атомная единица массы	u	а.е.м.	$1,66057 \times 10^{-27} \times \text{kg}$ (приблизительно)	
Время	минута	min	мин	60 s	
	час	h	ч	3600 s	
	сутки	d	сут	86400 s	
Плоский угол	градус	°	°	$(\pi/180) \text{ rad} = 1,745329 \dots \times 10^{-2} \text{ rad}$	
	минута	'	'	$(\pi/10800) \text{ rad} = 2,908882 \dots \times 10^{-4} \text{ rad}$	

Наименование величины	Единица			Соотношение с единицей СИ	Примечание
	Наименование	Обозначение			
		международное	русское		
	секунда	..."	..."	$(p/648000) \text{ rad} = 4,848137... \cdot 10^{-6} \text{ rad}$	
	град ²	...g(gon)	град	$(p/200) \text{ rad}$	
Объем, вместимость	литр ³	l	л	10^{-3} m^3	
Длина	астрономическая единица	ua	а.е.	$1,49598 \times 10^{11} \text{ m}$ (приблизительно)	
	световой год	ly	св. год	$9,4605 \times 10^{15} \text{ m}$ (приблизительно)	
	парсек	pc	пк	$3,0857 \times 10^{16} \text{ m}$ (приблизительно)	
Оптическая сила	диоптрия	-	дптр	1 m^{-1}	
Площадь	гектар	ha	га	10^4 m^2	
Энергия	электрон-вольт	eV	эВ	$1,60219 \times 10^{-19} \text{ J}$ (приблизительно)	
Полная мощность	вольт-ампер	V×A	В×А		
Реактивная мощность	вар	var	вар		
Механическое напряжение	ньютон на квадратный миллиметр	N/mm ²	Н/мм ²	1 МПа	

¹ Допускается также применять другие единицы, получившие широкое распространение, например неделя, месяц, год, век, тысячелетие и т.п.

² Допускается применять наименование «гон»

³ Не рекомендуется применять при точных измерениях. При возможности смещения обозначения l с цифрой 1 допускается обозначение L.

Примечание. Единицы времени (минуту, час, сутки), плоского угла (градус, минуту, секунду), астрономическую единицу, световой год, диоптрию и атомную единицу массы не допускается применять с приставками

Приложение 4.

Перевод единиц измерения

Таблица 1.

Единицы давления						
Наименование	Паскаль (Pa, Па)	Бар (bar, бар)	Техническая атмосфера (at, ат)	Физическая атмосфера (atm, атм)	Миллиметр ртутного столба (mmHg, торр, торр)	Фунт-сила на квадратный дюйм (psi)
1 Па	1 Н·м^{-2}	10^{-5}	$10,197 \times 10^{-6}$	$9,8692 \times 10^{-6}$	$7,5006 \times 10^{-3}$	$145,04 \times 10^{-6}$
1 бар	10^5	$1 \times 10^6 \text{ дин/см}^2$	1,0197	0,98692	750,06	14,504
1 ат	98066,5	0,980665	1 кгс/см ²	0,96784	735,56	14,696
1 атм	101325	1,01325	1,033	1 атм	760	14,696
1 ммHg	133,322	$1,3332 \times 10^{-3}$	$1,3595 \times 10^{-3}$	$1,3158 \times 10^{-3}$	1 mmHg	$19,337 \times 10^{-3}$
1 psi	6894,76	$68,948 \times 10^{-3}$	$70,307 \times 10^{-3}$	$68,046 \times 10^{-3}$	51,715	1 lbf/in ²

Единицы длины

Метрическая система мер длины:

- 1 сантиметр (см) = 10 миллиметров (мм)
- 1 дециметр (дм) = 10 сантиметров (см)
- 1 метр (м) = 10 дециметров (дм) = 100 сантиметров (см)
- 1 километр (км) = 1 000 метров (м)

