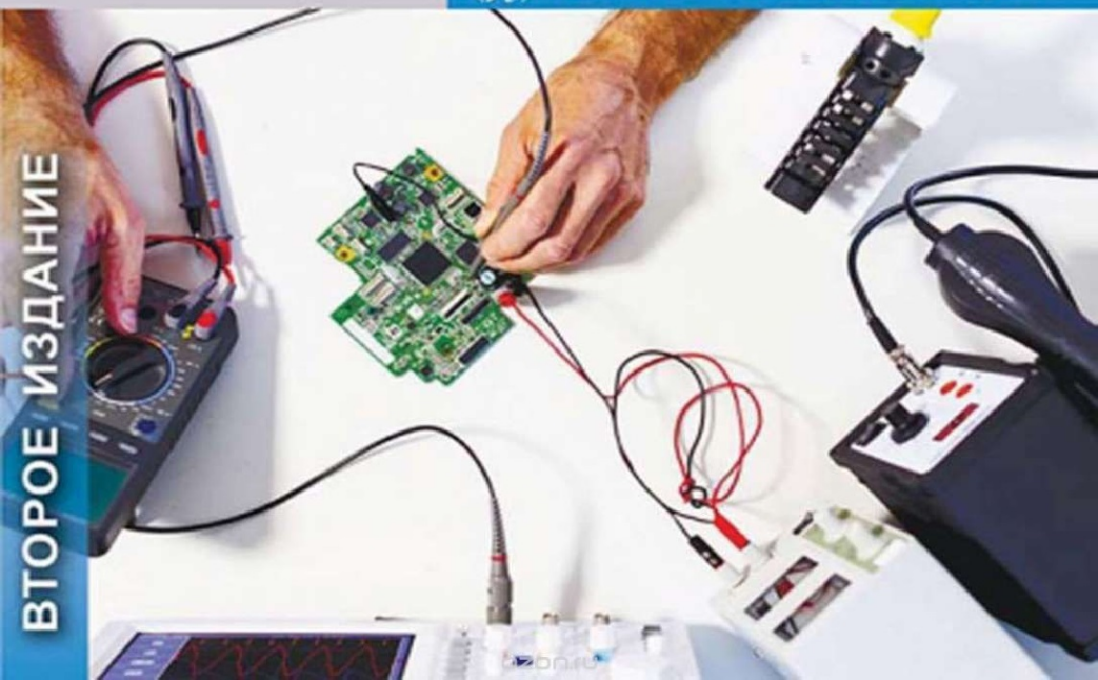
А.В. Калиниченко

СПРАВОЧНИК ИНЖЕНЕРА по КИПиА

Издательство «Инфра-Инженерия»



ВТОРОЕ ИЗДАНИЕ

А.В. Калиниченко

СПРАВОЧНИК ИНЖЕНЕРА ПО КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ ПРИБОРАМ И АВТОМАТИКЕ

Учебно-практическое пособие

Инфра-Инженерия
Москва
2016

УДК (665.6/.7:681.5).002.2
ББК 34.9.я2
К17

Калиниченко А.В., Уваров Н.В., Дойников В.В.
К 17 Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике. – М.: Инфра-Инженерия, 2016. - 564 с.

ISBN 978-5-9729-0116-6

В справочнике детально описаны материалы как для обучения персонала КИПиА (история КИПиА, термины и определения, принципы действия простейших КИПиА), так и справочные данные, методики для ремонта, настройки и эксплуатации контрольно-измерительных приборов, а также сопутствующие справочные данные, необходимые для правильного расчета и выбора контрольно-измерительного прибора.

Предназначен для инженеров по эксплуатации и ремонту контрольно-измерительных приборов для измерения технологических параметров температуры, давления, расхода и уровня.

Справочник рекомендуется также руководителям служб КИПиА, мастерам, слесарям по КИПиА, прибористам, а также студентам и аспирантам, обучающимся по соответствующим специальностям.

© Коллектив авторов, 2016
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2016

ISBN 978-5-9729-0116-6

Коллектив авторов:

Калиниченко Андрей Владимирович, инженер по КИПиА ООО «Лукойл-Информ», г.Москва (глава III);

Уваров Николай Владимирович, кандидат исторических наук, зав. кафедрой гуманитарных и естественно-научных дисциплин Вологодского филиала Международного университета бизнеса и новых технологий (глава I);

Дойников Владимир Владимирович, доктор технических наук, Омский государственный технический университет (главы II, IV).

ГЛАВА I.
ИЗ ИСТОРИИ ИЗМЕРЕНИЙ

Наука начинается там,
где начинаются измерения.
Менделеев.

Каждая вещь известна лишь в той степени,
в какой ее можно измерить.
Вильям Томсон.

Измерения служат для познания природы: точность измерений – это путь к открытиям, хранению и применению точных значений.

Измерять начали с давних пор. И с каждым годом роль и значение измерений повышались. Человечество далеко ушло в технике измерения. Пользуясь современными методами, ученые точно измеряют свойства вещей и явлений. Эти измерения являются одним из средств овладевания природой, подчинения ее нашим нуждам.

Старые средства измерений (палка, тень, чашка, камень) заменились новыми, позволяющими нам воспринимать невидимый свет, ощущать магнитные силы и другие явления, которые иначе были бы нам неизвестны.

1.1. МЕТРОЛОГИЯ

1.1.1. Метрология как наука об измерениях

Метрология – это наука об измерениях и методах обеспечения их единства.

Метрология изучает широкий круг вопросов, связанных как с теоретическими проблемами, так и с задачами практики. К

их числу относятся: общая теория измерений, единицы физических величин и их системы, методы и средства измерений, методы определения точности измерений, основы обеспечения единства измерений и единообразия средств измерений, эталоны и образцовые средства измерений, методы передачи размеров единиц от эталонов к рабочим средствам измерения. Большое значение имеет изучение метрологических характеристик средств измерений, влияющих на результаты и погрешности измерений.

Методы измерений

Метод измерений – это совокупность приемов использования принципов и средств измерений. Все без исключения методы измерения являются разновидностями одного единственного метода – метода сравнения с мерой, при котором измеряемую величину сравнивают с величиной, воспроизводимой мерой (однозначной или многозначной). Различают следующие разновидности этого метода: метод непосредственной оценки (значение измеряемой величины определяют непосредственно по отсчетному устройству многозначной меры, на которую непосредственно действует сигнал измерительной информации, например, измерение электрического напряжения вольтметром); метод противопоставления (измеряемая величина и величина, воспроизводимая мерой, одновременно воздействуют на прибор сравнения – компаратор, например, равноплечие весы); дифференциальный метод (сравнение меры длины с образцовой на компараторе); нулевой метод (результирующий эффект воздействия величин на прибор сравнения равен нулю); метод замещения – измеряемую величину заменяют известной величиной, воспроизводимой мерой (взвешивание с поочередным помещением измеряемой массы и гирь на одну чашу весов); метод совпадений – разность между измеряемой величиной и величиной, воспроизводимой мерой, измеряют, используя совпадение меток шкал или периодических сигналов (измерение длины при помощи штангенциркуля с нониусом).

Методы измерений в зависимости от способа получения результата

Прямое измерение – измерение, при котором искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных.

Косвенное измерение – измерение, при котором искомое значение величины находят по известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям (нахождение плотности по массе и размерам).

Совокупные измерения – производимые одновременно измерения нескольких одноименных величин, при которых искомые значения величин находят из системы уравнений, получаемых при прямых измерениях (нахождение массы гири в наборе по известной массе одной из них и по результатам сравнения масс различных сочетаний гирь).

Совместные измерения – проводимые одновременно измерения двух или более неодноименных величин для выявления зависимости между ними.

Единица физической величины

Единица физической величины - физическая величина (ФВ) фиксированного размера, которой условно присвоено значение, равное единице, и применяемая для количественного выражения однородных физических величин. Различают основные, производные, кратные, дольные, когерентные, системные, внесистемные единицы. Производная единица – единица производной ФВ системы единиц, образованная в соответствии с уравнением, связывающим ее с основными единицами или же с основными и уже определенными производными. Производная единица называется когерентной, если в этом уравнении числовой коэффициент равен единице.

Международная система СИ

Включает в себя следующие величины:
- длина (метр);
- масса (килограмм);
- время (секунда);
- сила тока (ампер);
- температура (кельвин);
- сила света (кандела);
- количество вещества (моль).

Погрешности измерений – отклонения результатов измерения от истинного значения измеряемой величины. Погрешности неизбежны, выявить истинное значение невозможно.

По числовой форме представления:

1. Абсолютная погрешность

($A=A_д-A_{изм}$ (действительная минус измеренная).

2. Относительные погрешности:

- относительная действительная;
- относительная измеренная;
- относительная приведенная;
- A_{max} – максимальное значение шкалы прибора.

По характеру проявления:

- систематические (могут быть исключены из результатов);
- случайные;
- грубые или промахи (как правило, не включаются в результаты измерений).

Классификация погрешностей в зависимости от эксплуатации приборов

Основная – это погрешность средства измерения при нормальных условиях.

Дополнительная погрешность – это составляющая погрешности средства измерения, дополнительно возникающая из-за отклонения какой-либо из влияющих величин или неинформативных параметров от нормативного значения или выхода за пределы нормальной области значений. Дополнительных погрешностей столько, сколько функций влияния или неинформативных параметров.

Измерительные преобразователи, измерительные приборы

Измерительные преобразователи (ПР) - техническое средство, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или сигнал измерительной информации, удобный для обработки, хранения, индикации или передачи и имеющее нормированные метрологические характеристики. Различают: первичные ПР – первые в измерительной цепи, к которым подведена измеряемая величина; промежуточные; передающие; масштабные. Конструктивно обособленные ПР называют также датчиком.

Измерительный прибор (ИП) – наиболее распространенное СИ, предназначенное для выработки измерительной информации в форме, доступной для восприятия наблюдателем (опе-

ратором). Имеют в своем составе меру. Различают ИП аналоговые, цифровые, показывающие, регистрирующие самопишущие, печатающие, интегрирующие, суммирующие, сравнения. СИ могут быть функционально объединены в измерительные установки. Если в них включены образцовые СИ, их называют поверочными установками. Если СИ соединяются между собой каналами связи и предназначаются для выработки измерительной информации в форме, доступной для восприятия, обработки и передачи, такую совокупность называют измерительной системой.

Отсчетное устройство (шкала и стрелка)

Отсчетное устройство – часть конструкции средства измерения, предназначенная для отсчета показаний. Может быть в виде шкалы, указателя, дисплея, экрана осциллографа и т.п.

Шкала – часть конструкции отсчетного устройства, состоящая из отметок и чисел, соответствующих последовательным значениям измеряемой величины. Отметки могут быть в виде черточек, точек, зубцов и пр. Указатели могут быть в виде каплевидных, ножевидных и световых стрелок.

Виды шкал, цена деления

Шкалы могут быть односторонние и двухсторонние, в зависимости от положения нуля. Если «0» находится в центре шкалы, то такая двухсторонняя шкала называется симметричной. Шкалы характеризуются числом делений, длиной деления, ценой деления, диапазоном показаний, диапазоном измерений и пределами измерений. Деление – это промежуток между двумя соседними отметками шкалы. Длина деления – это расстояние, измеренное между осевыми двух соседних отметок по воображаемой линии, проведенной через середины самых коротких отметок шкалы. Диапазон показаний – это область значений шкалы, ограниченная начальным и конечным значениями. Диапазон измерений – это область значений величин, для которой нормирована предельная допустимая погрешность. Предел измерения – это наибольшее или наименьшее значение диапазона измерения. На каждом диапазоне прибор имеет два предела: $X_в$ – верхний предел, $X_н$ – нижний предел.

Цена деления – это разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы. Для шкал с одним

диапазоном измерения цена деления определяется по формуле

$$C=(X_1-X_2)/n,$$

где C – цена деления, n – количество делений на участке между двумя соседними числовыми отметками X_1 и X_2; X_1 и X_2 – значения физической величины, соответствующие двум соседним числовым отметкам.

Чувствительность прибора (или чувствительность средства измерения) – это реакция на подведение к нему измеряемой величины. Чувствительность может вычисляться как абсолютная так и относительная, характеризующая чувствительность в данной отметке; так и по формуле, которая характеризует чувствительность по отношению к данному значению величины. Абсолютная чувствительность обратно пропорциональна цене деления $S_a=1/C$.

Класс точности средств измерения – это обобщенная характеристика средства измерения, определяемая пределами основной и допускаемых дополнительных погрешностей и другими свойствами, влияющими на точность средства измерения, значения которых указаны в стандартах и технических условиях на данный вид средств измерений.

Правила обозначения класса точности: обозначение класса точности зависит от способа выражения предела допустимой погрешности (основной). Если предел основной погрешности выражается в виде абсолютной погрешности, то класс обозначается в виде больших букв латинского алфавита или римских чисел, например: C, M, I. Классам точности, обозначаемым буквами, находящимися ближе к началу алфавита, или меньшими значащими цифрами, соответствуют меньшие пределы допускаемых погрешностей.

Для средств измерений, пределы основной допускаемой погрешности которых принято выражать в форме приведенной погрешности, классы точности следует писать в виде чисел из предпочтительного ряда чисел:

110_n; $1{,}510_n$; 210_n; $2{,}510_n$; 410_n; 510_n; 610n,

где n=1; 0; -1; -2; -3 и т.д.

Если предел допускаемой погрешности выражается в виде относительной погрешности, то класс выбирается из приве-

денного ряда чисел и обводится окружностью. Например, класс точности 2,5. Если предел допускаемой основной погрешности выражается в виде двухчленной формулы относительной погрешности, то класс обозначается в виде дроби c/d, причем числа “c” и “d” выбираются из приведенного предпочтительного ряда.

Например: класс точности - 0,02/0,01.

Классификация средств измерений

Средства измерений классифицируются по весьма разнообразным признакам, которые в большинстве случаев взаимно независимы, и в каждом СИ могут находиться почти в любых сочетаниях.

Основные критерии:

- принцип действия;
- способ образования показаний;
- способ получения числового значения измеряемой величины;
- точность;
- условия применения;
- степень защиты от внешних магнитных и электрических полей;
- устойчивость против механических воздействий и перегрузок;
- стабильность;
- чувствительность;
- пределы и диапазоны измерений.

По некоторым признакам классификация различных СИ одинакова, по другим она различна. Некоторые признаки применимы к одним видам СИ и неприменимы к другим. Наибольшее число признаков охватывает классификация электроизмерительных приборов.

Классификация СИ в зависимости от устойчивости к механическим воздействиям. По степени защиты от внешних воздействий различают СИ обыкновенные, пылезащищенные, брызго- водо- газозащищенные, герметические и взрывобезопасные. К обыкновенным по устойчивости к механическим воздействиям приборам и их вспомогательным частям относятся такие приборы и части, которые в упаковке для перевозки выдерживают без повреждения транспортную тряску на протяжении двух часов. Следующая катего-

рия – приборы обыкновенные с повышенной механической прочностью. Еще более высокие требования предъявляются к приборам тряскопрочным, вибропрочным и ударопрочным. Важна также устойчивость к перегрузкам. Электроизмерительные приборы могут выдерживать только кратковременную перегрузку. Их испытывают ударами током (девятью), в 10 раз превышающим номинальный, продолжительностью в 0,5 с и интервалом в одну минуту, с последующим одним ударом таким же током, продолжительностью в 5 с.

Поверка средств измерений

Поверки бывают обязательные (при производстве прибора, после капитального ремонта, изменения диапазона измерения или градуировочной характеристики прибора), периодические (по истечении межповерочного интервала прибора), внеплановые (после внеплановых ремонтов, длительной консервации, и т.п.). Поверка бывает государственной (приборы обеспечивающие измерения параметров, связанных с техникой безопасности, охраной труда и природы, хозрасчетных показателей, аварийной сигнализации и блокировок) и ведомственной (приборы измеряющие технологические параметры и не попадающие под действия государственной поверки).

Операции поверки средств измерений. В операцию поверки входит предварительный внешний осмотр и проверка комплектности прибора. Поверка производится по поверочной схеме, составленной соответствующей метрологической организацией. Сроки и методы поверки регламентируются нормативной документацией. Результаты поверки оформляются в виде протокола и по окончании поверки делается вывод про пригодность данного прибора к эксплуатации.

Методы поверки средств измерений. Поверка – совокупность действий, выполняемых для определения или оценки погрешностей СИ.

Основные методы поверки:

- путем непосредственного сличения;
- с помощью приборов сравнения;
- поверка СИ по образцовым мерам;
- поэлементная поверка СИ;
- поверка измерительных приборов сравнения.

1.1.2. Проблемы метрологии

Метрология (греч.metron — мера) — наука об измерениях, методах достижения их единых стандартов и требуемой точности.

К основным проблемам метрологии относятся:

- создание общей теории измерений;
- образование единиц физических величин и систем единиц;
- разработка методов и средств измерений, методов определения точности измерений, основ обеспечения единства измерений и единообразия средств измерений (так называемая «законодательная метрология»);
- создание эталонов и образцовых средств измерений, проверка мер и средств измерений.

Также метрология изучает развитие системы мер, денежных единиц и счета в исторической перспективе.

Всемирный День метрологии отмечается ежегодно 20 мая. Праздник учрежден Международным Комитетом мер и весов (МКМВ) в октябре 1999 года, на 88 заседании МКМВ.

1.2. РАЗВИТИЕ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Предпосылками для развития отрасли, выпускающей контрольно-измерительные приборы (КИП), были некоторые изобретения известных ученых в области измерительных приборов и деятельность ряда предпринимателей по практической реализации данных изобретений, к которым можно отнести следующие исторические факты:

- итальянский физик Александро Вольта [1745-1827] в 1800 году изобрел "Вольтов столб" - первый источник постоянного тока и ряд электрических приборов (электрофор, электрометр, электроскоп и др.);
- немецкий физик Генрих Рудольф Герц (Херц) [1857-1894] в 1888 году изобрел "Вибратор Герца";
- английский физик Оливер Джозеф Лодж [1851-1940]

построил индикатор на основе когеррера;

- французский инженер и предприниматель Э. Дюкрете [1844-1915] на рубеже веков был владельцем в Париже одной из крупнейших в то время в мире мастерской по изготовлению научных приборов.

По существу, первый контрольно-измерительный прибор был прилюдно продемонстрирован в 1897 году в Страссбургском университете Карлом Фердинандом Брауном - на экране ЭЛТ демонстрировались изменяющиеся во времени процессы.

1.2.1. Изобретение термометров

До изобретения такого обыденного и простого для нашей повседневной жизни измерительного прибора как термометр о тепловом состоянии люди могли судить только по своим непосредственным ощущениям: тепло или прохладно, горячо или холодно.

История термодинамики началась, когда в 1592 году Галилео Галилей создал первый прибор для наблюдений за изменениями температуры, назвав его термоскопом. Термоскоп представлял собой небольшой стеклянный шарик с припаянной стеклянной трубкой. Шарик нагревали, а конец трубки опускали в воду. Когда шарик охлаждался, давление в нем уменьшалось, и вода в трубке под действием атмосферного давления поднималась на определенную высоту вверх. При потеплении уровень воды в трубке опускался вниз. Недостатком прибора было то, что по нему можно было судить только об относительной степени нагрева или охлаждения тела, так как шкалы у него еще не было.

Позднее флорентийские ученые усовершенствовали термоскоп Галилея, добавив к нему шкалу из бусин и откачав из шарика воздух.

В XVII веке воздушный термоскоп (рис.1.1) был преобразован в спиртовой флорентийским ученым Торричелли. Прибор был перевернут шариком вниз, сосуд с водой удалили, а в трубку налили спирт. Действие прибора основывалось на расширении спирта при нагревании, - теперь показания не зависели от атмосферного давления. Это был один из первых жидкостных термометров (рис. 1.2).

На тот момент показания приборов еще не согласовыва-

лись друг с другом, поскольку никакой конкретной системы при градуировке шкал не учитывалось. В 1694 году Карло Ренальдини предложил принять в качестве двух крайних точек температуру таяния льда и температуру кипения воды.

Рис.1.1. **Воздушный термоскоп**

В 1714 году Д. Г. Фаренгейт изготовил ртутный термометр. На шкале он обозначил три фиксированные точки: нижняя, 32 °F - температура замерзания солевого раствора, 96 ° - температура тела человека, верхняя 212 °F - температура кипения воды. Термометром Фаренгейта пользовались в англоязычных странах вплоть до 70-х годов XX века, а в США пользуются и до сих пор.

Еще одна шкала была предложена французским ученым Реомюром в 1730 году. Он делал опыты со спиртовым термометром и пришел к выводу, что шкала может быть построена в соответствии с тепловым расширением спирта. Установив, что применяемый им спирт, смешанный с водой в пропорции 5:1, расширяется в отношении 1000:1080 при изменении температуры от точки замерзания до точки кипения воды, ученый предложил использовать шкалу от 0 до 80 градусов, приняв

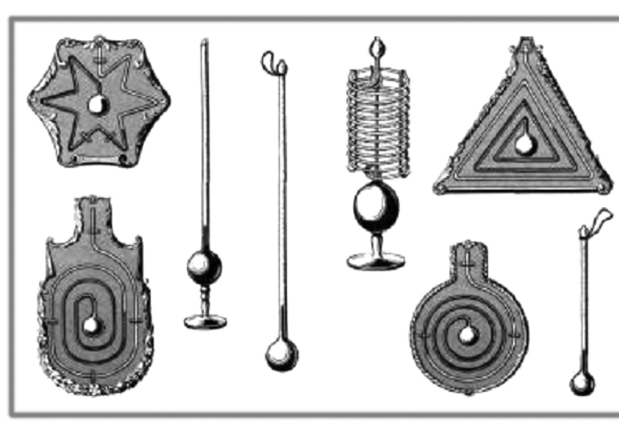


Рис.1.2. **Жидкостные термоскопы**

за 0° температуру таяния льда, а за 80° температуру кипения воды при нормальном атмосферном давлении.

В 1742 году шведский ученый Андрес Цельсий предложил шкалу для ртутного термометра, в которой промежуток между крайними точками был разделен на 100 градусов. При этом сначала температура кипения воды была обозначена как 0°, а температура таяния льда как 100°. Однако в таком виде шкала оказалась не очень удобной, и позднее астрономом М. Штремером и ботаником К. Линнеем было принято решение поменять крайние точки местами.

М. В. Ломоносовым был предложен жидкостный термометр, имеющий шкалу со 150 делениями от точки плавления льда до точки кипения воды. И. Г. Ламберту принадлежит создание воздушного термометра со шкалой 375°, где за один градус принималась одна тысячная часть расширения объема воздуха. Были также попытки создать термометр на основе расширения твердых тел. Так, в 1747 году голландец П. Мушенбруг использовал расширение железного бруска для измерения температуры плавления ряда металлов.

К концу XVIII века количество различных температурных шкал значительно увеличилось. По данным «Пилометрии» Ламберта, на тот момент их насчитывалось 19.

Температурные шкалы, о которых шла речь выше, отличает то, что точка отсчета для них была выбрана произвольно. В начале XIX века английским ученым лордом Кельвином была предложена абсолютная термодинамическая шкала. Одновременно Кельвин обосновал понятие абсолютного нуля, обозначив им температуру, при которой прекращается тепловое движение молекул. По Цельсию это -273,15 °С.

Такова основная история возникновения термометра и термометрических шкал. На сегодняшний день используются термометры со шкалой Цельсия, Фаренгейта (в США), а также со шкалой Кельвина в научных исследованиях. В настоящее время температуру измеряют с помощью приборов, действие которых основано на различных термометрических свойствах жидкостей, газов и твердых тел. И если в XVIII веке был настоящий «бум» открытий в области систем измерения температуры, то с прошлого века началась новая пора открытий в области способов измерения температуры. Сегодня существует множество устройств, применяемых в промышленности, в быту, в научных исследованиях – термометры расширения и

термометры манометрические, термоэлектрические и термометры сопротивления, а также пирометрические термометры, позволяющие измерять температуру бесконтактным способом.

1.2.2. Изобретение калориметра

В 1780 году французские ученые Антуан Лавуазье (1743 — 1794) и Пьер Симон Лаплас (1749 — 1827) предложили прибор для измерения удельных теплоемкостей, названный ими калориметром.

Калориметром был назван прибор для измерения количества теплоты, выделяющейся или поглощающейся в физических, химических или биологических процессах.

Основу калориметра составляет теплоизолированный сосуд и калориметрическое тело, в котором поглощается или выделяется тепло.

Обычно калориметр применяется для определения теплоемкости, теплоты испарения и теплоты сгорания. Прибор состоит из углеродной мишени, в которой происходит генерация вторичных частиц — нейтральных пионов, которые, распадаясь, формируют поток фотонов. Они регистрируются слоями детекторов, расположенных между поглотителями и свинца под мишенью. Измеряя количество вторичных частиц, можно определить энергию первичной. Чем больше слоев детекторов, тем точнее измеряемая энергия.

В 1750 году петербургский физик — Георг Рихман (1711 — 1753), работавший в содружестве с М. В. Ломоносовым, установил на опыте, что если смешать равные количества воды, имеющие различную температуру, то температура смеси будет равна среднему арифметическому температур частей. Эти опыты были повторены в 1772 году Иоганном Вильке в Германии. Вильке ввел единицу измерения количества теплоты — калорию как количество теплоты, необходимой для изменения температуры единицы массы воды на один градус. Она сохранилась до наших дней.

Концепция теплорода конкурировала с молекулярно-кинетической теорией почти 100 лет — до середины XIX века, а понятия «количество теплоты», «теплоемкость», «калориметрия», «теплота плавления», «теплота парообразования» сохраняются до сих пор (слово «скрытая» только недавно исчез-

ло со страниц учебников). Эти понятия приспособлены уже к молекулярно-кинетической теории.

С середины XIX века развивается теория, которая получила название механической теории теплоты. Открытие закона сохранения энергии и успехи молекулярной теории привели к представлению о тепловых процессах как процессах передачи механического движения при столкновении молекул тел. Давление газов объяснялось, как передача количества движения частицами газа стенкам сосуда. Температуру начали связывать с интенсивностью движения частиц. Молекулы рассматривались как частицы, движение которых подчиняется законам классической механики. Отсюда терминология «механическая теория тепла».

Одновременно развиваются статистические представления. Больцман находит точную связь между средней энергией теплового движения частиц и температурой, вводя новую мировую константу, названную его именем.

Развитие статистической теории привело к представлению о тепловом движении как особой форме движения материи, которая не может быть сведена к механической. В природе действуют специфические статистические закономерности, которые имеют точные математические выражения, например, распределения Максвелла, Больцмана, Ферми и т. д.

Развитие квантовой механики привело к уточнению наших представлений о взаимодействиях частиц при тепловом движении.

Чтобы обеспечить точность рассматриваемых физических понятий, следует подчеркивать исторические связи. Понятия количества теплоты, теплоемкости и т. д. неразрывно связаны с гипотезой теплорода. Нужно разъяснить, что гипотеза эта оставлена наукой, и мы вкладываем в традиционные понятия новый смысл. Поэтому, говоря о количестве теплоты, мы имеем в виду не количество чего-то материального, а количество энергии определенной формы. Эта специфическая форма энергии - энергия коллектива хаотически движущихся частиц. При нагревании она переходит от тела к телу или распространяется внутри тела, тогда мы говорим о теплопроводности. Солнечное тепло - это трансформированная в энергию теплового движения энергия электромагнитного излучения и т. д.

Современные калориметры

Современные калориметры работают в диапазоне температур от 0,1 до 3500 K и позволяют измерять количество теплоты с точностью до 10-2%. Устройство калориметров весьма разнообразно и определяется характером и продолжительностью изучаемого процесса, областью температур, при которых производятся измерения, количеством измеряемой теплоты и требуемой точностью.

Типы калориметров

Калориметр, предназначенный для измерения суммарного количества теплоты Q, выделяющейся в процессе от его начала до завершения, называют калориметр-интегратором. Калориметр для измерения тепловой мощности L и ее изменения на разных стадиях процесса — измерителем мощности или калориметр-осциллографом. По конструкции калориметрической системы и методу измерения различают жидкостные и массивные калориметры, одинарные и двойные (дифференциальные).

1.2.3. Ультразвуковой дефектоскоп

В 1880 году французские физики, братья Пьер и Поль Кюри, заметили, что при сжатии и растяжении кристалла кварца с двух сторон на его гранях, перпендикулярных направлению сжатия, появляются электрические заряды. Это явление было названо пьезоэлектричеством (от греческого «пьезо» — «давлю»), а материалы с такими свойствами — пьезоэлектриками. Позже это явление объяснили анизотропией кристалла кварца - разные физические свойства вдоль разных граней.

Во время первой мировой войны французский исследователь Поль Ланжевен предложил использовать пьезоэлектрический эффект для обнаружения подводных лодок. Если пьезоэлектрик встречает на своем пути ультразвуковую волну от винта лодки, которая распространяется со скоростью 1460 км/с, то она сжимает его грани, и на них появляются электрические заряды. Сжимаясь и разжимаясь, кристалл как бы генерирует переменный электрический ток, который можно измерить чувствительными приборами. Если же к граням кристалла приложить переменное напряжение, он сам начнет коле-

баться, сжимаясь и разжимаясь с частотой переменного напряжения. Эти колебания кристалла передаются среде, граничащей с кристаллом (воздуху, воде, твердому телу). Так возникает ультразвуковая волна.

Ланжевен попробовал зарядить грани кварцевого кристалла электричеством от генератора переменного тока высокой частоты. При этом он заметил, что кристалл колеблется в такт изменению напряжения. Чтобы усилить эти колебания, ученый вложил между стальными листами-электродами не одну, а несколько пластинок и добился возникновения резонанса — резкого увеличения амплитуды колебаний. Эти исследования Ланжевена позволили создавать ультразвуковые излучатели различной частоты. Позже появились излучатели на основе титаната бария, а также других кристаллов и керамики, которые могут быть любой формы и размеров.

Ультразвук можно получить и другим способом. В 1847 году английский физик Джеймс Джоуль обнаружил, что при перемагничивании электрическим током железных и никелевых стержней они то уменьшаются, то увеличиваются в такт изменениям направления тока. При этом в окружающей среде возбуждаются волны, частота которых зависит от колебаний стержня. Это явление назвали магнитострикцией (от латинского «стриктус» — «сжатие»).

Ультразвук оказался просто находкой для решения технических, научных и медицинских задач. Например, ультразвуковые дефектоскопы, объединенные с компьютером, помогают контролировать качество сварных швов, бетонных опор

Рис. 1.3. **Современный ультразвуковой дефектоскоп**

и плит. Ультразвуковую аппаратуру также с успехом применяют для резки и сверления металлов, стекла и других материалов. Ультразвук можно использовать для измельчения вещества - например, для приготовления тонко размолотого цемента или асбеста, для получения однородных эмульсий, для очистки жидкости или газа от примесей. С помощью сфокусированного пучка ультразвуковых волн распыляют некоторые жидкости, например, ароматические вещества, лекарственные препараты. Получающийся «ультразвуковой туман», как правило, более качественный, чем аэрозольный. И сам этот метод экологически более безопасный, так как можно отказаться от фторсодержащих газов, которые используются в аэрозольных баллончиках.

1.2.4. Жидкостный манометр

Вопросы водоснабжения для человечества всегда были очень важными, а особую актуальность приобрели с развитием городов и появлением в них различного вида производств. При этом все более актуальной становилась проблема измерения давления воды, т.е. напора, необходимого не только для обеспечения подачи воды через систему водоснабжения, но и для приведения в действие различных механизмов. Честь первооткрывателя принадлежит крупнейшему итальянскому художнику и ученому Леонардо да Винчи (1452-1519), который впервые применил пьезометрическую трубку для измерения давления воды в трубопроводах. К сожалению, его труд «О движении и измерении воды» был опубликован лишь в XIX веке. Поэтому принято считать, что впервые жидкостный манометр был создан в 1643 году итальянскими учеными Торричелли и Вивиани, учениками Галилео Галилея, которые при исследовании свойств ртути, помещенной в трубку обнаружили существование атмосферного давления. Так появился ртутный барометр. В течение последующих 10-15 лет во Франции (Б. Паскаль и Р. Декарт) и Германии (О. Герике) были созданы различные разновидности жидкостных барометров, в том числе и с водяным заполнением. В 1652 году О. Герике продемонстрировал весомость атмосферы эффектным опытом с откачанными полушариями, которые не могли разъеди-

нить две упряжки лошадей (знаменитые «магдебургские полушария»).

Дальнейшее развитие науки и техники привело к появлению большого количества жидкостных манометров различных типов, применяемых до настоящего времени во многих отраслях: метеорологии, авиационной и электровакуумной технике, геодезии и геологоразведке, физике и метрологии и пр. Однако, в силу ряда специфических особенностей принципа действия жидкостных манометров, их удельный вес по сравнению с манометрами других типов относительно невелик и, вероятно, будет уменьшаться и в дальнейшем. Тем не менее при измерениях особо высокой точности в области давлений, близких к атмосферному давлению, они пока незаменимы. Не потеряли своего значения жидкостные манометры и в ряде других областей (микроманометрии, барометрии, метеорологии, при физико-технических исследованиях).

1.2.5. Изобретения барометра

Впервые идею создания барометра предложил Галилей (1564-1642), а осуществили ее его знаменитые ученики в 1643 году - Торричелли и Вивиани («Трубка Торричелли»).

Имя Торричелли (1608-1647) навсегда вошло в историю естественных наук как имя человека, впервые доказавшего существование атмосферного давления и получившего «торричеллеву пустоту».

Весьма поучительна история атмосферного давления. В 1595 году к Галилею обратились с просьбой объяснить, почему насосы не поднимают воду с глубины, превышающей 10 м. Галилей привлек к объяснению гипотезу, которая утвердилась со времен Аристотеля: природа боится пустоты.

Боязнью пустоты объясняли множество физических явлений. Прежде всего сам факт механического движения. Согласно Аристотелю, Вселенная заполнена материей, и если какое-либо тело перемещается, в то место, где оно только что было, устремится материя. Стрела, выпущенная из лука, летит потому, что ее толкает воздух, устремляющийся в образующуюся сзади пустоту.

Боязнью пустоты объясняли всасывание, прилипание двух

гладко отшлифованных пластинок, явление сцепления, поднятие воды в насосах.

Галилей не нашел ответа на вопрос и отделался шуткой: очевидно, природа боится пустоты до высоты 10 м. Фактом, установленным практикой, была поставлена проблема. Галилей искал решение сам и привлек к ней своих учеников Торричелли (1608-1647) и Вивиани (1622 -1703). Торричелли пришла мысль исследовать, до какой высоты будет «бояться пустоты» ртуть. В 1644 году он предложил Вивиани выполнить тот классический опыт, который около 300 лет повторяется в школах всего мира. Стеклянная трубка длиной около метра была наполнена ртутью. Открытый конец был закрыт пальцем, трубку опустили в сосуд с ртутью и предоставили ей возможность опускаться. Столб остановился на высоте 760 мм. С этого момента ведет свое начало понятие нормального атмосферного давления. День, когда Торричелли и Вивиани проводили опыт, был ясный, солнечный, давление было точно равно 760 мм рт. ст.

Ученые вели тщательное наблюдение за уровнем ртути в трубке. Оказалось, что он изменяется. Торричелли впервые нашел правильное объяснение причины этого явления: атмосфера давит на поверхность ртути в сосуде; давление столба ртути уравновешивает атмосферное давление. Последнее может изменяться. Мысль о том, что атмосфера должна ока-

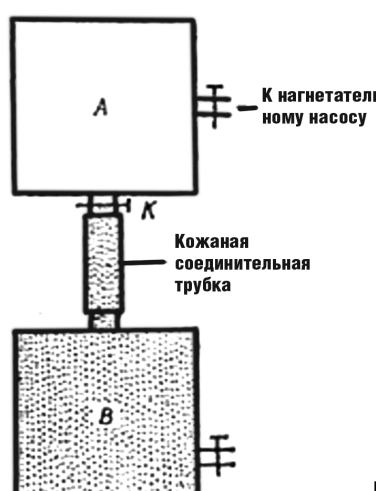


Рис. 1.4. **Опыт Галилея по взвешиванию воздуха**

зывать давление, имела прочное основание. Галилей убедительно доказал, что воздух весом. Схема его опыта, вошедшего в число великих экспериментов в физике, изображена на рис.1.4. В сосуд А накачивали насосом воздух, после чего сосуд А взвешивали. Затем его соединяли кожаной трубкой с сосудом В, наполненным водой. При открывании крана К сжатый воздух вытеснял часть воды, которую Галилей взвешивал. Затем он снова определял массу сосуда А (в нем устанавливалось атмосферное давление).

Путем взвешивания сосуда А определяли массу накачанного воздуха. Вычислив отношение массы воздуха к массе вытесненной им воды, Галилей нашел, что плотность воздуха составляет около 1/400 плотности воды. Учитывая несовершенство установки Галилея, результат следует считать относительно точным: по порядку величины он совпадает с современным (1/700).

Однако Галилей все же не связал факт весомости воздуха с идеей атмосферного давления.

Торричелли писал в 1644 году: «Мы погружены на дно безбрежного моря воздушной стихии, которая, как известно из неоспоримых опытов, имеет вес, причем он наибольший вблизи поверхности Земли, где он составляет одну четырехсотую часть веса воды».

Опыты Торричелли и Вивиани оказались недостаточными для разрушения догмы о боязни пустоты. Укоренившиеся представления, поддерживаемые большим авторитетом, не сразу сдают позиции.

Решающими были опыты гениального французского ученого Блеза Паскаля (1623 — 1662). Когда известие об опытах итальянских физиков достигло Франции, Паскаль занялся их повторением. Для опытов с водой он брал трубки длиной более 10 м. Если действительно атмосферное давление уравновешивается весом столба жидкости в трубке, то высота этого столба должна быть различной на различных расстояниях от поверхности Земли.

Паскаль был слабого здоровья и попросил произвести опыт своего шурина Перье на вершине горы Пюи-де Дом. Опыт сразу же подтвердил предсказанное Паскалем: «Это доставило нам,- писал Перье,- немалое удовольствие, так как мы увидели, что высота ртутного столба уменьшалась вместе с увеличением высоты места».

Несмотря на простоту и убедительность описанных опытов,

для окончательного изгнания «боязни пустоты» не хватало еще одного существенного элемента.

В закрытом конце барометрической трубки при опускании ртути образуется вакуум — «торричеллева пустота». Было резонно считать, что эта пустота как раз и обладает свойствами удерживать столбик жидкости. Последний тянется в пустоту, сила этого стремления изменяется, возможно, от каких-то еще неизвестных факторов. Таковы были основы умозаключений сторонников «боязни пустоты». Разбить эту аргументацию могли только опыты с вакуумом. Нужно было получить «торричеллеву пустоту» каким-то другим путем и показать, что она не имеет приписываемых ей свойств. Это было сделано Герике.

Отто фон Герике (1602-1686) — гениальный физик-экспериментатор, родился в Магдебурге, в знатной семье. Он изучал сначала право, затем обратился к физике, математике и инженерным проблемам. О степени его авторитета как инженера говорит тот факт, что ему поручали руководство строительством укреплений в различных городах Германии; в то время это было главной задачей техники. В период 1635 — 1645 гг. Герике занимался административной и политической деятельностью, оставлявшей достаточно времени для научной работы. Начало его замечательным экспериментам было положено изобретением вакуумного насоса (его назы-

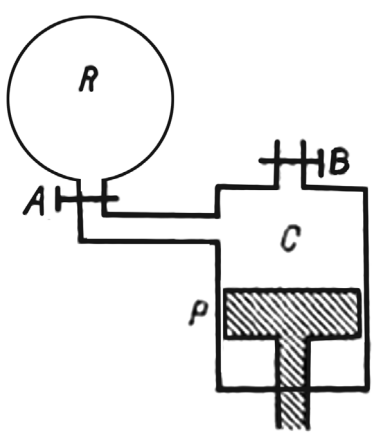


Рис. 1.5. **Принцип устройства насоса Герике**

вали воздушным насосом). Принцип действия насоса изображен на рис. 1.5.

Поучителен путь к изобретению. Вначале мысль была такая. Если хорошо просмоленную бочку наполнить водой, а затем насосом выкачать ее, то в бочке должен быть вакуум. Однако опыты не дали результата. Герике догадался, что неудача была следствием пористости дерева, и решил заменить бочку медным шаром. Первый опыт откачивания воды кончился тем, что медный шар внезапно лопнул с громким треском. Герике догадался о причине: на шаре было плоское место. Совершенно круглый шар выдержал атмосферное давление.

Существование и сила атмосферного давления стали уже очевидными после первого опыта, когда Герике открыл кран A у откачанного шара R: воздух со свистом врывался в сосуд, руку над краном нельзя было держать, ибо ее притягивало с опасной силой. Пользуясь насосом, Герике получил возможность значительно точнее взвесить воздух, нежели Галилей. Для этого достаточно было сравнить вес сосуда с воздухом и эвакуированного. В процессе этих опытов Герике сделал важное открытие. Он показал, что в воздухе на тела действует архимедова подъемная сила. По существу это было обобщение закона Архимеда, и оно вошло в систему точных физических представлений.

Далее Герике теоретизирует. Если атмосферное давление уравновешивает давление водяного столба высотой 10 м, то можно вычислить давление любого цилиндрического столба воздуха. Он задает диаметр цилиндра и путем вычислений находит давление воздуха. Нужно теперь на опыте показать, что это давление огромно. Герике изготовил два медных полушария. Одно из них было снабжено краном для откачки воздуха. Между полушариями прокладывалось кожаное кольцо, хорошо пропитанное воском и растительным маслом, так что оно не пропускало воздух. Опыт показал, что после откачивания только 16 лошадей могли разорвать полушария. После этих опытов представление об атмосферном давлении стало общепринятым.

Однако природа атмосферного давления была неизвестна. В настоящее время, когда мы четко представляем себе Землю вместе с атмосферой, нелегко представить себе сложность проблемы для того времени. Газовые законы еще не откры-

ты, состав воздуха неизвестен, закон всемирного тяготения появится только через 50 лет. Тем не менее, Герике нашел решение. В сочинении «О пустом пространстве» он писал: «Некоторые ученые считают причиной его (атмосферного давления) доходящие до нас со всех сторон лучи звезд. Но если бы это было так, то земной шар должен был бы тоже испытывать это давление и оказывать ему сопротивление. Однако, когда два тела давят друг на друга, то помещенный между ними предмет испытывает с обеих сторон одинаковое давление. Отсюда с необходимостью следует, что верхние слои атмосферы испытывали бы такое же давление, как и нижние части ее, а это отвергается опытами».

Герике проделал в доказательство простой и в высшей степени остроумный эксперимент. Он закрывал кран стеклянного сосуда и поднимался с ним на вершину башни. Открывал кран и наблюдал, что воздух выходит из сосуда. Затем кран снова закрывал и опускался с сосудом к подножью: здесь при открытом кране воздух, наоборот, входил в сосуд.

Обобщая опытные факты, Герике заключил: «Так как нижние слои воздуха сжимаются сильнее, чем верхние,- причем эта разница наблюдается не только на высоких горах, но и на башнях,- то отсюда следует, что воздух простирается недалеко от Земли и что высота его, по сравнению с огромными расстояниями до звезд, ничтожна».

Особое значение имело изобретение Герике водяного барометра. Казалось бы, простая мысль: воспользоваться устройством Паскаля, который экспериментировал с длинными трубками, наполненными водой. В трубке при опускании воды также образуется «торричеллева пустота», как и в опытах со ртутью,- тот же барометр Торричелли и Вивиани, только увеличенных размеров. Однако мысль Герике шла обратным путем. Пытаясь найти дополнительные аргументы против horror vacui, он начал впускать в эвакуированный сосуд воду из чана и поднимал сосуд. Если бы поднятие жидкости объяснялось боязнью пустоты, рассуждал Герике, то вода должна следовать за сосудом до какой угодно высоты. Когда длина трубки, соединяющей сосуд с чаном, достигла 10 м, вода, естественно, только доходила до сосуда. Эти опыты привели к конструкции водяного барометра: деревянная фигурка, плавающая на поверхности воды в верхней эвакуированной части трубы, указывала на величину атмосферного давления.

Наблюдения показали, что это давление изменяется. Герике впервые связал этот факт с метеорологическими явлениями. «Изменение уровня воды,- писал Герике, — является вернейшим доказательством того, что не только подъем ее, но и колебания ее высоты зависят от некоторой внешней причины. Таким образом, высота водяного столба зависит не от испытываемой природой боязнью перед пустым пространством, а от равновесия между давлением водяного столба и атмосферным давлением».

Так было преодолено почти тысячелетнее заблуждение. Герике одновременно открыл возможность научных предсказаний погоды.

Герике произвел множество опытов в вакууме. Ему принадлежат широко известные демонстрации под колоколом воздушного насоса. Прежде всего это замирание звука звонка — опыт, впервые показавший, что звук распространяется только в веществе. В то же время Герике показал, что свет распространяется в вакууме так же, как в воздухе.

1.3. СИСТЕМЫ МЕР

1.3.1. Метрическая система мер

Измерение массы товаров, их длины, объема является весьма трудоемким процессом, который многократно повторяется и исчисляется ежедневно многими миллионами операций. Это особенно характерно для торговли продовольственными товарами, где большинство операций по подготовке к продаже и при продаже включает обязательное взвешивание. Взвешивают также некоторые хозяйственные товары, строительные материалы. Измеряют товары в натуральных показателях при их дозировании и фасовке, при выполнении большинства операций по приему и отпуску на складах.

История развития

Интенсивное развитие промышленности и науки, а также расширение торговых связей между различными государствами в XIX веке явились основными причинами, стимулировавшими возникновение и прогресс метрологии как науки и постановку в качестве основной ее проблемы создание единой

международной системы единиц, которая охватывала бы все области измерений.

Первоначальными этапами решения этой проблемы были установление и международное распространение Метрической системы мер и весов, разработка научных основ построения систем взаимосвязанных единиц физических величин, характеризующих широкий круг явлений природы, создание и практическое внедрение систем СГС, МКГСС, МТС, МКС и др. Многие из этих систем единиц имели ограниченную область применения и не были взаимосвязаны друг с другом. Одновременно с созданием систем единиц в результате стремления обеспечить максимальные удобства для измерения и записи значений тех или иных физических величин в ряде отраслей науки и техники появилось большое количество разнообразных внесистемных единиц. Из-за этого сложилось такое положение, что для одной и той же величины использовалось большое количество разных единиц (например, для силы применялось более 10 единиц, для энергии и работы - свыше 30, для давления - 18 единиц и т.д.).

Разработка и внедрение

Разработка и внедрение Метрической системы мер - это первый шаг по устранению множественности единиц физических величин и воспроизводящих их мер, которая тормозила развитие промышленности и торговли.

В период французской буржуазной революции по настоянию торгово-промышленных кругов Национальное Собрание Франции 31 марта 1791 года приняло подготовленное Специальной комиссией, в состав которой входили известные французские ученые того времени (Лаплас, Лагранж, Борда, Кондорсе, Монж и др.), предложение о введении в качестве единицы длины метра, равного одной десятимиллионной доле четверти земного меридиана. Эта единица длины была окончательно утверждена 10 декабря 1799 года, став основой метрической системы. В качестве ее прототипа (первоначального эталона) был избран платиновый стержень. Второй единицей Метрической системы явилась единица массы - килограмм, которая первоначально равнялась массе в вакууме кубического дециметра воды при ее наибольшей плотности (4°С) в месте, находящемся на уровне моря и на широте 45°. Прототипом этой единицы служила платиновая гиря. Прототипы метра и кило-

грамма хранятся в Национальном Архиве Франции и называются "метр Архива" и "килограмм Архива" соответственно.

Важным достоинством Метрической системы мер была ее десятичность, так как дольные и кратные единицы, согласно принятым правилам, образовывались в соответствии с десятичным счетом с помощью десятичных множителей, которым соответствуют приставки деци, санти, милли, дека, гекто и кило.

Международная дипломатическая конференция семнадцати государств (Россия, Франция, Англия, США, Германия, Италия и др.) 20 мая 1875 года приняла Метрическую конвенцию, в которой Метрическая система мер признавалась международной, утверждались прототипы метра и килограмма. Конференцией было учреждено Международное бюро мер и весов, основной задачей которого было обеспечение единства измерений в международном масштабе, и образован Международный комитет мер и весов, который осуществлял научное руководство этой работой, подготавливал и проводил Генеральные конференции по мерам и весам (ГКМВ). Первая из них была проведена в 1889 году.

Закон о Метрической системе мер

В результате больших усилий, приложенных Главным хранителем Палаты мер и весов великим русским ученым Д. И. Менделеевым - горячим сторонником Метрической системы мер, в России 4 июля 1899 года был принят закон, по которому с января 1900 года разрешалось Метрическую систему применять "наравне с основными российскими мерами". Но только в сентябре 1918 года в России была официально введена Метрическая система мер. Полный переход к метрической системе был завершен к 1 января 1927 года.

После завершения в 1934 году большой и важной работы по разработке и утверждению стандартов на единицы физических величин для всех областей науки и техники была поставлена задача их совершенствования и устранения существенных недостатков, которые были присущи этим стандартам. Главный недостаток состоял в том, что стандарты для различных областей применения основывались на разных системах единиц.

В послевоенный период основные усилия направлялись на разработку стандартов, построенных на базе единой системы единиц. С 1955 по 1958 год Комитет стандартов, мер и изме-

рительных приборов утвердил новые ГОСТы на единицы для всех областей измерений. Установление новых стандартов происходило в период разработки Международной системы единиц, являющейся современной формой Метрической системы, которая базируется на системе МКСА. Поэтому и новые стандарты в своей основе исходили из этой системы. Как и в СИ, в стандартах произведено четкое разграничение единицы массы (килограмма) и единицы силы (ньютона), отсутствие которого до этого часто вызывало путаницу между единицей силы в системе МКГСС и единицей массы в системе МКС.

1.3.2. Меры англоязычных и других стран

Кроме таких мер, как ярд, фут, шток, дюйм, англичане используют и своеобразные денежные системы: фунтами стерлингов, шиллингами и пенсами. От подобных денежных систем отказались все государства мира, но единицы физических величин все еще используются в англоязычных странах. Английские меры длины представлены в виде: 1 ярд = 3 футам; 1 фут = 12 дюймам; 1 миля = 5280 футам = 1760 ярдам.

Единицы объема – 1 галлон = 4 квартам = 231 кубическому дюйму, а веса – 1 фунт = 16 унциям; 1 топка = 200 фунтам. Англичане и американцы, пользуясь этими мерами, давно пришли к выводу, что их система неудобна и начали внедрять десятичную систему.

Петр I был первым, кто попытался связать русскую и английскую системы мер. По его указу аршин был уравновешен с 28 английскими дюймами, так чтобы сажень соответствовала семи английским футам. Русская сажень до “подгонки “ ее под английские футы равнялась 216 см, а затем сравнялась до 213,36 см, об этом свидетельствует подлинная линейка царя Петра I. Затея Петра I долго обмозговывалась учеными и только в 1835 году Указ окончательно определил: “Основанием российской линейной меры оставить навсегда сажень в семи настоящих английских футах с разделением на три аршина, каждый на 28 дюймов или 16 вершков”.

Фут и дюйм, которыми пользовались в России точно совпадают с английскими мерами, а ведь параллельно употреблялись исконно русские меры. Таким образом, применялись системы мер, не выраженные целыми числами. Так, напри-

мер: 1 фут = 66/7 вершка, а один вершок = 13/4 дюйма. Это было, конечно, неудобно. Неудобства сохранились и при переходе нашей страны к метрической системе мер. В англоязычных странах метрическая система мер официально была признана в 1879 году, но полный переход не завершен даже сейчас, национальные меры не сдаются, такова сила привычки у людей и пассивность правительства этих стран.

1.3.3. Древнерусские меры

Признав целесообразность перехода к десятичной метрической системе, мы все еще пользуемся мерами наших предков. Даже в государственных отчетах урожаи оцениваются у нас в миллиардах пудов.

В разговоре до сих пор употребляем такие слова, как верста, золотник, фунт, ведро. Дореволюционные литературные произведения заставляют возвращаться к старорусским мерам. А.С. Пушкин, например, писал: “Он, правда, в туз из пистолета в пяти саженях попадал”.

“Болезнь входит пудами, а уходит золотниками”,- гласит народная пословица.

Когда появились русские меры – трудно определить, известно, что документы X века свидетельствуют не только о наличии мер, но и провозглашают принципы государственного надзора за их правильностью.

Меры неразрывно связаны с числами. Старославянская азбука оперировала огромными числами, как например, “Колода” – 1049.

Метрология – это не только наука об измерениях, это еще вспомогательная историческая дисциплина, изучающая историю сложения систем мер.

Древнейшей на Руси единицей денежного счета и веса была гривна, весила она 409,6 г. Говорят, что гривна произошла от слова “грива”, потому что по количеству серебра гривна, равнялась цене коня, а гривенка – половина гривны, и вес ее был 204,8 г.

В XIV веке появился “рубль”, очевидно, от слова “рубить”, так как гривну стали рубить пополам – на гривенники. При малолетнем Иване IV в 1535 году были выпущены монеты с рисунком всадника с копьем в руке, которые получили название копейных денег, отсюда произошло слово “копейка”. При

Петре I были выпущены гривенники – 10 копеек, полтинники – 50 копеек, а также копейки, равные двум деньгам, а отныне равные шести деньгам.

В 1769 году в России появились первые бумажные деньги, реальная стоимость бумажного рубля тогда составляла 100 копеек серебром и опустилась до 25 копеек к 1810 году, а в 1839 году серебряный рубль приравнивался к 3 рублям 50 копейкам ассигнациями.

В 1897 году основой денежной системы стал золотой рубль, содержащий 17,424 доли золота. Доля собой представляла единицу веса, равную 0,0444 грамма и была самой малой единицей веса в дореволюционной системе мер. 1 золотник, равный 4,2657 г, составляли 96 долей.

В систему единиц веса в начале XX века входили также:

1 берковец = 10 пудам = 163,80496 кг;

1 пуд = 40 фунтам = 16,3005 кг;

1 фунт = 32 лотам = 409,51241 г;

1 лот = 3 золотникам = 12,797 г.

Меры длины на Руси имели свою историю, их содержание сажени и версты менялось со временем. Основной путевой мерой в XI веке была верста, которая равнялась 750 саженям, и ее длина в метрах составляла 1140 м. Мера пути “выпряжой” равнялась расстоянию между пунктами, в которых перепрягали лошадей, при перевозке казенной почты. В Киевской Руси сажень простая равнялась 152 см – это было расстояние между размахом вытянутых рук человека от большого пальца одной руки, до большого пальца другой. Сажень мерная, или как ее называли “маховая”, равнялась 176 см, здесь учитывалось расстояние с кончика пальцев одной руки до конца пальцев другой; сажень косая – 248 см, между подошвой левой ноги и концом среднего пальца вытянутой вверх правой руки.

В 1649 году Соборным уложением были утверждены верста равная 2,16 км и сажень 2,16 метра, равная 3 аршинам или 48 вершкам. В XVI веке появился аршин – от персидского слова “арш” – локоть и равнялся 72 см. К началу XX века Россия пришла с такими мерами длины:

1 миля = 7 верстам = 7,468 км;

1 верста =560 саженям = 1066,80 м;

1 сажень = 3 аршинам = 7 футам = 100 сеткам = 2,1336 м;

1 аршин = 16 версткам = 28 дюймам = 0,711м;

1 фут = 12 дюймам = 30,48 см; 1 дюйм = 10 линиям = 25,4 мм;

1 вершок = 44,38 мм;

1 линия = 10 точкам = 2,54 мм.

Из мер жидких тел Древней Руси известны такие меры, как бочка, ведро, корчага, кружка, чарка. Корчагами мерили мед, воск, и равнялась она 12 кг. Уже к XX веку мы имели такие меры объема для жидкостей:

1 бочка = 40 ведрам = 491,97636 л.;

1 ведро = 4 четвертям = 10 штофам = 20 водочным бутылкам = 16 винным бутылкам = 100 чаркам = 200 получаркам или шкаликам = 12,2994 г.

Впервые древнерусские меры как единую систему представил академик Рыбаков Б.А., который писал: «одним из существенных отличий русской народной метрологии от древнегреческой, римской или византийской и западноевропейской является принцип постепенного деления на 2...». «Полусажень», «локоть», представляющий четвертую часть сажени.

Русские меры – достояние нашей культуры, и мы вправе гордиться своими предками, их разумными решениями в деле торговли и взаимных расчетов.

1.3.4. Появление международной системы мер

В 1791 году правительство Франции, во главе которого стоял Наполеон, признало метр, а значит и метрическую систему. Закон, принятый правительством Франции, утверждал: “Будет изготовлена медаль, чтобы передать памяти потомства время, когда система мер была доведена до совершенства, и операцию, которая послужила ей основой. Надпись на лицевой стороне медали будет: ”На все времена, для всех народов”, а внизу : “Французская республика, VIII год”. Хотя медаль и не была выбита, ее девиз сохранила история. Революционное происхождение метрической системы мер мешало ее распространению в других странах, даже восстановление королевской власти во Франции в 1815 году содействовало ее забвению. Только в 1875 году в Париже дипломатической конференцией, состоящей из 20 стран, была подписана “Конвенция метра для обеспечения единства и совершенствования метрической системы”, после чего появилось Международное бюро мер и весов. Большую роль сыграла русская наука в деле превращения метрической системы мер в между-

народную. Конференция в Париже 1875 года была создана по инициативе Петербургской Академии Наук. Русские представители в своем отчете писали: "...ученый мир обязан России тем, что упомянутая реформа проведена на основаниях, ею выработанных с самого начала и все время поддерживаемых ею против расходившихся иной раз мнений".

14 сентября 1918 года Совет Народных Комисаров РСФСР под председательством В.И. Ленина принял постановление "Положить в основание всех измерений международную метрическую систему мер и весов с десятичными подразделениями и производными. Принять за основу единицу длины – метр, а за основу единицы веса – килограмм. За образцы основных единиц метрической системы принять копию международного метра, носящую знак № 28, и копию международного килограмма, носящую знак № 12, изготовленные из иридиевой платины, переданные России I Международной Конференцией Мер и Весов в Париже в 1889 году и хранимые ныне в Главной Палате Мер и Весов в Петрограде".

Единственно допускаемой в СССР системой мер и весов метрическая система стала с 1 января 1927 года.

Развитие и рост международных связей настоятельно требовали единообразия единиц в международном масштабе, и только в октябре 1960 года собирается XI Генеральная Конференция по мерам и весам, на которой присутствовали представители 32 стран.

Международная комиссия, возглавляемая советским профессором Г.Д. Бурдуном, представляет Генеральной Конференции проект Международной системы СИ. Система утверждается.

С 1 января 1963 года этой системой пользуются как предположительной во всех областях науки, техники народного хозяйства, при преподавании в нашей стране. Новая система универсальна и охватывает все отрасли науки и техники, в ней воедино связаны все величины. Построены системы на основе десятичного принципа: кратны и дольные единицы образуются путем умножения или деления на 10. Исключение сделано для единиц времени, для которых исторически традиционным осталось деление на 60 и 12. Хотя доли секунды уже подлежат делению на 10 ,100 и т.д.

Международная система единиц законодательно введена в нашей стране ГОСТ 8.417-81 (СТ СЭВ 1052-78) "ГСИ. Единицы физических величин".

Самый “консервативный” из эталонов основных единиц СИ – килограмм. Он так и остался равным массе международного прототипа, хранящегося в Бретейльском павильоне парка Сен-Клу в окрестностях Парижа. Прототип килограмма вместе с двумя контрольными копиями хранятся там с 1889 года. За величину килограмма был принят архивный килограмм, т.е. масса 1,000028 $дц^3$ воды при температуре наибольшей плотности равной 40^0C.

Метр – был определен как длина 1/40000000 доли меридиана или платинового, а затем платиноиридиевого Х-образного эталона. Эталон метра № 28, полученный Россией, имел в 1888-1889 годах длину 1метр + 0,47 мкм. Сличение его с парижским эталоном в 1936 году дало уже длину 1 метр + 0,71 мкм. Появилась необходимость связать длину эталона с более постоянной природной величиной. Майкельсон установил, что в метре укладывается 1553163,5 длины волны красной линии кадмия. Метрологи признали целесообразность такого определения метра в 1937 году и уточнив определили, что метр есть 15553164,13 длины красной линии кадмия при определенных внешних условиях. В 1939 году на Международной Конференции предлагалось утвердить определение метра, но метрологи не смогли это сделать из-за начала войны. Только послевоенные метрологи, не отвергая идею определения метра, доказали экспериментально, что для этой цели целесообразно использовать криптон-86. Отныне метр равен 1650763,73 длин волн в вакууме излучения, соответствующую переходу между уровней 2p10 и 5d5 атома криптон-86. Теперь по этому определению длина метра может быть восстановлена в любом месте и в любое время, потому что точность сравнения длин волн между собой значительно выше точности сравнения металлических эталонов длины.

Воспроизведение эталонами единиц физических величин, поддержание их в работоспособном состоянии, обеспечение их сохранности, сличение с эталонами образцовых, а с ними, в свою очередь, рабочих средств измерений позволяет метрологам обеспечивать единство измерений.

ГЛАВА II.
ТЕОРИЯ КИПиА

2.1. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ

Управление техническими процессами, как известно, невозможно без измерения технологических параметров.

Наука об измерениях называется метрологией.

Метрология - наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Основной метрологической характеристикой измерительных приборов и измерительной цепи в целом является погрешность измерения.

Погрешность измерения – это отклонение результата измерения от истинного значения измеряемого параметра.

Различают случайные, грубые и систематические погрешности.

Случайные погрешности изменяются случайным образом при многократных измерениях одного и того же параметра. Они принципиально не могут быть устранены или учтены при измерениях.

Грубые погрешности возникают при неправильной организации процесса измерения (например, из-за неправильной эксплуатации измерительных приборов, неправильного отсчета показаний, выхода из строя какого-либо элемента), такие погрешности могут быть обнаружены и устранены.

Систематические погрешности - погрешности изменяются закономерно или остаются постоянными при многократных измерениях одного и того же параметра. Они вызваны недостатками методов измерения и конструкций измерительных приборов. Систематические погрешности могут быть вычислены, следовательно, учтены в результатах измерений.

Погрешность измерения определяют по абсолютной величине разности между измеренным и истинным значениями параметра, это абсолютная погрешность измерения.

$$\Delta X = X_и - X,$$

где ΔX – абсолютная погрешность;
$X_и$ - результат измерения;
X - истинное значение параметра.

Поскольку истинное значение измеряемого параметра нельзя измерить абсолютно точно, то для оценки погрешности измерения вместо неизвестного истинного значения измеряемого параметра X обычно используют результат измерения его более точным прибором или его значение, найденное теоретически.

Абсолютная погрешность неудобна для сравнения точности различных измерений Так ошибка в 1 г, при взвешивании массы в 10 г значительно более существенна, чем при взвешивании массы в 1 кг, хотя абсолютная погрешность в обоих случаях одинакова. Поэтому вводится понятия относительной погрешности.

Относительная погрешность измерения – это отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемого параметра т.е.

$$\delta=\Delta X/X=(X_и-X)/X$$

Относительная погрешность в отличии от абсолютной - безразмерная величина и выражается в %.

Погрешность измерительных приборов оценивают по приведенной погрешности, которая определяется как отношение абсолютной погрешности X к некоторой постоянной нормирующей величине X.

$$\gamma=\Delta X/X$$

В качестве нормирующей величины обычно принимают диапазон измерения.

Приведенная погрешность безразмерная величина, выраженная в %, она пропорциональна абсолютной погрешности, поэтому, если абсолютная погрешность измерительного при-

бора постоянна во всем диапазоне измерения, то приведенная будет также постоянной. Следовательно, она характеризует точность измерительного прибора независимо от значения измеряемого параметра, и ее считают основной метрологической характеристикой измерительного прибора.

Приведенная погрешность изменяется под действием изменения окружающей температуры, давления, вибрации и т. д. В связи с этим для каждого прибора регламентируют нормальные условия эксплуатации (температуру, влажность, напряжение питания и т.д.).

Погрешность измерительного прибора при его эксплуатации в нормальных условиях является основной, а при отключении от нормальных условий – дополнительной.

Наличие различных показателей точности – абсолютной и приведенной, основной и дополнительной погрешностей - затрудняет сравнение измерительных приборов. Необходима обобщенная характеристика их метрологических свойств. Такой характеристикой является класс точности измерительного прибора.

Класс точности – это максимально допустимая приведенная погрешность (в процентах) при нормальных условиях эксплуатации.

Погрешность в каждом отдельном измерении может быть и меньше максимальной. Поэтому класс точности не может служить непосредственным показателем точности прибора, он лишь определяет предельное возможное значение приведенной погрешности. ГОСТом установлены стандартные классы точности:

0,005, 0,002, 0,05, 0,1, 0,25, 0,5, 1,0, 1,5, 2,5, 4,0.

Кроме основной метрологической характеристики измерительных приборов существуют такие метрологические понятия:

Чувствительность прибора – под этим термином подразумевают отношение линейного углового перемещения указателя к изменению измеряемой величины, вызвавшей это перемещение.

Чувствительность характеризует способность измерительного прибора измерять малые сигналы.

Коэффициент передачи - отношение диапазона изменения выходного сигнала прибора к диапазону изменения его входного сигнала.

$$K=\delta_y/\delta_x$$

Если входной и выходной сигналы преобразователя выражены в одинаковых единицах измерения, то коэффициент передачи оказывается безразмерным и в этом случае употребляют термин коэффициент усиления.

Вариация – максимальная разность показаний измерительного прибора, определенная при прямом ($A_{ип}$) и обратном ($A_{ио}$) ходе изменения параметра для одного и того же его действительного значения.

$$B=A_{ип}-A_{ио}$$

Вариация может быть выражена в % от диапазона шкалы и должна быть меньше основной погрешности.

$$B=(A_{ип}-A_{ио})/(A_к-A_н),$$

где $A_к$ - конец шкалы;
$A_н$ - начало шкалы.

Причиной вариации является трение в опорах, люфт в зубчатых передачах.

Цена деления – это разность значений между двумя соседними отметками шкалы, выраженная в единицах измерения.

Для равномерной шкалы:

$$C=(A_к-A_н)/n \text{ ед./1дел.},$$

где n- количество делений.

Инертность – это время, за которое показание прибора приходит в соответствие со значением измеряемой величины.

Безотказность – это свойство прибора сохранять работоспособность в течение некоторого времени без вынужденных перерывов.

Надежность - это способность прибора сохранять свои характеристики в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени.

Классификация приборов

Все измерительные приборы можно подразделить на следующие группы по различным признакам.

1. По способу отсчета

1.1. Компарирующие приборы. При измерении этими приборами необходимо участие человека, в них происходит сравнивание измеряемой величины с мерой, эталонной величиной. Самый простой пример – это весы.

1.2. Показывающие приборы. Величина измеряемого параметра указывается отсчетным устройством. Эти приборы просты по конструкции, однако показывают величину измеряемого параметра только в момент измерения, что не позволяет следить за его изменением во времени. В большинстве приборов показывающее устройство выполнено в виде неподвижной шкалы и подвижной стрелки. В некоторых приборах, наоборот, шкала двигается относительно неподвижного указателя. Такая конструкция позволяет значительно уменьшить фронтальные размеры прибора. Но на результат отсчета влияют субъективные особенности оператора.

1.3. Регистрирующие или самопишущие приборы. Значение измеряемой величины в них непрерывно или в отдельные промежутки времени записывается. Запись производится обычно на бумажной дисковой или ленточной диаграмме, движущейся с постоянной скоростью. Это позволяет наблюдать характер изменения параметра во времени. На дисковой диаграмме обычно записывается только один параметр. Ленточная диаграмма допускает поочередную запись нескольких параметров. Такие приборы называются многоточечными и выпускаются на 3, 6 и 12 точек измерения.

1.4. Суммирующие приборы или интеграторы. В них происходит непрерывное суммирование (интегрирование) мгновенных значений измеряемого параметра. Для этого они снабжены счетчиком (например, электрическим). Приборы показывают суммарное значение измеряемой величины за промежуток времени. К ним относятся счетчики электроэнергии, счетчики расхода воды, пара и других величин.

1.5. Комбинированные приборы. Они могут одновременно показывать и записывать величину измеряемого параметра.

2. По виду шкалы

2.1. С линейной шкалой. (Рис.2.1).

К этим приборам относятся все вторичные пневматические приборы.

2.2. С дуговой шкалой. (Рис.2.2).

К этим приборам относятся такие приборы, как КСП-3, КСМ-3, КСД-3, МТ, МО и многие электроизмерительные приборы.

2.3. С профильной шкалой. (Рис.2.3).

Такие шкалы имеют логометры, милливольтметры и т.п. приборы.

2.4. С барабанной шкалой. (Рис.2.4).

Такие шкалы могут быть подвижные и неподвижные, равномерные и неравномерные.

3. По метрологическому назначению

3.1. Технические приборы. Предназначены для работы в производственных условиях. Поэтому они должны быть недорогими и надежными в эксплуатации. В показаниях таких приборов не вводят поправки на погрешность измерений. Класс точности большинства технических приборов в пределах 0.25 – 4.0 %.

3.2. Контрольные приборы. Они служат для контроля исправности промышленных приборов на месте их установки.

3.3. Лабораторные приборы. Их применяют для точных измерений в лабораторных условиях. Для повышения точности измерения в их показания вводят поправки, учитывающие внешние условия, в которых проводились измерения (температура, атмосферное давление, влажность и т.п.). Кроме того лабораторные приборы используют для поверки технических приборов.

3.4. Образцовые приборы. Они служат для поверки лабораторных и технических приборов.

3.5. Эталонные приборы. Они служат для поверки образцовых приборов. Эталон, его характеристики определяются уровнем развития науки и техники.

4. По роду измеряемой величины различают приборы для измерения:

- температуры;
- давления;
- расхода;
- уровня;

- состава;
- концентрации;
- плотности и т.д.

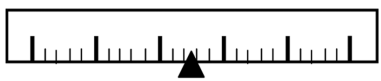


Рис 2.1. **Линейная шкала**

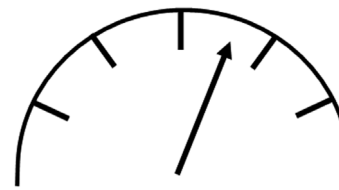


Рис 2.2. **Дуговая шкала**

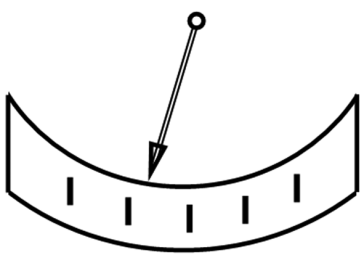


Рис 2.3. **Профильная шкала**

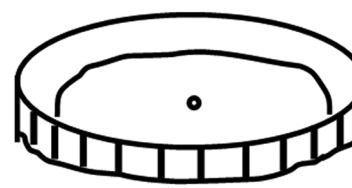


Рис 2.4. **Барабанная шкала**

2.2. ВЕСОИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

2.2.1. Эталоны

Эталоны классифицируют на:

Первичные - воспроизводят, хранят единицы и передают их с наивысшей точностью.

Специальные – когда прямая передача размера технически неосуществима.

Вторичные – эталоны-копии, эталоны-сравнения, рабочие эталоны.

Эталоны-копии – для передачи размера единицы от первичных к рабочим эталонам.

Эталоны-сравнения – для сличения первичных эталонов.

Рабочие-эталоны – для поверки образцовых и рабочих средств высшей и высокой точности.

Также эталоны делят на:

- *одиночные* – состоит из одного средства измерений;
- *групповые* – совокупность однотипных средств измерений.

Эталонный набор – совокупность средств измерений, каждое из которых позволяет воспроизводить, хранить физическую величину в определенном диапазоне.

Эталонный комплекс — совокупность неоднотипных технических средств. К таким эталонам принадлежит государственный первичный эталон единицы массы, которой состоит:

Национальный прототип килограмма – копия №12 Международного прототипа килограмма (гиря из платиноиридиевого сплава для передачи размера единицы массы R1).

Копия №26 – для поверки копии №12 и ее замены в период сличений.

Гиря R1 и набор гирь – для передачи размера единицы массы эталонам-копиям.

Два компаратора (эталонные весы).

Вся весоизмерительная техника по точности делится на классы и разряды. Существует шесть классов (1∑6) и пять разрядов Ia, I, II, III, IV. Разряды присваиваются образцовому оборудованию, предназначенному для воспроизведения и хранения единиц измерений и для поверки и градуировки мер и измерительных приборов. А классы присваиваются рабочему оборудованию, которое предназначено для практических измерений.

Лабораторные весы 1∑3 классов и Ia, I, II, III разрядов относятся к весам специального класса точности и им присваивается международный индекс 1.

Лабораторные весы 4 класса и IV разряда относятся к весам высокого класса точности и им присваивается международный индекс II.

Весы для статического взвешивания имеющих количество поверочных цен деления более 500 e, относятся к весам среднего класса точности и им присваивается международный индекс III.

А если количество поверочных цен деления не более 500 e, то обычный класс точности с международным индексом IIII.

Рассмотрим теперь общую классификацию средств измерения массы.

Однозначные меры – это гири.

Измерительные приборы – это весы, весовые дозаторы, контрольные весовые автоматы.

Лабораторные весы подразделяются по назначению на:

- лабораторные весы общего назначения;
- образцовые, специального назначения.

Весы общего назначения – только для взвешивания.

Весы образцовые – исключительно для поверки.

Весы специального назначения – это приборы, основанные на весовом принципе, но предназначены для определения физических величин, не являющихся массой или весом, например, ВЛВ-100 (измерение влажности), маслопробные весы, пурка.

Весы специальных конструкций – весы, конструкция которых обладает спецификой, обусловленной особенностями объекта или условий взвешивания, что не позволяет использовать их для определения массы (веса) других объектов (каратные весы, пробирные весы).

По способу предоставления измерительной информации весы подразделяют на весы с аналоговым и цифровым отсчетным устройством.

По степени автоматизации цикла взвешивания – автоматические, полуавтоматические, неавтоматического уравновешивания.

По конструктивным признакам – именованной шкалой, с неименованной шкалой, с механизмом компенсации (выборки), тары, без механизма компенсации, с верхним расположением грузоприемной площадки, с нижним расположением грузоприемной площадки.

Лабораторные рычажные весы делятся на 4 класса, отличающихся друг от друга ценой деления шкалы.

Весы 1-го и 2-го классов называют аналитическими, а 3-го и 4-го классов – техническими.

Аналитические весы применяют для микрохимических и химических анализов, а технические весы — для взвешивания драгоценных металлов и медикаментов, а также технических анализов.

Условные обозначения лабораторных весов могут быть следующие:

- ВЛР - весы лабораторные, равноплечие с оптическим отсчетом;
- ВЛК - весы лабораторные квадрантные;
- ВЛКТ - весы лабораторные с механизмом выборки тары;
- ВЛТ - весы лабораторные технические;
- ВЛМ - весы лабораторные микроаналитические;
- ВЛАО - весы лабораторные аналитические одноплечие;
- ВЛЭ - весы лабораторные электронные;
- ВЛО - весы лабораторные образцовые.

После буквенного обозначения стоит цифра – это наибольший предел взвешивания, через дробь / стоит цифра – это цена деления, через - стоит цифра – это класс точности.

Приведем пример: ВЛК—2 кг/20—3 это весы лабораторные квадрантные с наибольшим пределом взвешивания 2 кг, ценой деления 20 г и классом точности 3.

По конструктивным признакам и области применения лабораторные весы бывают еще:

1. Равноплечие. (Рис.2.5).
2. Двухпризменные. (Рис.2.6).
3. Квадрантные. (Рис.2.7).
4. Электронные.
5. С упругими опорами (крутильные, торсионные), основаны на принципе упругого закручивания металлической нити или изгиба пружины.

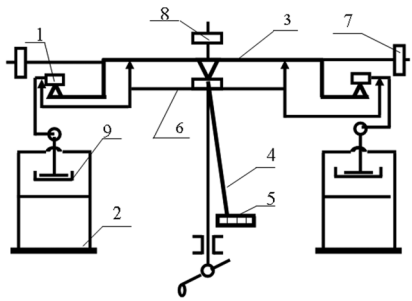


Рис.2.5. **Равноплечие весы:**
1. Серьга
2. Подвески
3. Коромысло
4. Стрелка
5. Шкала
6. Изолир
7. Тарировочные гайки
8. Регулировочные гайки
9. Успокоитель воздушный

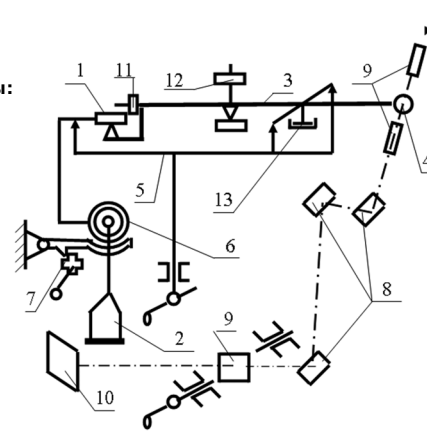


Рис.2.6. **Двухпризменные весы:**
1.Серьга
2.Подвеска
3.Коромысло
4.Микрошкала
5.Изолир
6.Встроенные гири
7.Механизм положения гирь
8.Зеркала
9.Линзы
10.Матовый экран
11.Тарировочные гайки
12.Регулировочные гайки
13.Успокоитель воздушный

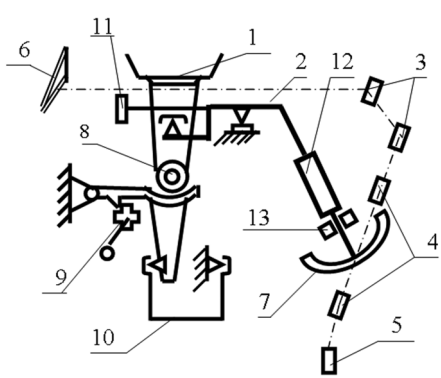


Рис.2.7. **Квадрантные весы:**
1.Чашка
2.Квадрант
3.Зеркала
4.Линзы
5.Лампа
6.Матовый экран
7.Микрошкала
8.Встроенные гири
9.Механизм положения гирь
10.Струнка
11.Тарировочный груз
12.Регулировочный груз
13.Магнитный успокоитель

2.2.2. Весы для статического взвешивания

Весы для статического взвешивания по способу установки подразделяют на:

- настольные (наибольший предел взвешивания (НПВ) 1∑50 кг);
- передвижные (50∑6000 кг);
- стационарные (5 ∑100т).

По типу отсчетного устройства весы подразделяют на:

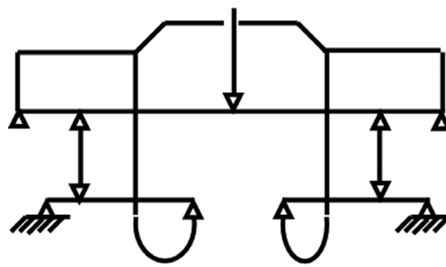
1. с указателем равновесия;
2. с коромысловым шкальным уравновешивающим устройством;
3. с циферблатным отсчетным устройством;
4. с проекционным отсчетным устройством;
5. с дискретно-цифровым отсчетным устройством $L = kd_d$, где k – целое число;
6. с аналоговым отсчетным устройством L=d (к ним относятся с 1 по 4 пункты), где d_d - единица дискретного отсчета, d - наименьшая цена деления.

Условные обозначения

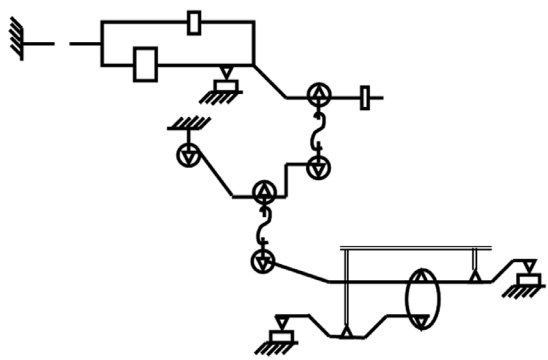
Первая буква:
Р-рычажномеханические весы;
Т-электронно-тензометрические весы;
В-виброчастотные;
Вторая буква:
Н – настольные;
П—передвижные;
С—стационарные.
Затем цифры – наибольший предел взвешивания.
Затем буква:
Г- коромысловые гирные;
Ш-коромысловые шкальные;
Ц- циферблатные;
Д-дискретно-цифровые.
Затем цифры:
1. Визуальный отсчет показаний.
2. Документальная регистрация.

Затем цифры:
3. Отсчет показаний на месте.
4. Дистанционный отсчет.

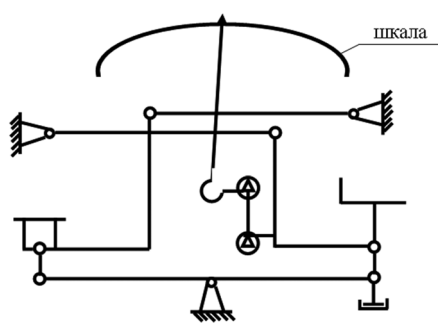
Рассмотрим несколько примеров кинематических схем.



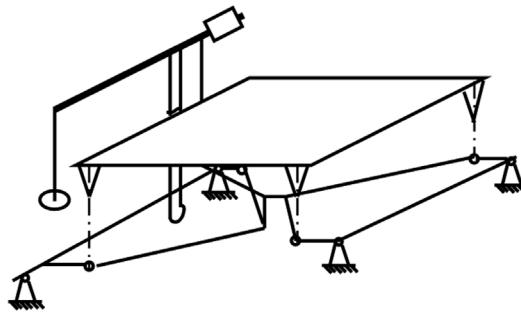
КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА НАСТОЛЬНЫХ ГИРНЫХ ВЕСОВ



КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА НАСТОЛЬНЫХ ШКАЛЬНЫХ ВЕСОВ



КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА ДВУХПЛОЩАДОЧНЫХ ШКАЛЬНЫХ ВЕСОВ



КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА ГИРНЫХ ВЕСОВ

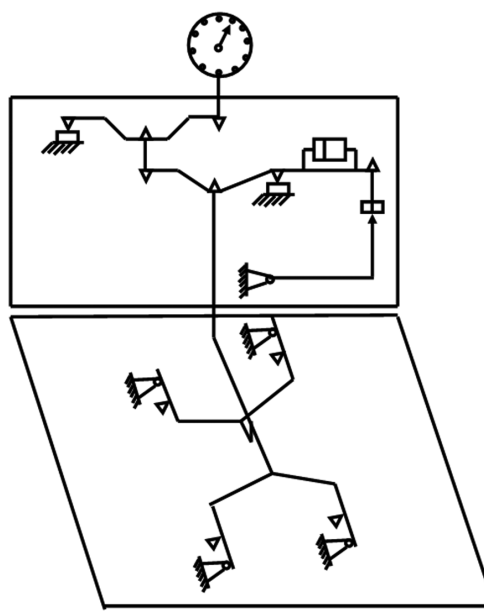


СХЕМА ЦИФЕРБЛАТНЫХ ВЕСОВ СО ВСТРОЕННЫМ ГРУЗОМ

2.2.3. Тензодатчики

В настоящее время очень широкое распространение получают тензовесы или весовые устройства на основе тензодатчиков, чувствительными элементами которых являются тензорезисторы. Несомненными преимуществами таких весовых устройств являются: высокая точность, небольшие габаритные размеры, возможность использования в автоматических системах регулирования, простота монтажа, наладки и эксплуатации.

Принцип действия тензорезистора основан на изменении его внутреннего электрического сопротивления при механической деформации.

Для измерения небольших деформаций *е* от 0,005 до 2 % применяются фольговые и пленочные тензорезисторы. Для измерения больших деформаций *е* от 5 до 10 % применяют проволочные тензорезисторы. Также бывают полупроводниковые тензорезисторы, которые применяют для измерения деформаций *е* до 0,1 %.

При измерении тензорезисторы обычно включаются в мостовую измерительную цепь. Напряжение питания моста ограничивается допустимой мощностью, рассеиваемой в тензорезисторе, и лежит в диапазоне 2-12 В.

Небольшое рабочее относительное изменение сопротивления тензорезистора определяет и сравнительно небольшое напряжение на выходе моста. Так, выходной сигнал моста с проволочными тензорезисторами составляет не более 10-15 мВ при деформации е=1 %.

При измерениях деформаций с помощью тензорезисторов одной из наиболее существенных погрешностей является температурная, для уменьшения которой используют дифференциальное включение тензорезисторов. В этом случае применяют два тензорезистора, наклеиваемых таким образом, чтобы деформация объекта вызывала растяжение одного тензорезистора и сжатие другого. Тензорезисторы включаются в два соседних плеча моста. Вследствие того, что изменение температуры вызывает однонаправленные изменения сопротивлений тензорезисторов, температурную погрешность удается снизить примерно на порядок. Одновременно за счет дифференциальной схемы включения вдвое возрастает чувствительность.

Рассмотрим устройство и работу тензодатчика на базе преобразователя ДЭДВУ, работающего в комплекте с весо-

измерительными устройствами типа КСТ-3.

Общий вид и устройство преобразователя ДЭДВУ приведено на рис.2.8.

В корпусе 1 установлен упругий элемент 2, представляющий собой цилиндрический столбик с основанием и сферической пятой. На рабочей части упругого элемента наклеены тензорезисторы 3. Для передачи усилия упругому элементу служит сферическая пята 4. В углублении корпуса помещена монтажная плата 5 с подгоночными резисторами, выводные проводники которых соединены с вилкой разъема 6. Сверху упругий элемент закрыт диафрагмой 7, снизу крышкой 8, обеспечивающими герметичность внутреннего объема преобразователя. Вилка разъема закрыта колпаком 9 для защиты от механических повреждений при транспортировке и хранении преобразователя.

Принцип действия преобразователя основан на изменении электрического сопротивления тензорезисторов при их деформации.

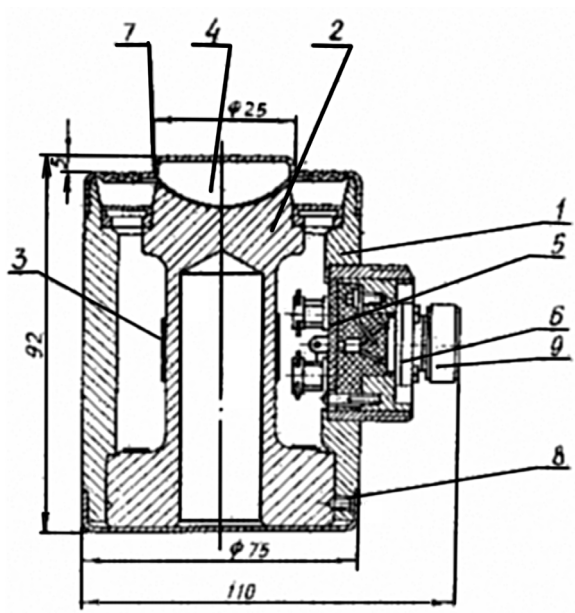


Рис.2.8. **ДЭДВУ**

Измеряемое усилие передается упругому элементу, вызывая его деформацию, которая передается тензорезисторам.

Схема электрическая принципиальная преобразователя приведена на рис. 2.9.

Тензорезисторы R1, R2, R3, R4 вместе с компенсационными резисторами R9 и R10 образуют электрический мост, в одну диагональ которого подключено напряжение питания, а с другой диагонали снимается выходной сигнал.

При отсутствии усилия мост находится в равновесии и выходной сигнал равен нулю.

При воздействии измеряемого усилия тензорезисторы R1, R2, R3, R4 претерпевают деформацию, вызывая разбаланс моста, в измерительной диагонали которого появляется напряжение, пропорциональное измеряемому усилию.

Для подгонки величины выходного сигнала нагруженного преобразователя служат резисторы R5, R6, R7, а начального сигнала – резисторы R9, R10. При этом резисторы R9, R10

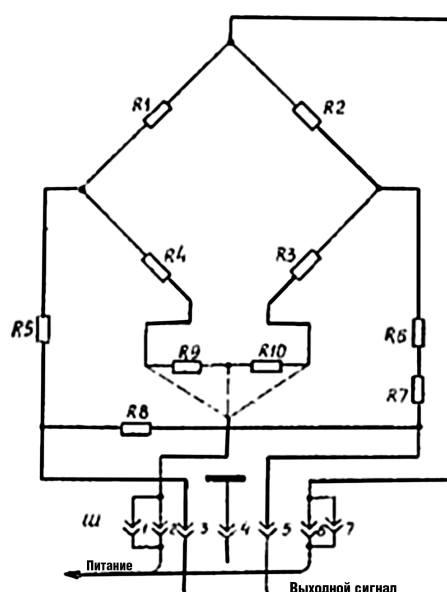


Рис.2.9. **Схема преобразователя электрическая принципиальная**

могут быть установлены в соответствующее плечо моста в зависимости от полярности начального сигнала (показано штриховыми линиями).

Для подгонки величины входного сопротивления преобразователя служит резистор R8.

Штырь 4 разъема соединен с корпусом преобразователя и служит для его заземления. Схема преобразователя изолирована от корпуса.

Рассмотрим классификацию и основные параметры датчиков тензорезисторных.

Согласно ГОСТ 30129-96 «Датчики весоизмерительные тензорезисторные. Общие технические требования», в зависимости от нормируемых значений метрологических характеристик датчики могут быть четырех классов точности: A, B, C, D.

Число поверочных интервалов датчиков D_{max}/ν (D_{max} – наибольший предел измерения, ν - поверочный интервал или дискретность) в зависимости от класса точности составляет, единиц:

- от 50000 и более для датчиков класса A;
- от 5000 до 100000 включительно - II - B;
- от 500 до 10000 включительно - II - C;
- от 100 до 1000 включительно - II - D.

Пределы допускаемой погрешности датчика при первичной поверке или калибровке в зависимости от его класса точности и диапазона измерения должны соответствовать указанным в таблице 2.1, где D_{min} – наименьший предел измерения.

Пределы допускаемой погрешности датчика по входу при его автономной поверке или калибровке в эксплуатации должны соответствовать удвоенным значениям согласно таблице 2.1.

Таблица 2.1

Диапазоны измерения для датчиков классов точности				Предел допускаемой погрешности
A	B	C	D	
от D_{min} до 50000 ν включит.	от D_{min} до 5000 ν включит.	от D_{min} до 500 ν включит.	от D_{min} до 50 ν включит.	±0,35 ν
свыше 50000 ν до 200000 ν включит.	свыше 5000 ν до 20000 ν включит.	свыше 500 ν до 2000 ν включит.	свыше 50 ν до 200 ν включит.	±0,7 ν
свыше 200000 ν	свыше 20000 ν	свыше 2000 ν	свыше 200 ν	±1,05 ν

2.3. ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ

2.3.1. Общие сведения

В соответствии с Международной практической температурной шкалой 1968 г. основной температурой является термодинамическая температура, единица которой - Кельвин (К), на практике часто применяется температура Цельсия, единица которой -градус (С), равный Кельвину. Между температурой Цельсия и термодинамической температурой существует следующее соотношение: t, C=T,K-273.15

Для изменения температур применяются контактные методы. Для реализации контактных методов измерения применяются термометры расширения (стеклянные, жидкостные, манометрические, биметаллические и дилатометрические), термопреобразователи сопротивления (проводниковые и полупроводниковые) и термоэлектрические преобразователи. Бесконтактные измерения температуры осуществляются пирометрами (квазимонохроматическими, спектрального отношения и полного излучения).

Контактные методы измерения более просты и точны, чем бесконтактные. Но для измерения температуры необходим непосредственный контакт с измеряемой средой и телом. И в результате этого может возникать, с одной стороны, искажение температуры среды в месте измерения и с другой - несоответствие температуры чувствительного элемента и измеряемой среды.

Бесконтактные методы измерения не оказывают никакого влияния на температуру среды или тело. Но зато они сложнее, и их методические погрешности существенно больше, чем у контактных методов.

Серийно выпускаемые термометры и термопреобразователи охватывают диапазон температур от - 260 до 2200°С и кратковременно до 2500°С. Бесконтактные средства измерения температуры серийно выпускаются на диапазон температур от 20 до 4000°С.

2.3.2. Термометры стеклянные

Принцип действия основан на зависимости объемного расширения жидкости от температуры. Отличаются высокой точ-

ностью, простотой устройства и дешевизной. Однако стеклянные термометры хрупки, как правило, неремонтопригодны, не могут передавать показания на расстояние.

Основными элементами конструкции являются резервуар с припаянным к нему капилляром, заполненные частично термометрической жидкостью, и шкала.

Конструктивно различаются палочные термометры со шкалой, вложенной внутрь стеклянной оболочки. У палочных термометров шкала наносится непосредственно на поверхность толстостенного капилляра. У термометров с вложенной шкалой капилляр и шкальная пластина с нанесенной шкалой заключены в защитную оболочку, припаянную к резервуару.

Стеклянные термометры расширения выпускаются для измерения температур от -100 до 600°С.

Выпускаются также ртутные электроконтактные термометры, предназначенные для сигнализации или поддержания заданной температуры. Термометры выпускаются с заданным постоянным контактом (ТЗК) или с подвижным контактом (ТПК).

Точность показаний термометров зависит от правильности их установки. Важнейшим требованием, предъявляемым при установке, является обеспечение наиболее благоприятных условий притока тепла от измеряемой среды к термобаллону и наименьший отвод тепла от остальной части термометра во внешнюю среду. Большей частью термометры устанавливают в защитную оправу.

Рис.2.10. **Электроконтактные термометры**

2.3.3. Манометрические термометры

Манометрические термометры предназначены для непрерывного дистанционного измерения температуры жидких и газообразных нейтральных сред в стационарных условиях.

Принцип действия основан на измерении давления (объема) рабочего вещества в замкнутом объеме в зависимости от температуры чувствительного элемента. Основными частями манометрических термометров являются термобаллон (чувствительный элемент), капилляр и деформационный манометрический преобразователь, связанный со стрелкой прибора.

В зависимости от агрегатного состояния вещества, заполняющего систему, манометрические термометры делятся на жидкостные, газовые и парожидкостные (конденсатные). В качестве заполнителей термосистем применяются: в газовых манометрических термометрах - азот, в жидкостных - полиметилоксановые жидкости, в парожидкостных -ацетон, метил хлористый, фреон.

Измерение температуры контролируемой среды воспринимается заполнителем через термобаллон и преобразуется в изменение давления, под действием которого манометрическая трубчатая пружина с помощью тяги и сектора перемещает стрелку относительно шкалы.

В зависимости от выполняемых функций манометрические термометры разделяются на показывающие, самопишущие, комбинированные, бесконтактные, с наличием устройств для телеметрической передачи, сигнализации, регулирования или без них.

Рис.2.11. **Манометрический термометр**

В зависимости от способа соединения термобаллона с корпусом термометры могут быть местные и дистанционные. В зависимости от формы диаграммы и поля записи самопишущие термометры подразделяют на дисковые, ленточные. В зависимости от типа механизма для передвижения диаграммных лент самопишущие термометры изготовляют с часовым или электрическим приводом.