Английские и Американские меры длины

- 1 дюйм (inch) = 25,4 мм
- 1 фут (foot) = 12 дюймов = 0,3048 м
- 1 ярд (yard) = 3 фута = 36 дюймов = 0,9144 м
- 1 миля (США) = 1,60934 км

Единицы объёма

Метрическая система мер объёма:

- 1 литр (л) = 1 (куб. дециметров) дм^3 = 1 000 куб. сантиметров (см^3)
- 1 гектолитр (гл) = 100 литров (л)
- 1 куб. дециметр (дм^3) = 1 000 куб. сантиметров (см^3)
- 1 куб. метр (м^3) = 1 000 куб. дециметров (дм^3) = 1 000 000 куб. сантиметров (см^3)

Английские и Американские меры объёма:

- 1 жидкая унция = 0,02957 л
- 1 пинта = 16 жидких унций = 0,4732 л
- 1 кварта = 2 пинты = 32 жидких унций = 0,946 л
- 1 галлон = 4 кварты = 3,7853 л

Английские и Американские меры веса:

- 1 унция = 28,3495 г
- 1 фунт = 453,592 г
- 1 драхма (Dr) = 1,77185 г
- 1 гран = 64,7989 мг
- 1 короткая миля = 2 000 фунтов
- 1 длинная миля = 2 240 фунтов

Некоторые старорусские меры веса:

- 1 пуд = 40 фунтов = 16,38 кг
- 1 фунт = 0,40951 кг

Единицы площади

Метрическая система мер площади:

1 кв. метр (м^2) = 100 кв. дециметров (дм^2) = 10 000 кв. сантиметров (см^2)

1 кв. километр (км^2) = 1 000 000 кв. метр (м^2)

1 ар (а) = 100 кв. метров (м^2)

1 гектар (га) = 100 ар (а) = 10 000 кв. метров (м^2)

Единицы температуры

$^{\circ}\text{F}$ (град. Фаренгейта) = ($^{\circ}\text{C} \times 9/5$) + 32

$^{\circ}\text{K}$ (град. Кельвина) = $^{\circ}\text{C} + 273,15$

Единицы углов

$1^{\circ} = \pi/180$ рад (радиан) $\approx 0,017453$ рад (радиан);

1 рад (один радиан) = $180/\pi \approx 57,2958^{\circ} \approx 57^{\circ}17'45''$;

$a^{\circ}b'c'' = (a \cdot 180/\pi) + (b \cdot 180/(\pi \cdot 60)) + (c \cdot 180/(\pi \cdot 60 \cdot 60)) \approx$
($0,017453a + 0,000291b + 0,000005c$) рад (радиан);

n рад (радиан) = $n \cdot 180/\pi$ град (градусов) $\approx n \cdot 57,2958$ град (градусов).

Таблица 2.

График выполнения поверки СИз

№ п/п	Наименование СИз	Диапазон измерений, класс точности	№ свидетельства	Дата поверки по графику	Фактическая дата поверки	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
1	Штангенциркуль	0-150мм; 0,05	25	10.05.12	10.05.12	Исправлен

Таблица 3.

Журнал регистрации приобретаемых СИз

№ п/п	Наименования СИз	Диапазон измерений, класс точности	№ и дата сопровождающего документа	Идентификационный номер	Дата проведенной поверки	Состояние СИз	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Штангенциркуль	0-150мм; 0,05	№25 – от 10.10.12	266997	10.09.12	Исправлен	

Таблица 4.

Журнал регистрации выдачи СИз

№ п/п	Дата выдачи	Наименования СИз	Диапазон измерений, класс точности	Идентификационный номер	№ и дата сертификата (акта) о поверке	Дата следующей поверки	Выдано			Примечание
							Участок	Ф.И.О	Подпись	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	10.06.11	Штангенциркуль	0-150мм; 0,05	256963	25-10.05.12	10.05.13	Токарный цех	-	.	

Таблица 5.