Достоинством манометрических термометров являются: возможность измерения температуры без использования дополнительных источников энергии, сравнительная простота конструкции, возможность автоматической записи показаний, взрывобезопасность, нечувствительность к внешним магнитным полям.

К недостаткам относятся: относительно невысокая точность измерения, трудность ремонта при разгерметизации измерительной системы, низкая прочность капилляра, небольшое расстояние дистанционной передачи показаний, значительная инерционность.

Основные типы манометрических термометров:

ТПГ - 100 Эк, ТПГ- 100Сг - газовый показывающий сигнализирующий;

ТКП - 100 , ТКП - 160 -конденсационный показывающий;

ТЖП - 100 - жидкостной показывающий;

ТГП - 100 - газовый показывающий.

2.3.4. Термопреобразователи сопротивления

Термопреобразователи сопротивления применяются для измерения температур в пределах от -260 до 750°С. Принцип действия основан на свойстве проводника изменять свое электрическое сопротивление с изменением температуры. Основными частями термопреобразователя сопротивления являются: чувствительный элемент, защитная арматура и головка преобразователя с зажимами для подключения и соединительных проводов. Чувствительные элементы медных термопреобразователей представляют собой проволоку, покрытую эмалевой изоляцией, которая бифилярно намотана на каркас, либо без каркаса, помещенную в тонкостенную металлическую оболочку. Чувствительный элемент помещается в защитную арматуру.

Платиновая проволока не может быть покрыта слоем изо-

ляции. Поэтому платиновые спирали располагают в тонких каналах керамического каркаса, заполненных керамическим порошком. Этот порошок выполняет функции изолятора, осуществляет фиксацию положения спиралей в каналах и препятствует межвитковому замыканию.

Термопреобразователи сопротивления выпускаются для измерений температур в диапазоне от -260 до 1100°С следующих исполнений: погружаемые и поверхностные, стационарные и переносные; негерметичные и герметичные; обыкновенные, пылезащищенные, водозащищенные, взрывобезопасные, защищенные от агрессивных сред и других внешних воздействий; малоинерционные, средней и большой инерционности; обыкновенные и виброустойчивые; одинарные и двойные; 1-3 классов точности.

Выпускаются термопреобразователи сопротивления следующих номинальных статических характеристик преобразования: платиновые -10П, 50П, 100П, медные -10М, 50М, 100М. Число в условном обозначении характеристики показывает сопротивление термопреобразователя при 0°С.

К числу достоинств следует отнести высокую точность и стабильность характеристики преобразователя, возможность измерять криогенные температуры, возможность осуществления ав-

Рис.2.12. **Термопреобразователи сопротивления**

томатической записи и дистанционной передачи показаний.

К недостаткам следует отнести больше размеры чувствительного элемента, не позволяющие измерять температуру в точке объекта или измеряемой среды, необходимость индивидуального источника питания, значительная инертность.

2.3.5. Термоэлектрические преобразователи

Термометры термоэлектрические представляют собой чувствительные элементы в виде двух проводов из разнородных металлов или полупроводников со спаянными концами. Действие термоэлектрического преобразователя основано на эффекте Зеебека - появлении термоЭДС в контуре, составленном из двух разнородных проводников, спаи которых нагреты до различных температур. При поддержании температуры одного из спаев постоянной можно по значению термоЭДС судить о температуре другого спая. Спай, температура которого должна быть постоянной, принято называть холодным, а спай, непосредственно соприкасающийся с измеряемой средой, - горячим.

В наименовании термоэлектрического преобразователя всегда принято ставить на первое место название положительного термоэлектрода, а на второе - отрицательного.

Преобразователи термоэлектрические изготовляют следующих типов:

ТВР - термопреобразователь вольфрамниевый;

ТПР - термопреобразователь платинородиевый;

ТПП - термопреобразователь платинородий-платиновый;

ТХА - термопреобразователь хромель-алюминиевый;

ТХК - термопреобразователь хромель-копелевый;

ТМК - термопреобразователь медь-копелевый.

Термопреобразователи различают:

по способу контакта с измеряемой средой - погружаемые, поверхностные;

по условиям эксплуатации - стационарные, переносные, разового применения, многократного применения, кратковременного применения;

по защищенности воздействия окружающей среды - обыкновенные, водозащитные, защищенные от агрессивных сред, взрывозащищенные, защищенные от других механических воздействий;

по герметичности к измеряемой среде - негерметичные, герметичные;

по числу термопар - одинарные, двойные тройные;

по числу зон - однозонные, многозонные.

Если температуру холодного спая поддерживать постоянной, то термоЭДС будет зависеть только от степени нагрева рабочего конца термопреобразователя , что позволяет отградуировать измерительный прибор в соответствующих единицах температуры. В случае отклонения температуры свободных концов от градуировочного значения, равного 0°С, к показаниям вторичного прибора вводится соответствующая поправка. Температуру свободных концов учитывают для того, чтобы знать величину поправки.

Для вывода свободных концов термопреобразователя в зону с постоянной температурой служат удлиненные термоэлектродные провода. Они должны быть термоэлектрически идентичны термоэлектродам термопреобразователя.

Существует два способа подбора компенсационных проводов. Первый способ - подбирают провода, которые в паре с соответствующим электродом имеют термоЭДС. Его применяют в тех случаях, когда необходимо производить измерения с повышенной точностью. В случае недефицитных мате-

Рис.2.13. **Термоэлектрические преобразователи**

риалов и удовлетворительных эксплуатационных свойств провода изготовляют из тех же материалов, что и подключаемая термопара.

Таким образом, чтобы определить измеряемую температуру среды с помощью термоэлектрического преобразователя, необходимо выполнить следующие операции:

- измерить термоЭДС в цепи преобразователя;
- определить температуру свободных концов;
- в измеряемую величину термоЭДС ввести поправку на температуру свободных концов;
- по известной зависимости термоЭДС от температуры определить измеряемую температуру среды.

В зависимости от материала термоэлектродов различают: термопреобразователи с металлическими термопарами из благородных и неблагородных металлов и сплавов; термопреобразователи с термопарами из тугоплавких металлов и сплавов.

Термопары из благородных металлов, обладая устойчивостью к высоким температурам и агрессивным средам, а также постоянной термоЭДС, широко пользуются для замера высоких температур в промышленных и лабораторных условиях. Термопары из неблагородных металлов и сплавов применяются для измерения температур до 1000°С. Достоинством этих термопар является сравнительно небольшая стоимость и способность их развивать большие термоЭДС.

Для защиты термоэлектродов от механических повреждений и агрессивного действия среды, а также для удобства установки на технологическом оборудовании применяют защитную арматуру. Материал и исполнение арматуры могут быть различными в зависимости от назначения и области применения. Наиболее широко в качестве материалов используют высоколегированные стали и коррозионностойкие, жаропрочные и жаростойкие сплавы на основе железа, никеля, хрома и добавок алюминия, кремния, марганца.

2.4. ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА ЖИДКОСТЕЙ, ГАЗОВ И ПАРОВ

Наиболее широко применяющиеся приборы для измерения расходов веществ, протекающие по трубопроводам, можно разделить на следующие группы:

- расходомеры переменного перепада давления;
- расходомеры постоянного перепада давления;
- электромагнитные расходомеры;
- счетчики;
- другие.

2.4.1. Расходомеры переменного перепада давления

Расходомеры переменного перепада давления основаны на зависимости от расхода перепада давления, создаваемого устройством, которое установлено в трубопроводе, или же самим элементом последнего.

В состав расходомера входят: преобразователь расхода, создающий перепад давления; дифференциальный манометр, измеряющий этот перепад и соединительные (импульсные) трубки между преобразователем и дифманометром. При необходимости передать показания расходомера на значительное расстояние к указанным трем элементам добавляются еще вторичный преобразователь, преобразующий перемещение подвижного элемента дифманометра в электрический и пневматический сигнал, который по линии связи передается к вторичному измерительному прибору. Если первичный дифманометр (или вторичный измерительный прибор) имеет интегратор, то такой прибор измеряет не только расход, но и количество прошедшего вещества.

В зависимости от принципа действия преобразователя расхода данные расходомеры подразделяются на шесть самостоятельных групп:

- расходомеры с сужающими устройствами;
- расходомеры с гидравлическим сопротивлением;
- центробежные расходомеры;
- расходомеры с напорным устройством;

- расходомеры с напорным усилителем;
- расходомеры ударно-струйные.

Рассмотрим подробнее расходомеры с сужающим устройством, так как они получили наибольшее распространение в качестве основных промышленных приборов для измерения расхода жидкости, газа и пара, в том числе на нашем предприятии. Они основаны на зависимости от расхода перепада давления, создаваемого сужающим устройством, в результате которого происходит преобразование части потенциальной энергии потока в кинетическую.

Имеется много разновидностей сужающих устройств. Так на рис.2.14, а и б показаны стандартные диафрагмы, на рис.2.14, в – стандартное сопло, на рис.2.14, г, д, е – диафрагмы для измерения загрязненных веществ – сегментная, эксцентричная и кольцевая. На следующих семи позициях рис.2.14 показаны сужающие устройства, применяемые при малых числах Рейнольдса (для веществ с большой вязкостью); так, на рис.2.14, ж, з, и изображены диафрагмы – двойная, с входным конусом, с двойным конусом, а на рис.2.14, к, л, м, н – сопла-полукруга, четверть круга, комбинированное и цилиндрическое. На рис.2.14, о изображена диафрагма с переменной площадью отверстия, автоматически компенсирующая влияние изменения давления и температуры вещества. На

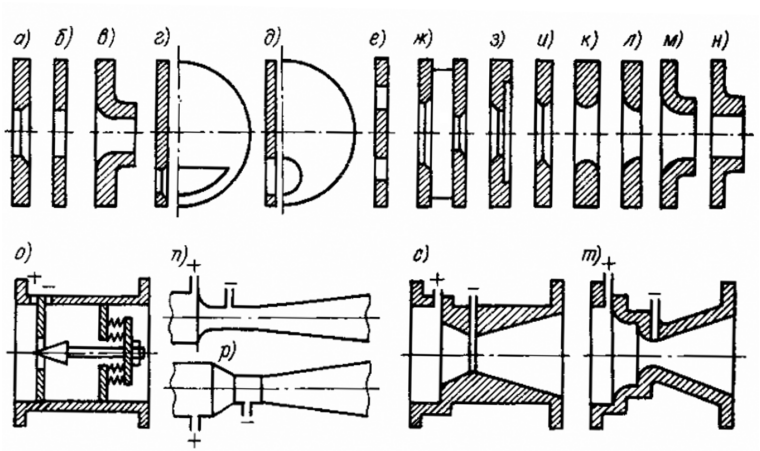


Рис.2.14. **Разновидности сужающих устройств**

рис.2.14, н, р, с, т приведены расходомерные трубы – труба Вентури, сопло Вентури, труба Далла и сопло Вентури с двойным сужением. Для них характерна очень маленькая потеря давления.

Разность давлений до и после сужающего устройства измеряется дифманометром. В качестве примера рассмотрим принцип действия прибора 13ДД11.

Принцип действия преобразователей разности давлений 13ДД основан на пневматической силовой компенсации. Схема прибора представлена на рис. 2.15. В плюсовую 2 и минусовую 6 полости преобразователя, образованные фланцами 1, 7 и мембранами 3,5, подводится давление. Измеряемый перепад давления воздействует на мембраны, приваренные к основанию 4. Внутренняя полость между мембранами запол-

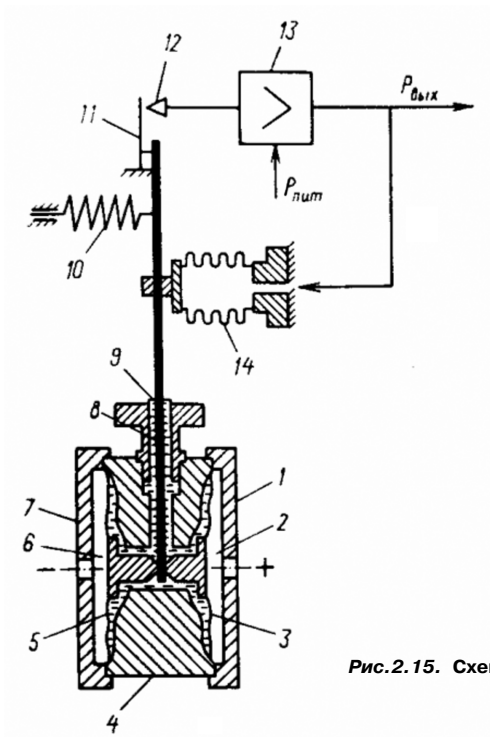


Рис.2.15. **Схема прибора 13ДД**

нена кремнийорганической жидкостью. Под воздействием давления мембраны поворачивают рычаг 8 на небольшой угол относительно опоры – упругой мембраны вывода 9. Заслонка 11 перемещается относительно сопла 12, питаемого сжатым воздухом. При этом сигнал в линии сопла управляет давлением в усилителе 13 и в сильфоне отрицательной обратной связи 14. Последний создает момент на рычаге 8, компенсирующий момент, возникающий от перепада давления. Сигнал, поступающий в сильфон 14,пропорциональный измеряемому перепаду давления, одновременно направляется в выходную линию преобразователя. Пружина корректора нуля 10 позволяет устанавливать начальное значение выходного сигнала, равное 0.02 МПа. Настройка преобразователя на заданный предел измерения осуществляется перемещением сильфона 14 вдоль рычага 8. Измерительные пневматические преобразователи других модификаций выполнены аналогично.

2.4.2. Расходомеры постоянного перепада давления

Принцип их действия основан на восприятии динамического напора контролируемой среды, зависящего от расхода,

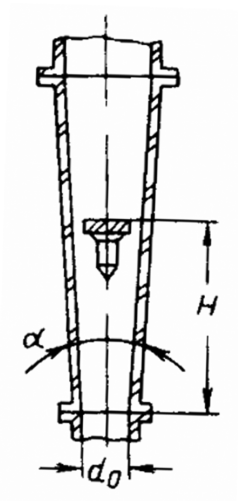


Рис.2.16. Ротаметр

чувствительным элементом (например, поплавком), помещенным в поток. В результате воздействия потока чувствительный элемент перемещается, и величина перемещения служит мерой расхода.

Приборы, работающие на этом принципе – ротаметры (рис. 2.16).

Поток контролируемого вещества поступает в трубку снизу вверх и увлекает за собой поплавок, перемещая его вверх, на высоту H. При этом увеличивается зазор между ним и стенкой конической трубки, в результате уменьшается скорость жидкости (газа) и возрастает давление над поплавком.

На поплавок действует усилие снизу вверх:

$$G_1=P_1\cdot S \Rightarrow P_1=G_1/S$$

и сверху вниз

$$G_2=P_2\cdot S+q \Rightarrow P_2=G_2/S-q/S,$$

где P_1, P_2 – давление вещества на поплавок снизу и сверху;

S - площадь поплавка;

q - вес поплавка.

Когда поплавок находится в состоянии равновесия $G_1=G_2$, следовательно:

$$P_1-P_2=q/S,$$

так как q/S=const, значит:

$$P_1-P_2=\text{const},$$

поэтому такие приборы называют расходомерами постоянного перепада давления.

При этом объемный расход может быть рассчитан по формуле:

$$Q_0=c(F_c-F)\cdot((P_1-P_2)/p)^{0,5}$$

где F_c – площадь сечения конической трубки на высоте h, м^2; F-площадь верхней торцевой поверхности поплавка, м^2; p-плотность измеряемой среды, кг·м^3; c – коэффициент, зависящий от размеров и конструкции поплавка.

Ротаметры со стеклянной трубкой применяются только для визуальных отсчетов расхода и лишены устройств для передачи сигнала на расстояние.

Ротаметр не следует устанавливать в трубопроводах, подверженным сильным вибрациям.

Длина прямого участка трубопровода перед ротаметром должна быть не менее 10 $Д_у$, а после ротаметра не менее 5 $Д_у$.

Ротаметр пневматический фторопластовый типа РПФ

Ротаметры типа РПФ предназначены для измерения объемного расхода плавно меняющихся однородных потоков чистых и слабозагрязненных агрессивных жидкостей с дисперсными немагнитными включениями инородных частиц, нейтральных к фторопласту, и преобразование величины расхода в унифицированный пневматический сигнал.

РПФ состоит из ротаметрической и пневматической части (пневмоголовки).

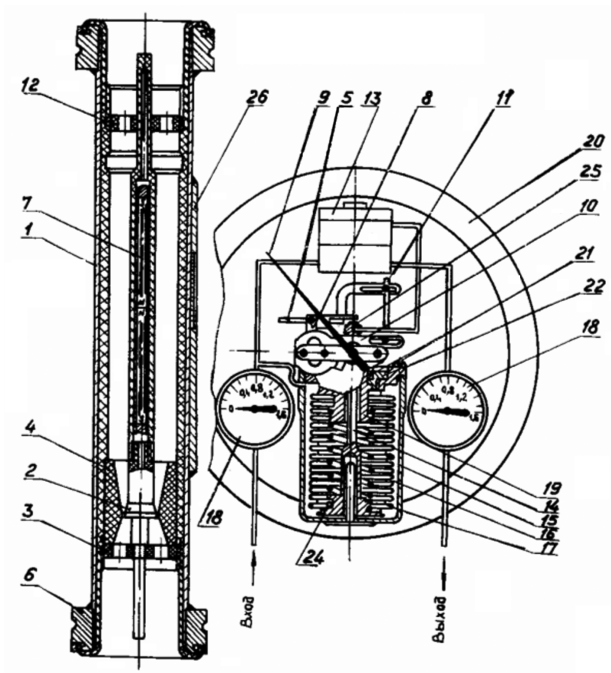


Рис.2.17. **Устройство ротаметра:**
1- корпус; 2-поплавок; 3-направляющая; 4-конус мерительный; 5-следящий магнит; 6-кольцо; 7-сдвоенные магниты; 8-реле механическое; 9-стрелка; 10-механизм перемещения; 11-тяга; 12-направляющая; 13-реле пневматическое; 14-шток(труба); 15-стакан; 16-сервопривод; 17-сильфон; 18-манометр; 19-направляющая; 20-корпус пневмоголовки; 21-гайка; 22-гайка специальная; 24-пружина; 25-сопло; 26-плата

Корпус ротаметрической части 1 (рис. 2.17) представляет собой прямоточную трубу с приваренными на концах кольцами 6.

Внутри корпуса расположены: перемещающийся под действием измеряемого потока поплавок 2, жестко связанный со сдвоенными магнитами 7, конус мерительный 4, направляющие 3, 12.

Корпус ротаметрической части футерован фторопластом-4, а направляющие 3, 12, поплавок 2, конус мерительный 4 выполнены из фторопласта-4.

Пневмоголовка предназначена для обеспечения местных показаний и представляет круглый корпус 20, в котором размещены: сервопривод 16, реле пневматическое 13, манометры 18, стрелка 9, механизм перемещения 10, шкала местных показаний, входной и выходной штуцера.

Сервопривод 16 представляет собой металлический стакан 15, в котором находится узел сильфона 17. Сильфон 17 разделяет внутреннюю полость сервопривода от внешней среды и в комплекте с пружиной 24 служит в качестве упругого элемента.

Нижний конец сильфона припаян к подвижному дну, с которым жестко связан шток 14. На противоположном конце штока 14 закреплено сопло 25 и реле механическое 8.

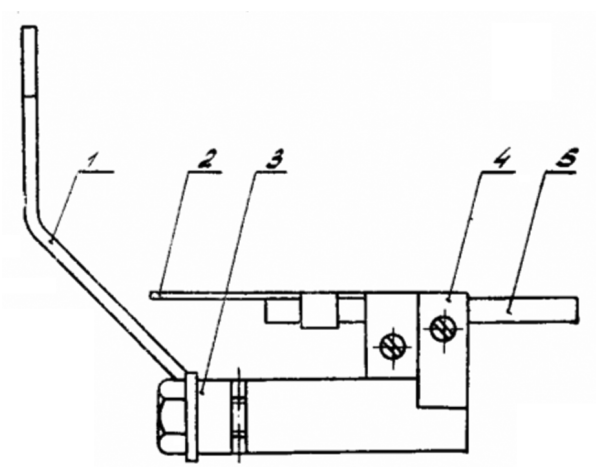


Рис.2.18. **Реле механическое:**
1-кронштейн; 2-заслонка; 3-колодка; 4-скоба; 5-следящий магнит

При работе реле механическое обеспечивает закрытие сопла заслонкой при увеличении расхода и открытие сопла при уменьшении расхода.

Реле механическое (рис.2.18) состоит из кронштейна 1, закрепленного на колодке 3, заслонки 2, установленной вместе со следящим магнитом 5 на кернах в скобе 4. Скоба 4 крепится винтами к колодке 3. Регулировка положения реле механического относительно сопла производится перемещением реле механического вдоль оси штока сервопривода.

Механизм перемещения 10 шарнирно соединен с реле механическим 8 тягой 11, преобразует перемещение вертикальное штока 14 во вращательное движение стрелки 9.

Все детали пневмоголовки защищены от воздействия окружающей среды (пыли, брызг) и механических повреждений крышкой.

Принцип действия ротаметра основан на восприятии поплавком, перемещающемся в мерительном конусе 4, динамического напора, проходящего снизу вверх измеряемого потока (рис.2.17).

При подъеме поплавка проходной зазор между мерительной поверхностью конуса и кромкой поплавка увеличивается, при этом уменьшается перепад давления на поплавке.

Когда перепад давления становится равным весу поплавка, приходящемуся на единицу площади его поперечного сечения, наступает равновесие. При этом каждой величине расхода измеряемой жидкости при определенной плотности и кинематической вязкости соответствует строго определенное положение поплавка.

В принципе магнитопневматического преобразователя используется свойство восприятия следящим магнитом 6, механического перемещения сдвоенных магнитов 7, жестко связанным с поплавком, и преобразование этого перемещения в выходной пневматический сигнал (рис.2.19).

Перемещение поплавка вверх вызывает изменение положения следящего магнита 6 и жестко связанной с ним заслонки 5. При этом зазор между соплом и заслонкой уменьшается, командное давление увеличивается, увеличивая давление на выходе пневматического реле 4 (рис.2.19).

Усиленный по мощности сигнал поступает во внутреннюю полость стакана 15 (рис.2.17). Под действием этого сигнала происходит сжатие упругого элемента (сильфон 17-пружина

24) сервопривода 16, перемещение вверх штока 14, жестко связанного с нижним концом сильфона 17, сопла 25, реле механического 8, укрепленных на штоке 14.

Движение штока 14 происходит до тех пор, пока следящий магнит 5 с заслонкой не займут первоначальное положение относительно сдвоенных магнитов 7.

При движении поплавка вниз изменяется положение следящего магнита 5 и связанной с ним заслонки, при этом зазор между заслонкой и соплом 25 увеличивается, уменьшая тем самым командное давление и давление на выходе пневматического реле. Избыточный воздух из полости стакана 15 (рис.

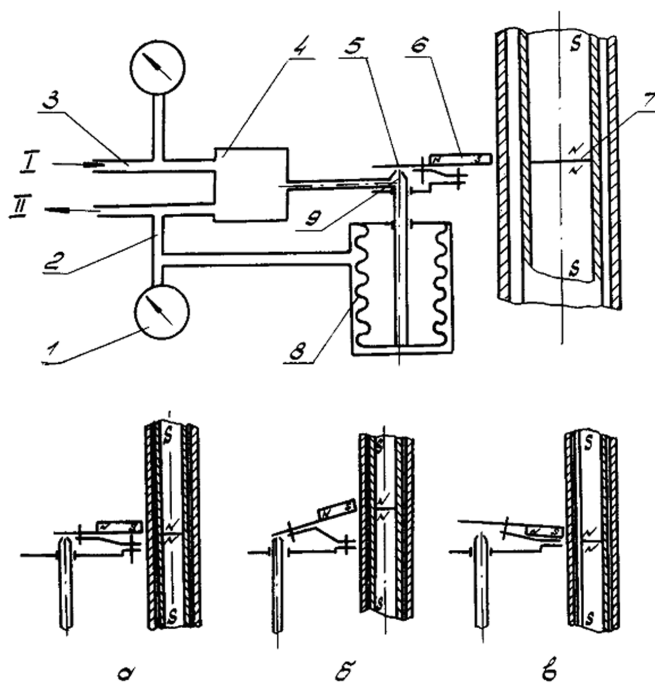


Рис.2.19. **Принцип действия ротаметра:**
1-манометр; 2-трубка выходная; 3-трубка входная; 4-реле пневматическое; 5-заслонка; 6-следящий магнит; 7-сдвоенные магниты; 8-сильфон; 9-сопло; а-положение равновесия; б-центральный магнит поднят, сопло закрыто; в-центральный магнит опущен, сопло открыто.
I-вход; II-выход

2.17) через клапан пневматического реле стравливается в атмосферу. Так как давление в стакане 15 уменьшилось, шток 14 под действием упругого элемента (сильфон-пружина) месте с механическим реле 8 перемещается вниз (в сторону движения поплавка) до тех пор, пока следящий магнит 5 с заслонкой не займут первоначальное положение относительно сдвоенных магнитов.

Пневматическое реле предназначено для усиления выходного пневмосигнала по мощности.

Ротаметр специальный прямоточный ВИР

Принцип действия расходомера ВИР основан на ротаметрическом способе измерения, то есть мерой расхода в нем является вертикальное перемещение поплавка под воздействием обтекающего его потока жидкости. Перемещение поплавка преобразуется в электрический сигнал.

Принципиальная электрическая схема ВИР со схемой подключения к преобразователю (КСД) представлена на рис. 2.20.

ВИР представляет собой ротаметрическую пару (мерительный конус, поплавок-сердечник), реагирующую на изменение потока измеряемой жидкости, посредством дифференциального трансформатора Т1, преобразующего перемещение поплавка-сердечника в напряжение переменного тока. Преобразователь (КСД) предназначен для питания первичной обмотки трансформатора Т1 датчика и преобразования напря-

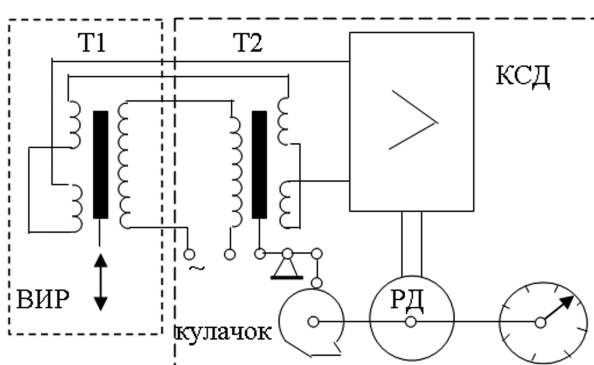


Рис.2.20. Схема ВИР и схема подключения к преобразователю КСД

жения переменного тока, индуктирующегося во вторичной обмотке дифференциального трансформатора Т1 датчика, в показание на шкале прибора, соответствующее протекаемому расходу жидкости.

Изменение напряжения на вторичной обмотке дифференциального трансформатора Т2, вызванное перемещением сердечника-поплавка в датчике, усиливается и передается на реверсивный двигатель.

Подвижный сердечник дифференциального трансформатора Т2 является элементом отрицательной обратной связи, компенсирующей изменение напряжения на входе трансформатора Т2. Перемещение сердечника осуществляется через кулачок при вращении реверсивного двигателя РД. Одновременно вращение реверсивного двигателя передается на стрелку прибора.

Датчик ротаметра (рис. 2.21) состоит из корпуса 1, ротаметрической трубки 2, катушки дифференциального трансформатора 3, поплавка-сердечника 4 и клеммной коробки 5.

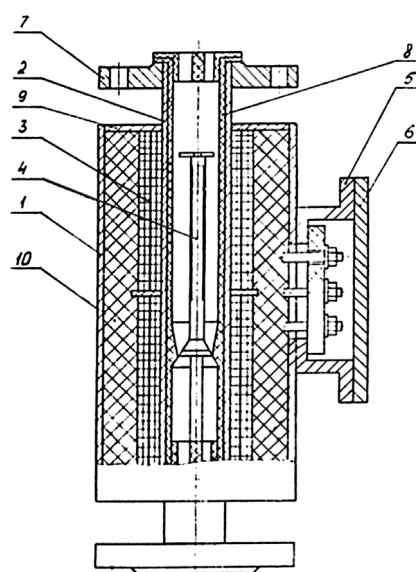


Рис.2.21. Датчик ротаметра

Корпус представляет собой цилиндр с крышками 9, внутри которого проходит ротаметрическая труба, а к его боковой поверхности приварена клеммная коробка с крышкой 6, которая крепится шестью болтами. В корпусе находится катушка дифференциального трансформатора, залитая компаундом 10 (ВИКСИНТ К-18).

Ротаметрическая труба представляет собой трубу из нержавеющей стали, на концах которой приварены фланцы 7, служащие для крепления датчика на технологическую линию. Внутри ротаметрической трубы находится фторопластовая труба 8 с внутренним мерительным конусом.

Катушка дифференциального трансформатора намотана непосредственно на ротаметрическую трубу, концы обмоток катушки присоединены к проходным зажимам клеммной коробки.

Поплавок-сердечник состоит из поплавка специальной конструкции, выполненного из фторопласта-4 и сердечника из электротехнической стали, расположенного внутри поплавка.

Катушка дифференциального трансформатора с поплавком-сердечником составляет дифференциальный трансформатор датчика, первичная обмотка которого питается от преобразователя, а напряжение, индуктируемое во вторичной обмотке, поступает на преобразователь.

2.4.3. Электромагнитные расходомеры

В основе электромагнитных расходомеров лежит взаимодействие движущейся электропроводной жидкости с магнитным полем, подчиняющееся закону электромагнитной индукции.

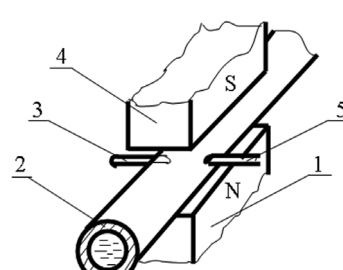


Рис.2.22. Электромагнитный расходомер

Основное применение получили такие электромагнитные расходомеры, у которых измеряется ЭДС, индуктируемая в жидкости, при пересечении ею магнитного поля. Для этого (рис. 2.22) в участок 2 трубопровода, изготовленного из немагнитного материала, покрытого изнутри неэлектропроводной изоляцией и помещенного между полюсами 1 и 4 магнита или электромагнита, вводятся два электрода 3 и 5 в направлении, перпендикулярном как к направлению движения жидкости, так и к направлению силовых линий магнитного поля. Разность потенциалов E на электродах 3 и 5 определяется уравнением:

$$E=B\cdot D\cdot \nu=(4B\cdot Q_0)/\pi\cdot D$$

где – B – магнитная индукция; D – расстояние между концами электродов, равное внутреннему диаметру трубопровода; ν и Q_0 – средняя скорость и объемный расход жидкости.

Таким образом, измеряемая разность потенциалов E прямо пропорциональна объемному расходу Q_0. Для учета краевых эффектов, вызываемых неоднородностью магнитного поля и шунтирующим действием трубы, уравнение умножается на поправочные коэффициенты $k_м$ и $k_и$, обычно весьма близкие к единице.

Достоинства электромагнитных расходомеров: независимость показаний от вязкости и плотности измеряемого вещества, возможность применения в трубах любого диаметра, отсутствие потери давления, линейность шкалы, необходимость в меньших длинах прямых участков труб, высокое быстродействие, возможность измерения агрессивных, абразивных и вязких жидкостей. Но электромагнитные расходомеры неприменимы для измерения расхода газа и пара, а также жидкостей диэлектриков, таких как спирты и нефтепродукты. Они пригодны для измерения расхода жидкости, у которых удельная электрическая проводимость не менее 10^{-3} См/м.

2.4.4. Счетчики

По принципу действия все счетчики жидкостей и газов делятся на скоростные и объемные.

Скоростные счетчики устроены таким образом, что жидкость, протекающая через камеру прибора, приводит во вращение вертушку или крыльчатку, угловая скорость которых пропорци-

ональна скорости потока, следовательно, и расходу.

Объемные счетчики. Поступающая в прибор жидкость (или газ) измеряется отдельными, равными по объему дозами, которые затем суммируются.

Скоростной счетчик с винтовой вертушкой

Скоростной счетчик с винтовой вертушкой служит для измерения больших объемов воды.

Поток жидкости 4 (рис. 2.23), поступая в прибор, выравнивается струевыпрямителем 3 и попадает на лопасти вертушки 2, которая выполнена в виде многозаходного винта с большим шагом лопасти. Вращение вертушки через червячную пару и передаточный механизм 4 передается счетному устройству. Для регулировки прибора одна из радиальных лопастей струевыпрямителя делается поворотной, благодаря чему, изменяя скорость потока, можно ускорить или замедлить скорость вертушки.

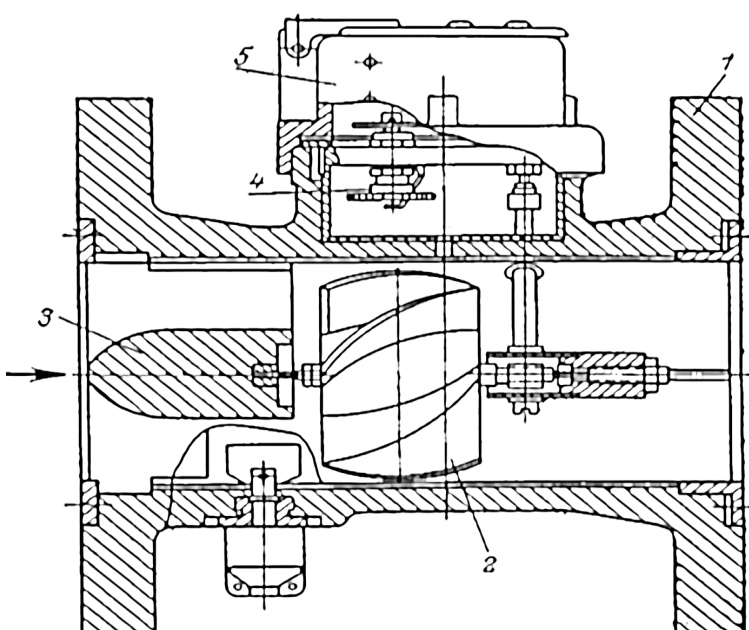


Рис.2.23. **Устройство скоростного счетчика с винтовой вертушкой**

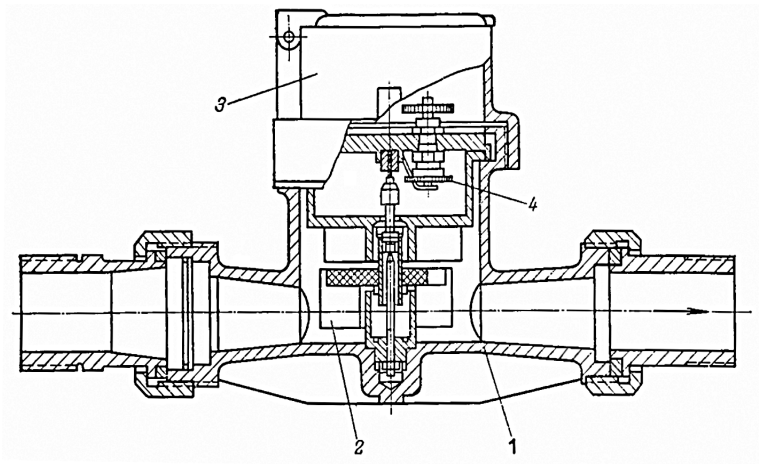


Рис.2.24. **Устройство одноструйного счетчика**

Скоростной счетчик
с вертикальной крыльчаткой

Этот счетчик применяется для измерения сравнительно небольших расходов воды и выпускается на номинальные расходы от 1 до 6,3 м^3/ч при калибрах от 15 до 40 мм.

В зависимости от распределения потока воды, поступающей на крыльчатку, различают две модификации счетчиков - одноструйные и многоструйные.

На рис. 2.24 показано устройство одноструйного счетчика. Жидкость подводится к крыльчатке тангенциально к окружности, описываемой средним радиусом лопастей.

Преимуществом многоструйных счетчиков является сравнительно небольшая нагрузка на опору и ось крыльчатки, а недостатком - более сложная по сравнению с одноструйными конструкция, возможность засорения струеподводящих отверстий. Вертушки и крыльчатки счетчиков изготавливают из целлулоида, пластических масс и эбонита.

Счетчик устанавливается на линейном участке трубопровода, причем на расстоянии 8-10 D перед ним (D-диаметр трубопровода) не должно быть устройств, искажающих поток (колена, тройники, задвижки и др.). В тех случаях, когда все же ожидается некоторое искажение потока, перед счет-

чиками устанавливают дополнительные струевыпрямители.

Счетчики с горизонтальной вертушкой можно устанавливать на горизонтальных, наклонных и вертикальных трубопроводах, тогда как счетчики с вертикальной крыльчаткой - только на горизонтальных трубопроводах.

Жидкостной объемный счетчик с овальными шестернями

Действие этого счетчика основано на вытеснении определенных объемов жидкости из измерительной камеры прибора овальными шестернями, находящимися в зубчатом зацеплении и вращающимися под действием разности давлений на входном и выходном патрубках прибора.

Схема такого счетчика приведена на рис.2.25. В первом исходном положении (рис.2.25, а) поверхность га шестеренки 2 находится под давлением поступающей жидкости, а равная ей поверхность вг - под давлением выходящей жидкости, меньшим входного. Эта разность давлений создает крутящий момент, вращающий шестерню 2 по часовой стрелке. Причем жидкость из полости 1 и полости, расположенной под шестерней 3, вытесняется в выходной патрубок. Крутящий момент шестерни 3 равен нулю, так как поверхности а1г1 и г1в1 равны и находятся под одинаковым входным давлением. Следовательно, шестерня 2-ведущая, шестерня 3-ведомая.

В промежуточном положении (рис.2.25, б) шестерня 2 вращается в прежнем направлении, но ее крутящий момент будет меньше, чем в положении а, из-за противодействующего момента, созданного давлением на поверхность дг (д-точка

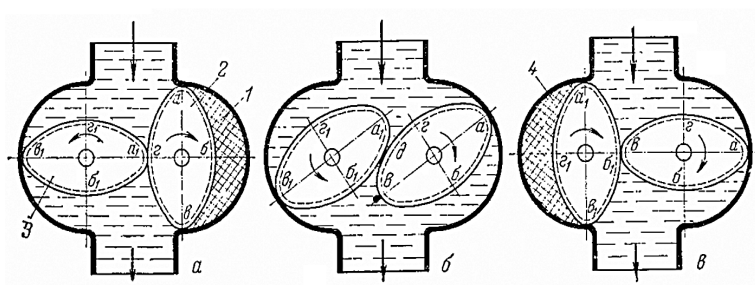


Рис.2.25. **Схема жидкостного объемного счетчика с овальными шестернями**

контакта шестерней). Поверхность а1в1 шестерни 3 находится под давлением входящей, а поверхность в1 б1 -под давлением выходящей. Шестерня испытывает крутящий момент, направленный против часовой стрелки. В этом положении обе шестерни ведущие.

Во втором исходном положении (рис.2.25, в) шестерня 3 находится под действием наибольшего крутящего момента и является ведущей, в то время как крутящий момент шестерни 2 равен нулю, она ведомая.

Однако суммарный крутящий момент обеих шестерен для любого из положений остается постоянным.

За время полного оборота шестерен (один цикл работы счетчика) полости 1 и 4 два раза заполняются и два раза опорожняются. Объем четырех доз жидкости, вытесненных из этих полостей, и составляет измерительный объем счетчика.

Чем больше расход жидкости через счетчик, тем с большей скоростью вращаются шестерни, вытесняя отмеренные объемы. Передача от овальных шестерен счетному механизму осуществляется через магнитную муфту, которая работает следующим образом. Ведущий магнит укреплен в торце овальной шестерни 3, а ведомый на оси, связывающей муфту редуктором 5. Камера, где расположены овальные шестерни, отделена от редуктора 5 и счетного механизма 6 немагнитной перегородкой. Вращаясь, ведущий вал увлекает за собой ведомый.

2.5. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

Давление характеризуется отношением силы, равномерно распределенной по площади и нормальной к величине этой площади.

По принципу действия приборы для измерения давлений делятся на жидкостные, деформационные, грузопоршневые и электрические.

В зависимости от измеряемой величины различают следующие приборы: манометры – для измерения избыточных давлений; вакуумметры – для измерения разрежения; мановакуумметры – для измерения избыточных давлений; напоромеры, тягомеры и тягонапоромеры – для измерения малых избыточных давлений и разрежений (до нескольких кПа); диф-

ференциальные манометры (дифманометры) – для измерения перепадов (разности) давлений.

2.5.1. Жидкостные манометры

Принцип действия жидкостных манометров основан на уравновешивании измеряемой величины высотой столба рабочей жидкости. В качестве рабочей жидкости, в зависимости от величины измеряемого избыточного давления или разряжения, а также от химических свойств измеряемого вещества, применяются: вода, спирт, ртуть, минеральные масла небольшой вязкости.

Простота конструкции и надежность гидростатического метода, лежащего в основе работы этих приборов, а также достаточно высокая точность – причины их широкого применения, как для лабораторных, так и для технических измерений небольших избыточных давлений, разрежений, разности двух давлений, атмосферного давления. Образцовые жидкостные приборы служат для поверки некоторых типов манометров, вакуумметров, тягомеров, напоромеров, барометров, дифференциальных манометров.

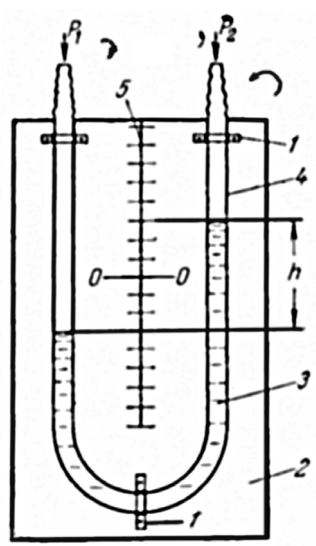


Рис.2.26. **Схема U-образного прибора**

Наиболее распространенным и самым простым по устройству является U-образный прибор (рис. 2.26). Он состоит из изогнутой в виде буквы U стеклянной трубки 4, примерно до половины заполненной рабочей жидкостью 3. С помощью скобок 1 трубка прикреплена к доске 2, между ветвями трубки размещена шкала 5.

Когда давления P1 и P2 равны, уровни жидкости в левой и правой ветвях U-образной трубки находятся против нулевой отметки шкалы. При неравенстве давлений, например, P1>P2, уровень в левой ветви опустится, а в правой - поднимется. Отсчет нужно производить дважды: от нуля вниз до уровня в левой ветви и от нуля вверх до уровня в правой ветви; полученные значения отсчетов (их сумма равна h) надо сложить. Это рекомендуется делать, поскольку трубки обеих ветвей прибора могут немного отличаться по диаметру. В этом случае жидкость будет опускаться (в левой) и подниматься (в правой) ветвях на неодинаковое количество делений.

Значение измеряемой величины (разность давлений P1 и P2) определяется по шкале прибора:

$$P1-P2=hpg,$$

где p - плотность рабочей жидкости; g – ускорение силы тяжести.

2.5.2. Деформационные манометры

В этих приборах измеряемое давление или разрежение уравновешивается силами упругого противодействия различных чувствительных элементов, деформация которых, пропорциональная измеряемому параметру, через рычаги передается на стрелку или перо прибора. При снятии давления чувствительный элемент возвращается в первоначальное положение под воздействием упругой деформации. Деформационные манометры нашли широкое применение в промышленности, что обусловлено простотой и надежностью конструкции, наглядностью показаний, малыми габаритами, высокой точностью и широкими пределами измерения.

В качестве измерительных элементов деформационных манометров и измерительных преобразователей давления, разрежения и перепада давлений используют одновитковую

трубчатую пружину (рис.2.27а), сильфон (рис.2.27б), мембранную коробку (рис.2.27в), многовитковую трубчатую пружину (рис.2.27г), вялую мембрану (рис.2.27д), жесткую мембрану (рис.2.27е).

В трубчато-пружинном манометре с одновитковой трубчатой пружиной (рис.2.28), получившем наибольшее распространение, чувствительным элементом является трубчатая пружина 2, представляющая собой полую трубку овального или эллиптического сечения, согнутую по дуге окружности на 180–270°. Маленькая ось эллипса трубки расположена параллельно, а большая – перпендикулярно плоскости чертежа. Один конец трубчатой пружины жестко соединен с держателем 1, укрепленным винтами в круглом корпусе 3 манометра. Держатель имеет резьбовой ниппель, предназначенный для крепления прибора на трубопроводе или аппарате, в котором измеряется давление. Свободный конец пружины поводком связан с передаточным механизмом 7, состоящим из зубчатого сектора и сцепленной с ним шестеренки, на ось которой насажена стрелка 4.

Для устранения мертвого хода стрелки, вызванного люфтами в соединениях, передаточный механизм снабжен упру-

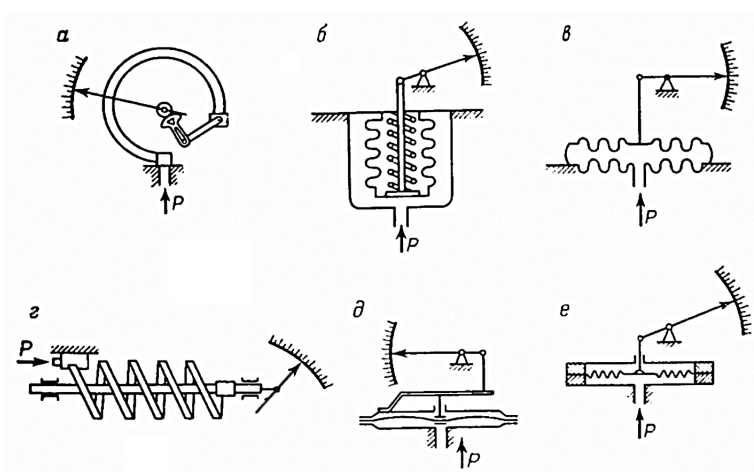


Рис.2.27. **Измерительные элементы деформационных манометров**

гим спиральным волоском 5. Внутренний конец волоска крепится на оси стрелки, а внешний – на неподвижной плате механизма. Волосок постоянно прижимает шестеренки со стрелкой в направлении, противоположном перемещению звеньев механизма под действием давления, что устраняет влияние люфтов в соединениях, и стрелка прибора начинает двигаться одновременно с отклонением чувствительного элемента.

Под действием давления среды, сообщающейся с внутренней полостью трубчатой пружины, последняя несколько распрямляется, свободный конец перемещается и тянет за собой поводок, который через передаточный механизм вызывает перемещение стрелки по шкале прибора. Раскручивание трубчатой пружины, согнутой по дуге окружности, обусловлено тем, что при подаче давления ее эллиптическое сечение стремится перейти в круглое. При этом малая ось эллипса, расположенная в плоскости чертежа, увеличивается, и волокна пружины, находящиеся на радиусе r1, переходят на больший радиус r1′, а волокна, находящиеся на радиусе r2, переходят на меньший радиус r2′. Так как длина трубчатой пружины остается неизменной, а один конец ее жестко заделан в держателе, в пружине возникают внутренние напряжения, приводящие к ее раскручиванию и перемещению свободного конца. Последний и, следовательно, стрелка прибора перемещаются пропорционально изменению измеряемого давления, поэтому манометр имеет равномерную шкалу.

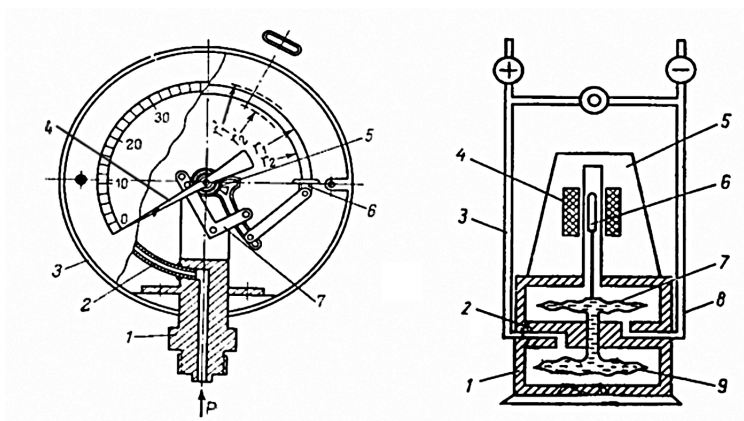


Рис.2.28. **Трубчато-пружинный манометр**

2.5.3. Грузопоршневые манометры

В этих приборах измеряемое давление определяется по величине нагрузки, воздействующей на поршень определенной площади. Грузопоршневые манометры имеют высокую точность (0,02; 0,05; 0,2) и широкий диапазон измерения (0,1-250 МПа). Обычно их применяют для градуировки и поверки грузопоршневых манометров.

Грузопоршневой образцовый манометр МП-60 (рис.2.29), предназначенный для поверки технических манометров с одновитковой трубчатой пружиной состоит из вертикального цилиндра 8 с тщательно пригнанным стальным поршнем 5, на верхнем конце которого закреплена тарелка 7 для укладки образцовых грузов 6, имеющих форму дисков. Воронка 4 служит для заполнения прибора минеральным маслом. Прибор имеет поршневой пресс 1 с манжетным уплотнением. Для установки поверяемых манометров предназначены штуцеры 3 и 10. Игольчатые вентили 2, 9, и 11 служат для перекрытия каналов, вентиль 12 для спуска масла. Создаваемое грузом давление P = m/A, где m - масса поршня с тарелкой и грузом; A - эффективная площадь поршня, за которую принимают сум-

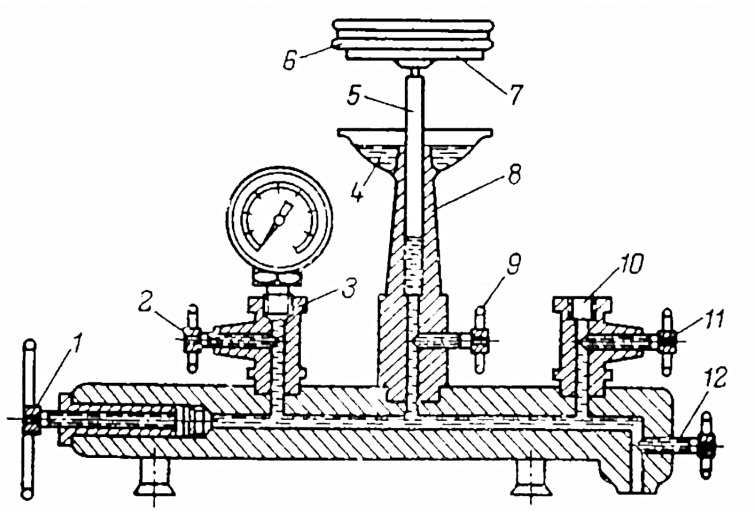


Рис.2.29. **Манометр МП-60**

му площади сечения поршня и половину площади кольцевого зазора между поршнем и цилиндром (обычно А=0,996–1,004см^2). Пределы измерения прибора 0 – 6 МПа. Класс точности 0,05.

2.5.4. Электрические манометры

Действие этих приборов основано на зависимости электрических параметров преобразователя давления от величины измеряемого давления. К ним относятся: пьезометрические манометры, в которых используется зависимость электрического заряда пьезоэлемента от измеряемого давления; манометры сопротивления, основанные на зависимости электрического сопротивления чувствительного элемента от измеряемого давления; ионизационные манометры, действие которых базируется на зависимости силы тока положительных ионов, образованных в результате ионизации молекул разреженного газа, от измеряемого давления; а также радиоизотопные манометры, в которых для ионизации газа используется излучение радиоизотопных источников.

2.5.5. Преобразователи давления электрические с силовой компенсацией

Преобразователи давления измерительные с электрическим токовым выходным сигналом входят в общий комплекс унифицированной системы взаимозаменяемых компенсационных преобразователей ГСП.

Измерительные преобразователи давления (в дальнейшем - преобразователи) предназначены для непрерывного преобразования давления (абсолютного, избыточного или вакуумметрического) в пропорциональный электрический токовый сигнал дистанционной передачи.

Преобразователи используют в комплекте с вторичными приборами, регуляторами и другими устройствами автоматики, машинами центрального контроля и системами управления, работающими от стандартного входного сигнала в виде электрического постоянного тока 0-20, 4-20 или 0-5 мА.

Преобразователи построены по блочному принципу. Основным блоком преобразователя является электросиловой преобразователь.

Каждый преобразователь состоит из электросилового линейного преобразователя и измерительного блока.

Принцип действия преобразователя основан на электрической силовой компенсации.

Усилие, с которым измерительный блок воздействует на электросиловой преобразователь, создает момент М (рис. 2.30), вызывающий незначительные перемещения рычажной системы передаточного механизма и связанного с ним плунжера 6 индикатора рассогласования. Индикатор рассогласования преобразует это перемещение в управляющий сигнал электрического тока, поступающий на вход электронного усилителя 7. Выходной сигнал усилителя в виде постоянного тока поступает на обмотку катушки силового механизма и одновременно в последовательно соединенную с ней линию дистанционной передачи.

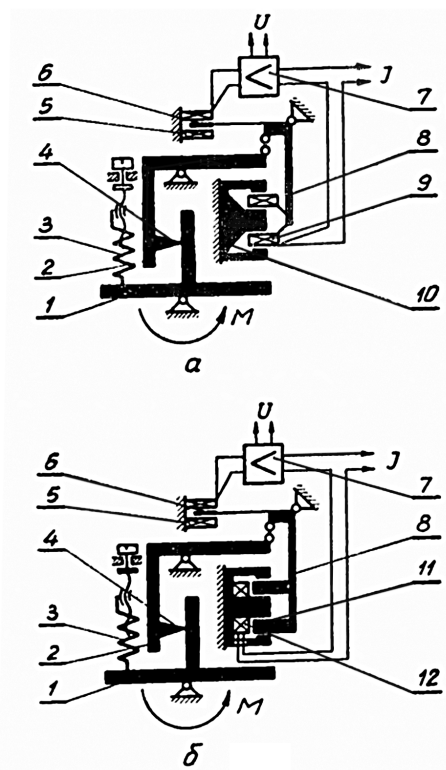


Рис.2.30. **Схема электросилового преобразователя**

В электросиловом преобразователе типа П-Э1 (рис.2.30а) взаимодействие постоянного магнита 10 с магнитным полем, создаваемым током, протекающим по обмотке подвижной катушки 9, создает пропорциональное этому току усилие.

В электросиловом преобразователе типа П-ЭР1 (рис.2.30б) взаимодействие электромагнита 12 с подвижным сердечником 11 создает усилие, пропорциональное квадрату тока, протекающего по обмотке этого электромагнита.

Усилие, создаваемое силовым механизмом, уравновешивает через рычажную систему входное усилие.

2.5.6. Преобразователи давления и разрежения с пневматическим выходом

Преобразователи давления и разрежения измерительные (в дальнейшем – преобразователи) предназначены для работы в системах автоматического управления, контроля и регулирования производственных процессов с целью выдачи информации об измеряемом давлении или разрежении газа или жидкости в виде унифицированного пневматического аналогового выходного сигнала. Преобразователи входят в общий комплекс унифицированной системы взаимозаменяемых компенсационных преобразователей ГСП типа МАС-П, МС-П, ВС-П, МВС-П, ГС-П, НС-П, ТНС-П.

По устойчивости к воздействию окружающей среды преобразователи исполняются в двух исполнениях: защищенном от попадания внутрь пыли и воды и защищенном от агрессивной среды (коррозионностойком), содержащей сероводород, аммиак и другие смеси, агрессивные к меди и медным сплавам.

Измерительные пневматические преобразователи предназначены для непрерывного преобразования давления, разрежения, тяги, перепада в унифицированный пневматический сигнал.

Преобразователи могут применяться во взрывоопасных помещениях.

Преобразователи построены по блочному принципу. Основным блоком преобразователя является пневмосиловой преобразователь

Пневмосиловые преобразователи состоят из чувствительного элемента, силового узла и усилителя. Принцип действия приборов основан на пневматической силовой компенсации.

Пневмосиловой преобразователь предназначен для непрерывного преобразования усилия, развиваемого чувствительным элементом преобразователя, в стандартный пневматический выходной сигнал и может использоваться в различных преобразователях, в которых изменение измеряемого параметра может быть преобразовано в изменение силы.

В преобразователях с пневмосиловой компенсацией измеряемая величина воздействует на чувствительный элемент и преобразуется в силу, которая автоматически уравновешивается усилием, развиваемым давлением воздуха в сильфоне обратной связи. Это давление и является выходным сигналом. Все преобразователи конструктивно выполнены одинаково и отличаются друг от друга только типом измерительного элемента.

Преобразователи типов ТС-П1, ТС-П2, ТС-П3, НС-П1, НС-П2, НС-П3, ТНС-П1, ТНС-П2, ТНС-П3, МАС-П1, МАС-П2, МАС-П3, используют при измерении параметров газа. Все остальные для измерения параметров газа и жидкости. При измерении давления или разрежения жидкости для преобразователей типов МС-П1, МС-П2, МС-П12, МС-П13, ВС-П1, МВС-П1 и МВС-П2 допускается дополнительная погрешность 0,5 кПа.

Рассмотрим принципиальную схему пневмосилового преобразователя (рис.2.31). Усилие, с которым измерительный блок воздействует на пневмосиловой преобразователь, создает момент М, вызывающий незначительные перемещения рычажной системы передаточного механизма и связанной с рычагом 1 заслонки 8 относительно неподвижного сопла 5.

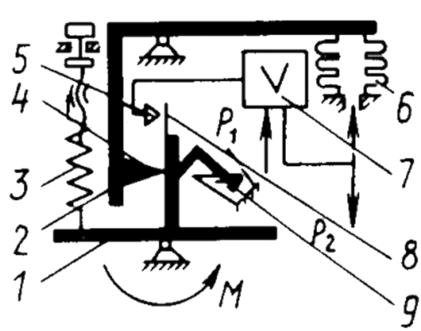


Рис.2.31. **Схема пневмосилового преобразователя**

Возникший в линии сопла сигнал управляет давлением, поступающим с усилителя мощности 7 в сильфон обратной связи 6.

Пневмосиловой преобразователь состоит из следующих основных элементов: передаточного механизма, сильфона обратной связи, индикатора рассогласования и усилителя мощности.

Передаточный механизм смонтирован между двумя платами. Усилие передается от Т-образного рычага к Г-образному рычагу через подвижную опору.

Индикатор рассогласования выполнен по системе сопло-заслонка. Заслонка закреплена на Т-образном рычаге при помощи двух параллельных плоских пружин. При нормальной работе заслонка перемещается вместе с рычагом относительно неподвижного сопла. При перегрузках заслонка плотно закрывает отверстие сопла и остается неподвижной при дальнейшем перемещении Т-образного рычага пневмосилового преобразователя.

Для устранения автоколебания предусмотрен жидкостной демпфер. В демпфере используют полиметилсилоксановую жидкость ПМС вязкостью от 15000 до 30000 ст. Допускается использование других жидкостей той же вязкости, в том числе демпферного масла ДС-1. Их применение может быть ограничено температурами, при которых эти жидкости замерзают.

Манометр сильфонный МС-П1 (МС-П2)

Манометр сильфонный МС-П1 (МС-П2) предназначен для непрерывного преобразования величины измеряемого избыточного давления газов или жидкостей в пропорциональный пневматический сигнал давлением от 0,02 до 0,1 МПа.

Манометр (рис.2.32) состоит из измерительного блока и унифицированного пневматического узла. Чувствительным элементом измерительного блока этого прибора является сильфон. Унифицированный преобразователь, построенный на принципе пневматической силовой компенсации, включает в себя управляющее устройство «сопло – заслонка» с системой рычагов, усилитель и сильфон обратной связи.

Измеряемое давление $P_{изм}$ подводится к сильфону 1 измерительного блока. При изменении измеряемого давления несколько перемещаются рычаги 3 и заслонка 6 относительно сопла 5. Система «сопло-заслонка» преобразует это перемещение в сигнал давления сжатого воздуха, поступающий на

усилитель 7. Выходной сигнал $P_{вых}$ с усилителя направляется в пневматическую линию к вторичному прибору и в сильфон обратной связи 8, уравновешивающий при помощи системы рычагов измеряемое давление $P_{изм}$. Диапазон измерений прибора может регулироваться изменением в пределах 1:10 его передаточного отношения перемещением опоры 2 вдоль рычагов 3. Начальное значение выходного сигнала 0,02 МПа устанавливается пружиной – корректором нуля 4.

Рассмотрим схему усилителя прибора (рис.2.33). Воздух питания под давлением 0,14МПа поступает в камеру высокого давления 11, откуда через шариковый клапан 1 направляется

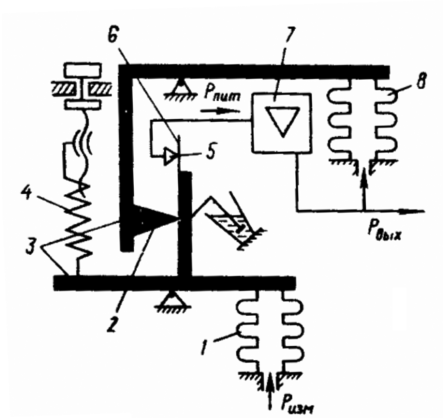


Рис.2.32. **Схема сильфонного манометра**

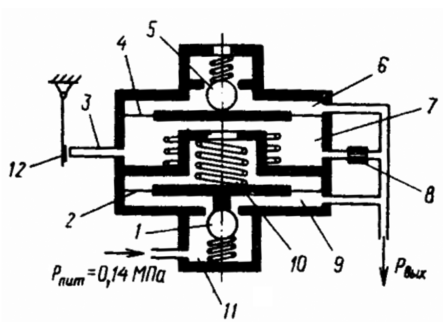


Рис.2.33. **Усилитель прибора**

в камеру 7 и к соплу 3. При полностью открытом сопле жесткость пружины 10 и воздействие воздуха на эффективную площадь мембраны 2 обеспечивают в камерах 6 и 9 давление, равное 4,0-6,7 кПа (30-50 мм. рт. ст.). Когда измеряемое давление $P_{изм}$ увеличивается, заслонка 12 приближается к соплу 3,вызывая возрастание давления в камере 7. При этом мембрана 4 закрывает шариковый клапан 5 сброса воздуха в атмосферу, мембрана 2 открывает шариковый клапан 1 и давление $P_{вых}$ увеличивается до восстановления равновесия сил на мембранах 2 и 4.

В случае уменьшения измеряемого давления $P_{изм}$ заслонка 12 отходит от сопла 3, силы на мембранах действуют в обратном направлении, и $P_{вых}$ уменьшается.

МС-П2 отличается от МС-П1 только размерами чувствительного элемента (входного сильфона). Эффективная площадь сильфона в МС-П1 – 2 см^2, а в МС-П2 – 0.4 см^2.

Пределы измерения манометра сильфонного МС-П1 от 0,025 до 0-0,4 МПа, а МС-П2 от 0.6 до 2.5 МПа; классы точности 0,5; 1,0.

Возможные неисправности и методы их устранения манометров сильфонных МС-П1 (МС-П2) приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Неисправности и методы их устранения

Неисправность	Вероятная причина	Метод устранения
1.Выходной сигнал равен нулю.	Обрыв или полное засорение линии питания, соединительных линий, засорение фильтра или дросселя пневмореле.	Устранить обрыв или засорение, прочистить, продуть или сменить фильтр или дроссель.
2.Завышенные значения выходного сигнала	Засорение сопла или небольшое отвертывание дросселя пневмореле. Нарушен диапазон настройки.	Прочистить сопло специальной иглой. Завернуть дроссель. Отрегулировать диапазон настройки с помощью подвижной опоры
3.Заниженные значения выходного сигнала. Выходной сигнал нестабилен.	Засорение дросселя пневмореле	Вывернуть дроссельный винт и прочистить капиллярную трубку дросселя иглой, а затем поставить дроссельный винт на место.

Окончание табл.2.2

Неисправность	Вероятная причина	Метод устранения
4.Не удаётся установить значение выходного сигнала, соответствующее нулевому или начальному значению измеряемого давления	То же, что и в пп. 2 и 3, а также неправильная регулировка упоров 2 или ослабление крепления пружины корректора нуля.	Проверить и, в случае необходимости, отрегулировать положение упоров, прочистить дроссель или сопло, проверить крепление пружины.
5.Выходной сигнал нестабилен.	Затирание демпфера.	Проверить визуально зазор между поршнем и стаканом демпфера, установить поршень таким образом, чтобы зазор со всех сторон был одинаковым и чтобы при постоянном входном давлении и повороте стакана в пределах одного оборота выходной сигнал устанавливался на одно и то же значение.
	Некачественное крепление деталей измерительного блока и преобразователя.	Подтянуть все крепежные винты и болты.
	Разрушение или деформация ленточных опор.	Проверить, нет ли лопнувших или прогнутых ленточных опор и, в случае необходимости, заменить их.
	Повышенная влажность питающего воздуха и образование в каналах пневмосистемы конденсата или инея.	Обеспечить осушку питающего воздуха в соответствии с требованиями ГОСТ 24484-80
6.Значительные автоколебания выходного сигнала.	Неправильная регулировка демпфера или неисправность пневмореле.	Отрегулировать демпфер. Заменить пневмореле.

2.6. ПРИБОРЫ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ

Для измерения уровня жидкостей применяются специальные средства измерений – уровнемеры. Многообразие типов уровнемеров, принцип действия которых основан на различных физических методах, объясняется разнообразием свойств измеряемых жидкостей.

Широкое распространение получили следующие виды уровнемеров: буйковые, пьезометрические, гидростатические, поплавковые и емкостные.

Буйковый уровнемер – уровнемер, принцип действия которого основан на измерении перемещения буйка или силы гидростатического давления, действующей на буек.

Буек в отличие от поплавка не плавает на поверхности жидкости, а погружен в жидкость и перемещается в зависимости от ее уровня.

Буйковые уровнемеры наиболее часто применяются для измерения уровня однородных, в том числе агрессивных, жидкостей, находящихся при высоких рабочих давлениях (до 32 МПа), широком диапазоне температур (от –200 до +600°С) и не обладающих свойствами адгезии (прилипания) к буйкам.

Главной особенностью буйковых уровнемеров является возможность измерения уровня границы раздела двух жидкостей.

Недостатком буйковых уровнемеров являются зависимость их точности от плотности и температуры измеряемой среды, ограниченность использования для больших (свыше 16 м) диапазонов измерения уровней жидкостей и жидкостей, обладающих адгезией к буйку.

Пьезометрический уровнемер – уровнемер, принцип действия которого основан на преобразовании гидростатического давления жидкости в давление воздуха, подаваемого от постороннего источника и барботирующего через слой жидкости.

У этого уровнемера чувствительный элемент не находится в непосредственном контакте с измеряемой средой, а воспринимает гидростатическое давление через воздух, что является его достоинством.

Для пьезометрических уровнемеров также характерна погреш-

ность измерения из-за изменения плотности измеряемой среды.

Гидростатический уровнемер – уровнемер, принцип действия которого основан на измерении манометром или напоромером гидростатического давления жидкости, зависящего от высоты ее уровня.

Уровнемеры этого вида обычно используют для измерения неагрессивных, незагрязненных жидкостей, находящихся под атмосферным давлением.

Для измерения уровней агрессивных сред используют специальные разделительные устройства.

Недостатком гидростатических уровнемеров является погрешность измерения при изменении плотности жидкости.

Поплавковый уровнемер – уровнемер, принцип действия которого основан на измерении перемещения поплавка, плавающего на поверхности жидкости (поплавок как бы отслеживает уровень жидкости).

Поплавковые уровнемеры непригодны для вязких жидкостей (дизельного топлива, мазута, смол) из-за залипания поплавка, обволакивания его вязкой средой.

При измерении уровня криогенных жидкостей из-за кипения верхнего слоя возникает вибрация поплавка, что приводит к искажениям результатов измерения.

Наиболее часто поплавковые уровнемеры используют для измерения уровней в больших открытых резервуарах, а также в закрытых резервуарах с низким давлением.

Применение магнитной связи для передачи перемещения поплавка позволяет герметизировать вывод передачи в измерительный блок, упростить конструкцию, повысить надежность, измерять уровень в резервуарах под давлением.

Емкостный уровнемер – уровнемер, принцип действия которого основан на различии диэлектрической проницаемости жидкости и воздуха.

В связи с этим по мере погружения электродов датчика уровнемера в жидкость изменяется емкость между ними пропорционально уровню жидкости в резервуаре.

2.6.1. Уровнемеры пневматические буйковые УБ-П

Уровнемеры пневматические буйковые типа УБ-П с силовой компенсацией ГСП предназначены для получения унифи-

цированного пневматического сигнала 0.02 – 0.1 МПа (0.2 – 1.0 кгс/см^2) об уровне жидкости или уровне раздела фаз, находящихся под вакуумметрическим, атмосферным или избыточном давлением, и выдачи его в систему контроля, управления и регулирования параметров технологических процессов. Уровнемеры работают в комплекте с вторичными пневматическими приборами, регуляторами, машинами централизованного контроля и другими устройствами автоматики.

Уровнемеры этого типа выпускаются различных модификаций с классами точности для уровнемеров с верхним пределом измерения уровня до 1 м – 1.0 и 1.5 %; от 1.6 м – 1.5 %.

Выходной пневматический сигнал уровнемера прямо пропорционален измеренному значению уровня, рабочий диапазон его изменения составляет 0.08 МПа (0.8 кгс/см^2). Передача выходного сигнала осуществляется по пневматической связи с внутренним диаметром трубки 6 мм и длиной от 3 до 300 м.

Принцип действия уровнемера (рис.2.34) основан на пневматической силовой компенсации. Чувствительный элемент – стальной буек 13 – подвешен на конце рычага 11. Изменение уровня жидкости в емкости вызывает изменение глубины погружения буйка, масса его при этом соответственно увеличивается или уменьшается. Изменение массы буйка приводит к перемещению рычага 11, связанного с ним Т-образного рычага 2 с заслонкой 6. Перемещение заслонки относительно неподвижного сопла 5 вызывает изменение сигнала на входе и выходе пневмоусилителя 4 и сильфоне обратной связи 8.

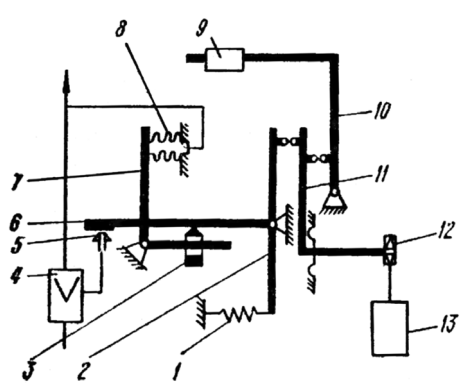


Рис.2.34. **Схема пневматического уровнемера**

Изменение давления в сильфоне создает усилие, воздействующее через Г-образный рычаг 7 и подвижную опору 3 на Т-образный рычаг 2 в направлении, обратном усилию, созданному массой буйка. При компенсации усилия, создаваемого массой буйка 13 усилием на сильфоне обратной связи 8, подвижная система находится в равновесии.

Начальная масса буйка уравновешивается специальным грузом 9, навинченным на плечо дополнительного рычага 10. Установка требуемого значения выходного сигнала при начальном значении уровня (0.02 МПа) осуществляется корректором «нуля» - пружиной 1. Установка верхнего значения выходного сигнала при максимальном значении уровня (0.1 МПа) осуществляется перемещением подвижной опоры 3.

Настройка уровнемеров на заданные пределы измерения проводится с помощью грузов путем имитации гидростатической выталкивающей силы, соответствующей верхнему пределу измерений.

Расчетное значение давления, соответствующее верхнему пределу измерений,

$$P_р = 0,2 + 0.8\frac{m}{m_{max}}.$$

Масса грузов уровнемеров:

для жидкости $$m_{max} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H_{max} \cdot \rho_ж;$$

для раздела фаз $$m_{max} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H_{max} \cdot (\rho_{н.ж} - \rho_{в.ж.}),$$

где d – диаметр буйка испытываемого уровнемера, см; H_{max} – верхний предел измерения уровня жидкости, см; $\rho_ж$ – плотность измеряемой жидкости, г/см^3; $\rho_{н.ж}$, $\rho_{в.ж}$ - плотности соответственно нижней и верхней измеряемой жидкости в случае измерения уровня раздела фаз, г/см^3.

2.6.2. Пьезометрические уровнемеры

В пьезометрических системах измерения уровня для продувания через трубку, помещенную в жидкость, дозированного расхода воздуха наиболее часто применяют регуляторы расхода воздуха типа РРВ-1. Принцип действия этого регулятора основан на автоматическом поддержании постоянного перепада давления на дросселе, в результате чего обеспечивается постоянный расход воздуха через этот дроссель.

Принципиальная пьезометрическая схема измерения уровня в открытом резервуаре представлена на рис.2.35, а, б, в, г.

На рис. 2.35, д показана принципиальная пьезометрическая схема измерения уровня жидкости в резервуаре, находящемся под давлением. Для исключения влияния давления в резервуаре на показания прибора, измеряющего уровень жидкости, применяется дифференциальный метод измерения с двумя регуляторами расхода. От одного регулятора расхода воздух подается в пьезометрическую трубку, от другого в верхнюю часть резервуара над жидкостью. Разность давлений в трубках, пропорциональная уровню жидкости, измеряется дифманометром.

В системах измерения нижний конец пьезотрубки должен находиться на нижнем контролируемом уровне жидкости, но не ниже 80 мм от дна резервуара.

Расход воздуха устанавливается минимальным, чтобы перепад давления на пьезотрубке был возможно меньшим, так как это определяет погрешность измерения пьезометрическим методом.

Минимальный расход воздуха обеспечивается постоянным, без запаздывания, выходом воздуха из пьезометрической трубки при изменениях уровня. Обычно расход воздуха принимается равным 0.1 – 0.2 м^3/ч.

Если пренебречь перепадом давления на пьезометрической трубке, то уровень в резервуаре

$$H = \frac{P}{\rho \cdot g},$$

где P – давление на манометре M или перепад давления на дифманометре; ρ – плотность жидкости; g – ускорение свободного падения.

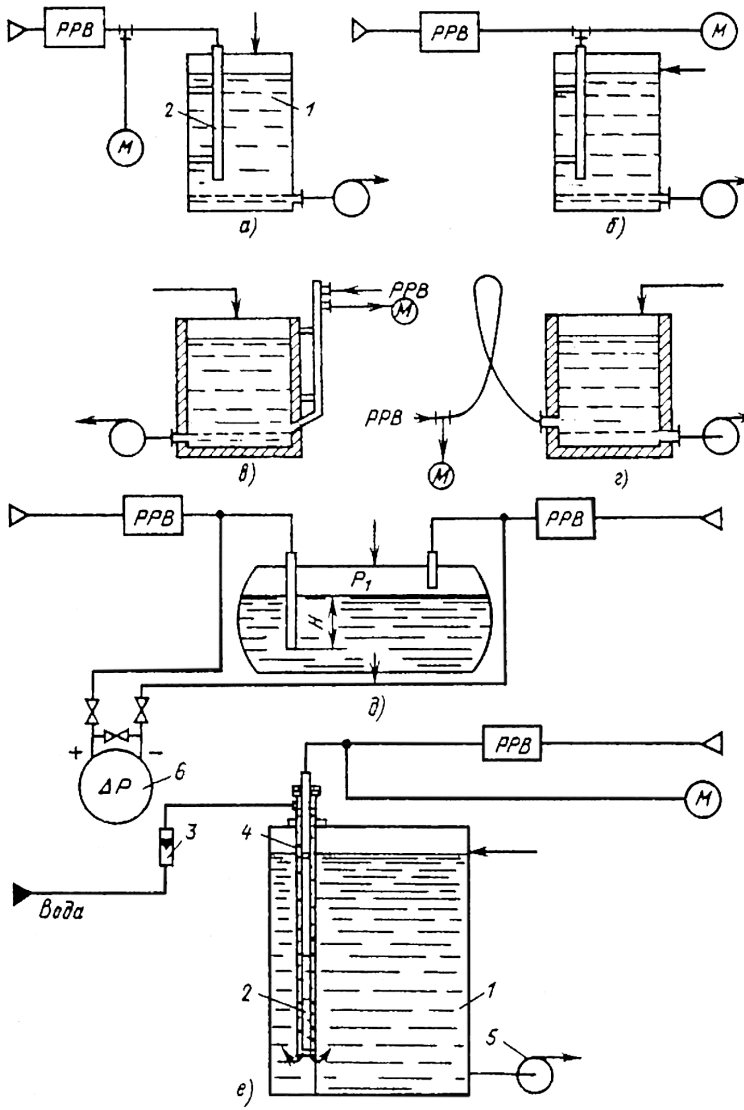


Рис.2.35. **Схема измерения уровня в открытом резервуаре**

В случае, когда измеряется уровень в резервуаре, находящемся под избыточным давлением, давление питания регулятора расхода воздуха, подающего воздух в пьезотрубку, должно быть:

$$P_{пит} \geq P_{изб} + H_{макс} \cdot \rho \cdot g,$$

где $P_{изб}$ – избыточное давление, кПа; $H_{макс}\rho g$ – максимальное гидростатическое давление столба жидкости, кПа.

На рис.2.35(е) показан пример обвязки и монтажа пьезометрического уровнемера с подачей промывочной воды в защитную трубу. В этом случае защищается от «обрастания» нижний конец пьезотрубки, который оказывается в зоне промывочной воды и не контактирует с измеряемой жидкостью.

2.6.3. Гидростатические датчики уровня

Схемы обвязки и работы гидростатических датчиков уровня представлены на рис.2.36, а, б, причем последняя применяется при измерении уровня жидкости в емкости, находящейся под избыточным давлением.

В этом случае импульсная трубка, идущая к минусовой полости чувствительного элемента, прокладывается от места отбора давления с уклоном вверх, а в нижней части устанавливаются отстойный сосуд и разделитель мембранный РМ.

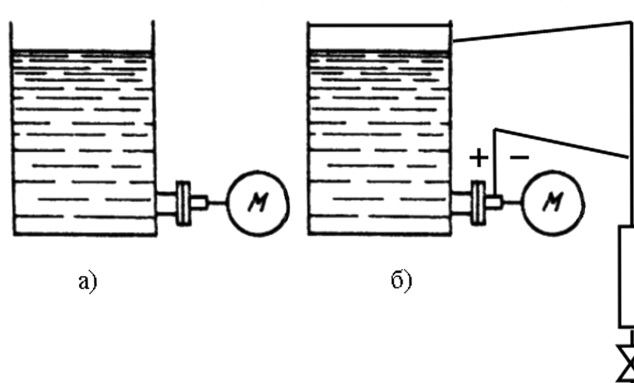


Рис.2.36. **Схемы гидростатических датчиков уровня**

2.7. ПРИБОРЫ ГАЗОВОГО АНАЛИЗА

Газоанализаторы предназначены для измерения концентраций компонентов газовых смесей на основе различных физико-химических свойств газов.

По принципу действия газоанализаторы делятся на:

- термохимические (ПГФ2М1-У4, ЭТХ-1, СТХ-5А, СТХ-6, СВК-3М, ЩИТ-2, СТМ-10, СГГ-3, Politron ND Ex);
- термокондуктометрические (ТП-1120, ТП-5501, ВХЛ-1, Caldos-15);
- кулонометрические (Байкал-1, Байкал-2, Байкал-3, Байкал-4, Байкал-5, Корунд-М);
- фотоколометрические (Сирена-2, Сирена-4, Сирена-М, ФКГ-3М);
- электрохимические (Анкат-7621, Анкат-7631, Анкат-7641, Анкат-7645, ППХ1);
- искровые пневматические (СВИП-1, СВИП-2);
- оптико-абсорбционные (121 ФА-01, ГИАМ-27, Radas-2).

Рассмотрим принцип действия вышеперечисленных газоанализаторов.

2.7.1. Термохимические газоанализаторы

СТХ-5А. Сигнализатор предназначен для периодического контроля довзрывоопасных концентраций горючих газов, паров и их смесей в воздухе производственных помещений и выдачи сигналов в диапазоне сигнальных концентраций.

Рис.2.37. **Функциональная схема сигнализатора СТХ-5А**

Принцип действия сигнализатора основан на термохимической реакции окисления (сгорания) горючих веществ на рабочем чувствительном элементе, включенном в схему моста. Работает сигнализатор следующим образом: измерительный мост сигнализатора питается стабилизированным напряжением (1.8 ± 0.1 В). В измерительную диагональ моста включен показывающий прибор (микроамперметр). При сгорании на чувствительном элементе горючих веществ, измерительный мост разбалансируется и в его диагонали появляется напряжение постоянного тока, по величине пропорциональное концентрации контролируемых веществ. После того, как напряжение разбаланса достигает определенной величины, стрелка показывающего прибора войдет в сигнальную зону (рис. 2.37).

Politron ND Ex. Газоанализатор предназначен для стационарной установки в классифицированных взрывоопасных зонах, требующих постоянного контроля концентрации взрывоопасных газов и паров.

Работа прибора основана на принципе каталитического сгорания с использованием согласованной пары чувствительных элементов: один элемент обладает высокой чувствительностью к взрывоопасному газу, а другой является нечувствительным. Элементы составляют половину мостовой схемы и нагреваются постоянным током, который подается с печатной платы. Другая половина мостовой схемы расположена на печатной плате. В присутствии взрывоопасного газа на чувствительном элементе происходит его сгорание, что увеличивает

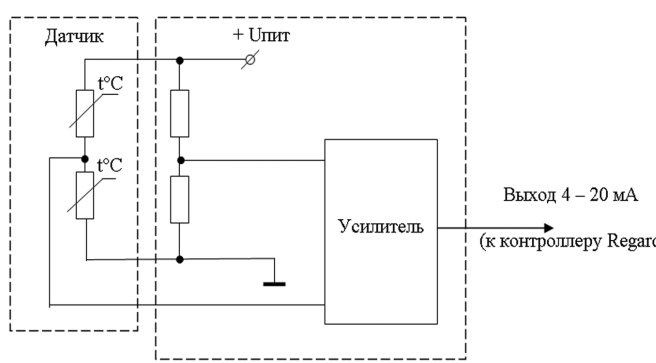


Рис. 2.38. **Функциональная схема газоанализатора Politron ND Ex**

температуру и соответственно электрическое сопротивление элемента. Это разбалансирует мост, приводя к появлению сигнала, пропорционального концентрации газа. Нечувствительный элемент компенсирует изменения условий окружающей среды (рис. 2.38). На печатной плате сигнал с сенсора усиливается и преобразуется в аналоговый сигнал 4 – 20 мА для передачи на контроллер Regard.

2.7.2. Термокондуктометрические газоанализаторы

ТП-5501. Принцип действия газоанализатора основан на использовании зависимости теплопроводности анализируемой газовой смеси от содержания в ней измеряемого компонента, поскольку теплопроводность последнего значительно отличается от теплопроводности остальных компонентов. Изменение теплопроводности анализируемой газовой смеси, вызванное изменением содержания анализируемого компонента, приводит к изменению теплоотдачи с поверхности чувствительного элемента. Изменение температуры (сопротивления) последнего компенсируется в газоанализаторе соответствующим изменением тока через чувствительный элемент таким образом, чтобы тем-

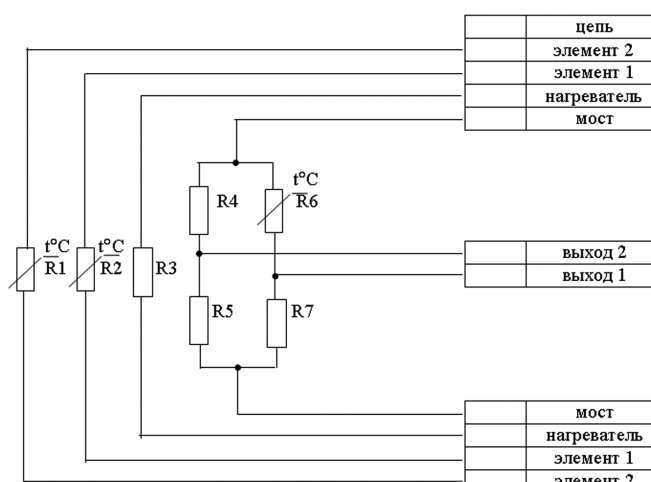


Рис. 2.39. **Схема электрическая принципиальная датчика**

пература (сопротивление) чувствительного элемента поддерживалась на неизменном уровне. Изменения тока через чувствительный элемент, несущие в себе измерительную информацию, преобразуются электрической системой газоанализатора в форму, удобную для дальнейшего использования.

Основой прибора является датчик. Он состоит из чувствительных элементов R1 и R2 (рис. 2.39), входящих в мостовую схему устройства регулирования. Резистор R2 служит для преобразования изменений теплопроводности анализируемой газовой смеси, R1 служит для линеаризации и устанавливается по необходимости для небольших диапазонов измерения.

Мост на резисторах R4 ... R7 служит для формирования сигнала, пропорционального изменениям температуры во внутреннем объеме датчика. Резистор R3 является нагревателем и служит нагрузкой устройства терморегулирования, изготавливается из медной проволоки.

Устройство электрической схемы газоанализатора и взаимодействие его составных частей объясняется схемой электрической структурной, приведенной на рис. 2.40.

Устройство терморегулирования служит для поддержания температуры во внутреннем пространстве датчика в +75°С, что позволяет уменьшить влияние изменений внешней температуры на показания газоанализатора.

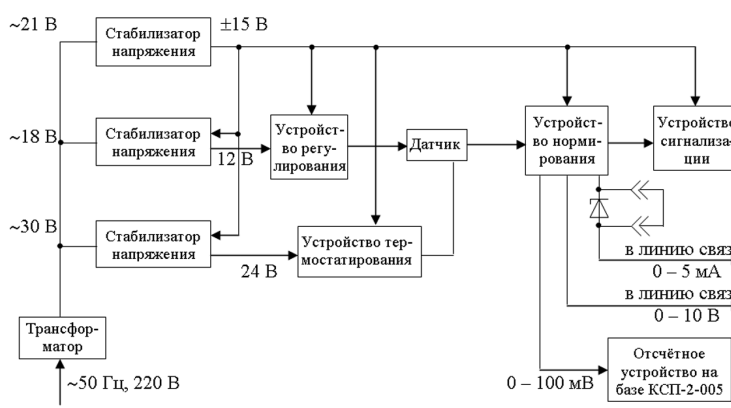


Рис. 2.40. **Схема электрическая структурная газоанализатора ТП-5501**

Устройство регулирования служит для поддержания на неизменном уровне температуры (сопротивления) чувствительного элемента датчика и преобразователя изменения теплопроводности анализируемой газовой смеси в электрический сигнал, который затем поступает на вход устройства нормирования сигнала.

Устройство нормирования сигнала служит для усиления сигнала с устройства регулирования и формирования линейных электрических стандартных выходных сигналов.

Устройство сигнализации осуществляет переключение контактов реле при достижении выходным сигналом одного из четырех уровней, установленных в пределах от 5 до 95 % от диапазона измерения.

Газоанализатор ТП-5501 предназначен для непрерывного измерения объемного содержания водорода или двуокиси углерода, или метана, или гелия, или азота во взрывоопасных двухкомпонентных газовых смесях.

2.7.3. Кулонометрические газоанализаторы

Байкал –5. Гигрометр «Байкал – 5» предназначен для непрерывного измерения объемной доли влаги и абсолютной влажности в воздухе и азоте, может использоваться для работы на воздухоразделительных установках, в технологических процессах, а также в лабораториях для научных исследований.

Принцип работы гигрометра основан на непрерывном из-

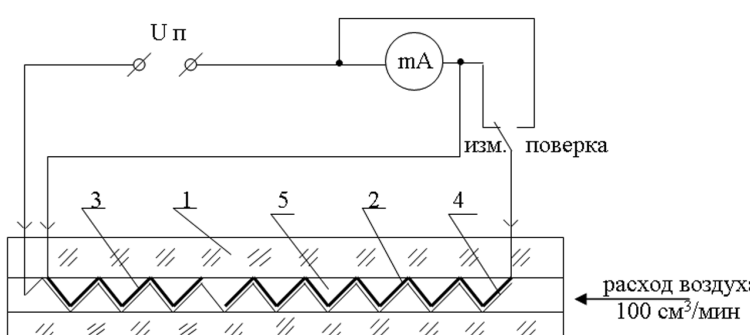


Рис.2.41. **Принцип работы гигрометра**

влечении влаги влагосорбирующей пленкой из точно дозируемого потока газа, одновременном электролитическом разложении извлеченной влаги на водород и кислород и измерении тока электролиза (рис. 2.41). В канале стеклянного цилиндрического корпуса 1 чувствительного элемента размещены три электрода: рабочий 2, контрольный 3 и общий 4, выполненные в виде геликоидальных несоприкасающихся спиралей. Между электродами нанесена пленка частично гидратированной пятиокиси фосфора 5, обладающая высокой влагосорбирующей способностью.

Через канал чувствительного элемента непрерывно проходит дозируемый поток газа, устанавливаемый при настройке равным 100 см^3/мин. При указанном расходе влага практически полностью извлекается из потока анализируемого газа влагосорбирующей пленкой. К электродам чувствительного элемента подключен источник постоянного тока, напряжение которого превышает потенциал разложения воды (2.3 В), поэтому одновременно с поглощением влаги, непрерывно осуществляется ее электролиз. В установившемся режиме работы чувствительного элемента, количество извлеченной и разложенной в единицу времени влаги равны, а ток электролиза, измеряемый миллиамперметром, пропорционален объемной доле влаги в анализируемом газе. При длительной работе гигрометра активная поверхность влагосорбирующей пленки может уменьшаться за счет загрязнения ее механическими примесями и аэрозолями масел. Это приво-

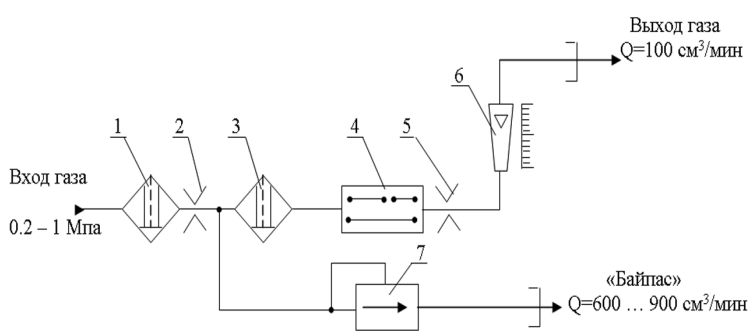


Рис.2.42. **Газовая принципиальная схема гигрометра «Байкал – 5»:** 1,3 – фильтр; 2,5 – сопротивление постоянное пневматическое; 4 – элемент чувствительный; 6 – индикатор расхода; 7 – стабилизатор расхода газа

дит к неполному извлечению влаги из анализируемого газа. Контроль исправности чувствительного элемента осуществляется автоматически по соотношению токов контрольной и рабочей частей чувствительного элемента, определяемых длиной рабочего и контрольного электродов. Для проверки работоспособности схемы контроля предусмотрен переключатель «измерение – поверка».

2.7.4. Фотоколометрические газоанализаторы

Сирена-2, Сирена-4. Газоанализаторы Сирена-2 и Сирена-4 предназначены для постоянного автоматического определения микроконцентрации токсических газов – аммиака и фосгена соответственно в воздухе производственных помещений, а также сигнализации превышения предела измерения.

В основу работы газоанализаторов положен фотоколометрический метод с применением индикаторного порошка в качестве первичного измерительного преобразователя. Принцип действия индикаторного порошка в составе газоанализатора основан на изменении спектрального коэффициента отражения от его поверхности в видимой области спектра при контакте с анализируемым компонентом. В газоанализаторе реализовано многократное использование индикаторного порошка.

Газоанализатор выполнен в виде трех конструктивно законченных блоков, соединенных между собой кабелями: дат-

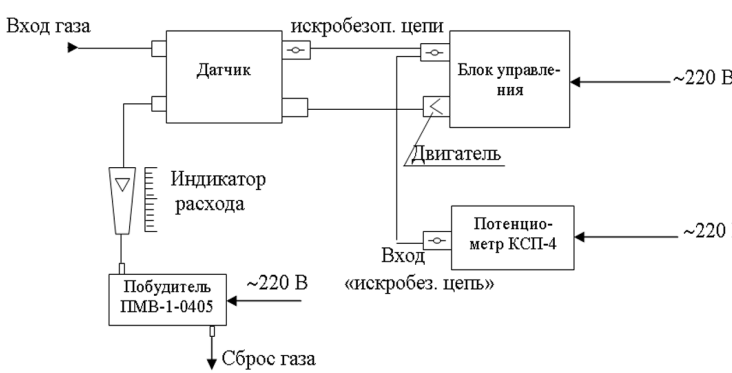


Рис. 2.43. **Схема электропневматическая газоанализаторов Сирена-2, Сирена-4**

чика, блока управления и автоматического потенциометра КСП-4-052И (рис. 2.43).

Через штуцер «Вход газа» непрерывно подается анализируемый воздух при помощи побудителя. Контроль за расходом воздуха производится индикатором расхода. Циклически через каждые 5 минут производится обдув индикаторного порошка в чашке под фотоблоком при помощи побудителя расхода (сильфона), расположенного в датчике, приводящимся в действие электроприводом от сети ~220 В. Анализируемый компонент вступает в реакцию с индикаторным порошком. Изменение спектрального коэффициента отражения индикаторного порошка в диапазоне длин волн 555 - 585 нм преобразуется в пропорциональный выходной сигнал постоянного тока 0 – 5 мА, который поступает на вход блока управления «искробезоп. цепи», где преобразуется в напряжение 0 – 10 мВ, которое подается на разъем «Вход искробезоп. цепь» автоматического потенциометра КСП-4-052И. Потенциометр производит индикацию и регистрацию измеряемого значения концентрации и выдает сигнал о превышении заданных значений ПДК.

2.7.5. Электрохимические газоанализаторы

Анкат-7621. Газоанализаторы Анкат-7621 предназначены для непрерывного контроля содержания в производственном

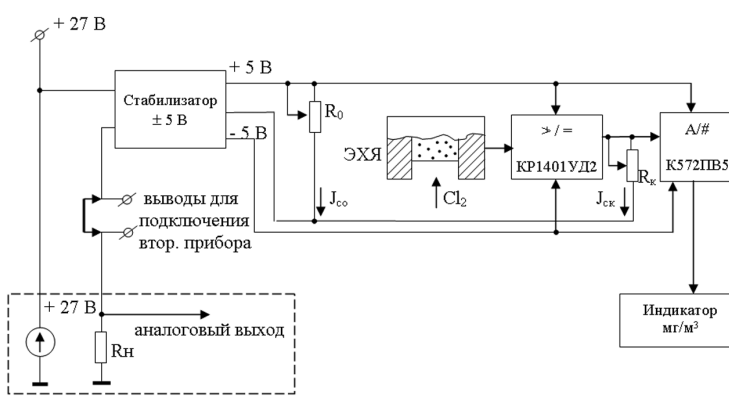


Рис.2.44. **Схема электрическая функциональная газоанализатора Анкат-7621**

помещении или наружных установках одного из следующих компонентов: SO_2, CO, H_2S, Cl_2 и выдачи аварийной сигнализации при превышении ПДК измеряемого компонента.