Журнал не подлежащих к использованию СИз

№ п/п	Дата	Наименования СИз	Диапазон измерений, класс точности	Идентификационный номер	№ и дата сертификата (акта) о поверке	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
1	15.03.12	Штангенциркуль	0-125мм; 0,05	252623	20-10.03.12	

Таблица 6.

Перечень сертификатов поверок

№ п/п	Сертификат (акт)			СИз			Примечание
	Номер	Дата	Выдавшее предприятие	Наименование	Идентификационный №	Диапазон измерений, класс точности	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	25	10.05.12	ЦИС	Штангенциркуль	256963	0-125мм; 0,05	

Таблица 7.

Таблица метрологического состояния на предприятии

№ п/п	Фамилия И.О.	Должность, профессия	В наличии			Потребность		
			Наименование СИз	Диапазон измерений, класс точности	Идентификационный номер	Наименование СИз	Диапазон измерений, класс точности	Кол-во
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-	-	Штангенциркуль	0-120мм	252578	Шаблон	УШС-3	1

Таблица 8.

Карточка выдачи СИЗ

№	Наименование СИЗ	Диапазон измерений, класс точности	Идентификационный номер
1	Штангенциркуль	0-120мм; 0,05	2255
Дата	Участок, Цех	Подпись	Примечание
1.02.11г.	2 ЦТЗ	4	5
		-	

Приложение 7.

АКТ консервации средств измерений

« _____ » _____ 20__ г.

Мною _____ (Ф.И.О.)

в присутствии _____ (Ф.И.О.)

Проведена консервация средств измерений, принадлежащих
 Консервации подлежат следующие средства измерений _____

№	Наименование средств измерений	Идентификационный номер	Дата поверки	На какой срок консервирован (число, месяц, год)		Примечание
				Дата ввода консервации	Дата вывода из консервации	
1	2	3	4	5	6	7
1	Штангенциркуль	252623	10.03.12	10.08.12		

Консервацию произвел _____ (подпись)

Представитель структурного подразделения _____ (подпись)

АК «Узгеобурнефтегаз»



Выполняет геолого-разведочные работы на нефть и газ, работы по бурению скважин и строительство мачт.

АК «Узнефтегаздобыч»



Занимается работами по разработке и эксплуатации нефти, газо и газоконденсатных месторождений, переработкой природного газа.

АК «Узнефтегазстройинвест»



Занимается строительством и монтажом промышленных, перерабатывающих и добывающих сооружений, различных категорий трубопроводов, общественных и бытовых зданий.

АК «Узтрансгаз»



Занимается работами по транспортировке газа магистральными трубопроводами его хранением, обеспечением и распределением среди потребителей.

АК «Узнефтегазмаш»



Производит изготовление различных емкостей, оборудования и аппаратов для сооружений нефтегазовой промышленности.

АК «Узнефтепродукт»



Занимается переработкой сырья углеводородов, нефти, газоконденсата и производством нефтепродуктов и сжиженного газа.

[Faint, illegible text visible through the paper, appearing as ghosting of the reverse side.]

АВЛИЯКУЛОВ Н.Н.

**МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ПРОИЗВОДСТВА
В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

Учебное пособие

Ташкент – «Fan va texnologiya» – 2013

Редактор: Г.Шахамидова
Тех. редактор: М.Холмухамедов
Художник: Э.Мажидов
Компьютерная
вёрстка: Н.Хасанова

**Изд.лиц. АIN№149, 14.08.09. Разрешено в печать 16.07.2013.
Формат 60x84 ¹/₁₆. Гарнитура «Times New Roman».
Офсетная печать. Усл. печ.л.21,75. Изд. печ.л.21,5.
Тираж 150. Заказ №89.**

УЎҚИШ ҲАҚИДА

ЎҚИШ ҲАҚИДА

**Отпечатано в типографии
«Fan va texnologiyalar Markazining bostaxonasi».
100066, г. Ташкент, ул. Алмазар, 171.**