Принцип действия газоанализатора – электрохимический. Питание газоанализатора (рис. 2.44) осуществляется от источника 15 –30 В, в качестве которого используется блок питания и сигнализации БПиС. Двухпроводная линия служит одновременно для дистанционной передачи токового сигнала газоанализатора.

Токовый сигнал поступает в устройство сигнализации и может быть использован для подключения вторичных показывающих приборов. В газоанализаторе использована трехэлектродная, дифференциально включенная электрохимическая ячейка. При нулевом показании газоанализатора резистором R_0 устанавливается ток в линии связи $J_{со}$ = 4 мА. Резистором $R_к$, нагружающим выход нормирующего преобразователя, устанавливается ток $J_{ск}$ = 20 мА при показаниях газоанализатора, соответствующих концу шкалы. При отсутствующих нагрузочных резисторах R_0 и $R_к$ потребление в цепи питания газоанализатора не зависит от уровня измеряемой концентрации. Это является условием токового преобразования в цепи питания. Таким образом газоанализатор имеет унифицированный токовый выход 4 – 20 мА.

Электрохимическая ячейка является чувствительным элементом газоанализатора. Она состоит из рабочего, сравнительного и компенсационного электродов, которые изготовлены путем нанесения металлического катализатора на пористую фторопластовую пленку. Со стороны электролита электроды защищены устойчивой к составу электролита тканью и проницаемой решеткой для придания механической прочности конструкции. Рабочий и компенсационный электроды выполнены на одной подложке, но к компенсационному электроду доступ анализируемого воздуха перекрыт непроницаемой пленкой. К рабочему и компенсационному электродам по отношению к сравнительному приложен одинаковый потенциал. При попадании анализируемого газа через пористую подложку на металлический катализатор рабочего электрода, происходит окисление газа с выделением свободных электронов. С помощью электрической схемы газоанализатора электрический сигнал нормируется, преобразуется в цифровую и токовую форму. Компенсационный электрод с анализируемым

воздухом не соприкасается, и изменение тока через него при изменении температуры окружающей среды используется для стабилизации нулевых показаний газоанализатора.

2.7.6. Искровые пневматические газоанализаторы

СВИП-2. Сигнализатор СВИП-2 представляет собой промышленный стационарный автоматический прибор постоянного циклического действия, обеспечивающий поочередный контроль взрывоопасности в четырех различных точках. Он предназначен для контроля в воздухе производственных помещений взрывоопасных концентраций горючих газов, паров и их смесей: ацетон, бензин, водород, пропан, метан, метанол и др.

Принцип действия сигнализатора основан на методе прямого испытания среды на взрываемость путем искусственного воспламенения определенного объема анализируемой газовой смеси, обогащенной некоторым объемом горючего газа. В соответствии с этим принципом в сигнализаторе автоматически выполняются в определенной последовательности следующие операции: смещение в заданном соотношении анализируемого и горючего газов, формирование электрической искры и смеси горючего газа с воздухом для получения факела, индикация взрыва по давлению в испытательной камере (камере взрыва), транспортирование через камеру взрыва газовой смеси и продуктов взрыва, а также синхронизация операций во времени и контроль их выполнения, включая проверку работоспособности элементов конструкции.

Газоанализатор состоит из следующих узлов: управления, смещения, коммутации, контроля работоспособности, датчика взрыва, вспомогательного.

Узел управления предназначен для синхронизации остальных узлов и состоит из: трех последовательно соединенных импульсаторов; клапана, предназначенного для приведения импульсаторов в исходное состояние после срабатывания последнего; мультивибратора.

Узел смещения предназначен для смещения заданных объемов анализируемого и горючего газов в камере взрыва и приготовления смеси горючего газа с воздухом для получения факела.

Узел коммутации предназначен для подключения ко входу

коллектора одного из четырех входных каналов (Вх.1, Вх.2, Вх.3, Вх.4). Подключение осуществляется с помощью четырех коммутаторов. Переключение происходит с помощью четырех реле. Для определения, из какой точки отбора пробы происходит забор анализируемого газа, в каждой из входных линий установлены ротаметрические индикаторы расхода.

Узел контроля работоспособности предназначен для автоматической и ручной проверки работоспособности генератора искры, детектора взрыва и включения сигнализации в случае неисправности. Принцип действия этого узла основан на искусственном создании в камере взрыва заведомо взрывоопасной концентрации горючего газа.

Датчик взрыва состоит из генератора искры, камеры взрыва с двумя электродами и огнепреградителями и индикатора взрыва.

Вспомогательный узел содержит четыре повторителя для формирования избыточного давления 0,8 кгс/см^2, большого 0,7 кгс/см^2 и малого 0,4 кгс/см^2 подпоров и давления задания P_0, с помощью которого регулируется объем дозы горючего газа, величину которой выбирают так, чтобы обеспечить заданную (20 % НКПР) сигнальную точку. Иными словами, если горючие продукты содержатся в воздухе в количестве, соответствующем сигнальной точке, то в сумме с добавленным горючим газом получается смесь предельного состава, которая взрывается в камере при поджигании.

2.7.7. Оптико-абсорбционные газоанализаторы

Оптико-абсорбционный метод анализа газа основан на измерении поглощения инфрокрасной (ИК) энергии излучения анализируемым компонентом. Степень поглощения ИК-энергии излучения зависит от концентрации анализируемого компонента в газовой смеси. Каждому газу присуща своя область длин волн поглощения. Это обуславливает возможность проведения избирательного анализа газов.

ГИАМ-27. Газоанализатор ГИАМ-27 предназначен для контроля технического состояния двигателей внутреннего сгорания. Он определяет содержание окиси углерода CO, углеводородов CH в выхлопных газах и число оборотов коленчатого вала карбюраторных двигателей.

Газоанализатор содержит оптический блок, блок обработки

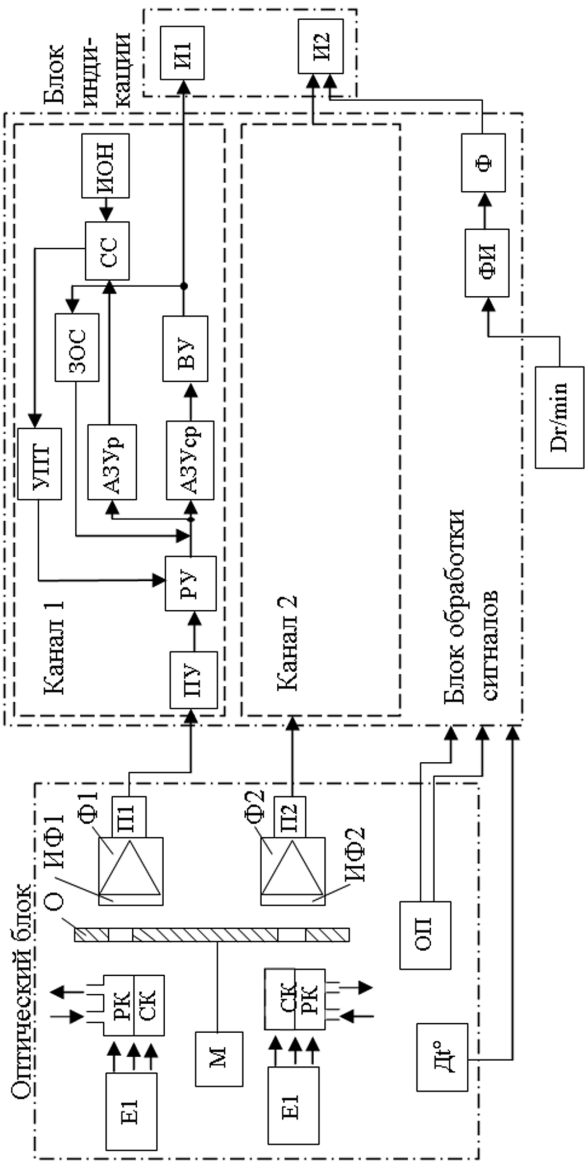


Рис. 2.45. **Схема функциональная газоанализатора ГИАМ-27**

сигналов, блок индикации, датчик частоты вращения коленчатого вала карбюраторного двигателя автомобиля (рис. 2.45).

Оптический блок состоит из двух излучателей Е1 и Е2, создающих потоки ИК-энергии, которые попадают в камеры, каждая из которых имеет две полости, обозначенные РК – рабочую с анализируемой газовой смесью и СК – сравнительную без анализируемой газовой смеси; обтюратора О, вращающегося от электродвигателя М; двух интерференционных фильтров ИФ1 и ИФ2; двух фоконов Ф1 и Ф2 с двумя приемниками ИК-излучения П1 и П2; оптоэлектронных пар ОП, выдающих информацию выдающих информацию о положении обтюратора; датчика температуры Dt°.

Блок обработки сигналов состоит из двух каналов обработки сигналов и тахометра, содержащего формирователь импульсов и фильтр. Каждый канал обработки сигнала включает в себя предварительный усилитель ПУ, регулируемый усилитель РУ, усилитель постоянного тока УПТ, аналоговое запоминающее устройство сигналов с рабочей и сравнительной камерами АЗУср и АЗУр, выходной усилитель ВУ, схему сравнения СС, источник опорного напряжения ИОН.

Блок индикации содержит два индикатора, один из которых индицирует содержание СО, другой - содержание СН или частоту вращения коленчатого вала двигателя.

В зависимости от положения обтюратора поток ИК-излучения излучателя попадает на приемник либо через рабочую камеру, либо через сравнительную камеру, пройдя через интерференционный фильтр, фокон.

На приемнике регистрируется переменный сигнал, который несет информацию о количестве ИК-энергии, поглощенной анализируемым газом с частотой обтюрации, и, следовательно, о концентрации анализируемого газа. Сигнал с приемника излучения, усиленный с помощью предварительного усилителя, поступает на регулируемый усилитель, с выхода которого сигнал проходит на два аналоговых запоминающих устройства АЗУр и АЗУср, управляемых формирователями синхроимпульсов, выдающих информацию о положении обтюратора в момент максимального открытия рабочей и сравнительной камер.

В АЗУр запоминается сигнал, пропорциональный ИК-потоку, проходящему через рабочую камеру, в АЗУср – сигнал пропорциональный ИК-потоку, проходящему через сравнительную камеру.

С выходов запоминающих устройств сигналы поступают на дифференциальный выходной усилитель постоянного тока, затем на индикаторное устройство.

Выходное напряжение с АЗУр поступает на схему сравнения СС, которая через УПТ управляет коэффициентом передачи РУ таким образом, чтобы сигнал с АЗУр был равен сигналу с ИОН.

Для повышения линейности статической характеристики газоанализатора в канале введено звено обратной связи ЗОС с выхода ВУ на входы АЗУр и АЗУср.

Для температурной компенсации чувствительности газоанализатора в ИОН введен сигнал с датчика температуры Dt°.

2.8. pH-МЕТРЫ

pH-метры в основном являются приборами, предназначенными для определения величины pH и окислительно-восстановительных потенциалов водных растворов, а также для использования в качестве высокоомного милливольтметра.

Прибором можно производить измерения как методом отбора проб с помощью входящих в комплект датчиков, так и непосредственно в лабораторных установках.

Приборы рассчитаны для использования в научно-исследовательских учреждениях, промышленных предприятиях и различных отраслях народного хозяйства.

На производстве в основном используются pH-метры типа pH-210, pH-215 и др., а также иономеры, предназначенные для определения активности одно- и двухвалентных анионов и катионов (величины pX) в водных растворах, типа И-120, И-130, И-135 и др.

2.8.1. Принцип измерения величины pH

Для измерения величины pH используется потенциометрический метод анализа, который основан на использовании зависимости электрического сигнала (потенциала) специального датчика, называемого измерительным электродом, от состава анализируемого раствора. Измерительный электрод реагирует на ионы водорода, а его потенциал зависит от содержания этих ионов в растворе и подчиняется уравнению Нернста:

$$E = E_0 + R \cdot T/F \cdot \ln a_н = E_0 - 2{,}3 \cdot R \cdot T/F \cdot pH,$$

где R - универсальная газовая постоянная, равная $8{,}315 \cdot 10^7$ эрг/С·моль;

T - температура раствора, К;

F - 96000 кулон/г экв (число Фарадея);

$a_н$ - активность ионов водорода в растворе;

pH - величина pH раствора;

E_0 - потенциал стеклянного электрода по отношению к стандартному водородному электроду при $a_н$=1.

Абсолютную величину потенциала в настоящее время измерить невозможно, однако можно измерить потенциал относительно другого электрода, потенциал которого не зависит от состава раствора и условно равен нулю. Такой электрод называется электродом сравнения или вспомогательным электродом.

Таким образом, измерения всегда проводятся при помощи двух электродов: измерительного и электрода сравнения. Кроме того, в настоящее время существуют комбинированные электроды, которые в одном корпусе содержат оба электрода и измерительный, и сравнительный.

Кроме того, следует знать, что электродная функция зависит от температуры раствора. Эта зависимость показана на рис.2.46.

С увеличением температуры увеличивается наклон (крутизна) электродной характеристики.

Концентрация анализируемых ионов, при которой потен-

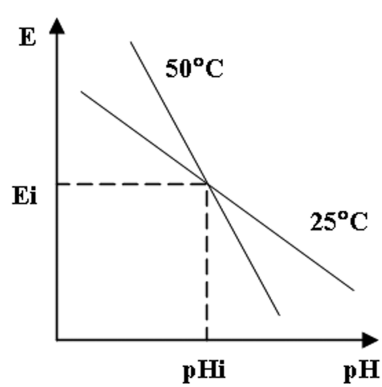


Рис.2.46. **Зависимость электродной функции от температуры**

циал электрода не зависит от температуры, называется изопотенциальной точкой.

Значения концентрации раствора и потенциала электрода в этой точке называют координатами изопотенциальной точки.

Для стеклянных электродов координаты изопотенциальной точки нормируются, т.е. указываются изготовителем, а для прочих электродов обычно нет. Современные измерительные приборы позволяют автоматически учитывать температурные изменения электродной характеристики (термокомпенсация), для этого в прибор должны быть введены координаты изопотенциальной точки и текущая температура. Последняя может вводиться либо вручную, либо посредством термодатчика, подключенного к прибору.

При выборе электродов рекомендуется выбирать такой электрод, изопотенциальная точка которого лежит вблизи средней концентрации анализируемых растворов.

Рассмотрим измерительную систему со стеклянными измерительным и вспомогательным электродами, схема которой приведена на рис. 2.47.

При погружении электрода в раствор между поверхностью шарика 1 стеклянного электрода и раствором происходит об-

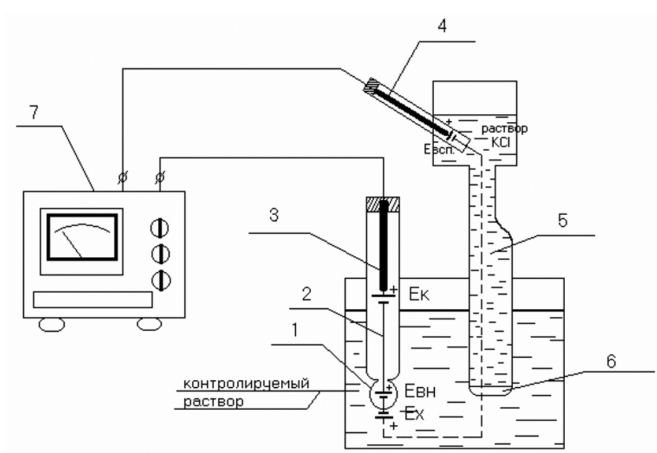


Рис. 2.47. **Схема измерения величины pH раствора:**
1 - полый шарик из электродного стекла; 2 - стеклянный электрод;
3 - внутренний контактный электрод; 4 - вспомогательный электрод;
5 - электролитический ключ; 6 - пористая перегородка; 7 - милливольтметр

мен ионами, в результате которого ионы лития в поверхностных слоях стекла замещаются ионами водорода, и стеклянный электрод приобретает свойства водородного электрода.

Между поверхностью стекла и контролируемым раствором возникает разность потенциалов E_x, величина которой определяется активностью ионов водорода в растворе и его температурой.

Для создания электрической цепи при измерении применяются контактные электроды: внутренний контактный электрод 3, осуществляющий электрический контакт с раствором, заполняющим внутреннюю часть стеклянного электрода, и внешний контактный электрод (вспомогательный электрод) 4, осуществляющий электрический контакт с контролируемым раствором.

Для защиты от воздействия высоких температур (при измерении pH растворов, температура которых выше температуры окружающего воздуха) вспомогательный электрод помещают вне контролируемого раствора и связь с ним осуществляется с помощью электролитического ключа 5 – трубки, наполненной раствором хлористого калия и заканчивающейся пробкой со стеклянным волокном 6.

Раствор хлористого калия непрерывно просачивается через стеклянное волокно пробки, предотвращая проникновение из контролируемого раствора в систему электрода 4 посторонних ионов, которые могли бы изменить величину потенциала электрода.

Электродвижущая сила электродной системы равна алгебраической сумме потенциалов контактов электродов $E_к$ и $E_{всп}$ потенциала, возникающего на внутренней поверхности стеклянного электрода и определяемого величиной pH внутреннего раствора $E_{вн}$ и потенциала, возникающего на наружной поверхности стеклянного электрода $E_к$.

Величины $E_к$, $E_{всп}$, и $E_{вн}$ не зависят от состава контролируемого раствора и меняются только при изменении температуры

$$E = E_к + E_{всп} + E_{вн} + E_x = E_0 - 2{,}3 \cdot R \cdot T/F \cdot pH$$

Суммарная электродвижущая сила электродной системы зависит от величины pH раствора.

Измеряя ЭДС электродной системы с помощью милливольтметра, шкала которого градуирована в единицах pH, определяют величину pH контролируемого раствора.

2.8.2. Принцип действия прибора

Электродная система, являющаяся датчиком, имеет большое внутреннее сопротивление, достигающее 500-1000 МОм.

Для измерения ЭДС электродной системы применяется компенсационная схема, позволяющая существенно уменьшить ток, потребляемый от датчика при измерении.

Элементарная схема, поясняющая принцип действия pH-метра, приведена на рис.2.48.

Э.Д.С. электродной системы E_x сравнивается с падением напряжения на сопротивлении R, через которое протекает ток $I_{вых}$ оконечного каскада усилителя. Падение напряжения $U_{вых}$ на сопротивлении R противоположно по знаку электродвижущей силе E_x, и на вход усилителя подается напряжение: $U_{вх} = E_x - U_{вых} = E_x - R \cdot I_{вых}$.

Напряжение $U_{вх}$ преобразуется вибропреобразователем в переменное напряжение, которое затем многократно усиливается и при помощи фазочувствительного детектора вновь преобразуется в постоянное напряжение. Это напряжение управляется током $I_{вых}$ оконечного каскада усилителя. При достаточно большом коэффициенте усиления усилителя напряжение $U_{вых}$ мало отличается от ЭДС E_x и благодаря этому ток, протекающий через электроды в процессе измерения ЭДС, весьма мал.

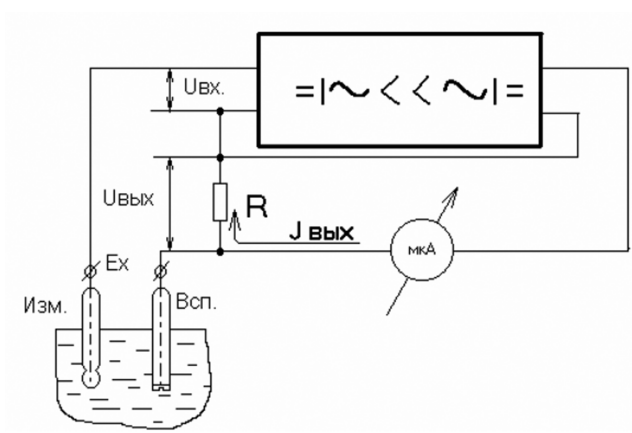


Рис. 2.48. **Элементарная схема прибора**

Ток $I_{вых}$, протекающий через сопротивление R, пропорционален ЭДС электродной системы и величине pH контролируемого раствора.

2.8.3. Электродная система

Основной характеристикой электродной системы является зависимость ее Э.Д.С. от величины pH и температуры раствора. В общем случае Э.Д.С. может быть выражена уравнением:

$$E=E_и-[S_{20}+a(t-20)](pH-pH_и),$$

где E - Э.Д.С. в милливольтах;

t- температура электродов;

pH - величина pH раствора;

$pH_и$ - величина pH раствора, соответствующая изопотенциальной точке;

S_{20} - крутизна характеристики в изопотенциальной точке;

a - температурный коэффициент крутизны.

Зависимость Э.Д.С. электродной системы pH и температуры может быть представлена следующим приближенным уравнением:

$$E=-33-(54,196+0,1884t)\ (pH-3,28).$$

2.9. ЭЛЕКТРОИЗМЕРЕНИЯ

Электроизмерительные приборы классифицируют по различным признакам.

По роду измеряемой величины электроизмерительные приборы подразделяют на амперметры, вольтметры, ваттметры, счетчики электрической энергии, фазометры, частотомеры, омметры и т.д. Условное обозначение прибора по роду измеряемой величины (табл. 2.3) наносится на лицевую сторону прибора.

На шкалах электроизмерительных приборов указывают также условные обозначения, отражающие род электрического тока, класс точности прибора, испытательного напряжения изоляции, рабочего положения прибора и т.д. (табл. 2.4).

Электроизмерительные приборы бывают *аналоговыми* и *цифровыми*.

Таблица 2.3

Наименование прибора	Условное обозначение
Амперметр	A
Вольтметр	V
Вольтамперметр	VA
Ваттметр	W
Варметр	Var
Микроамперметр	μA
Миллиамперметр, милливольтметр	MA, mV
Омметр	Ω
Мегаомметр	MΩ
Частотомер	Hz
Волномер	λ
Фазометр: измеряющий сдвиг фаз	φ
измеряющий коэффициент мощности	cos φ
Счетчик ампер-часов	Ah
Счетчик ватт-часов	Wh
Счетчик вольт-ампер-часов реактивный	varh
Гальванометр	
Осцилограф	

Таблица 2.4

Значение условного обозначения	Условное обозначение
Прибор постоянного тока	⎓
Прибор постоянного и переменного тока	⩱
Прибор переменного тока	~
Прибор трехфазного тока	≋
Рабочее положение шкалы горизонтальное	⊐
Рабочее положение шкалы вертикальное	⊥
Рабочее положение шкалы наклонное, под углом 60° к горизонту	∠60°
Прибор класса точности 0,5	**0,5**
Измерительная цепь изолирована от корпуса и испытана напряжением 3 кВ	
Прибор испытанию прочности изоляции не подлежит	

Аналоговыми называют измерительные приборы, показания которых являются непрерывной функцией измеряемой величины. Цифровыми называют измерительные приборы, показания которых выражены в цифровой форме.

В зависимости от вида получаемой измерительной информации приборы подразделяют на показывающие, регистрирующие, самопишущие, печатающие, интегрирующие, суммирующие.

Наибольшее распространение в электротехнической практике получили показывающие приборы, т.е. приборы непосредственной оценки, или прямого отсчета. Приборы этого типа независимо от принципа действия и назначения состоят из двух основных частей: измерительной цепи и измерительного механизма. Простейшая измерительная цепь, например, вольтметра представляет собой индуктивную катушку с последовательно подсоединенным добавочным сопротивлением. При постоянном сопротивлении такой цепи через катушку проходит ток, пропорциональный измеряемому напряжению.

В простейшем амперметре измерительная цепь состоит из измерительной катушки, последовательно подключенной к электрической сети, в которой необходимо измерить ток.

Измерительный механизм предназначен для преобразования подводимой к нему электрической энергии в механическую энергию перемещения подвижной части прибора и связанной с ней стрелкой или другим указательным устройством, каждому положению которого соответствует определенное значение измеряемой величины. Одинаковый по конструкции измерительный механизм в сочетании с различными измерительными цепями можно применять для измерения различных электрических величин.

Перемещение подвижной части измерительного прибора происходит за счет взаимодействия магнитных или электрических полей в электроизмерительном приборе, в результате которого возникает вращающий момент $M_{вр}$, пропорциональный значению измеряемой величины. Под действием $M_{вр}$ подвижная часть измерительного механизма повернется до упора, если этому не будет препятствовать противодействующий момент $M_{пр}$. Установившееся отклонение подвижной части измерительного механизма наступает при равенстве вращающего и противодействующего моментов: $M_{вр} = M_{пр}$.

Для создания противодействующего момента в современ-

ном электроприборостроении используются механические и электромагнитные силы. Приборы с электромагнитным противодействующим моментом называются логометрами, устройство и работа которых рассмотрены в разделе «Пирометрия». Для создания механического противодействующего момента широко используют спиральные пружины из фосфорной бронзы (рис. 2.49).

В более чувствительных приборах, например, гальванометрах иногда применяют подвесы или растяжки. Подвес обычно представляет собой упругую металлическую ленту 1, на которой свободно подвешена подвижная система прибора 2 (рис. 2.49, б). Растяжки 1 выполняют так же, как и подвесы, но в приборе их две и они имеют предварительное натяжение (рис. 2.49, в).

Для точной установки стрелки 2 прибора (рис.2.49, а) на нулевое значение служит специальное корректирующее устройство, позволяющее с помощью специального винта 5 смещать поводок 1, в котором закреплен неподвижный конец противодействующей пружины 4. Подвижная часть прибора не должна изменять положения под действием сил тяжести. Уравновешивание подвижной системы прибора достигается путем ее балансировки с помощью грузиков 3, которые устанавливаются на тонких нарезных стержнях с противоположной стороны стрелки.

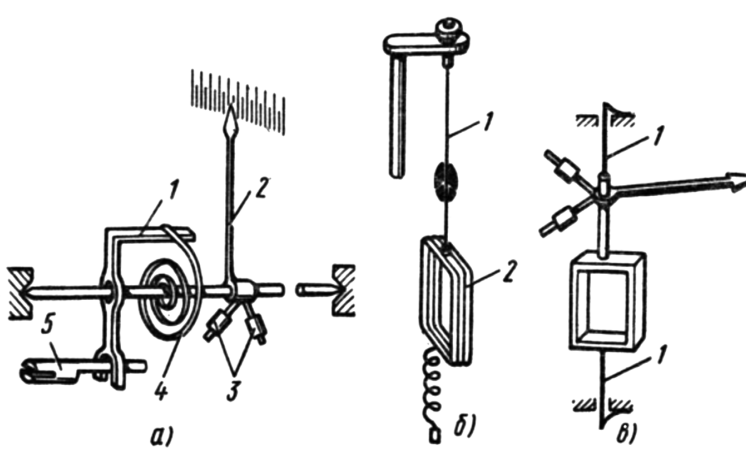


Рис. 2.49. **Схемы измерительных механизмов**

Для того чтобы при внезапном изменении значения измеряемой величины, когда нарушается равновесие моментов, стрелка прибора быстро (без колебаний) занимала новое положение, показывающие приборы снабжают успокоителями (демпферами). Назначение успокоителей состоит в том, чтобы поглощать кинетическую энергию подвижной части измерительного механизма. При хорошем успокоительном воздействии демпфера подвижная часть прибора должна принимать новое положение равновесия после небольшого колебания, причем для большинства стрелочных прибоов время успокоения не должно превышать 4 с. За время успокоения принимают промежуток времени от момента включения прибора до момента, когда стрелка прибора отклоняется от положения равновесия не более чем на 1 % шкалы.

Наибольшее распространение получили воздушные и магнитоиндукционные успокоители. В воздушном успокоителе (рис. 2.50, а) демпфирующий момент создается за счет торможения легкого поршенька 2, жестко связанного с подвижной частью прибора и двигающегося внутри закрытой камеры 1.

В магнитоиндукционных успокоителях (рис. 2.50, б) демпфирующий момент создается силами взаимодействия между полем постоянного магнита 1 и вихревыми токами, наводимыми этим полем в металлическом диске 2 при его движении.

К электроизмерительным приборам предъявляются следующие основные требования:

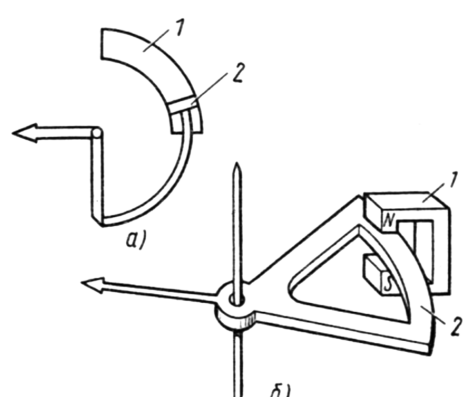


Рис. 2.50. **Воздушный и магнитоиндукционный успокоитель**

1) погрешность прибора не должна превышать указанного на лицевой стороне предела (класса точности) и не должна изменяться с течением времени;

2) шкала прибора должна быть проградуирована в единицах СИ;

3) прибор должен быть снабжен успокоительной системой;

4) магнитные и электрические поля, температура окружающей среды не должны оказывать заметного влияния на показания прибора;

5) прибор должен потреблять минимальное количество энергии и должен выдерживать установленную ГОСТом перегрузку.

2.9.1. Приборы магнитоэлектрической системы

Принцип действия приборов магнитоэлектрической системы основан на воздействии магнитного поля постоянного магнита на подвижную катушку с током, помещенное в это поле. Устройство прибора такой системы с механической противодействующей силой показано на рис. 2.51. Прибор состоит из

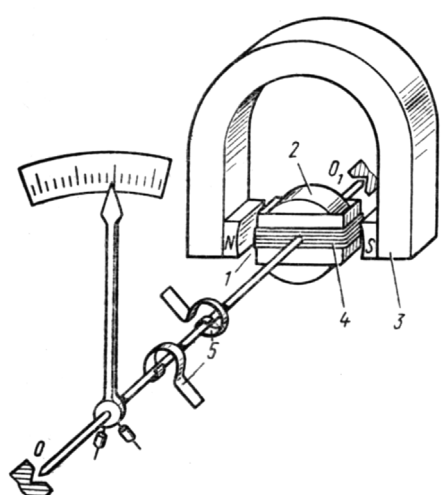


Рис. 2.51. **Схема прибора магнитоэлектрической системы**

неподвижной части, представляющей собой подковообразный магнит 3 с полюсными наконечниками, которые выполнены из магнитомягкой стали и имеют цилиндрическую расточку. В пространстве между полюсными наконечниками неподвижно закреплен стальной цилиндрический сердечник 2, который необходим для создания в воздушном зазоре 1 между полюсными наконечниками и сердечником равномерного радиально направленного поля. В воздушном зазоре расположена подвижная катушка 4, выполненная из тонкого изолированного провода, намотанного на алюминиевый каркас прямоугольной формы (или без каркаса). Концы обмотки соединены со спиральными пружинами 5 (растяжками или подвесом), изолированно закрепленными на стальных полуосях 00_1 рамки. С другой стороны, пружины своими свободными концами соединены с двумя неподвижными проводами, подводящими ток к катушке, т.е. пружины являются токоведущими частями прибора. Пружины изготовляют из фосфористой бронзы. Их основное назначение – создание противодействующего момента в приборе и возвращение подвижной системы в первоначальное положение, когда прибор отключен от сети.

Направление отклонения стрелки приборов магнитоэлектрической системы зависит от направления измеряемого тока, поэтому при включении их в цепь переменного тока на подвижную катушку действуют быстроизменяющиеся по значению и направлению механические силы, среднее значение которых равно нулю. Следовательно такие приборы пригодны только для измерений в цепях постоянного тока.

Приборы магнитоэлектрических систем производятся на токи не более 150 - 200мА, так как при больших токах происходит недопустимый нагрев спиральных пружин (или растяжек), служащих как отмечалось ранее, токопроводящими элементами системы. Для расширения пределов измерения магнитоэлектрических приборов по току используют шунты, представляющие собой сопротивление, включенное параллельно прибору для того, чтобы только определенная часть измеряемого тока проходила через сам прибор.

Измерительные приборы магнитоэлектрической системы можно применять при измерениях в цепях переменного тока, если в цепи подвижной катушки включить преобразователь переменного тока в постоянный или пульсирующий.

Магнитоэлектрические приборы обладают следующими

положительными свойствами: высокой чувствительностью и большой точностью измерений; незначительной собственной потребляемой мощностью; незначительной зависимостью работы приборов от внешних магнитных полей и температуры окружающей среды, равномерностью шкалы по всей ее длине и большим диапазоном измерения значений тока (от 10^{-6} до 50 А) и напряжения (от 10^{-3} до нескольких сотен вольт при применении добавочных сопротивлений); хорошей апериодичностью, т.е. быстрым успокоением подвижной системы.

К отрицательным свойствам магнитоэлектрических приборов следует отнести слабую перегрузочную способность и необходимость при измерениях в цепях переменного тока применять специальные преобразователи.

2.9.2. Приборы электромагнитной системы

Принцип действия приборов электромагнитной системы основан на механизме втягивания подвижного ферромагнитного сердечника внутрь неподвижной катушки под действием ее магнитного поля, создаваемого в катушке проходящим через нее измеряемым током.

Наиболее широко распространены электромагнитные приборы с плоской катушкой (рис. 2.52).

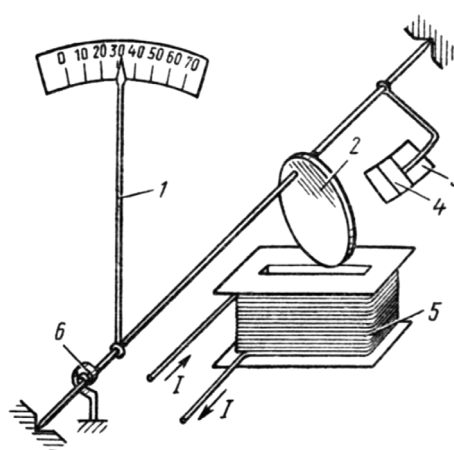


Рис. 2.52. **Электромагнитный прибор с плоской катушкой**

Прибор состоит из прямоугольной неподвижной катушки 5, через которую проходит измеряемый ток. Катушка имеет узкую щель, в которую может входить сердечник, выполненный в виде тонкого лепестка 2 из магнитомягкой стали и закрепленной эксцентрично на оси прибора. К этой же оси прикреплены указательная стрелка 1, спиральная пружина 6, создающая противодействующий момент, и поршень 4 воздушного успокоителя 3, создающего демпфирующий момент. Концы оси прибора удерживаются в подшипниках. Ток I, проходя через витки катушки, создает магнитный поток, который, намагничивая стальной сердечник, втягивает его в катушку, причем тем сильнее, чем больше магнитная индукция поля катушки. При втягивании стального сердечника ось прибора поворачивается и стрелка отклоняется на некоторый угол.

При изменении направления тока в катушке электромагнитного прибора меняются одновременно на противоположные магнитные полюсы ферромагнитного сердечника, вследствие чего направление вращающего момента подвижной части прибора не меняется. Поэтому приборы электромагнитной системы пригодны для измерений в цепях как постоянного, так и переменного токов.

Основные достоинства приборов электромагнитной системы – простота и надежность устройства, высокая перегрузочная способность, дешевизна и возможность использования для измерений в цепях постоянного и переменного тока.

К недостаткам приборов электромагнитной системы можно отнести невысокий класс точности, который обычно не выше 1,0 из-за влияния гистерезиса; относительно большое собственное потребление мощности; неравномерность шкалы; низкая чувствительность, из-за чего эти приборы непригодны для измерения малых токов и напряжений; зависимость показаний от внешних магнитных полей, так как собственное поле катушки расположено в воздушной среде, поэтому его индукция незначительна; ограниченность диапазона частот (не свыше 8000 Гц).

2.9.3. Приборы электродинамической системы

Принцип действия приборов электродинамической системы основан на взаимодействии проводников с токами. Извес-

тно, что два проводника с токами взаимно притягиваются, если токи в них имеют одинаковое направление, и взаимно отталкиваются при различном направлении токов.

Прибор этой системы (рис. 2.53) состоит из двух катушек: неподвижной 2, состоящей из двух секций, которые соединены между собой последовательно, и подвижной 3, закрепленной на оси и вращающейся на ней внутри неподвижной катушки. Ток к подвижной катушке подводят через закрепленные на оси спиральные пружинки 1, которые одновременно создают противодействующий момент, пропорциональный углу закручивания. При этом пружинки электрически изолированы от оси. На оси подвижной катушки закреплены также указательная стрелка 4 и крыло воздушного успокоителя 5. Для повышения класса точности прибора и его чувствительности обмотку подвижной катушки выполняют из тонкой изолированной проволоки на ток не более 0,5 А.

Приборы электродинамической системы имеют высокую точность, что обусловлено отсутствием ферромагнитных сердечников, и могут использоваться для измерений в цепях постоянного и переменного тока. При измерении в цепях переменного тока электродинамические приборы являются самыми точными.

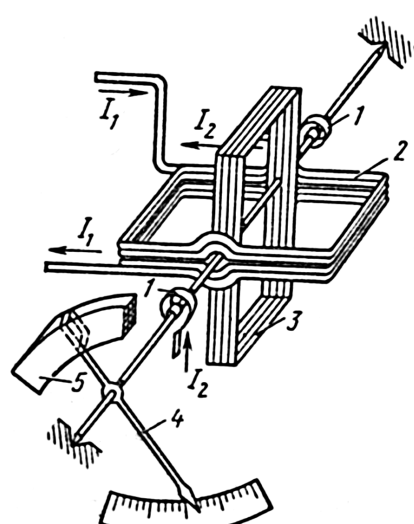


Рис. 2.53. **Схема прибора электродинамической системы**

Их выполняют в основном в виде переносных приборов, имеющих классы точности 0,1; 0,2; 0,5. Высокая точность приборов обусловлена тем, что для создания вращающего момента подвижной части приборов используют магнитные потоки, действующие в воздухе, что исключает возможность возникновения погрешностей из-за вихревых токов, гистерезиса и т.д.

Недостатками приборов электродинамической системы являются зависимость их показаний от воздействия внешних магнитных полей, так как их собственное магнитное поле незначительно, и слабая перегрузочная способность, так как подвод тока к подвижной катушке осуществляется через тонкие спиральные пружинки. Кроме того, эти приборы потребляют довольно значительную мощность, так как для создания достаточного вращающего момента приходится из-за слабости собственного магнитного поля заметно увеличивать число витков неподвижной и подвижной катушек.

2.9.4. Приборы индукционной системы

Работа приборов индукционной системы основана на использовании явления возникновения вращающегося (или бегущего) магнитного поля, т.е. на способности этих полей создавать вращающий момент, действующий на подвижное металлическое тело, помещенное в такое поле.

Индукционные приборы применяют для измерения тока, напряжения, мощности и энергии в цепях переменного тока. Поэтому принцип действия индукционных приборов рассмотрим на примере работы счетчика электрической энергии переменного однофазного тока (рис. 2.54).

В индукционном счетчике бегущее магнитное поле, создаваемое токами его катушек, индуцирует в алюминиевом подвижном диске вихревые токи. Взаимодействие бегущего магнитного поля с вихревыми токами создает вращающий момент, заставляющий диск вращаться в ту же сторону, в которую вращается поле. Противодействующий момент создается в результате взаимодействия поля постоянного магнита 8 с наводимыми им во вращающемся алюминиевом диске вихревыми токами.

Подвижная часть прибора представляет собой алюминиевый диск 5, укрепленный на оси 4. Неподвижная часть сердечника состоит из двух электромагнитов 1 и 6 с намагничивающимися катушками 2 и 7 соответственно. Электромагнит

1 является трехстержневым, а катушка 2 состоит из большого числа витков изолированного проводника малого сечения.

Электроэнергия, учитываемая счетчиком, пропорциональна частоте вращения диска.

Также счетчик электроэнергии имеет счетный механизм, который связан червячной передачей с осью диска. По показаниям счетного механизма определяют количество электроэнергии, которое израсходовал потребитель.

К достоинствам индукционных счетчиков следует отнести их большую надежность в работе, значительную перегрузочную способность по току (около 300 %), незначительную чувствительность к внешним магнитным полям и большое значение вращающего момента.

Индукционные приборы пригодны для переменного тока только одной определенной частоты, что является в определенной степени недостатком таких приборов. Другим недостатком можно считать зависимость показаний прибора от температуры окружающей среды: с повышением температуры окружающей среды увеличивается сопротивление прибора и уменьшаются вихревые токи, что приводит к уменьшению вращающего момента (примерно на 0.4 % при нагревании на 1^0C).

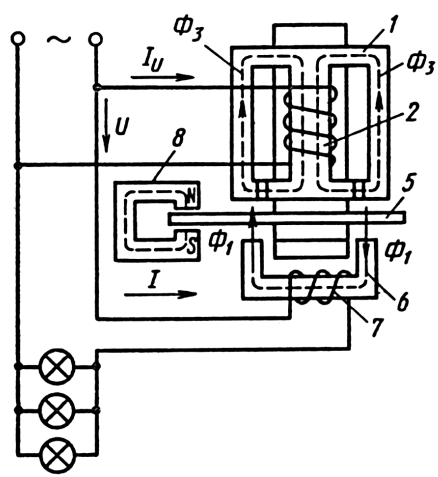


Рис. 2.54. **Счетчик электрической энергии переменного однофазного тока**

2.10. КОНДУКТОМЕТРЫ

2.10.1. Кондуктометрические методы анализа и назначение приборов

Кондуктометрические методы анализа основаны на измерении удельной электропроводности исследуемых растворов.

Электричество переносится через растворы электролитов находящимися в растворе ионами, несущими положительные и отрицательные заряды. Для предотвращения электролиза при измерении электропроводности растворов используют переменный ток.

Электропроводность зависит от многих факторов и, в частности, от природы вещества, растворителя и концентрации. Измеряя электропроводность, можно определить содержание различных веществ и их соединений в исследуемых растворах. Электропроводность растворов определяется с помощью кондуктометров различных конструкций, измеряя электрическое сопротивление слоя жидкости, находящейся между двумя электродами, опущенными в исследуемый раствор.

Однако возможно непрерывно измерять удельную электрическую проводимость электропроводящих растворов бесконтактным индуктивным способом.

Кроме того, можно наблюдать за изменением электропроводности раствора в процессе химического взаимодействия. В зависимости от принципа измерения методы классифицируют на:

1) прямая кондуктометрия, основанная на непосредственном измерении электропроводности исследуемого раствора индивидуального вещества;

2) кондуктометрическое титрование, основанное на измерении электропроводности, изменяющейся в процессе взаимодействия титранта с определяемым веществом во время титрования; при этом о содержании вещества судят по излому кривой титрования, которую строят в координатах: удельная электропроводность – колличество добавленного электролита;

3) хронокондуктометрическое титрование, основанное на определении содержания вещества по времени титрования,

автоматически регистрируемому на диаграммной бумаге регистратора кривой титрования.

В зависимости от методов и назначения существуют различные конструкции кондуктометров.

Кондуктометры позволяют решать многие практические задачи, в том числе для осуществления непрерывного контроля производством. Их используют для контроля очистки воды, оценки сточных вод, контроля солей в минеральной, морской речной воде. Определение электропроводности - один из методов контроля качества пищевых продуктов: молока, вин, напитков и т. д. Нередко при анализе смесей электролитов измерение электропроводности сочетают с измерением других величин (рефракции, вязкости, pH, плотности и т. д.).

В некоторых случаях определению электропроводности предшествует химическое взаимодействие. Именно так проводят кондуктометрическое определение различных газов: CO_2, CO, O_2, NH_3, SO_2, H_2S и т. д. Например, при определении CO_2 измеряют электропроводность раствора щелочи после поглощения им CO_2. Этот прием используют при кондуктометрическом определении C, N, O, S и H в органических соединениях, металлах и сплавах.

2.10.2. Принцип действия и устройство прибора

Электропроводность раствора электролита может быть найдена, если измерить активное сопротивление между погруженными в него электродами. Для измерения сопротивления пользуются переменным током, так как постоянный ток вызывает электролиз и поляризацию электродов. Источником тока обычно служат генераторы звуковой частоты.

Сопротивление раствора электролита определяют путем сравнения с эталонным сопротивлением. Для этого используют мостик Уитстона (рис.2.55). Сопротивления R_1, R_2, R_3, R_4 можно подобрать так, чтобы ток в диагонали мостика отсутствовал, т. е. сопротивление его ветвей было пропорционально друг другу. Измеряемое сопротивление R_4 можно найти по формуле:

$$R_4=R_3\cdot R_2/R_1$$

Сопротивления R_1 и R_2 выбирают постоянными или сохраняют постоянными их соотношение; R_3 может изменяться. Таким образом, при балансировке моста регулируют сопротивление R_3 и находят сопротивление R_4. В качестве нуль-индикатора применяют осциллографы, гальванометры переменного тока или (после выпрямления) постоянного тока, цифровые вольтметры.

Условия равновесия моста применимы к переменному току, если R_1, R_2, R_3, R_4 - активные сопротивления. Однако на мостике переменного тока силу тока в диагонали нельзя свести к нулю, так как к активному сопротивлению добавляется некоторое реактивное сопротивление, обусловленное емкостью электролитической ячейки и цепи.

В электрическую эквивалентную схему электролитической ячейки (рис.2.56) кроме истинного активного сопротивления раствора R, зависящего от концентрации ионов и их эквивалентной электропроводности, входят дополнительные активные и реактивные сопротивления, возникающие в ячейке при измерении сопротивления. Электрическую ячейку – сосуд той или иной формы, содержащий электролит с погруженными в него электродами, в принципе можно рассматривать как конденсатор с электродной поверхностью S, электродным расстоянием l, заполненный раствором с диэлектрической проницаемостью. Сопротивление емкости C_r, шунтирующее ис-

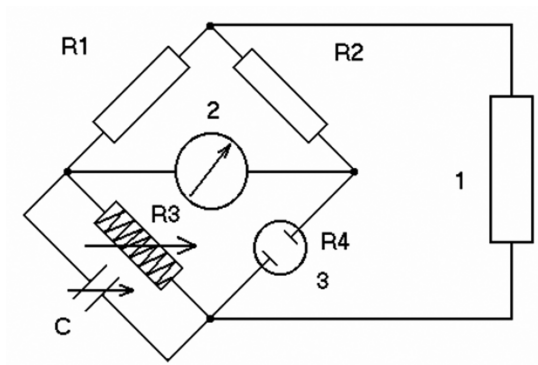


Рис.2.55. **Мостик Уитстона:**
R1, R2, R3, R4- плечи моста; C- переменная емкость;
1- звуковой генератор; 2- индикатор нуля; 3- электролитическая ячейка

тинное сопротивление электролита в водных растворах, обычно значительно выше истинного сопротивления раствора и поэтому не вызывает ошибок в измерении электропроводности. Однако при очень высоком истинном сопротивлении электролита эти величины могут быть соизмеримы. Возникающие ошибки уменьшаются с понижением частоты тока.

На границе металлический электрод – раствор электролита возникает двойной электрический слой. Емкость двойного слоя влияет на сдвиг фаз между током и напряжением, что приводит к ошибкам в измерении истинного сопротивления раствора.

Ошибки измерений могут быть связаны с электрохимическими процессами на электродах – разрядкой ионов, приводящей к изменению концентрации ионов у поверхности электрода. Вследствие медленной диффузии ионов к электроду наблюдается концентрационная поляризация, которая создает поляризационную емкость $C_п$ и поляризационное сопротивление $R_п$. Ошибки, связанные с поляризационными явлениями, уменьшаются с повышением частоты тока и увеличением концентрации. При чистоте тока выше 1000 Гц влияние поляризации незначительно.

Шунтирование сопротивления R емкостью C_1 и сопротивлением R_1, возникающее при неудачной конструкции ячейки (близкое расположение проводов, идущих от электродов), также вызывает ошибки измерения. Емкость прово-

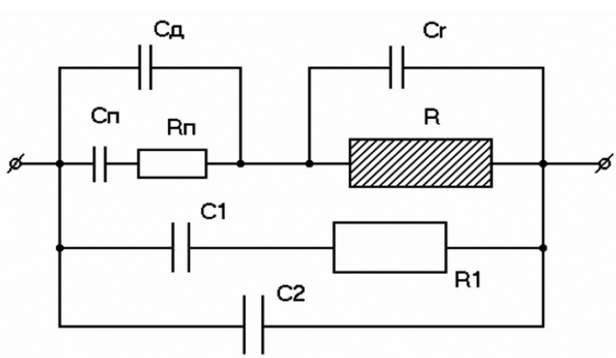


Рис.2.56. **Электрическая эквивалентная схема ячейки:**
R - истинное сопротивление раствора; Cr - геометрическая емкость ячейки; Сд - емкость двойного слоя; Сп и Rп – емкость и сопротивление поляризации; C1 и R1 – шунтирующие емкость и сопротивление, зависящие от конструкции ячейки; C2 – емкость проводов

дов C_2 может стать причиной емкостных утечек тока.

Ячейки для кондуктометров должны отвечать следующим основным требованиям:

1) иметь оптимальные геометрические размеры межэлектродного пространства;

2) поляризационные явления на электродах должны быть минимальными;

3) утечка тока, обусловленная паразитными емкостными связями, должна быть минимальной.

Емкостное сопротивление компенсируется путем включения конденсатора параллельно сопротивлению R3.

Ошибки, связанные с поляризационным сопротивлением, уменьшаются при использовании платинированных электродов, так как увеличенная поверхность их уменьшает плотность тока. Платинированные электроды нельзя применять, если платиновая чернь оказывает влияние на проводимую реакцию или изменяет концентрацию вещества вследствие абсорбции. В некоторых случаях удобно применять платинированные электроды, прокаленные до красного каления (серое платинирование). Такие электроды значительно уменьшают поляризацию, но они обладают значительно меньшими абсорбционными свойствами.

Установка для кондуктометрического анализа состоит из электролитической ячейки, звукового генератора, мостика Уитстона и индикатора нуля. Для подачи стандартного раствора используют полумикробюретку.

Для питания системы переменным током используют генераторы ГЗ-1, ГЗ-2, ГЗ-10, ГЗ-33 и др. Для работы используют переменный ток частотой 1000 Гц.

В качестве нуль индикатора может использоваться осциллографический индикатор нуля. При полном балансе мостика эллипс на экране стягивается в горизонтальную линию.

Такого рода установки имеют высокую чувствительность.

2.10.3. Типы кондуктометров

Измерение электропроводности растворов может быть осуществлено при помощи уравновешенных мостов промышленного производства. К числу таких приборов относятся Р-38, Р-556, Р-577, Р-568 и др. Приведем краткие характеристики некоторых кондуктометров.

Реохордный мост Р-38. Р-38 широко используется в практи-

ке и представляет собой четырехплечевой уравновешенный мост со ступенчато-регулируемым плечом сравнения и плавно регулируемым отношением плеч. Прибор питается от сети переменного тока с частотой 50 – 500 Гц с напряжением 127 или 220 В через трансформатор, включенный в схему моста. Измеряемое сопротивление может изменяться 0,3-30000 Ом. Прибор содержит гальванометр типа М314, который служит нуль инструментом.

Кондуктометр ММЗЧ-64. Кондуктометр собран по схеме четырехплечевого уравновешенного моста. Питание - от сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц через генератор, вмонтированный в установку. При этом частота повышается до 1150 Гц. Плечо сравнения имеет три декады сопротивлений. В каждую декаду включено по 9 сопротивлений, равных соответственно 1000, 100, 10. Сопротивление плеча сравнения можно изменять ступенями по 10 Ом в пределах от 10 до 10000 Ом. Кондуктометр позволяет измерять сопротивление от 0,01 Ом до 10 кОм. Блок конденсаторов используется для компенсации емкостной составляющей. Кондуктометр имеет электронно-оптический индикатор баланса моста. Погрешность измерений не превышает 1%.

Кондуктометр К-1-4. Кондуктометр собран по схеме четырехплечевого уравновешенного моста. Питание - от сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц через генератор, вмонтированный в установку. При этом частота повышается до 1000 Гц. Область измеряемых сопротивлений составляет 100-90000 Ом. Плечи R1 и R2 представляют постоянные сопротивления в 100 Ом. Плечо сравнения является магазином сопротивлений типа Р-33. Предусмотрена балансировка моста по реактивной составляющей. При балансировке моста используется микроамперметр типа М-495, который включен через выпрямитель на выход усилителя. Погрешность измерений не выходит за пределы 0,5%.

Кондуктометр «Импульс» типа КЛ-1-2. Кондуктометр «Импульс» предназначен для измерения электропроводности растворов. К прибору приложены две ячейки, для которых отградуирована шкала прибора. Прибор собран по мостовой схеме с питанием импульсным током переменной полярности и интегрированием синхронного выпрямленного сигнала разбаланса. Погрешность измерений составляет 0,25%.

2.10.4. Принцип работы и устройство бесконтактных кондуктометров

Бесконтактные кондуктометрические анализаторы и концентратомеры предназначены для непрерывного измерения удельной электрической проводимости растворов. Бесконтактные кондуктометры выпускаются в различном исполнении: погружные, с различной глубиной погружения, и проточные. К таким кондуктометрам, используемым в производстве, относятся БКА-М, КНЧ-1М и другие.

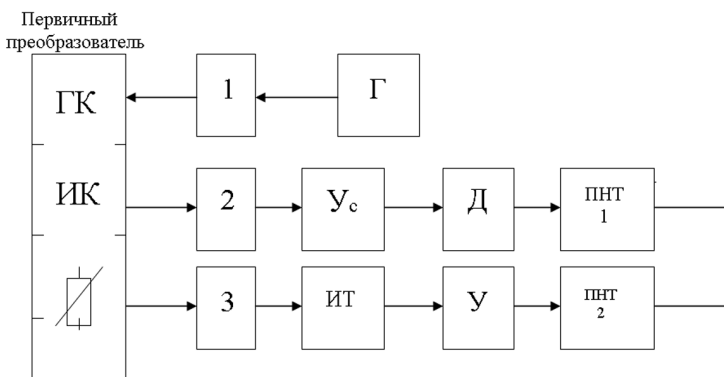


Рис.2.57. **Датчик**

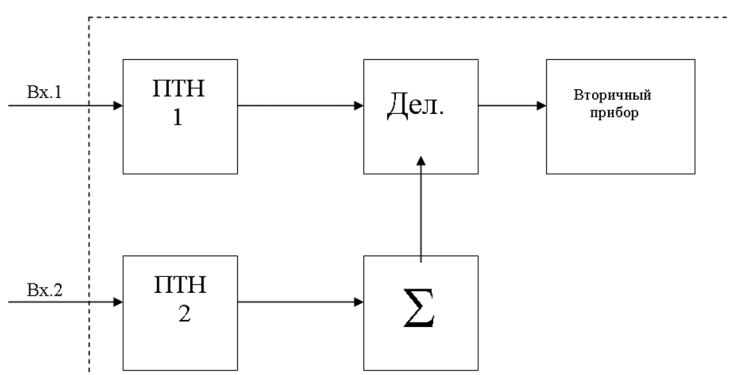


Рис.2.58. **Измерительный преобразователь**

В основу работы анализатора положен индуктивный метод измерения проводимости. Анализатор состоит из датчика и измерительного преобразователя. Датчик анализатора обычно выполнен с видами взрывозащиты: «искробезопасная электрическая цепь», «взрывонепроницаемая оболочка» и предназначен для преобразования удельной электропроводности в унифицированный сигнал постоянного тока.

Измерительный преобразователь предназначен для преобразования удельной электропроводности в унифицированный сигнал постоянного тока, температурной компенсации и питания постоянным напряжением всех цепей датчика.

Рассмотрим устройство на примере проточного кондуктометра БКА-М.

Датчик состоит из первичного преобразователя с фланцами для установки на технологическом трубопроводе. В проточной части корпуса первичного преобразователя расположены чувствительный элемент и термометр сопротивления, которые опрессованы пластмассой. На наружной поверхности корпуса установлено основание для размещения электронного блока и блоков искрозащиты и устройство ввода.

Чувствительный элемент состоит из силовой (генераторной) ГК и измерительной ИК тороидальных катушек, помещенных в электростатический экран.

Электронный блок анализатора состоит из генератора переменного тока Г, усилителя Ус, детектора Д и преобразователей напряжение – ток ПНТ 1 и ПНТ 2.

Датчик работает следующим образом.

Переменное напряжение с генератора через блок искрозащиты 1 поступает на силовую катушку ГК первичного преобразователя и создает магнитный поток, который наводит ЭДС в жидкостном контуре связи, который является вторичной обмоткой для силовой катушки. Сила тока в контурах связи пропорциональна удельной электрической проводимости. Изменения силы тока в контуре связи изменяет наводимую им ЭДС в измерительной катушке ИК. Выходное напряжение первичного преобразователя через блок искрозащиты поступает на вход усилителя Ус. Усиленный сигнал детектируется, фильтруется, поступает на вход преобразователя напряжение – ток ПНТ-1 и по линии связи передается в измерительный преобразователь.

Напряжение с мостовой схемы измерителя температуры ИТ

поступает на вход усилителей У. Усиленное напряжение постоянного тока, пропорциональное температуре анализируемой среды, поступает на вход преобразователя напряжение – ток ПНТ-2 и по линии связи передается в измерительный преобразователь.

Анализатор работает следующим образом.

С одного выхода датчика токовый сигнал, пропорциональный удельной электрической проводимости, поступает на вход преобразователя ток – напряжение ПТН-1, который подключен к одному из входов делителя Дел . С другого выхода датчика токовый сигнал, пропорциональный температуре анализируемой среды, поступает на вход преобразователя ток – напряжение ПТН-2, который подключен к входу сумматора S.

Зависимость удельной электрической проводимости имеет следующий вид:

$$X_t = X_0 [1+\alpha_t(t - t_0)],$$

где X_t - значение удельной электропроводности при текущей температуре, См/м;

X_0-значение удельной электропроводности при начальной температуре, См/м;

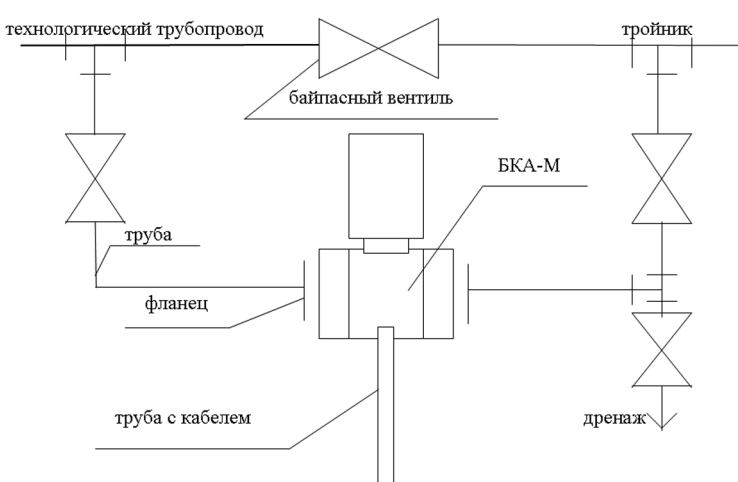


Рис.2.59. **Схема обвязки датчика анализатора**

α_t - температурный коэффициент раствора, град$^{-1}$;

t_0 - начальная температура раствора, град;

t - текущая температура раствора, град.

Для электролитов (солей, кислот и щелочей) α_t положителен и имеет значение от 0,019 до 0,025.

При повышении температуры раствора его удельная электропроводность увеличивается. Для компенсации этого увеличения необходимо уменьшить выходной сигнал. На входе сумматора устанавливается напряжение равное

$$\alpha_t (t - t_0)$$

На выходе сумматора устанавливается напряжение

$$1 + \alpha_t (t - t_0)$$

и подается на другой вход делителя.

На выходе делителя устанавливается напряжение, пропорциональное

$$X_0 = X_t /[1+\alpha_t(t - t_0)],$$

которое не будет зависеть от температуры анализируемой среды.

Датчик анализатора устанавливается на обводной линии технологического трубопровода с помощью фланцевых соединений в горизонтальном положении в помещениях и наружных установках. Рекомендуемая схема обвязки датчика анализатора приведена на рис.2.59.

2.11. ПИРОМЕТРИЯ

2.11.1. Милливольтметры и логометры

Милливольтметры являются вторичными электрическими приборами магнитоэлектрической системы, работающие в комплекте с промышленными термоэлектрическими термометрами (термопарами) различных градуировок и показывающие температуру в градусах Цельсия.

Основная погрешность промышленных милливольтмет-

ров составляет 0.5; 1.0; 1.5; 2.0; 2.5 %.

Измерительный механизм состоит из рамки (намотанной из медной проволоки), вращающейся в равномерном поле постоянного магнита вокруг цилиндрического железного сердечника. Жестко с рамкой связан указатель, на противоположном конце которого расположены два грузика – противовеса для балансировки подвижной системы. Рамка подключается к электрической измерительной цепи через противодействующие (возврат на нуль при отключении прибора) спиральные пружины, либо через растяжки или подвески при креплении на них рамки.

Принципиальная схема промышленного милливольтметра приведена на рис. 2.60.

Подсоединение термоэлектрического термометра к милливольтметру осуществляется с помощью специальных термоэлектродных удлинительных проводов.

Если удлинительные провода непосредственно подсоеди-

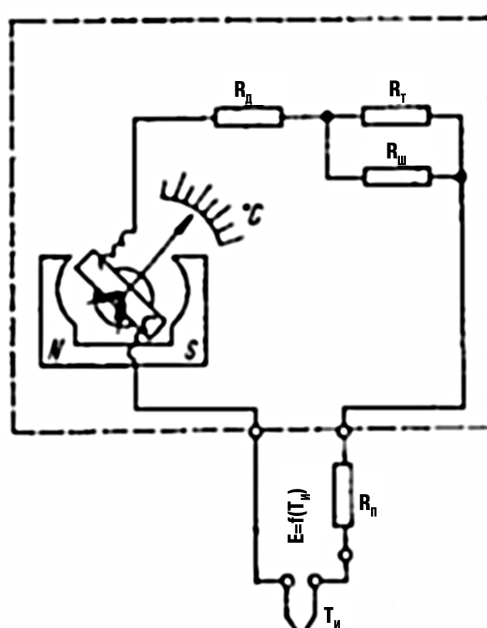


Рис.2.60. **Принципиальная схема промышленного милливольтметра**

няются к зажимам милливольтметра, то каждый раз при измерении температуры необходимо вносить поправку и корректировать показания прибора на температуру окружающей среды. Величина поправки рассчитывается по формуле:

$$T_Д = T_И + (T_Х - T_О)$$

где $T_д$ – действительное значение температуры; $T_и$ – измеренное значение (показания прибора) температуры; K- поправочный коэффициент, зависящий от типа термометра и интервала измерения температуры (табл.2.5); $T_х$ – фактическая температура холодного спая; $T_о$ – температура холодного спая, при которой производилась градуировка термоэлектрического термометра (0 °С).

Механический способ внесения поправок заключается в том, что корректором прибора указатель заранее устанавливается на температуру свободных концов (температуру окружающей их среды), измеренную предварительно стеклянным термометром.

Для автоматического введения поправки и устранения погрешности в измерениях, возникающей из-за отличия температуры свободных концов от градуировочного значения (0 °С), применяют компенсационную коробку типа КТ-54.

Сопротивление внешней цепи милливольтметров $R_{вн}$ составляет 0.6; 1.6; 5.0; 15.0; 16.2; 25.0 Ом и указывается на шкале прибора.

Подгонка сопротивления внешней цепи до значения, указанного на шкале прибора, производится следующим образом.

Меняя полярность, дважды измеряют сопротивление соеди-

Таблица 2.5

Поправочный коэффициент

Градуировка термометра	Диапазон измеряемых температур, °С								
	0-100	101-200	201-300	301-400	401-500	501-600	601-700	701-800	801-900
ХА (К)	1.00	1.02	1.02	0.98	0.97	0.96	0.97	0.98	1.01
ХК (L)	1.00	0.90	0.84	0.81	0.80	0.78	0.79	0.80	-
ПП (S)	1.00	0.82	0.72	0.69	0.66	0.63	0.62	0.60	0.59

нительных проводов и термоэлектрического термометра (для устранения влияния термоЭДС на результат измерения). Искомое сопротивление $R^{И}_{ВН}$ вычисляют по результатам обоих измерений ($R^{И}_{ВН1}$ и $R^{И}_{ВН2}$) по формуле:

$$R^{И}_{ВН} = 2R^{И}_{ВН1}R^{И}_{ВН2} /(R^{И}_{ВН1} + R^{И}_{ВН2}) .$$

Затем отматывая с подгоночной катушки, расположенной на клеммнике внешних соединений прибора, часть витков, доводят значение ее сопротивления до значения

$$R_{П} = R_{ВН} - R^{И}_{ВН} .$$

Логометры применяют для измерения температуры в комплекте с термопреобразователями сопротивлений. При наличии дополнительных устройств они могут осуществлять измерение, запись, регулирование и сигнализацию температуры. Применение логометров наиболее целесообразно при измерении низ-

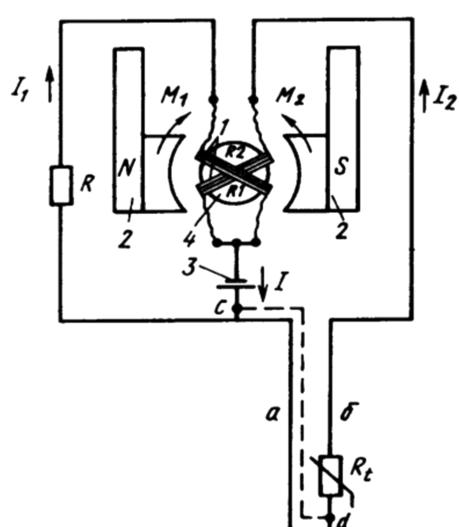


Рис.2.61. **Принципиальная схема пирометрического логометра**

ких минусовых (от -200 ˚С) и невысоких плюсовых температур (до +500 ˚С), так как в данном случае они обладают большой надежностью по сравнению с милливольтметрами. Принципиальная схема пирометрического логометра показана на рис. 2.61.

Пирометрические логометры являются магнитоэлектрическими приборами и состоят из измерительного механизма и измерительной схемы. Измерительный механизм логометра состоит из двух жестко связанных между собой скрещенных рамок 1, вращающихся на одной оси в магнитном поле постоянного магнита 2. Воздушный зазор между полюсами магнита и сердечником 4 сделан неравномерным, в результате чего магнитная индукция в воздушном зазоре между ними будет непостоянная. Наибольшее значение магнитная индукция будет иметь у середины полюсных наконечников, наименьшее - в зазоре у краев.

Рамки логометров изготовляют из тонкой медной проволоки и соединяют таким образом, чтобы их вращающиеся моменты M_1 и M_2 были направлены навстречу друг другу. Подвод тока к рамкам осуществляется по трем спиральным пружинам с очень малым противодействующим моментом.

Измерительная схема логометра состоит из двух параллельных цепей (плеч), питаемых от источника постоянного тока 3.

Действие прибора основано на измерении отношения токов, проходящих в двух параллельных цепях, питаемых от постороннего источника тока, в каждую из которых включено по одной рамке. Таким образом, ток от источника питания, разветвляясь, проходит по двум цепям: через сопротивление R и обмотку одной рамки, через термопреобразователь сопротивления Rt и обмотку другой рамки. Значение этих токов обратно пропорционально сопротивлениям плеч логометра. Токи I_1 и I_2, проходящие по соответствующим рамкам, создают вращающие моменты M_1 и M_2, действующие на рамки в противоположных направлениях. При равенстве сопротивлений в плечах, токи в них будут равны, а следовательно, вращающие моменты M_1 и M_2 тоже равны и подвижная система находится в равновесии.

При увеличении сопротивления датчика (за счет его нагревания) величина тока в рамке R_2 уменьшится, а вместе с этим уменьшится и момент, создаваемый этой рамкой M_2.

Равенство моментов M_1 и M_2 нарушится и подвижная система логометра начнет поворачиваться в сторону действия большого момента. Таким образом, рамка R_1, по которой протекает теперь больший ток, попадает в область более слабого магнитного поля,

что ведет к уменьшению момента M_1, а рамка R_2, наоборот, начинает входить в область более сильного магнитного поля, что ведет к увеличению момента M_2. Новое равновесие подвижной системы прибора наступит, когда вращающие моменты рамок сравняются. Следовательно, различным температурам сопротивления датчика будут соответствовать различные углы поворота рамок, зависящие от отношения величины токов, проходящих в рамках.

Так как цепи обеих рамок питаются от одного источника тока, то значительные колебания его напряжения не оказывают существенного влияния на показания логометра. Однако при большом понижении напряжения возрастает влияние упругости спиральных пружин, подводящих ток к рамкам и сил трения при перемещении подвижной системы, а при увеличении напряжения происходит нагрев током обмотки термометра и рамок прибора, вызывающий изменение соотношения токов в цепях логометра. Исходя из этого отклонение напряжения источника питания логометров не должно превышать ± 20 % номинального значения. Для компенсации изменения сопротивления соединительных проводов при колебании температуры окружающей среды предусмотрен третий провод.

При трехпроводной схеме сопротивления проводов а и б оказываются включенными в различные цепи измерительной схемы и изменения сопротивления этих проводов вызванные внешними условиями, взаимно компенсируются.

Для проверки исправности логометров и правильности подгонки сопротивлений соединительных проводов, приборы снабжают контрольным сопротивлением. При включении в измерительную схему прибора контрольного сопротивления вместо датчика, стрелка логометра при правильно подогнанном сопротивлении соединительных проводов должна установиться против контрольной красной отметки на шкале прибора.

2.11.2. Автоматические электронные мосты и потенциометры

Электронные автоматические потенциометры и уравновешенные мосты применяют для измерения, записи и регулирования температуры и других величин, изменение значений которых может быть преобразовано в напряжение постоянного тока или в изменение активного сопротивления.

Приборы состоят из трех основных узлов: измерительной схемы, электронного усилителя и отсчетного устройства. В основу работы автоматических потенциометров положен компенсационный метод измерения, основанный на уравновешивании измеряемой величины другой известной величиной. Компенсационный метод характеризуется высокой точностью измерения.

Типовая измерительная схема автоматического потенциометра приведена на рис. 2.62. В одну диагональ мостовой схемы включен стабилизированный источник питания У2; в другую через нуль-индикатор У1 подается ЭДС датчика УЗ. Если измеряемая ЭДС равна падению напряжения на реохорде К, то к усилителю У1, выполняющему функцию нуль-индикатора, будет подведен нулевой сигнал и вся система будет находиться в равновесии. При изменении ЭДС датчика на величину, равную или большую чувствительности усилителя, на вход последнего подается напряжение разбаланса, которое после преобразования и усиления воздействует на уравновешивающий электродвигатель. Ротор последнего, вращаясь, перемещает движок реохорда до равновесного состояния схемы. Вращение выходного вала реверсивного электродвигателя с помощью механической передачи преобразуется в перемещение указателя.

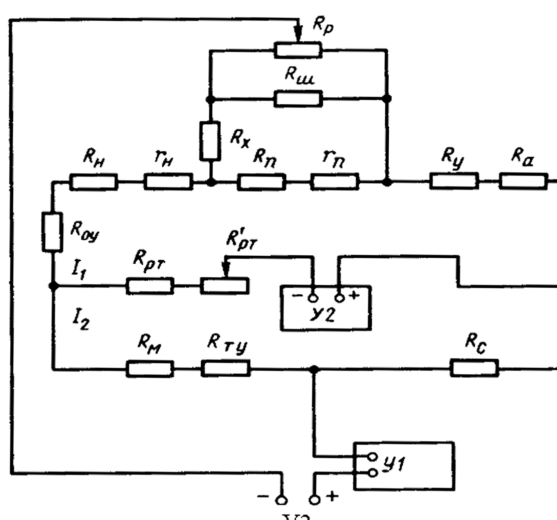


Рис. 2.62. **Схема автоматического потенциометра**

Так как каждому значению ЭДС датчика соответствует определенное положение движка реохорда и указателя, то в момент равновесия схемы положение указателя определяет значение измеряемого параметра.

Измерительная схема потенциометра состоит из резисторов, каждый из которых имеет свое назначение: Rр — сопротивление реохорда, уравновешивающего измерительную схему; Rш - сопротивление подгонки реохорда к эквивалентному сопротивлению; Rн - сопротивление подгонки начальной точки шкалы потенциометра; Rп — сопротивление подгонки конечной точки шкалы потенциометра; $r_н$ и $r_п$ - подгоночные сопротивления, выполненные в виде спиралей и представляющие собой части сопротивлений Rн и Rп.

Сопротивления служат: Rа — для ограничения тока в измерительной схеме; Rс — для проверки наличия рабочего тока в измерительной цепи; Rрт - для ограничения тока в цепи источника питания; R′рт — для установки величины рабочего тока в измерительной схеме; Rх, Rу, Rоу и Rту - для соединения элементов измерительной схемы. Все резисторы измерительной схемы, кроме Rм, изготавливают из стабилизированной манганиновой проволоки. Резистор Rм выполнен из медной проволоки, имеющей большой температурный коэффициент сопротивления, и расположен в месте подключения компенсационных проводов к прибору. В результате этого резистор Rм и свободные концы термопары находятся при одинаковой температуре, и изменение ЭДС термопары за счет изменения температуры свободных концов компенсируется изменением падения напряжения на Rм вследствие изменения величины этого сопротивления. Таким образом, компенсация температуры свободных концов термопары осуществляется автоматически.

Уравновешивающим устройством в измерительных схемах потенциометров является реохорд, состоящий обычно из рабочей и токосъемной спиралей, выполненных из устойчивой к износу и коррозии вольфрамопалладиевой проволоки, намотанной на две изолированные медные шинки. Для повышения надежности работы схемы движок реохорда снабжают контактами, выполненными из сплава золото — серебро — медь.

В основу работы электронных автоматических мостов положен нулевой метод измерения сопротивления. Типовая измерительная схема автоматического уравновешенного моста

показана на рис. 2.63. Она построена по схеме уравновешенного моста, в одну диагональ которого включают источник постоянного или переменного тока, а в противоположную диагональ - электронный усилитель, управляющий работой асинхронного электродвигателя следящей системы.

Измерительная мостовая схема состоит из резисторов, каждый из которых имеет свое назначение: Rр — сопротивление спирали реохорда; Rш — сопротивление, служащее для подгонки сопротивления реохорда к эквивалентному сопротивлению. Сопротивления Rп и $r_п$ определяют пределы измерения прибора, причем Rп намотано на катушку, а $r_п$ -подгоночное сопротивление имеет вид спирали.

Сопротивления Rн и $r_{н,}$ служат для регулировки нижнего предела измерения. При этом $r_н$ - подгоночное сопротивление в виде спирали, являющееся частью сопротивления Rн. Резисторы R1, R2, R3 — плечи моста.

Сопротивление Rб служит для ограничения тока измерительной цепи. Сопротивления Rл предназначены для подгонки сопротивления соединительных проводов линии к определенному значению. Rт — термопреобразователь сопротивления, изменение сопротивления которого пропорционально измеряемой температуре.

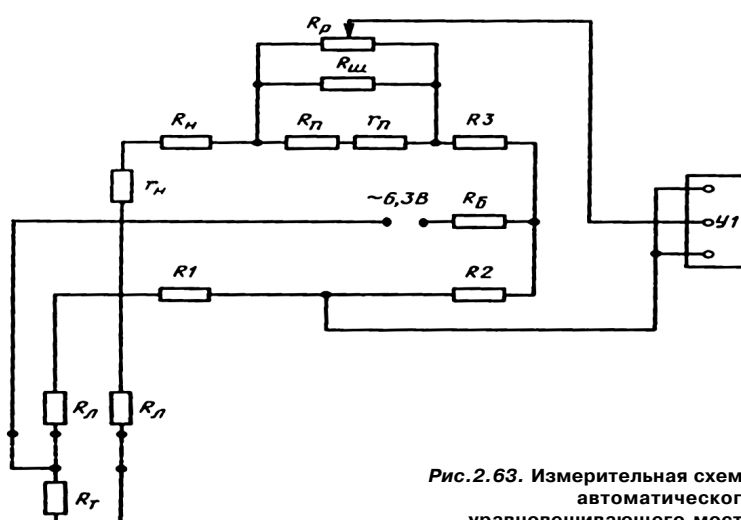


Рис.2.63. **Измерительная схема автоматического уравновешивающего моста**

Схема работает следующим образом. При изменении температуры контролируемого объекта изменяется сопротивление термопреобразователя сопротивления Rт, в результате чего нарушается равновесие мостовой схемы. В измерительной диагонали моста появляется напряжение разбаланса, поступающее на усилитель У1, выполняющий роль нуль-индикатора. Напряжение разбаланса в усилителе усиливается до величины, достаточной для приведения в действие реверсивного электродвигателя, ротор которого, вращаясь, перемещает движок реохорда до равновесного состояния схемы.

Вращение выходного вала реверсивного электродвигателя с помощью механической передачи преобразуется в перемещение указателя. Так как каждому значению термопреобразователя сопротивления соответствует определенное положение движка реохорда и указателя, то в момент равновесия схемы положение указателя определяет значение измеряемого параметра. Полярность сигнала зависит от величины сопротивления датчика по отношению к значению сопротивления реохорда в момент равновесия.

Уравновешивающим устройством в измерительных схемах мостов является калиброванный реохорд, аналогичный по своему устройству с реохордом, применяемым в автоматических потенциометрах.

Термопреобразователь температуры соединяют с измерительным мостом по двухпроводной или трехпроводной схеме. Двухпроводную схему применяют при постоянной температуре в местах прокладки линии связи. Питающий провод подключают к началу линии связи, как правило, к коммутационному зажиму, на котором установлена подгоночная катушка.

Для исключения температурной погрешности от изменения сопротивления внешней линии подключение термопреобразователя сопротивления выполняют по трехпроводной схеме, т. е. точка питания моста переносится непосредственно к термопреобразователю сопротивления, в результате чего сопротивление линии распределяется на разные плечи моста.

Сопротивление линии связи, на которое отградуирован прибор (5, 15 или 20 Ом), обычно указано на его шкале. Подгонка сопротивления линии связи к этому значению осуществляется подгоночными катушками Rл. При двухпроводной схеме подключения замыкают накоротко оба провода у головки термометра сопротивления и подгоночной катушкой добиваются

требуемого значения сопротивления линии связи. При трехпроводной схеме сопротивление каждого из проводов, соединяющих термопреобразователь с измерительным мостом, вместе со своей подгоночной катушкой должно быть равно половине сопротивления линии, указанного на шкале прибора, т.е. 2.5; 7.5 или 10 Ом. Подгонка сопротивлений линии связи проводится следующим образом:

- закоротить в головке термопреобразователя зажимы, к которым подключаются идущие от устройства провода;

- отключить провода, идущие к термопреобразователю сопротивления от панели с катушками, измерить их сопротивление попарно и составить три уравнения с тремя неизвестными:

$$C1 = R1 + R2; \quad C2 = R1 + R3; \quad C3 = R2 + R3,$$

где R1 и R2 – сопротивления проводов, последовательно с которыми включаются подгоночные катушки; R3 – сопротивление третьего провода от термопреобразователя сопротивления;

- из этих уравнений найти значения R1 и R2:

$$R1 = \frac{C1 - C3 + C2}{2}; \; R2 = \frac{C3 - C2 + C1}{2};$$

- уменьшить, путем отмотки проводов с подгоночных катушек, сопротивления R1 и R2 до требуемого значения;

- поставить подгоночные катушки на место, снять перемычки, подключить провода к устройству.

Различают следующие типы автоматических электронных потенциометров и мостов: показывающие, регистрирующие (самопишущие); показывающие и регистрирующие (самопишущие). В зависимости от назначения любая группа приборов может иметь следующие исполнения: с регулирующим устройством; с задатчиками для регулирующих устройств; с дополнительными устройствами, служащими для сигнализации, передачи информации об измеряемой величине, выдаче электрических или пневматических сигналов. В зависимости от условий эксплуатации приборы имеют следующие исполнения: обыкновенное; обыкновенное с искробезопасной измерительной цепью; тропическое; тропическое с искробезо-

пасной измерительной цепью. По числу измерительных систем регистрирующих устройств приборы подразделяют на одноканальные, многоканальные, а по числу контролируемых точек — на одноточечные, многоточечные.

Устанавливают следующие классы точности приборов: 0,25; 0,5; 1,0; 1,5.

По виду регистрации приборы разделяют на следующие группы: с регистрацией в прямоугольных координатах; с регистрацией в полярных координатах.

Предел допустимой основной погрешности приборов, выраженный в процентах от нормирующего значения измеряемой величины, на всех отметках шкалы или диаграммы не должен превышать ± 0,25 — для класса 0,25; ±1,0 - для класса 1,0; ± 0,5 — для класса 0,5; ± 1,5 - для класса 1,5.

Для мостов за нормирующее значение принимают разность конечных значений диапазона измерения. Для потенциометров за нормирующее значение принимают: верхнее конечное значение диапазона измерения, если нулевое значение находится вне диапазона измерения; сумму абсолютных конечных значений диапазона измерения, если нулевое значение находится внутри диапазона измерения. Нормирующее значение и диапазон измерения выражаются в единицах входного сигнала.

Разброс точек записи в многоточечных приборах не должен выходить за пределы допустимой основной погрешности записи.

Вариация показаний приборов не должна превышать 0,2 % для приборов класса 0,25 и половины абсолютного значения предела основной допустимой погрешности — для приборов остальных классов точности. Вариация показаний выражается так же, как основная погрешность. Характер успокоения приборов должен быть таким, чтобы указатель устанавливался не более чем после трех полуколебаний для показывающих приборов и двух полуколебаний - для регистрирующих приборов. Электрическое сопротивление изоляции измерительных цепей приборов относительно корпуса и относительно других цепей при температуре окружающего воздуха (20 ± 5) °С и относительной влажности не более 80 % должно быть не менее 100 МОм. Электрическое сопротивление изоляции остальных цепей прибора относительно корпуса и цепей между собой должно быть не менее 40 МОм.

При изменении напряжения питания силовой электрической цепи приборов на +10 % и -15% от номинального значе-

ния, изменение показаний приборов не должно превышать 0,2 % для приборов класса точности 0,25 и половины абсолютного значения предела допустимой основной погрешности - для приборов остальных классов точности.

Потенциометры должны выдерживать в течение 2 ч перегрузку по измеряемой величине, на 20 % превышающую максимальное значение измеряемого параметра, выраженного в единицах напряжения или тока.

Мосты должны выдерживать в течение 2 ч короткое замыкание и обрыв любого провода линии связи с датчиком.

Конец указателя должен перекрывать не менее 1/4 и не более 3/4 наименьшей отметки шкалы. В приборах должен быть обеспечен заход указателя за крайние отметки шкалы. Запись должна производиться непрерывной линией; ширина линии записи не должна превышать для приборов с шириной поля регистрации диаграммной ленты или диска, мм: до 100 — 0,8 мм, свыше 100 до 250 — 1 мм; свыше 250 — 1,2 мм. Многоточечные регистрирующие приборы должны выпускаться с многоцветной записью.

Номинальную скорость продвижения диаграммной ленты регистрирующих приборов выбирают из ряда: 10; 20; 40; 60; 120; 180; 240; 300; 600; 720; 1200; 1800; 2400; 3600; 5400; 7200; 12800; 14400; 18000; 36000; 54000; 90000 мм/ч.

Номинальную скорость вращения диаграммных дисков регистрирующих приборов выбирают из ряда: один оборот за 0,1; 0,5; 1.0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 12,0; 16,0; 24,0; 48,0; 72,0; 120,0; 168,0 ч. Погрешность скорости перемещения диаграммных лент и дисков не должна превышать ± 0,5 % заданной скорости при напряжении сети 220^{+22}_{-33} В и частоте 50 Гц.

2.12. ВТОРИЧНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

2.12.1. Структурные схемы автоматических вторичных приборов

В настоящее время промышленностью выпускается большое количество различных конструкций автоматических электронных приборов. Принцип действия вторичных автоматичес-

ких приборов может быть рассмотрен по единой для всех разновидностей базовой конструкции, функциональная схема которой представлена на рис.2.64.

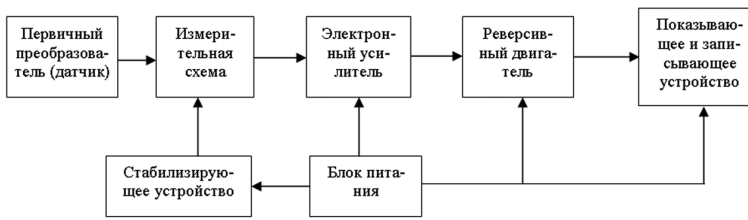


Рис.2.64. **Базовая конструкция**

В зависимости от назначения и типа прибора каждый из указанных узлов может иметь разное схемное решение и конструктивное оформление, но структурная схема остается в основном одинаковой.

Первичный преобразователь (датчик) служит для преобразования неэлектрической величины в электрическую и размещается на контролируемом объекте. Связь первичного преобразователя с измерительной схемой осуществляется с помощью соединительной линии.

Тип измерительной схемы определяется датчиком. Измерительная схема в общем случае включает в себя источник питания, уравновешивающее устройство и вспомогательные датчики для компенсации вредного влияния внешних факторов.

Электронный усилитель состоит из преобразовательного каскада, усилителя напряжения, усилителя мощности. В автоматических приборах применяют усилители переменного тока, обеспечивающие большую стабильность нуля.

Показывающее и записывающее устройство в общем случае состоит из шкалы указателя, лентопротяжного механизма и пишущего устройства.

2.12.2. Измерительные схемы

В настоящее время для автоматического контроля и регулирования широко применяют приборы с нулевым методом измерения. В автоматических электронных приборах с исполь-

зованием нулевого метода измерения в основном используются четыре вида измерительных схем:

- компенсационные схемы;
- мостовые уравновешенные схемы;
- дифференциально-трансформаторные схемы;
- уравновешенные схемы с ферродинамическими датчиками.

В компенсационных схемах неизвестная измеряемая величина, преобразованная в электрическую величину (напряжение, ЭДС), уравновешивается известным напряжением измерительной схемы. Уравновешенные компенсационные схемы применяются для измерения напряжения, ЭДС, тока, а также неэлектрических величин.

В мостовых уравновешенных схемах неизвестное измеряемое сопротивление уравновешивается известным сопротивлением. Такие схемы применяются для измерения электрического сопротивления, емкости, индуктивности.

В дифференциально-трансформаторных схемах перемещения сердечника первичного датчика уравновешивается известным перемещением сердечника вторичного датчика. Дифференциально-трансформаторные схемы применяют для измерения расхода, давления, тяги, напора, уровня и других величин, значения которых могут быть преобразованы в малые перемещения сердечника катушки.

В измерительных схемах с ферродинамическими датчиками напряжения в обмотке первичного датчика уравновешивается известным напряжением обмотки вторичного прибора. Такие схемы применяют для измерения физических величин, значения которых могут быть преобразованы в угол поворота рамки ферродинамического датчика и широко используются для дистанционной передачи показаний первичного прибора.

2.12.3. Усилители

Усилитель является одним из основных узлов вторичных контрольно-измерительных приборов. Усилитель предназначен для повышения мощности сигнала за счет энергии внешнего источника.

Усилитель характеризуется:

а) коэффициентом усиления;

б) инерционностью;

в) стабильностью его характеристик;

г) степенью искажения усиливаемого сигнала по амплитуде, фазе и т.д.

Под коэффициентом усиления понимается отношение величины сигнала, снимаемого с выхода усилителя, к величине сигнала, подаваемого на вход усилителя.

$$к = \frac{U_{вых}}{U_{вх}}.$$

Если усилитель состоит из нескольких каскадов, то общий коэффициент усиления $к_{общ}$ определяется произведением коэффициентов отдельных каскадов

$$к_{общ} = к_1 \cdot к_2 \cdot \ldots \cdot к_n$$

Под инерционностью понимают некоторое запаздывание выходной величины усилителя относительно входной.

Под стабильностью характеристик усилителя понимают постоянство коэффициента усиления и амплитуды выходного напряжения (или тока), а также изменения выходного сигнала при постоянстве сигнала на входе (дрейф нуля).

Искажения, вносимые усилителем можно разделить на два вида: нелинейные и линейные. Искажения, связанные с наличием нелинейных элементов в усилителе, называются нелинейными искажениями. Искажения, обусловленные изменениями коэффициента усиления на различных частотах, называют частотными искажениями.

Усилитель должен обеспечивать такое максимальное выходное напряжение, при котором выходной каскад отдает максимальную мощность в нагрузку, а также выдерживать пере-

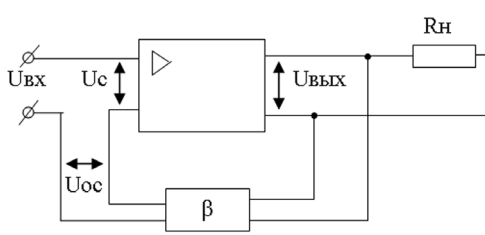


Рис.2.65. **Схема усилителя**

грузки входным сигналом и не должен давать значительного фазового сдвига выходного напряжения.

Для повышения стабильности работы, уменьшения нелинейных искажений и внутренних шумов используют различные отрицательные обратные связи.

При ООС напряжение обратной связи и напряжение сигнала вычитаются и на вход подается из разность.

Наибольшее распространение в усилителях получила ООС по напряжению.

2.12.4. Электрические двигатели

В автоматических контрольно-измерительных приборах применяются в основном два вида асинхронных двухфазных реверсивных двигателей: конденсаторные и с экранированными полюсами.

Основное распространение получили конденсаторные электродвигатели с короткозамкнутым ротором.

Статор имеет две обмотки (управления и возбуждения). Питание обмотки управления производится от электронного усилителя, а возбуждения от сети переменного тока через конденсатор, который обеспечивает сдвиг по фазе между магнитными потоками обмоток на 90°.

Для привода диаграммной ленты применяют однофазные синхронные двигатели.

2.12.5. Записывающие устройства

Существующие записывающие устройства во вторичных приборах можно разделить на три группы. К первой группе относятся устройства записи нанесением слоя вещества, ко второй – изменением состояния вещества носителя и к третьей – снятием слоя вещества носителя.

2.12.6. Прибор регистрирующий Диск-250

Диск-250 предназначен для измерения и регистрации активного сопротивления, силы и напряжения постоянного тока, а также неэлектрических величин, преобразованных в указанные сигналы.

Устройство и работа прибора

Функциональная электрическая схема прибора приведена на рис.2.66. В основу работы положен принцип электромеханического следящего уравновешивания. Входной сигнал от датчика предварительно усиливается и лишь после этого происходит уравновешивание его сигналом компенсирующего элемента (реохорда).

В приборе Диск-250 входной сигнал от датчика Д поступает в блок искрозащиты БИ, предохраняющий датчик от опасного повышения тока и напряжения, которые могут возникнуть при аварийном состоянии прибора. Затем входной сигнал поступает на усилитель УВС с жесткой отрицательной обратной связью, где сигнал нормализуется по верхнему пределу измерения. На выходе УВС сигнал меняется от -0.5 до -8.5 В.

Сигнал с реохорда Р, преобразованный усилителем УР в напряжение, изменяющееся от +0.5 до +8.5 В, сравнивается на выходе усилителя небаланса УН с сигналом УВС и далее сигнал небаланса с УН подается на управление работой электродвигателя.

Двигатель перемещает движок реохорда Р до тех пор, пока сигнал с усилителя УР не станет равным (по абсолютной величине) сигналу с усилителя УВС. Таким образом, каждому значению измеряемого параметра соответствует определенное положение движка реохорда и связанного с ним указателя прибора.

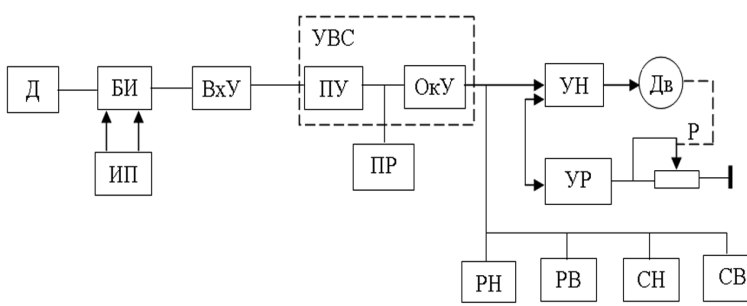


Рис.2.66. **Структурная схема прибора Диск-250**

Д – датчик; БИ – блок искрозащиты; ВхУ – входное устройство; УВС – усилитель входного сигнала; ПУ – предварительный усилитель; ОкУ – оконечный усилитель; УР – усилитель сигнала реохорда; Р – реохорд; Дв – балансирующий двигатель; УН – усилитель небаланса; ИП – источник питания; РН, РВ – регулирующие устройства «меньше», «больше»; СН, СВ – сигнализирующие устройства «меньше», «больше»

2.12.7. Преобразователь измерительный многопредельный П-282

Преобразователь предназначен для преобразования термоэлектродвижущей силы термоэлектрических преобразователей (термопар), или сопротивления термопреобразователей сопротивления (термосопротивлений) и напряжения постоянного тока низкого уровня (до 100 мВ) в один из унифицированных сигналов ГСП постоянного тока 0 – 5 мА, 4 – 20 мА или в сигнал напряжения постоянного тока 0 – 10 В.

Устройство и работа преобразователя

Схема электрическая структурная преобразователя приведена на рис.2.67.

Преобразователь содержит панель А1, устройство входное А2, аналого-цифровой функциональный преобразователь (АЦФП) А6, состоящий из входной схемы А3 и арифметического устройства А4, трансформатор А5.

Панель А1 служит для подключения входных и выходных цепей, а также напряжения питания преобразователя.

Устройство входное А2 обеспечивает искробезопасность входных цепей, автоматическую термокомпенсацию ЭДС «холодного спая»; компенсацию начальной ЭДС термоэлектрического преобразователя и компенсацию напряжения постоянного тока в преобразователях с ненулевым началом диапазона входного сигнала; преобразование изменения величины сопротивления термопреобразователя сопротивления в напряжение постоянного тока, пропорциональное величине изменения сопротивления; усиление сигналов напряже-

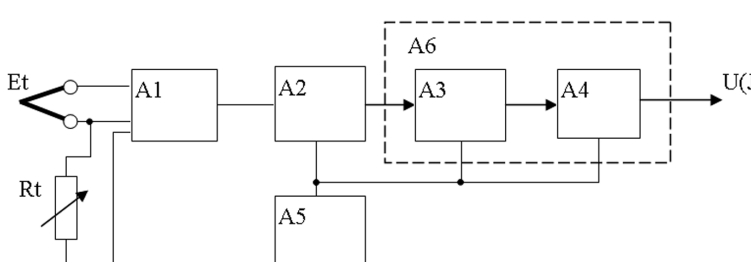


Рис.2.67. **Структурная схема преобразователя**

ния постоянного тока и приведение их к нормированному значению 0 – 10 В.

Входная схема А3 АЦПФ А6 предназначена для линейного преобразования напряжения постоянного тока в цифровой код, а также гальванического разделения входных и выходных цепей преобразователя и формирования стабилизированных напряжений постоянного тока.

Арифметическое устройство А4 АЦПФ А6 предназначено для осуществления цифровой линеаризации характеристик входного сигнала и формирования сигналов постоянного тока или напряжения постоянного тока.

Трансформатор А5 предназначен для питания преобразователя, гальванически не связанными между собой напряжениями переменного тока.

Принцип действия преобразователя основан на усилении входных сигналов до определенного уровня, функциональном аналого-цифровом преобразовании с учетом нелинейности характеристики датчика и дальнейшем цифро-аналоговом преобразовании.

В общем схема преобразователя представляет собой аналого-цифровой функциональный преобразователь (без учета $ЦАП_2$), у которого зависимость выходного кода от входного аналогового сигнала (напряжения) нелинейна и обратна (по знаку) нелинейности датчика.

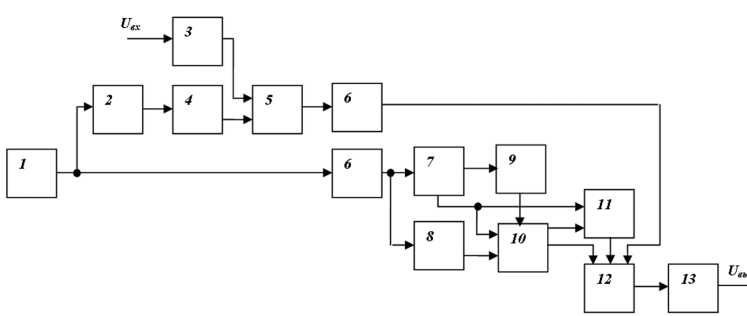


Рис.2.68. **Функциональная схема, поясняющая принцип нелинейного аналого-цифрового преобразования:**
1 – генератор тактовых импульсов; 2 – счетчик 1; 3 – устройство входное; 4 – цифро-аналоговый преобразователь 1; 5 – устройство сравнения; 6 – гальваническая развязка; 7 – счетчик текущего значения функции – дешифратор; 8 – элемент НЕ; 9 – запоминающее устройство; 10 – арифметическое устройство; 11 – счетчик; 12 – выходной регистр; 13 – цифро-аналоговый преобразователь 2

Схема осуществляет следующую цепь преобразований:

$$U_{вх} \rightarrow N \rightarrow N^1 \rightarrow U_{вых},$$

где $U_{вх} \rightarrow N$ - это линейное преобразование входного напряжения в код, осуществляемое входной схемой А3;

$N \rightarrow N^1$ - нелинейное преобразование кода;

$N^1 \rightarrow U^{вых}$ - линейное преобразование кода в выходное напряжение, осуществляемое $ЦАП_2$.

Цепь преобразований $N \rightarrow N^1 \rightarrow U_{вых}$ осуществляется схемой, представляющей собой арифметическое устройство и $ЦАП_2$, выходное напряжение которого изменяется по определенному закону.

Схема работает следующим образом: в исходном состоянии счетчик текущих значений 7, счетчики 1 и 2 и выходной регистр 12 обнулены. Импульсы с генератора тактовых импульсов начинают поступать одновременно в счетчик 1 и в арифметическое устройство. На выходе $ЦАП_1$ при этом происходит линейное нарастание выходного напряжения до момента равенства с входным напряжением. При этом срабатывает устройство сравнения и запрещает поступление импульсов в регистр 12. С генератора тактовых импульсов импульсы одновременно поступают через арифметическое устройство в счетчик 2 и регистр. Если арифметическое устройство осуществляет линейное преобразование, то число импульсов в счетчике текущих значений и счетчике 2 (а значит и в регистре) равны между собой в любой промежуток времени. Учитывая, что в момент срабатывания устройства сравнения происходит остановка счета импульсов и фиксирование их числа в регистре, это число будет линейным эквивалентом входного напряжения:

$$NRG = K \cdot U_{вх}$$

Для осуществления линеаризации характеристик в арифметическом устройстве происходит нелинейное преобразование числа импульсов. Упрощенно это выглядит так: каждым, например, 10-ти импульсам, поступившим на вход арифметического устройства, на выходе соответствует 7 или 12, в зависимости от того, какой характер нелинейности.

2.12.8. Устройство контроля и регистрации ФЩЛ-502,501

Устройство контроля и регистрации ФЩЛ-501,502 предназначено для измерения и регистрации силы и напряжения постоянного тока и неэлектрических величин, преобразованных в указанные электрические величины и активное сопротивление, а также для световой сигнализации отклонения измеряемых величин от заданных значений и формирования позиционных выходных сигналов на исполнительные устройства.

Прибор рассчитан для работы с выходными сигналами:

1) от термопреобразователей сопротивления;

2) от термоэлектрических преобразователей;

3) от преобразователей силы и напряжения постоянного тока.

Приборы могут быть однодиапазонными и трехдиапазонными. Однодиапазонные приборы обеспечивают подключение 12 однотипных датчиков, трехдиапазонные – три группы одного, либо различных типов, по четыре однотипных датчика на каждый диапазон измерений.

Подключение термопреобразователей сопротивления к устройству производится по трехпроводной или четырехпроводной схеме.

Допускаемое сопротивление каждого провода линии связи, кроме провода питания: при трехпроводной схеме подключения – (2,50 ± 0,01) Ом и не более 150 Ом при четырехпроводной схеме подключения.

Принцип работы устройства

ФЩЛ-502, 501 состоит из блока регулирования, блока регистрации и блока внешних подключений. Его структурная схема представлена на рис.2.69.

Измеренные сигналы X1 – X12 через блок внешних подключений поступают на входы блока регулирования.

Блок регулирования осуществляет:

- линейное последовательное преобразование измеряемых сигналов в выходной сигнал Uвых;

- сигнализацию выхода каждого измеряемого сигнала за пределы нормы;

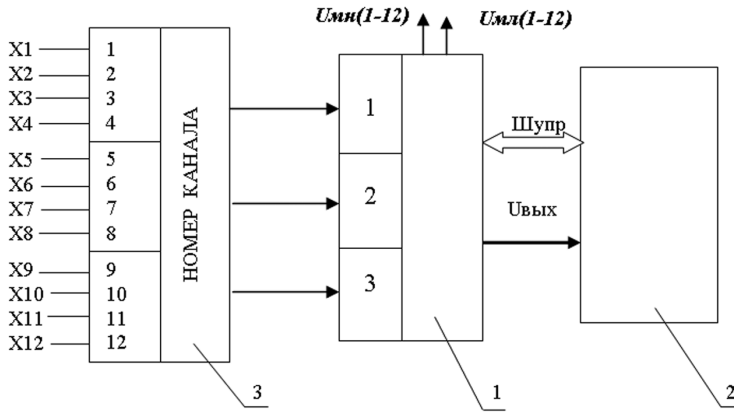


Рис. 2.69. **Структурная схема устройства контроля и регистрации:**
1 – блок регулирования; 2 – блок регистрации;
3 – блок внешних подключений

- формирование позиционных выходных сигналов Uмн, Uмл по каждому из двенадцати каналов.

Выходной сигнал Uвых поступает на вход блока регистрации, по шкале которого с помощью визира производится отсчет измеряемых физических величин, а также регистрация их на диаграммной ленте.

Сигнализация превышения уровня задачи МНОГО и снижения за уровень задачи МАЛО осуществляется путем включения светодиодов МНОГО и МАЛО, расположенных на передней панели блока регулирования.

Значение задачи МНОГО и МАЛО по каждому каналу устанавливает оператор по шкале прибора с помощью переменных резисторов, оси которых выведены на переднюю панель блока регулирования.

Синхронизация работы блока регулирования и блока регистрации осуществляется с помощью двунаправленной шины управления Шупр.

Блок регулирования

Структурная схема трехпозиционного блока регулирования представлена на рис. 2.70.

Измеряемые сигналы X1, X2, ..., X12 поступают через плату

коммутации 1 на вход платы нормализации 3, где происходит их линейное преобразование в унифицированный сигнал УС (0-5 В). Коммутацию входных реле платы коммутации осуществляют силовые ключи 2, расположенные на плате компараторов 16 и управляемые сигналами от платы управления и согласования 9.

Сигнал УС через коммутатор 4 поступает на вход активного фильтра 7 нижних частот 4-го порядка с частотой среза 50 Гц. Сигнал УС с выхода фильтра поступает на вход компаратора 12 и параллельно уходит на выход блока регулирования и к блоку регистрации.

На второй вход компаратора 12 через коммутатор 8 задатчиков, работающих синхронно с коммутатором 4, последовательно во времени поступают сигналы задатчиков 6. В компараторе осуществляется сравнение сигналов датчиков и задатчиков, результаты сравнения последовательно записываются в регистры платы регулирования 14.

Если уровень сигналов превышает или меньше уровня задач, то выходные сигналы с платы регулирования 14 включают соответствующие силовые ключи 15 и светодиодные индикаторы 13.

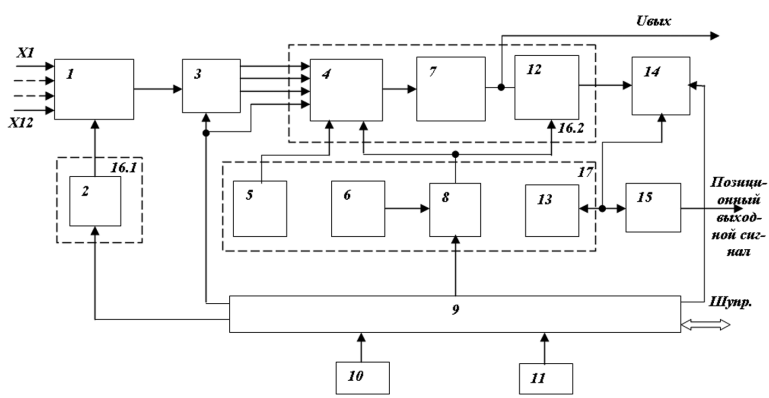


Рис. 2.70. **Структурная схема трехпозиционного блока регулирования:** 1 – плата коммутации; 2 – ключи включения выходных реле; 3 – плата нормализации; 4 – коммутатор УС; 5 – переключатели задач МАЛО, МНОГО; 6 – задатчики; 7 – фильтр; 8 – коммутатор задатчиков; 9 – плата управления и согласования; 10 – переключатель РЕГИСТ. ЗА НОРМОЙ; 11 – переключатель РЕЖИМ 0,5 с; 12 – компаратор; 13 – индикаторы; 14 – плата регулирования; 15 – плата силовых ключей; 16 – плата компараторов; 17 – плата индикации

Плата управления и согласования 9 осуществляет управление коммутацией датчиков и задатчиков, запись информации в регистры и синхронизацию работы блока регулирования с блоком регистрации.

Переключатели 5 задач МНОГО, МАЛО предназначены для перехода с режима измерения и регистрации параметров датчиков на режим установки значений по шкале блока регистрации.

Переключатель 10 (РЕГИСТ. ЗА НОРМОЙ) режима регистрации позволяет осуществлять переход из режима непрерывной последовательной регистрации параметров датчиков в режим регистрации только тех датчиков, параметры которых вышли за пределы нормы.

При отжатой кнопке переключателя 11 (РЕЖИМ 0,5 с) запись в регистр платы регулирования измеряемого в данный момент времени канала происходит только один раз за цикл регистрации в конце цикла. При нажатой кнопке переключателя 11 блок работает следующим образом. После нахождения и подключения необходимого для регистрации датчика, блок дает разрешение регистрации сигнала, и узел следящего уравновешивания блока регистрации отслеживает сигнал в течение 1,5 с. Затем программа регистрации прерывается, и блок регулирования начинает автономную работу в режиме регулирования и производит опрос всех каналов с частотой 2 Гц. За 2 с до конца цикла регистрации вновь дается сигнал разрешения регистрации. Блок регистрации после корректировки положения следящей системы производит регистрацию. Данный режим регулирования возможно использовать при циклах регистрации 24 с, 72 с.

Блок регистрации

Блок регистрации предназначен для регистрации и измерения сигналов напряжения постоянного тока в диапазоне 0 – 5 В.

По методу измерения блок является автокомпенсатором следящего уравновешивания циклического действия.

Структурная схема блока представлена на рис.2.71.

Входной сигнал Uвх от каждого датчика последовательно во времени поступает на вход усилителя постоянного тока 1, где сравнивается с компенсирующим напряжением (Uк) на выходе реохорда 2, к которому подключен стабилизированный источник напряжения 3.

Сигнал ошибки $\Delta U = U_{вх} - U_{вх}$ после усиления поступает на вход корректирующего звена 4, на выходе которого появляется напряжение, пропорциональное ошибке ΔU и ее производной. Выходное напряжение корректирующего звена преобразуется преобразователем 5 в длительность импульсов, которые поступают на коммутатор 6 исполнительного механизма и далее на двигатель 7.

Двигатель 7 через редуктор 8 и преобразователь вращательного движения в поступательное 9 перемещает каретку печатающую 10 и контактную группу реохорда 2 до тех пор, пока измеряемое напряжение Uвх не будет скомпенсировано напряжением $U_к$. Электронные устройства 1, 3, 4, 5 конструктивно объединены в одном узле-плате усилителя.

Управление перемещением диаграммной ленты осуществляется по следующей схеме. С задающего генератора 15 импульсы поступают на управляемый делитель частоты 16, им-

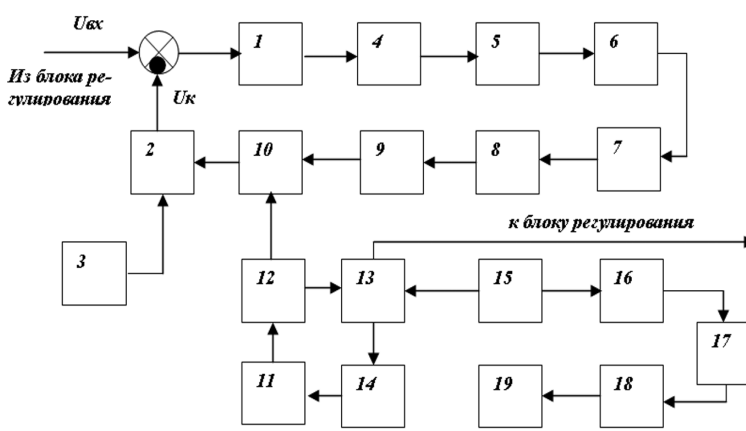


Рис. 2.71. **Структурная схема блока регистрации:**
1 – усилитель постоянного тока; 2 – реохорд; 3 – источник стабилизированного напряжения; 4 – корректирующее звено; 5 – формирователь импульсного сигнала; 6 – коммутатор; 7 – бесколлекторный двигатель; 8 – редуктор; 9 – преобразователь вращательного движения в поступательное; 10 – печатающая каретка; 11 – шаговый двигатель печати; 12 – датчики положения печатающего диска; 13 – блок управления; 14 – коммутатор шагового двигателя печати; 15 – задающий генератор; 16 – управляемый делитель частоты; 17 – коммутатор шагового двигателя лентопротяжного механизма; 18 – шаговый двигатель лентопротяжного механизма; 19 – лентопротяжный механизм

пульсный сигнал с которого поступает в коммутатор 17 шагового двигателя лентопротяжного механизма 18, который приводит в действие ЛПМ 19.

Циклическая регистрация входных параметров осуществляется с помощью шагового двигателя печати 11, который механически связан с печатающей кареткой 10. На валу печатающей каретки жестко закреплен управляющий диск с просечкой, причем эта просечка находится между литерами 11 и 12 каналов. Диск вращается в зазоре между светодиодом и фототранзистором, перекрывая оптический канал связи между ними.

Когда в зазоре оказывается просечка, т.е. между светодиодом и фототранзистором появится оптическая связь, в электронной схеме формируется сигнал НАЧАЛО СЧЕТА, которым обнуляется счетчик, формирующий код номера канала.

На выходном валу редуктора шагового двигателя печати установлен еще один диск с двумя просечками, который также вращается в зазоре между второй оптической парой светодиод-фототранзистор, которая формирует сигналы, поступающие в счетчик-формирователь кода номера канала. Содержание счетчика при прохождении очередной просечки увеличивается на единицу. Таким образом, если учесть, что перед прохождением литеры первого канала над диаграммной лентой, счетчик обнулен, а затем его содержимое возрастает на единицу с приходом каждого импульса со второй оптопары, то на выходе счетчика формируется двоичный код, соответствующий литере на печатающем диске, находящемся над диаграммной лентой.

В блоке управления 13 происходит сравнение полученного кода номера канала с выбранным для регистрации номером канала. При совпадении номеров происходит остановка двигателя печати.

Код номера канала поступает в блок регулирования, где по этому коду к нормализующему усилителю подключается датчик выбранного канала, и на вход блока регистрации поступает напряжение, пропорциональное измеряемой величине. Начинается процесс уравновешивания следящей системы. Т.е. печатающая каретка устанавливается в такое положение, когда отпечатанная на диаграммной ленте точка будет соответствовать измеряемой величине. После выдержки времени, длительность которой устанавливается переключателем ЦИКЛ РЕГИСТ-

РАЦИИ, на коммутатор 14 двигателя печати поступает сигнал, включающий его в противоположном направлении, благодаря чему осуществляется прижатие диска с литерой к диаграммной ленте и происходит отпечатывание точки с индексом номера канала. Затем двигатель печати реверсируется и происходит переход к следующему выбранному для регистрации каналу.

2.13. УРОВНЕМЕРЫ ПОВЫШЕННОЙ СЛОЖНОСТИ

2.13.1. Виды уровнемеров и методы измерения уровня

Широкий круг задач, связанных с измерением и регулированием уровня, обусловил появление большого числа различных приборов и устройств, основанных на разных принципах действия с различной степенью сложности в изготовлении и наладке таких устройств и приборов. В соответствии с изложенным, приборы для измерения и регулирования уровня разделяются:

- по принципу действия – на поплавковые и буйковые, электронные, давления, радиоизотопные, акустические, ультразвуковые и радиочастотные (так называемые танк-радары);
- по характеру измеряемой среды – на приборы для измерения уровня жидких сред, сыпучих тел или уровня раздела сред с различной плотностью или электропроводностью;
- по стойкости воздействия измеряемой среды – на приборы для измерения агрессивных или неагрессивных сред;
- по условиям работы – на приборы, рассчитанные либо не рассчитанные на работу в условиях вибрации, ударов, тряски, высокой температуры, влажности, воздействия микроорганизмов, запыленности и т. п.;
- по характеру выполняемых операций – на приборы для измерения, сигнализации или регулирования уровня.

Поплавковые и буйковые уровнемеры – уровнемеры, где чувствительным элементом является плавающий или полностью погруженный в измеряемую жидкость металлический (или какого-либо другого типа) поплавок или буек. У поплавковых приборов принцип работы прибора основывается на следящем действии поплавка, плавающего на поверхности жидко-

сти и перемещающегося вместе с ее уровнем. У буйковых уровнемеров принцип работы прибора основывается на законе Архимеда. Измерительным параметром является выталкивающая сила тонущего буйка, величина которой пропорциональна глубине его погружения в жидкость, при этом жидкость может находиться под атмосферным, избыточным или вакуумметрическим давлением.

Электронные приборы измерения уровня – приборы, в основу измерения которых положен принцип изменения емкости, индуктивности или сопротивления от уровня жидкости.

Уровнемеры давления – уровнемеры, использующие силу давления столба жидкости, которая зависит от уровня жидкости в емкости.

Радиоизотопные приборы используют изменение интенсивности потока g-излучения при прохождении его через измеряемую жидкость.

Радиочастотные уровнемеры – приборы, построенные по принципу радаров, т.е. используется отражение электромагнитной волны от поверхности жидкости или раздела 2 сред (с разной диэлектрической проницаемостью).

Рассмотрим устройство, принцип действия электронных и радиочастотных уровнемеров, относящихся к уровнемерам повышенной сложности.

2.13.2. Танк–радары фирмы «KROHNE» типа BM100

Уровнемер BM100 фирмы «KROHNE» относится к радиочастотным уровнемерам. На рис.2.72 приведен внешний вид уровнемера BM100, установленного на емкости.

Принцип измерения

Опыт успешного применения радиолокационной технологии для измерения уровня позволил фирме «KROHNE» разработать новый принцип измерения уровня жидкости или раздела сред без использования движущихся частей. Одним из таких приборов является Reflex Radar BM 100. Он может использоваться для измерения уровня или раздела фаз для всех жидких материалов и измерения уровня сыпучих материалов, а также в тех случаях, когда не могут быть использованы традиционные методы измерения.

Рис. 2.72. **Внешний вид уровнемера BM100**

Принцип работы: прямой метод измерений

Измеритель уровня Reflex Radar BM 100 действует по принципу TDR (измерение коэффициента отражения методом совмещения прямого и отраженного испытательных сигналов), который широко используется при тестировании повреждений в кабелях связи.

Компания «KROHNE» применила этот принцип для измерений уровня в промышленности.

Маломощные электромагнитные импульсы наносекундной длительности посылаются вниз с помощью двух жестких или гибких проводников. При встрече волны с жидкостью происходит частичное отражение волны. Чем больше будет диэлектрическая проницаемость верхнего слоя, тем сильнее будет это отражение. Для воды происходит полное отражение). Эти направляемые волны являются намного более сильными, чем все другие акустические или электромагнитные волны, и на них не оказывают воздействие такие факторы внешней среды, как пена, пар и т. д. Направляемая волна перемещается со скоростью света, а не со скоростью звука, которому свой-

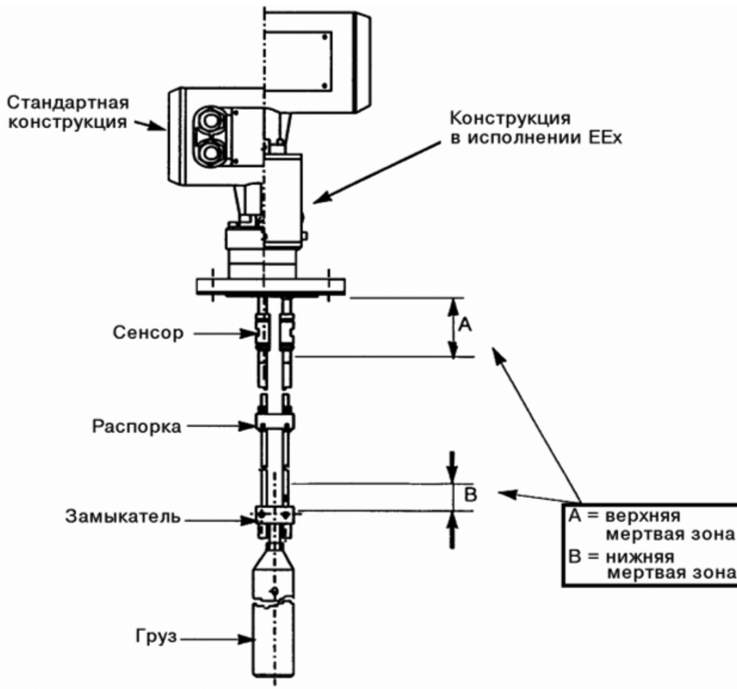


Рис. 2.73. **Конструктивные составляющие уровнемера BM100**

ственно рассеивание, на нее не оказывают влияние ни изменения давления и температуры, ни форма емкости. Колебания диэлектрической проницаемости также не оказывают влияния на измерение уровня.

Для одновременных измерений уровня и границы раздела фаз оставшиеся волны продолжают движение до отражения от границы раздела. Использование этой технологии позволяет расширить применение Reflex Radar BM 100 во многих областях, где ранее было сложно обеспечить точные измерения уровня.

Принцип действия TBF для продуктов с низкой диэлектрической проницаемостью

Используется только для продуктов с очень низкой диэлектрической проницаемостью $\varepsilon_r < 2$.

Ввиду очень низкой диэлектрической проницаемости продукта отражение волны от поверхности достаточно мало. Тем не менее, нам точно известны значения длины датчиков и скорость волны (V1). Время прохождения волны определяется положением замыкателя, который закорачивает цепь и обеспечивает возврат волны. По мере увеличения уровня продукта в емкости, время обратного прохождения волны также увеличивается. Это связано со скоростью волны (V2), которая зависит от диэлектрической проницаемости среды, и при этом V2 < V1. Таким образом, на прохождение того же расстояния потребуется большее время, а величина задержания будет

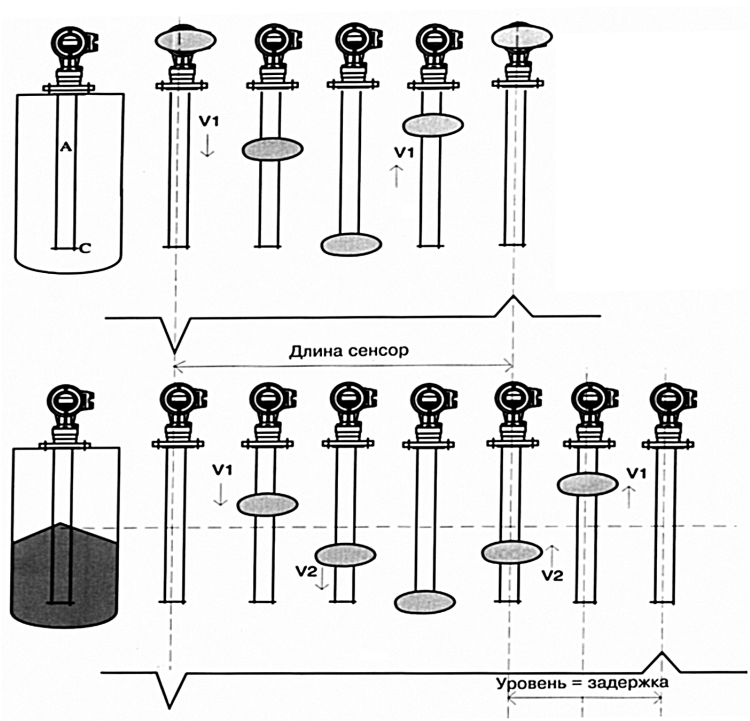


Рис. 2.74. **Принцип действия прибора:**
V1 - скорость света C_0. При пустой емкости: 1 - первоначальный импульс; 2 - электрический импульс с V1; 3 - отражение от замыкателя; 4 - приход сигнала в блок электроники. При наличии продукта в емкости: 5 - электрический импульс с V2 ($V2 = C_0/\sqrt{\varepsilon_R}$)

прямо пропорциональна уровню продукта и его диэлектрической проницаемости. Вследствие косвенного измерения уровня продукта и колебаний диэлектрической проницаемости погрешность измерения увеличивается до ± 100 мм против ± 5 мм для продуктов с $\varepsilon_r > 2$.

Эта погрешность может быть больше для порошков или для очень летучих хлопьев или хлопьев с сильной электризуемостью, тем не менее, точность измерений для таких материалов оказывается выше, чем у каких-либо других средств измерения, имеющихся на рынке.

Данные о сенсоре

Типы датчиков

Тип А: ..... Сенсор с 2 стержнями

Применение: ..... Измерение уровней всех жидкостей/твердых веществ и границы раздела фаз жидкостей

Диапазон измерения: ..... Максимальное значение 6 м

Тип В: ..... Сенсор с 2 тросами и грузом или механическим крепежным устройством на конце датчика.

Применение: ..... Измерение уровней всех жидкостей/твердых веществ и границы раздела фаз жидкостей

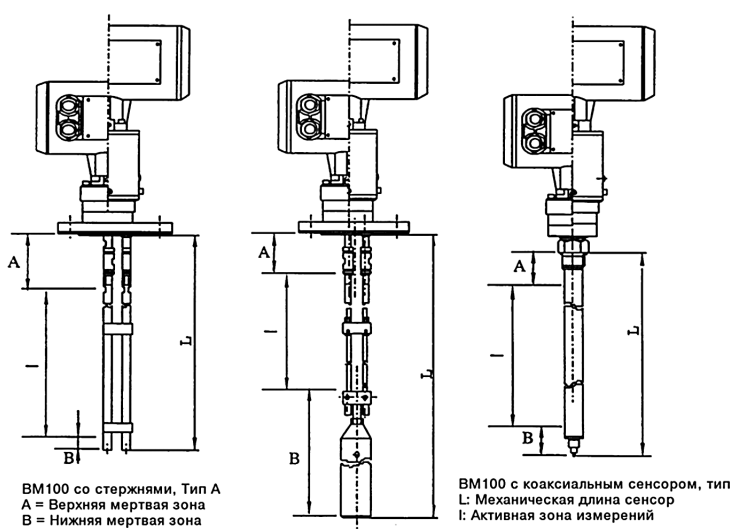


Рис. 2.75. **Приборы с разными типами сенсоров**

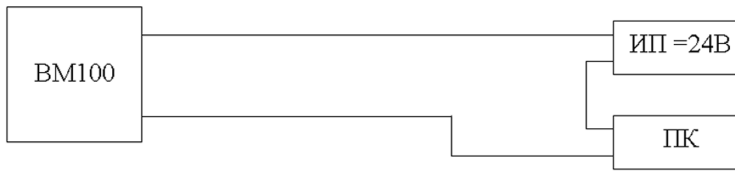


Рис. 2.76. **Схема обвязки ВМ100 (пассивный токовый выход):**
ВМ100 - уровнемер, ИП =24 В - источник питания =24 В (30 мА),
ПК - показывающий прибор или регистратор с входом 4-20 мА

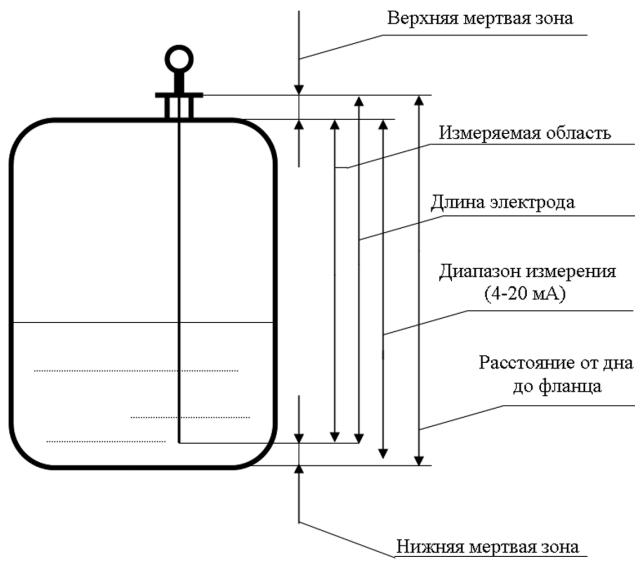


Рис. 2.77. **Вариант установки ВМ100 с выбором пределов измерения**

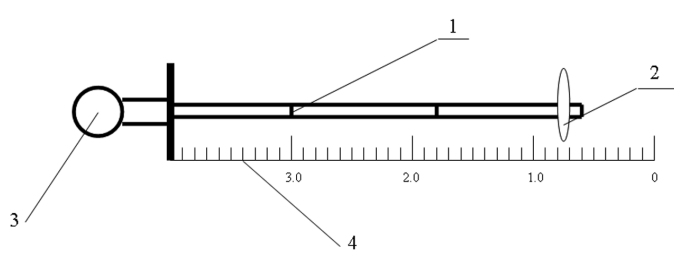


Рис. 2.78. **Проведение поверки ВМ100:**
1 – электрод; 2 – отражающее кольцо; 3 – ВМ100; 4 - линейка

Диапазон измерения: ..... Максимальное значение 60 м

Тип С: ..... Сенсор коаксиального типа, состоит из трубки с внутренним проводником.
Применение: ..... Измерение уровня раздела для всех жидкостей, не склонных к кристаллизации.
Диапазон измерения: ..... Максимальное значение 6 м

L = Полная длина сенсора включая верхнюю мертвую зону (A) и нижнюю мертвую зону (B). Нижняя мертвая зона зависит от типа сенсора и, как и верхняя мертвая зона, от величины диэлектрической проницаемости e_r.

I = Активная зона измерений.

Уровнемеры BM 100 с сенсорами стержневого вида, типа A используются на танках с жидким хлором.

Уровнемер BM100 имеет только «местную» индикацию показаний, т.е. на самом уровнемере по месту установки. Для контроля за уровнем в танке служит пассивный токовый выход (0-20, 4-20, или 20-4, 20-0 мА) или сигнал RS485 протокола.

Вид токового сигнала определяется заказчиком и программируется через основное меню.

Уровнемер BM100 для прохождения поверки не требует поверочной установки. Сдача в поверку производится перемещением отражающего кольца из металла вдоль электродов с отсчетом по рулетке или линейке, прошедшей поверку.

2.13.3. Система измерения уровня СУ-5Д

Назначение

Система СУ-5Д предназначена для измерения уровня, объема и массы различных жидких сред в условиях их хранения и использования в технологических процессах. Система СУ-5Д ориентирована на применение на различных предприятиях (в том числе химической и нефтехимической промышленности), в энергетике, на складах, на базах сжиженного газа.

Система измерения уровня СУ-5Д обеспечивает:

- измерение уровня жидкостей в резервуарах;
- выдачу на цифровой индикатор значений уровня, объема и массы;
- формирование и выдачу на светодиодные индикаторы сигналов превышения заданных предельных значений уровня;

- выдачу сигналов на управление реле;
- выдачу информации в последовательном коде на ПЭВМ;
- регистрацию информации (уровень, масса, сигнализация, исправность) за последние три года эксплуатации на жестком диске ПЭВМ;
- вывод на дисплей ПЭВМ и на принтер текущей информации по всем резервуарам в цифровом и мнемоническом виде;
- вывод на дисплей ПЭВМ и на принтер архивной информации по любому резервуару за любой день в виде таблиц и в виде графиков;
- возможность дублирования датчиков и блоков.

Устройство, принцип действия и структурные схемы системы СУ-5Д

Работа системы измерения уровня СУ-5Д основана на базе емкостных датчиков, в качестве которых использована конструкция в виде труба в трубе, т.е. в трубе большего диаметра располагают трубу меньшего. В данном случае внутренняя поверхность трубы большего диаметра является одной обкладкой конденсатора, а наружная поверхность трубы меньшего диаметра другой. Заполняя промежуток между трубами диэлектрической жидкостью, емкость конденсатора будет линейно возрастать с ростом уровня жидкости.

Для компенсации изменения диэлектрической проницаемости измеряемой жидкости служит компенсационный датчик. Поэтому один канал измерения состоит из основного и компенсационного датчика. Микропроцессорный блок прибора служит для обработки результатов измерения и выдачи их на индикатор в заданном виде.

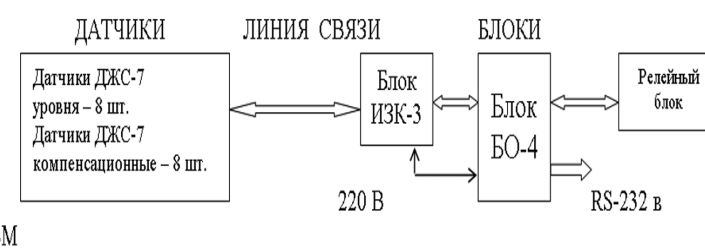


Рис. 2.79. **Структурная схема системы в минимальной конфигурации на 8 резервуаров**

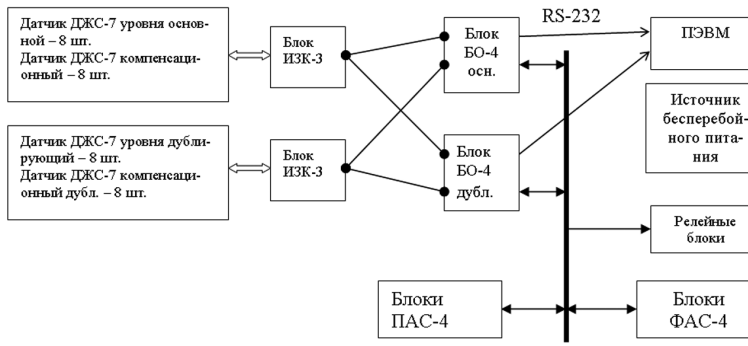


Рис. 2.80. **Структурная схема системы на 16 резервуаров с дублированием микропроцессорных блоков и дополнительными функциями приема и выдачи аналоговых сигналов**

Блоки ПАС-4 позволяют принимать и обрабатывать информацию от любых устройств с унифицированным электрическим выходом 0...5 В или 0...5 мА или 4...20 мА. Блоки ФАС-4 позволяют организовать унифицированные электрические выходы 0...5 В или 0...5 мА.

Функциональное назначение блоков и датчиков

Микропроцессорные блоки обработки БО-4 обеспечивают опрос датчиков, обработку информации, выдачу информации об уровне, объеме и массе на встроенные светодиодные индикаторы и в последовательном коде RS-232 во внешние устройства (IBM-совместимый компьютер). Один из блоков обработки функционально является основным, а другой дублирующим. Функциональное назначение блока БО-4 определяется его местом установки с помощью перемычки на разъеме.

При отказе основного блока обработки (не проходит встроенный автоконтроль) дублирующий блок автоматически переходит из режима ожидания в режим работы с датчиками.

В блоке обработки имеется репрограммируемая память для записи и хранения констант. Рабочая программа и константы сохраняются при выключенном питании неограниченное время.

Блоки ИЗК-3 обеспечивают питание и опрос датчиков и гальваническую развязку сигналов датчиков через оптопары (допустимое напряжение изоляции 1500 В).

В системе организованы две одинаковые шины для подключения блоков ИЗК-3 и датчиков и одна шина для связи с вне-

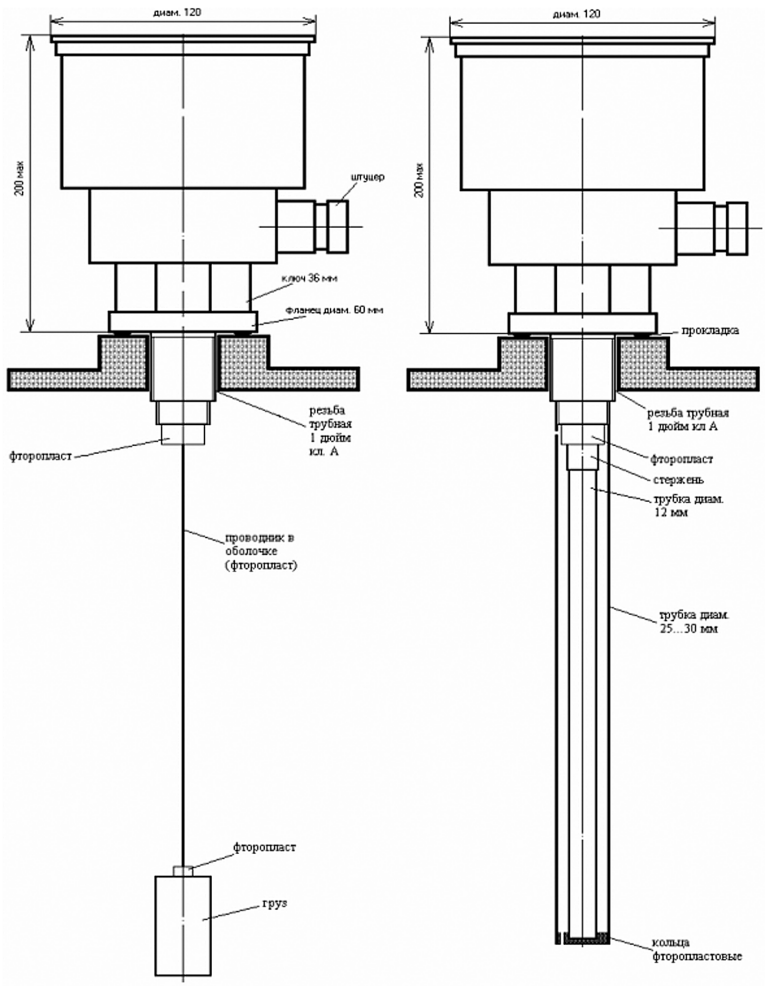


Рис. 2.81. **Датчики ДЖС-7**

шними устройствами (релейные блоки, блоки АЦП, блоки ЦАП).

Датчики имеют маркировку взрывозащиты «1ExibIIBT6 в комплекте СУ-5Д» и могут устанавливаться во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок.

Блоки искрозащиты и коммутации ИЗК-3 с входными искробезопасными электрическими цепями уровня « ib « имеют маркировку взрывозащиты «ExibIIB в комплекте СУ-5Д» и предназначены для установки вне взрывоопасных зон помещений и наружных установок.

На рис.2.81 приведен внешний вид датчиков.

Возможные неисправности и методы их устранения

При отсутствии питания блоков проверьте исправность предохранителей.

Если не работает датчик, проверьте на нем напряжение (должно быть 8,5...12,5 В) и потребляемый ток (должен быть 17...30 мА).

Проверка системы производится по тестам.

При неисправности микропроцессорного блока установите микросхему с тестовой программой (тестовая программа работоспособна почти при всех неисправностях и позволяет определить неисправные модули).

Если при программировании констант произошло два сбоя подряд, замените микросхему памяти констант на чистую и запрограммируйте константы (сперва программируется нулевой канал, затем ему присваивается номер рабочего канала).

Если плохо работает вентилятор, его необходимо почистить мягкой кисточкой или заменить на новый (если используемый неисправен).

2.14. ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА ПНЕВМАТИЧЕСКИХ КИПиА

Все многочисленные устройства пневматики состоят из небольшого числа элементов: пневматические дроссели, камеры, пневматические 2 элементарные преобразователи, задатчики и выключающие реле.

Пневматические дроссели создают пневматическое сопротивление за счет сужения прохождения воздушного канала (рис.2.82).

В зависимости от назначения дроссели разделяют на постоянные и переменные. Проходное сечение постоянных дросселей в процессе работы не изменяется. У переменных дросселей проходное сечение можно изменить в широких пределах. Пневматические дроссели применяют в схемах делителей давления. Простейший делитель давления состоит из двух последовательно соединенных дросселей с пневматическими сопротивлениями R_1 и R_2.

Перепады давления P1-P2 и P2-P3 на дросселях делителя давления (рис.2.83) пропорциональны их пневматическим сопротивлениям R1 и R2.

$$(P1-P2)/(P2-P3)=R1/R2$$

Из этой формулы находим промежуточное давление P2.

$$P2 = (R2/(R1+R2))\cdot P1 + (R1/(R1+R2))\cdot P3$$

Если воздух после второго дросселя выходит в атмосферу то,

$$P3=0;\ P2=(R2/(R1+R2))\cdot P1$$

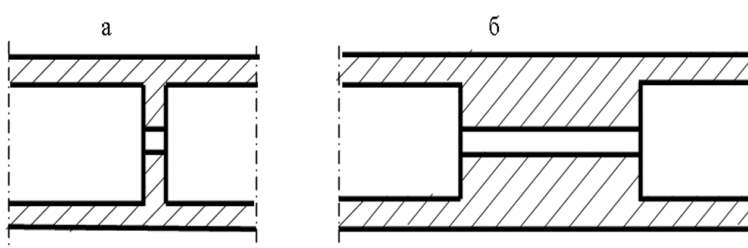


Рис.2.82. **Постоянные дроссели:**
а - турбулентный, б - ламинарный

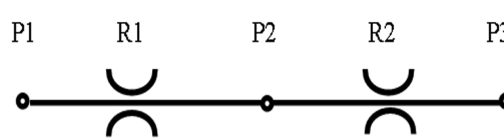


Рис.2.83. **Делитель давления**

Мембрана - это зажатый между фланцами гофрированный диск, чаще всего из прорезиненной ткани с жестким диском в центре (рис. 2.84).

Мембрана преобразует давление в силу. Так как сила F, согласно формуле F=S·P пропорциональна приложенному давлению P, то статическая характеристика мембраны, как преобразователя, линейная.

Трубчатая пружина представляет собой согнутую в виде дуги трубку овального или эллиптического сечения (рис. 2.85). Один конец трубки запаян, а в другой, укрепленный неподвижно, подают измеряемое давление. Под действием давления P трубка стремится распрямиться вследствие чего, ее свободный запаянный конец перемещается. Это происходит из-за того, что малая ось эллипса стремится увеличиться, а большая умень-

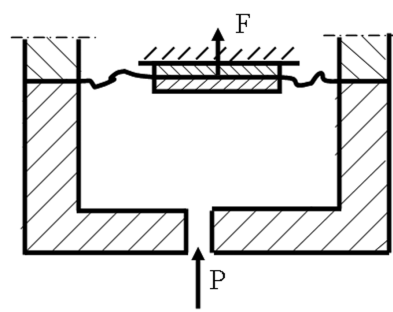


Рис.2.84. **Мембрана**

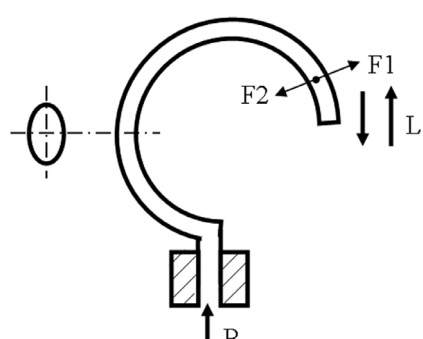


Рис.2.85. **Трубчатая пружина**

шиться, так как площадь вокруг малой оси значительно больше площади вокруг большой оси и, следовательно, сила F1 больше силы F2. Перемещение запаянного конца пропорционально измеряемому давлению P.

$$L = K \cdot P,$$

где коэффициент пропорциональности K - коэффициент передачи трубчатой пружины.

Сильфон - это гофрированная трубка, один конец которой закрыт (дно сильфона), а к другому подводится давление P (рис.2.86). Под действием давления сильфон растягивается. Зависимость перемещения дна сильфона от измеряемого давления выражается формулой

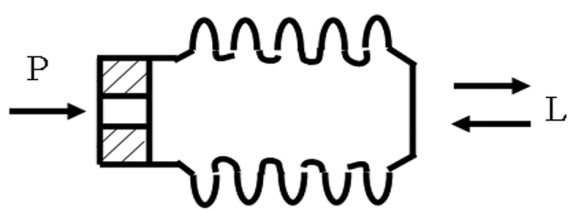


Рис.2.86. **Сильфон**

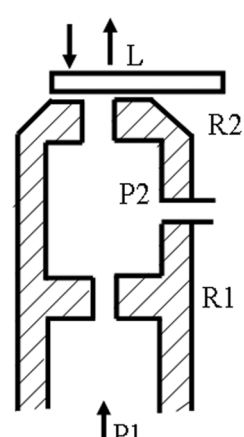


Рис.2.87. **Преобразователь сопло-заслонка**

$$L = K \cdot P$$

Преобразователь сопло-заслонка служит для преобразования линейного перемещения в давление сжатого воздуха и представляет собой переменный дроссель типа сопло-заслонка в сочетании с постоянным дросселем (рис.2.87).

Постоянный дроссель R1 вместе с переменным дросселем сопло-заслонка R2 образуют делитель давления. Давление питания P1 подводится к постоянному дросселю R1, а выходным сигналом делителя является промежуточное давление P2. Это давление согласно формуле

$$P2 = (R2/(R1+R2)) \cdot P1$$

зависит от измеряемого сопротивления дросселя и, следовательно, от перемещения заслонки.

К числу наиболее распространенных функциональных элементов пневматических устройств относятся повторители, реле, сумматоры, усилители мощности, задатчикии выключающие реле. Конструктивно они представляют собой устройства, состоящие из нескольких мембран, связанных одним штоком и дросселями типа сопло-заслонка. Заслонками для сопел служат жесткие центры мембран. Во всех этих элементах входные пневматические сигналы предварительно преобразуют в механические силу и перемещение, а после выполнения необходимых операций - снова в пневматические. Преобразо-

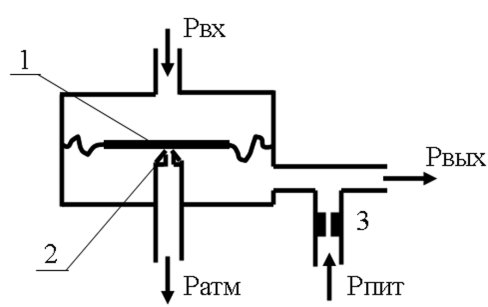


Рис.2.88. **Повторитель давления**

вание входного давления в силу и перемещение производится в основном мембранами, а перемещения в выходное давление - соплом с заслонкой.

Повторитель давления (рис.2.88) состоит из мембраны 1 и делителя давления, образованного постоянным дросселем типа сопло-заслонка. Роль заслонки для сопла 2 выполняет жесткий центр мембраны.

В таком повторителе входное давление преобразуется мембраной 1 в пропорциональное ему усилие, направленное вниз. Это усилие уравновешивается направленным вверх усилием, создаваемым выходным давлением. В состоянии равновесия эти силы равны. Поэтому по формуле $F=S \cdot P$ будут равны и создающие их давления.

Любое изменение входного давления приводит к нарушению равновесия сил на мембране и к ее перемещению относительно сопла 2, что повлечет изменение выходного давления, которое будет изменяться до тех пор, пока снова не сравняется с входным. Таким образом выходное давление будет повторять любое изменения входного.

Усилитель мощности - представляет собой мощный повторитель давления (рис.2.89).

В него входит двухмембранный блок 1, в котором роль штока выполняет толкатель, имеющий внутренний канал, сообщающийся с атмосферой. В нижней части усилителя находится шариковый клапан 2, прижимаемый к седлу пружиной 3.

Состояние равновесия мембранного блока наступает тог-

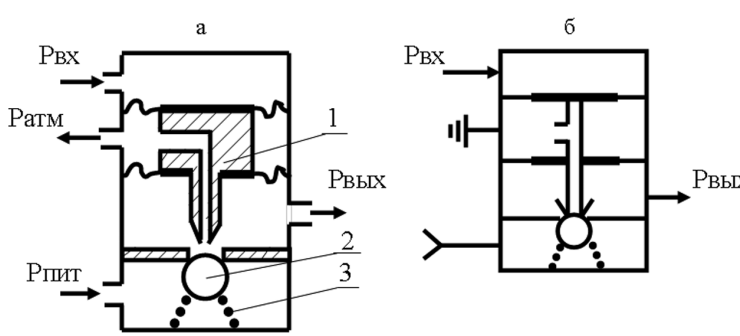


Рис.2.89. **Усилители мощности:**
а - устройство, б - схема

да, когда выходное давление равно входному. Если входное давление увеличивается, то мембранный блок переместится вниз и откроет нижнее сопло. При этом выходное давление быстро увеличивается до нового значения входного давления за счет большого притока питающего воздуха через седло. Если входное давление уменьшится, то мембранный блок переместится вверх и откроет верхнее седло. Выходное давление уменьшится до нового значения входного давления за счет стравливания воздуха в атмосферу, через канал в штоке.

Задатчик - предназначен для ручного изменения давления сжатого воздуха. Усилие, действующее на мембрану 3 (рис. 2.90) сверху, создается при помощи пружины 2, сжимаемой винтом 1. При ввинчивании винта в корпус задатчика выходное давление увеличивается, а при вывинчивании - уменьшается за счет изменения усилия пружины.

Выключающее реле - выполняет операцию переключения сигналов в пневматических цепях. В состав выключающего реле (рис. 2.91) входят мембранный блок 1, подпираемый снизу пружиной 2 и два сопла, расположенные с внутренней стороны мембран.

Мембранный блок может занимать два крайних положения: верхнее (под действием пружины 2) и нижнее (под действием выключающего сигнала) При этом происходит перекрытие одного из двух сопел, к которым подводятся входные давления. Выходное давление при этом будет совпадать с одним из входных давлений:

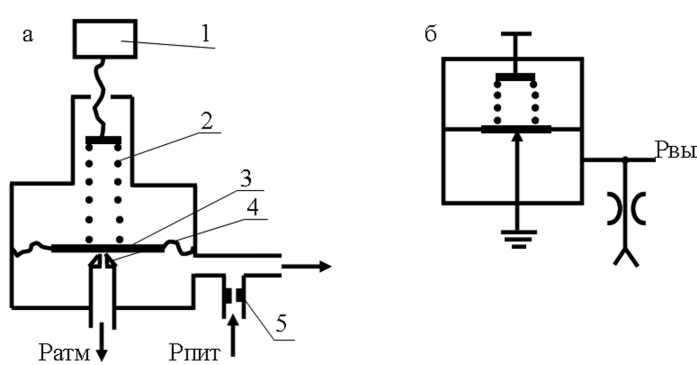


Рис. 2.90. **Задатчик:**
а - устройство, б - схема

Рвых = Рвх1, при Рвых = 0
Рвых = Рвх2, при Рвыкл = Рпит

Двух- и четырехвходовые элементы. Функции, выполняемые двух- и четырехвходовыми элементами, определяются характером пневматических связей между их камерами.

Двухвходовый элемент предназначен для выполнения различных операций с одним или двумя пневматическими сигналами (рис.2.92) в зависимости от различных вариантов включения.

Двухвходовый элемент представляет собой устройство с мембранным блоком, состоящим из трех мембран и двух дросселей типа сопло-заслонка. Мембраны делят двухвходовый элемент на четыре камеры: две глухие и две проточные. Давления в этих камерах создают усилия, действующие вдоль оси штока.

В зависимости от различных вариантов включения двухвходовый элемент будет выполнять операции:

- сравнение входного сигнала с постоянным давлением (рис. 2.92 а).

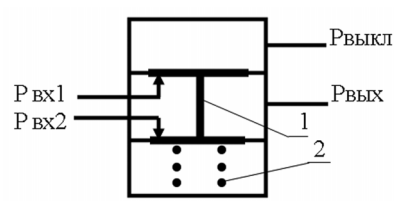


Рис.2.91. **Выключающее реле**

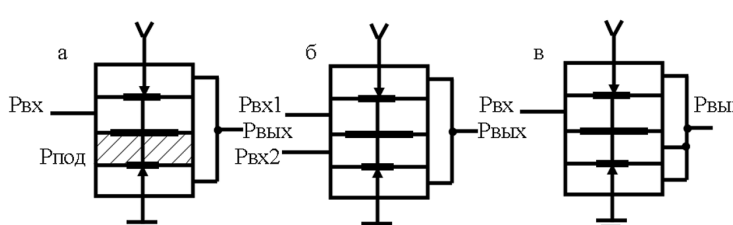


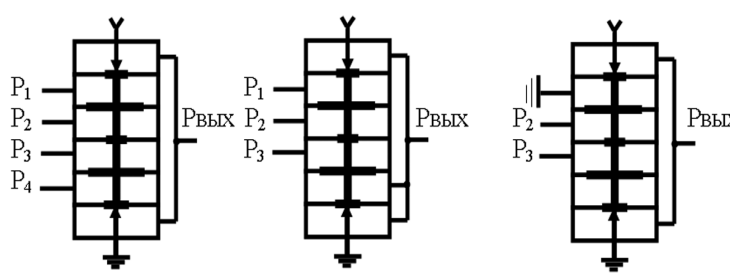
Рис.2.92. **Схемы включения двухвходового элемента:**
а - реле с подпором, б - двухвходовое реле, в - повторитель давления

При таком включении давления в проточных камерах всегда одинаковы, и поэтому положение мембранного блока зависит только от соотношения давлений Рвх и Рпод. Если входное давление Рвх меньше давления подпора Рпод, то их разность будет меньше 0 и мембранный блок окажется в верхнем положении. При этом верхнее сопло закроется, а нижнее откроется, и, следовательно, выходное давление Рвых станет равным атмосферному. Если же ΔР меньше 0, то мембранный блок закроет нижнее сопло и откроет верхнее. При этом Рвых = Рпит.

- сравнение двух входных сигналов (рис. 2.92 б).

В этом случае элемент работает как реле, на вход которого подается разность ΔР = Рвх1 - Рвх2 входных сигналов. Пока Рвх1 будет меньше Рвх2 выходное давление Рвых останется неизменным и равным 0. Как только Рвх1 превышает Рвх2, то выходное давление возрастет до Рпит.

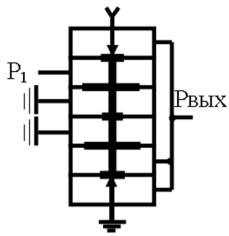
Четырехвходовый элемент (рис. 2.93) состоит из пяти мембран, связанных одним штоком. При этом, также как и двухвходовом, соблюдается чередование мембран большой и малой площади. Эти мембраны образуют четыре глухие и две проточные камеры. В зависимости от вариантов включения четырехвходовый элемент может выполнять различные функции:



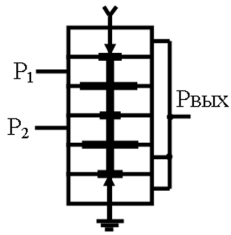
а) релейное действие при $(P_2+P_4) > (P_1+P_3)$, Рвых=0 при $(P_2+P_4) < (P_1+P_3)$, Рвых=Рпит

б) алгебраическое суммирование Рвых = $P_1 - P_2 + P_3$

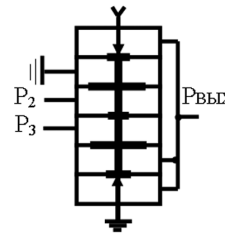
в) релейное действие при $P_2 > P_3$, Рвых = 0 при $P_{2<} P_3$, Рвых = Рпит



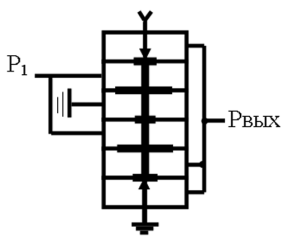
г) повторение
Рвых = P_1



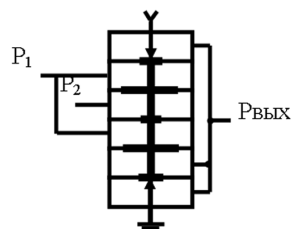
д) сложение
Рвых = $P_1 + P_2$



е) вычитание
Рвых = $P_3 - P_2$



ж) умножение на 2:
Рвых = $2P_1$



з) умножение на 2 с вычитанием:
Рвых = $2P_1 – P_2$

Рис. 2.93. **Четырехвходовый элемент**

ГЛАВА III.
ПРАКТИКА КИПиА

3.1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

- А -

Абсолютная погрешность - погрешность, выраженная в единицах измерения и равная разности измеренного (Х) и действительного (Хд) значения измеряемой величины.

Автокомпенсатор - самоуравновешивающийся компенсатор постоянного напряжения, основанный на потенциометрическом способе измерения.

Автоматическая система - совокупность управляемого объекта и автоматических измерительных и управляющих устройств.

Адаптация - способность систем приспосабливаться и сам процесс приспособления к изменениям внешней или внутренней среды с целью сохранения определенных параметров или повышения эффективности функционирования.

Адаптер - в системах информатики и ВТ устройство для согласования параметров входных и выходных сигналов блоков.

Алгоритм - конечная последовательность формальных правил, предписаний, точное исполнение которых позволяет решить ту или иную задачу, описать тот или иной процесс.

Амперметр многодиапазонный - амперметр с несколькими диапазонами измерения, которые путем ступенчатого измерения обеспечивают расширение диапазона измерения тока.

Амперметр электромагнитной системы - прибор для измерения силы тока на основе измерительного механизма электромагнитной системы; применяется для измерения постоянного и эффективного значения силы переменного тока.

Амплитуда – максимальное значение синусоидальной переменной величины . Амплитудой называют также наибольшее отклонение некоторой колеблющейся величины от нулевого значения.

Амплитудная модуляция (АМ) - способ модуляции, при котором амплитуда колебаний изменяется во времени.

Амплитудная характеристика - зависимость действующего значения величины напряжения U2 на выходе усилителя (каскада) от действующего значения входного напряжения U1, изменяющегося по гармоническому закону.

Аналоговая техника - отрасль, занимающаяся разработкой, производством и использованием устройств, выполняющих различные операции над аналоговыми величинами, выражающими изменение во времени какой-либо физической величины.

Аналоговый сигнал - сигнал, использующий для передачи информации одни и те же физические переменные, такие как амплитуда напряжения или изменение частоты.

Аналого-цифровой преобразователь - функциональный блок измерительного устройства, осуществляющий преобразование аналоговой измеряемой величины в цифровой сигнал.

Аппаратура измерительная - измерительное устройство, в отличии от измерительной установки, выполненное в виде переносного прибора и предназначенное для исследовательских целей.

АСУ - система управления предприятиями, учреждениями, отраслями, ведомствами, городским хозяйством и т.д. на базе экономико-математических методов и средств вычислительной техники. В основе АСУ- автоматизация различных информационных процессов управления со сведением к минимуму участия человека в трудоемких операциях по сбору и предварительной обработке данных, необходимых для принятия окончательных решений.

АСУТП - автоматизированная система управления технологическим процессом - человеко-машинный комплекс, обеспечивающий управление технологическими процессами на современных механизированных и автоматизированных промышленных предприятиях. Основная цель АСУТП - оптимизация технологических процессов, характеризующихся большим числом параметров и сложностью алгоритмов управления.

- Б -

Балансировка (юстировка) - метрологическая деятельность, имеющая целью доведение погрешности средства измерений до значения, соответствующего техническим требованиям.

Балансировка - приведение подвижной части измерительного механизма в состояние устойчивого равновесия относительно оси вращения путем изменения положения уравновешивающих грузов или других подходящих деталей.

Безотказность - это свойство прибора сохранять работоспособность в течение некоторого времени без вынужденных перерывов.

Барьер искрозащиты - четырехполюсник, ограничивающий энергию электрической цепи до искробезопасных значений в случае ее повреждения. Обычно представляет собой набор предохранителей и стабилитронов, залитых в компаунд. Для особых применений используют активные гальванически изолированные барьеры.

- В -

Вариация - максимальная разность показаний измерительного прибора, определенная при прямом (Аип) и обратном (Аио) ходе изменения параметра для одного и того же его действительного значения. Вариация может быть выражена в % от диапазона шкалы и должна быть меньше основной погрешности.

Варикап - диод полупроводниковый, предназначенный для использования в качестве конденсатора, емкость которого зависит от приложенного напряжения.

Ваттметр - средство измерения мощности. Действие основано на физическом моделировании математических соотношений, определяющих мощность в электрических цепях.

Веберметр - прибор для измерения магнитного потока. Чувствительным элементом служит индукционный преобразователь.

Величина (физическая величина) - характеристика (свойство) предмета, состояния или процесса, подлежащая измерению.

Величина влияющая - физическая величина, оказывающая влияние на результат измерений. Не является объектом измерений, но оказывает влияние на средство измерений,

выражающееся в изменении его технических характеристик, вследствие чего показания прибора могут изменяться.

Величина измеряемая - физическая величина, значение которой определяется посредством измерений.

Величина относительная - физическая или техническая величина, которая определяется через отношение двух величин.

Величина переменная - динамическая величина, среднее значение которой равно нулю.

Величина периодическая - динамическая величина, изменение мгновенного значения которой имеет периодический характер.

Величина постоянная - величина (или процесс), мгновенные значения которой в течение периода наблюдений не меняют свой знак.

Величина промежуточная - величина, в которую преобразовывается измеряемая или другая величина, с целью дальнейшей обработки сигнала.

Величина синусоидальная - переменная величина, мгновенное значение которой изменяется по синусоидальному закону.

Величина смешанная - динамическая величина, мгновенное значение которой изменяется во времени как по размеру, так и по знаку (направлению).

Виртуальный измерительный прибор - многофункциональный, процессорный прибор с развитым «интеллектом» и программным управлением.

Вискозиметр - прибор для измерения вязкости жидкостей.

Витая пара - кабельный элемент, состоящий из двух изолированных проводников, регулярно скрученных вместе и формирующих симметричную линию передачи.

Волномер - прибор для измерения частоты способом сравнения частот.

Вольтметр - средство измерения для определения электрического напряжения.

Время нарастания - разность между двумя моментами времени, в которые импульсная величина принимает наперед заданные мгновенные значения.

Время установления показаний - время, необходимое для успокоения показаний.

Входная емкость - емкостная составляющая комплексного входного (полного) сопротивления.

Входная связь – связь между входным гнездом и последующими каскадами схемы преобразования внутри измерительного прибора.

Входное сопротивление - активная составляющая комплексного входного (полного) сопротивления.

Входной делитель напряжения - делитель напряжения, понижающий измеряемое напряжение на входе измерительного прибора до значения, пригодного для обработки последующими схемами преобразования.

Выбор средства измерения - составная часть стратегии измерений.

Выпрямление - преобразование переменной величины в постоянную.

Выравнивание потенциала - способ повышения эффективности мер защиты от поражения электрическим током.

- Г -

ГКМВ - Генеральная Конференция по мерам и весам. Международная организация законодательной метрологии.

Гальванометр - специальная форма измерительного механизма магнитоэлектрической системы, предназначенная для измерения малых токов и напряжений.

Генератор измерительный - прибор для создания электрических колебаний различной формы при определенных значениях мощности, напряжения и/или тока.

Генератор - техническое устройство, создающее электроэнергию.

Головка измерительная - измерительный датчик как принадлежность электроизмерительных приборов. Осуществляет восприятие измеряемой величины непосредственно на месте измерения и передачу ее к измерительному прибору посредством гибкого кабеля.

Градуировка - нанесение делений на шкалу средства измерения.

Градуировочная отметка - метка на шкале, соответствующая определенному значению измеряемой величины.

Градуировочная характеристика - закон следования градуировочных отметок на аналоговой шкале.

Граница перегрузки - допустимое значение, которое мо-

жет принимать измеряемая или влияющая величина, не вызывая необратимых изменений в измерительном приборе.

Граница погрешности средства измерения - интервал значений, внутри которого должна находиться погрешность измеренного значения при условии применения средства измерений в установленных условиях эксплуатации.

Границы неопределенности – см. границы погрешности.

Границы доверительные - границы (сверху и снизу среднего значения), между которыми находится истинное значение.

Границы погрешности - границы допустимых отклонений от правильного показания или номинального значения

Грубая погрешность - погрешность, возникающая при неправильной организации процесса измерения (например, из-за неправильной эксплуатации измерительных приборов, неправильного отсчета показаний, выхода из строя какого- либо элемента), такие погрешности могут быть обнаружены и устранены.

- Д -

Датчик перемещений - преобразователь для измерения линейных или угловых перемещений.

Датчик - чувствительный элемент или конструктивно объединенная группа чувствительных элементов.

Делитель частоты - функциональная схема, при помощи которой значения частоты входного сигнала делятся на целое число раз.

Демпфирование - 1. Успокоение колебаний подвижной части измерительного механизма. 2. Обиходное название ослабления измеренного сигнала.

Демпфирующее устройство - конструктивный элемент измерительного механизма, предназначенный для успокоения колебаний подвижной части и обеспечивающий требуемое время успокоения.

Детектор - чувствительный элемент для измерения или регистрации излучения, полей или частиц.

Диапазон влияния - диапазон изменения влияющей величины, не влекущего за собой превышения погрешности измерения.

Диапазон измерения - диапазон значений измеряемой величины, для которых регламентированы характеристики погрешности.

Диапазон подавления - диапазон значений измеряемой величины, после которого измерительный прибор начинает давать показания.

Диапазон показаний - диапазон значений измеряемой величины, который может быть инициирован данным средством измерения.

Диапазон рабочий - участок или сектор шкалы, в пределах которого показания прибора соответствуют его классу точности.

Диапазон рабочих температур - температурный диапазон, в котором измерительные приборы и/или их составные части работают при постоянной нагрузке безаварийно.

Диапазон шкалы - диапазон делений аналоговой шкалы между начальным и конечным делениями шкалы.

Дисплей - цифровое устройство индикации.

Допуск - диапазон допускаемых действительных значений.

Дрейф - изменение опорного уровня при измерении (например, смещение нуля измерительного прибора)в течение длительного периода времени без внешних причин.

- Е -

ЕОКК - Европейская организация по контролю качества.

Единица измерения - установленный соглашением определенный размер физической величины, служащий для сравнения значений физической величин, имеет числовое значение и служит мерой физической величины при измерениях.

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

- З -

Зануление - защитное мероприятие от поражения электрическим током.

Защита от перегрузки - схема защиты комбинированных приборов от перегрузки и повреждений измерительного механизма из-за неправильного обслуживания или подключения.

Защитное заземление - способ защиты от поражения

электрическим током, заключается в том, что все изолированные металлические части устройств с помощью проводника соединяются с устройством заземления.

Земля - землей является проводящая поверхность, потенциал которой в любой точке можно принять равным нулю.

Значение величины - количественная характеристика физической величины.

Значение действительное - значение физической величины, определенное в конкретный момент времени при заданных условиях посредством измерений.

Значение измеренное - значение физической величины, определенное посредством показания средства измерения при единственном наблюдении (измерении).

Значение истинное - значение физической величины, которое могло бы быть получено при условии, что измерение осуществлялось без погрешности.

Значение конечное - конечное значение диапазона измерений.

Значение максимальное - наибольшее значение, которое может принимать мгновенное значение периодической величины.

Значение наименьшее - наименьшее из мгновенных значений периодической величины.

Значение номинальное - значение физической величины, характеризующее рабочую область измеряемого объекта или средства измерения.

Значение нормирующее - значение, к которому относится погрешность средства измерений или/и добавочного устройства, устанавливается для определения (оценки) погрешности измерений.

Значение пиковое - амплитудное значение, имеющее место в течение очень короткого (по сравнению с длительностью периода) интервала времени.

Значение постоянное - усредненное по времени среднее арифметическое значение периодической величины.

Значение правильное (действительное) - значение физической величины, очень близкое к истинному значению.

Значение численное - число, показывающее, как много единиц измерения содержится в измеряемой величине.

Зонд (щуп) - чувствительный элемент, для подключения к измеряемому объекту в труднодоступных местах.

- И -

Измерение - экспериментальная метрологическая деятельность, направленная на количественное определение значения физической величины

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

Измерительная система - совокупность средств измерений и вспомогательных устройств, соединенных между собой каналами связи. Измерительная система предназначена для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для автоматической обработки, передачи и/или использования в автоматических системах управления.

Измерительно-вычислительный комплекс - совокупность аппаратных и программных средств, предназначенных для комплексных измерений и обработки их результатов с использованием ЭВМ.

Измерения динамические - измерения, проводимые с целью определения мгновенных значений физических величин и их изменения во времени, например, измерения с помощью регистрирующих приборов

Измерения статические - измерения физических величин, постоянных во времени или в течение измерения, например, измерение постоянного тока, измерение эффективного значения переменного напряжения комбинированным прибором.

Измерительная информация - специализированное сообщение, получаемое посредством измерений, об измеряемом объекте и измерительном процессе.

Измерительная техника лабораторная - измерительная техника, предназначенная для эксплуатации в лабораторных условиях.

Измерительная техника прецизионная - экспериментальная (уникальная) измерительная техника, удовлетворяющая наивысшим требованиям к точности измерения.

Измерительный механизм - комбинация составных частей, результатом взаимодействия которых являются вращающий момент или перемещение, значения которых зависят от значения измеряемой величины.

Импульс - динамическая величина произвольной формы,

мгновенное значение которой отлично от нуля в течение ограниченного интервала времени.

Индикатор - прибор или вещество, с помощью которого определяется наличие какой-либо величины в определенном диапазоне значений.

Индикация цифровая - показания средства измерения в форме цифровой последовательности.

Инертность - время, за которое показание прибора приходит в соответствие со значением измеряемой величины.

Интеграторы - в них происходит непрерывное суммирование (интегрирование) мгновенных значений измеряемого параметра. Для этого они снабжены счетчиком (например, электрическим). Приборы показывают суммарное значение измеряемой величины за промежуток времени. К ним относятся счетчики электроэнергии, счетчики расхода воды, пара и других величин.

Интервал измерений - протяженность диапазона измерений, определяется разностью конечного и начального значений диапазона измерения.

Интерфейс - элемент связи, схема согласования, применяется для обеспечения сопряжения двух или нескольких составных частей системы с одинаковыми или различными входными и выходными величинами.

Испытания - метрологическая деятельность с целью определения, удовлетворяет ли объект (измерительный прибор, устройство) предъявляемым требованиям, установленным в стандартах или ожидаемым в процессе разработки.

- К -

Калибрование - специальный вид испытаний, при которых устанавливается находятся ли в заданных границах характеристики испытываемого объекта. Для этого применяются стандартные образцы, формы или меры физических величин, с помощью которых устанавливается пригодность испытываемого изделия к применению, а также знак ошибки (больше или меньше нормы, но значение отклонений при калибровании определить нельзя).

Калибровка средства измерений - совокупность операций, выполняемых с целью определения и подтверждения действительных значений метрологических характеристик и/или пригодности к применению средства измерений,

не подлежащего государственному контролю и надзору.

Квантование - разделение измерительной информации на некоторое количество одинаковых по значению ступеней (приращений).

Класс точности - количественная оценка гарантированных границ погрешности средства измерений.

Класс точности (2) - максимально допустимая приведенная погрешность (в процентах) при нормальных условиях эксплуатации. Класс точности не может служить непосредственным показателем точности прибора, он лишь определяет предельное возможное значение приведенной погрешности. ГОСТом установлены стандартные классы точности: 0,005, 0,002, 0,05, 0,1, 0,25, 0,5, 1,0, 1,5, 2,5, 4,0.

Класс - совокупность однородных элементов, имеющих как минимум одно общее свойство.

Классификация - разделение (приборов) по определенным признакам на заданные или выбранные классы, как вид метрологической деятельности.

Клеймение - нанесение на средство измерений специального клейма, свидетельствующего по результатам поверки о пригодности прибора к эксплуатации.

Кодирование - преобразование аналоговой измерительной информации в цифровой измерительный сигнал.

Комбинированные приборы – приборы, одновременно показывающие и записывающие величину измеряемого параметра.

Компарирующие приборы - при измерении этими приборами необходимо участие человека, в них происходит сравнивание измеряемой величины с мерой, эталонной величиной. Самый простой пример – это весы.

Компенсатор - измерительный прибор, основанный на методе компенсации.

Конечное значение шкалы - градуировочная отметка шкалы, соответствующая наибольшему считываемому значению измеряемой величины.

Контрольные приборы - приборы для контроля исправности промышленных приборов на месте их установки.

Контроль технического состояния - проверка соответствия значений параметров и характеристик средства измерения (его составных частей, средств измерений и оборудования) требованиям технической документации и определение на этой

основе одного из заданных видов технического состояния в данный момент времени.

Конвертор - устройство для преобразования постоянного напряжения одного значения в постоянное напряжение другого значения. Состоит из инвертора (или генератора) и выпрямителя.

Концепция сменных блоков - техническая концепция, на основе которой осуществляется модульное конструирование измерительных приборов. В основе концепции лежит объединение различных и/или однотипных сменных функциональных блоков и устройств питания в специальном каркасе или корпусе. Путем простой взаимозаменяемости создаются универсальные и измерительные места.

Корпус - защитный кожух измерительного прибора.

Корректор нуля - устройство для регулирования нулевого положения указателя.

Коррекция - исправление (поправка) результата измерения.

Коэффициент усиления - количественная характеристика усилительного каскада или многокаскадного усилителя.

Коэффициент передачи - отношение диапазона изменения выходного сигнала прибора к диапазону изменения его входного сигнала. Если входной и выходной сигналы преобразователя выражены в одинаковых единицах измерения, то коэффициент передачи оказывается безразмерным и в этом случае употребляют термин коэффициент усиления.

- Л -

Лабораторные приборы – приборы, применяемые для точных измерений в лабораторных условиях. Для повышения точности измерения в их показания вводят поправки, учитывающие внешние условия, в которых проводились измерения (температура, атмосферное давление, влажность и т.п.). Кроме того лабораторные приборы используют для поверки технических приборов.

Линия задержки - функциональная схема временной задержки электрического сигнала.

Логометр - измерительный механизм, индицирующий отношение двух электрических величин.

- М -

Метрологическая надежность - надежность средств из-

мерений в части сохранения метрологической исправности, т.е. такого состояния, в котором все метрологические характеристики средств измерений соответствуют установленным нормам.

Метрологическое обеспечение эксплуатации - комплекс мероприятий по установлению и применению организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемых точности, полноты, своевременности и оперативности измерений, выполняемых средствами измерения.

Метрологическое обслуживание - совокупность операций по определению метрологических характеристик средств измерений, выполняемых с целью установления или подтверждения их пригодности к использованию по назначению.

Метрологический контроль и надзор - деятельность, осуществляемая органом государственной метрологической службы или метрологической службой юридического лица в целях проверки соблюдения установленных метрологических правил и норм.

Метрологическая служба - совокупность субъектов деятельности и видов работ, направленных на обеспечение единства измерений.

Метрология - наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Мнемосхема (мнемоническая схема) - условное изображение управляемого объекта (машина, процесс, система) на световом табло с помощью символов и индикаторов, наглядно представляющее состояние объекта, например, ход производственного процесса. Чаще всего применяются на диспетчерских пунктах энергосистем, железных дорог, аэропортов, больших автоматизированных цехов и предприятий.

Мультипликативная погрешность - погрешность коэффициента преобразования (коэффициента передачи). Обычно нормируется на коэффициент передачи, но может быть и абсолютной. Изменяет наклон передаточной характеристики (характеристики преобразования).

Мультиплексор - устройство, обеспечивающее одновременную работу нескольких абонентов или устройств по одному каналу. Он группирует сигналы нескольких подканалов и

передает их по одному каналу с более высокой пропускной способностью.

Мост автоматический цифровой - измерительный прибор для массового контроля параметров линейных компонентов цепей с сосредоточенными постоянными.

- Н -

Нагрузка - электрический прибор, включенный на выходе электронного устройства.

Надежность - способность прибора сохранять свои характеристики в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени.

Нормативно-технические документы - документы, содержащие правила, общие принципы или характеристики, касающиеся различных видов деятельности или их результатов, стандарты, условия, инструкции и регламенты по применению.

Нормирующие термопреобразователи - нормирующие термопреобразователи, называемые также токовыми термопреобразователями, преобразуют обусловленное температурой изменение сопротивления в терморезисторе либо обусловленное температурой изменение выходного напряжения термопары в стандартный токовый сигнал, не зависящий от выходной нагрузки. Выходной сигнал преобразуется в выходной сигнал преобразователя, линейно зависящий от температуры или от напряжения. В преобразователях чаще всего используется стандартный сигнал 4 20 мА. Значение измеряемой величины и сигналы о неисправностях датчика передаются одновременно в виде токового сигнала от 4 до 20 мА по двухпроводной линии (токовая петля). Преобразование и передача сигналов осуществляется с абсолютной помехозащищенностью по протяженным измерительным цепям.

- О -

Образцовые приборы – приборы, которые применяются для поверки лабораторных и технических приборов.

Обратная связь - явление, состоящее в том, что управляющее воздействие на входе усилителя одностороннего в системе передачи сигнала создается не только непосредственно источником сигнала, но и колебаниями, возникающими на выходе одностороннего усилителя.

Относительная погрешность - погрешность, выраженная

отношением абсолютной погрешности к действительному или измеренному значению.

- П -

ПИД-регулятор - регулятор, имеющий пропорционально-интегрально-дифференциальный закон регулирования.

Погрешность измерений - отклонение результата измерений от истинного значения измеряемой величины.

Поверка средства измерений - определение метрологическим органом погрешностей средств измерений и установление его пригодности к применению.

Показывающие приборы - просты по конструкции, однако показывают величину измеряемого параметра только в момент измерения, что не позволяет следить за его изменением во времени.

Принцип измерений - совокупность физических явлений, на которых основаны измерения.

Программируемый логический контроллер - электронное устройство, содержащее в составе один или несколько микропроцессоров, модули памяти, порты ввода/вывода, предназначенное для сбора данных о состоянии технологического процесса, а также для автоматического управления им.

- Р -

Работоспособность (работоспособное состояние) - состояние средства измерения (его составных частей и оборудования), при котором значения всех параметров и характеристик, определяющих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативной, технической и эксплуатационной документации.

Рабочий эталон - эталон, применяемый для передачи размера единицы образцовым средствам измерений высшей точности.

Результат измерения - значение величины, найденное путем ее измерения.

Регистрирующие приборы – приборы, значение измеряемой величины в которых непрерывно или в отдельные промежутки времени записывается. Запись производится обычно на бумажной дисковой или ленточной диаграмме, движущейся с постоянной скоростью. Это позволяет наблюдать характер изменения параметра во времени.

На дисковой диаграмме обычно записывается только один параметр. Ленточная диаграмма допускает поочередную запись нескольких параметров. Такие приборы называются многоточечными и выпускаются на 3, 6 и 12 точек измерения.

- С -

Самопишущие приборы – приборы, в которых значение измеряемой величины непрерывно или в отдельные промежутки времени записывается. Запись производится обычно на бумажной дисковой или ленточной диаграмме, движущейся с постоянной скоростью. Это позволяет наблюдать характер изменения параметра во времени. На дисковой диаграмме обычно записывается только один параметр. Ленточная диаграмма допускает поочередную запись нескольких параметров. Такие приборы называются многоточечными и выпускаются на 3, 6 и 12 точек измерения.

Сертификат о калибровке - документ, удостоверяющий факт и результаты калибровки средства измерений, который выдается организацией, осуществляющей калибровку.

Сертификат об утверждении типа средств измерений - документ, выдаваемый уполномоченным государственным органом, удостоверяющий, что указанный тип средств измерений утвержден в порядке, предусмотренном действующим законодательством, и соответствует установленным требованиям.

Систематическая погрешность - погрешность, изменяющаяся закономерно или остающаяся постоянной при многократных измерениях одного и того же параметра. Они вызваны недостатками методов измерения и конструкций измерительных приборов. Систематические погрешности могут быть вычислены, следовательно, учтены в результатах измерений.

Случайная погрешность - погрешность, изменяющаяся случайным образом при многократных измерениях одного и того же параметра. Они принципиально не могут быть устранены или учтены при измерениях.

Средство измерений - техническое средство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические свойства.

Стабильность средства измерений - качество средства измерений, отражающее неизменность во времени его метрологических свойств.

Суммирующие приборы – приборы, в которых происходит непрерывное суммирование (интегрирование) мгновенных значений измеряемого параметра. Для этого они снабжены счетчиком (например, электрическим). Приборы показывают суммарное значение измеряемой величины за промежуток времени. К ним относятся счетчики электроэнергии, счетчики расхода воды, пара и других величин.

- Т -

Технические приборы – приборы, предназначенные для работы в производственных условиях. Поэтому они должны быть недорогими и надежными в эксплуатации. В показаниях таких приборов не вводят поправки на погрешность измерений. Класс точности большинства технических приборов в пределах 0,25 – 4,0 %.

Техническое обеспечение эксплуатации - комплекс организационных и технических мероприятий, целью которых является обеспечение возможности подготовки средства измерения к применению и использования по назначению в соответствии с требованиями нормативной и технической документации.

Техническое обслуживание - комплекс операций по поддержанию работоспособности средства измерения.

Техническое состояние - совокупность подверженных изменению в процессе эксплуатации свойств средства измерения (его составных частей, средств измерений и оборудования) характеризуемая в определенный момент времени признаками, установленными нормативными, техническими и эксплуатационными документами.

Технологическая карта - описание операций технологического процесса и применяемого оборудования, инструмента с указанием продолжительности операций. Технологические карты разрабатывают: на сложные виды работ; на работы, выполняемые новыми методами; на типовые, многократно повторяющиеся производственные процессы.

Технологический процесс - последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ. Технологический процесс состо-

ит из рабочих операций, которые в свою очередь складываются из рабочих движений (приемов).

Терминал - 1) Электронное (обычно монитор с клавиатурой) или электромеханическое устройство для ввода данных в компьютер и вывода полученных результатов. 2) Удаленное устройство, предназначенное для взаимодействия с центральным компьютером или сетью.

Точность - безразмерная величина, характеризующая качество средства измерений и отражающая близость его погрешности к нулю.

- У -

Управление - управление - как наука - система упорядоченных знаний в виде концепций, теорий, принципов, способов и форм управления. Управление - как искусство - способность эффективно применять данные науки управления в конкретной ситуации. Управление - как функция - целенаправленное информационное воздействие на людей и экономические объекты, осуществляемое с целью направить их действия и получить желаемые результаты. Управление - как процесс - совокупность управленческих действий, которые обеспечивают достижение поставленных целей путем преобразования ресурсов на «входе» в продукцию на «выходе». Управление - как аппарат - совокупность структур и людей, обеспечивающих использование и координацию всех ресурсов социальных систем для достижения их целей.

- Ц -

Цена деления - разность значений между двумя соседними отметками шкалы, выраженная в единицах измерения.

- Ч -

Чувствительность прибора - под этим термином подразумевают отношение линейного углового перемещения указателя к изменению измеряемой величины, вызвавшей это перемещение. Чувствительность характеризует способность измерительного прибора измерять малые сигналы.

- Э -

Эксплуатация – комплекс мероприятий по подготов-

ке средства измерения к применению и использование его по назначению.

Эталонные приборы – приборы, образцы, применяемые для поверки образцовых приборов. Эталон, его характеристики определяются уровнем развития науки и техники.

Эталон единицы - средство измерений, обеспечивающее воспроизведение и/или хранение единицы с целью передачи ее размера нижестоящим по поверочной схеме средствам измерений, выполненное по особой спецификации и официально утвержденное в установленном порядке в качестве эталона.

Электрическая цепь искробезопасная - электрическая цепь, в которой электрические разряды, возникающие в случае короткого замыкания между проводниками или на землю, или при обрыве цепи, а также при ее нормальной работе, не приводят к воспламенению взрывоопасной смеси вследствие их недостаточной энергии.

Электромагнитная совместимость - способность электронного устройства, оборудования или иной системы функционировать в условиях воздействия внешнего электромагнитного излучения, создаваемого другими устройствами и системами и не создавать при этом электромагнитных помех.

3.2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

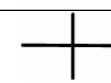
3.2.1. Условные обозначения оборудования КИПиА на технологических схемах

Графические обозначения приборов, средств автоматизации и линий связи должны соответствовать приведенным в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Наименование	Обозначение
1. Прибор, устанавливаемый вне щита (по месту): а) основное обозначение б) допускаемое обозначение	

Окончание табл. 3.1

Наименование	Обозначение
2. Прибор, устанавливаемый на щите, пульте: а) основное обозначение б) допускаемое обозначение	
3. Исполнительный механизм. Общее обозначение	
4. Исполнительный механизм, который при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала: а) открывает регулирующий орган б) закрывает регулирующий орган в) оставляет регулирующий орган в неизменном положении	
5. Исполнительный механизм с дополнительным ручным приводом Примечание. Обозначение может применяться с любым из дополнительных знаков, характеризующих положение регулирующего органа при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала	
6. Линия связи. Общее обозначение	
7. Пересечение линий связи без соединения друг с другом	
8. Пересечение линий связи с соединением между собой	

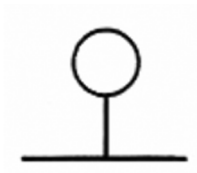


Рис. 3.1

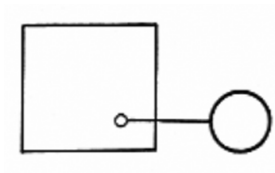


Рис. 3.2

Отборное устройство для всех постоянно подключенных приборов изображают сплошной тонкой линией, соединяющей технологический трубопровод или аппарат с прибором (рис.3.1). При необходимости указания конкретного места расположения отборного устройства (внутри контура технологического аппарата) его обозначают кружком диаметром 2 мм (рис. 3.2).

3.2.2. Функциональное обозначение оборудования КИПиА на технологических схемах

Основные буквенные обозначения измеряемых величин и функциональных признаков приборов должны соответствовать приведенным в табл.3.2.

3.2.3. Размеры условных обозначений

Размеры условных графических обозначений приборов и средств автоматизации в схемах приведены в табл. 3.3.

Условные графические обозначения на схемах выполняют сплошной толстой основной линией, а горизонтальную разделительную черту внутри графического обозначения и линии связи - сплошной тонкой линией по ГОСТ 2.303-68.

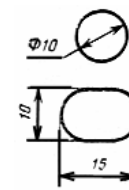
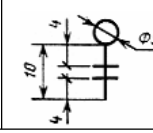
Шрифт буквенных обозначений принимают по ГОСТ 2.304-81 равным 2,5 мм.

Таблица 3.2

Обозначение	Измеряемая величина		Функциональный признак прибора		
	Основное обозначение измеряемой величины	Дополнительное обозначение, уточняющее измеряемую величину	Отображение информации	Формирование выходного сигнала	Дополнительное значение
A	+	_	Сигнализация	-	-
B	+	_	-	-	-
C	+	_	-	Автоматическое регулирование, управление	-
D	Плотность	Разность, перепад	-	-	-
E	Электрическая величина (п.2.13)	_	+	-	-
F	Расход	Соотношение, доля, дробь	-	-	-
G	Размер, положение, перемещение	-	+	-	-
H	Ручное воздействие	-	-	-	Верхний предел измеряемой величины
I	+	-	Показание	-	-
J	+	Автоматическое переключение, обегание	-	-	-
K	Время, временная программа	-	-	+	-
L	Уровень	-	-	-	Нижний предел измеряемой величины
M	Влажность	-	-	-	-
N	+	-	-	-	-
O	+	-	-	-	-
P	Давление, вакуум	-	-	-	-
Q	Величина, характеризующая качество: состав, концентрация и т.п. (см. п. 2.13)	Интегрирование, суммирование по времени	-	+	-
R	Радиоактивность (см. п. 2.13)	-	Регистрация	-	-
S	Скорость, частота	-	-	Включение, отключение, переключение, блокировка	-
T	Температура	-	-	+	-
U	Несколько разнородных измеряемых величин	-	-	-	-
V	Вязкость	-	+	-	-
W	Масса	-	-	-	-
X	Нерекомендуемая резервная буква	-	-	-	-
Y	+	-	-	+	-
Z	+	-	-	+	-

Примечание. *Буквенные обозначения, отмеченные знаком «+», являются резервными, а отмеченные знаком «-» - не используются.*

Таблица 3.3

Наименование	Обозначение
Прибор: а) основное обозначение б) допускаемое обозначение	
Исполнительный механизм	

3.2.4. Правила построения условных обозначений

Методы построения условных обозначений оборудования КИПиА на технологических схемах определяются ГОСТ 21.404-85 и подразделяются на *упрощенный* и *развернутый*.

При *упрощенном* методе построения приборы и средства автоматизации, осуществляющие сложные функции, например, контроль, регулирование, сигнализацию и выполнение в виде отдельных блоков изображают одним условным обозначением. При этом первичные измерительные преобразователи и всю вспомогательную аппаратуру не изображают.

При *развернутом* методе построения каждый прибор или блок, входящий в единый измерительный, регулирующий или управляющий комплект средств автоматизации, указывают отдельным условным обозначением.

Условные обозначения приборов и средств автоматизации, применяемые в схемах, включают графические, буквенные и цифровые обозначения.

В верхней части графического обозначения наносят буквенные обозначения измеряемой величины и функционального признака прибора, определяющего его назначение.

В нижней части графического обозначения наносят цифровое (позиционное) обозначение прибора или комплекта средств автоматизации.

Порядок расположения букв в буквенном обозначении принимают следующим:

- основное обозначение измеряемой величины;
- дополнительное обозначение измеряемой величины (при необходимости);
- обозначение функционального признака прибора.

При построении обозначений комплектов средств автоматизации первая буква в обозначении каждого входящего в комплект прибора или устройства (кроме устройств ручного управления) является наименованием измеряемой комплектом величины.

Буквенные обозначения устройств, выполненных в виде отдельных блоков и предназначенных для ручных операций, независимо от того, в состав какого комплекта они входят, должны начинаться с буквы H.

Порядок расположения буквенных обозначений функциональных признаков прибора принимают с соблюдением последовательности обозначений: I, R, C, S, A.

При построении буквенных обозначений указывают не все функциональные признаки прибора, а лишь те, которые используют в данной схеме.

Букву A применяют для обозначения функции «сигнализация» независимо от того, вынесена ли сигнальная аппаратура на какой-либо щит или для сигнализации используются лампы, встроенные в сам прибор.

Букву S применяют для обозначения контактного устройства прибора, используемого только для включения, отключения, переключения, блокировки.

При применении контактного устройства прибора, для включения, отключения и одновременно для сигнализации в обозначении прибора используют обе буквы: S и A.

Предельные значения измеряемых величин, по которым осуществляется, например, включение, отключение, блокировка, сигнализация, допускается конкретизировать добавлением букв H и L. Эти буквы наносят справа от графического обозначения.

При необходимости конкретизации измеряемой величины справа от графического обозначения прибора допускается

указывать наименование или символ этой величины.

Для обозначения величин, не предусмотренных данным стандартом, допускается использовать резервные буквы. Применение резервных букв должно быть расшифровано на схеме.

Подвод линий связи к прибору изображают в любой точке графического обозначения (сверху, снизу, сбоку). При необходимости указания направления передачи сигнала на линиях связи наносят стрелки.

Принцип построения условного обозначения прибора приведен на рис.3.3.

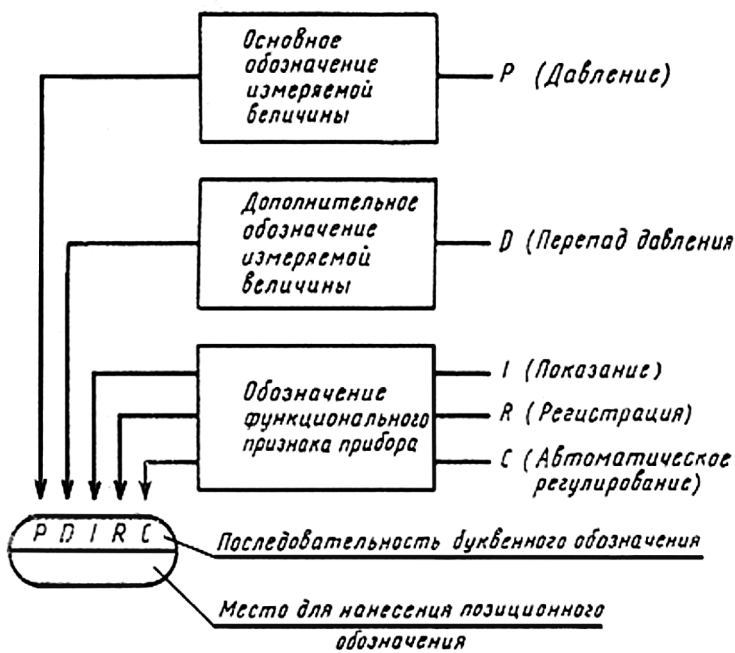


Рис.3.3. **Принцип построения условного обозначения прибора**

3.2.5. Дополнительные буквенные обозначения, применяемые для указания дополнительных функциональных признаков приборов, преобразователей сигналов и вычислительных устройств

Таблица 3.4

Дополнительные буквенные обозначения, отражающие функциональные признаки приборов

Наименование	Обозначение	Назначение
Чувствительный элемент	E	Устройства, выполняющие первичное преобразование: преобразователи термоэлектрические, термопреобразователи сопротивления, датчики пирометров, сужающие устройства расходомеров и т.п.
Дистанционная передача	T	Приборы бесшкальные с дистанционной передачей сигнала: манометры, дифманометры, манометрические термометры
Станция управления	K	Приборы, имеющие переключатель для выбора вида управления и устройство для дистанционного управления
Преобразование, вычислительные функции	Y	Для построения обозначений преобразователей сигналов и вычислительных устройств

Порядок построения условных обозначений с применением дополнительных букв принимают следующим:

- основное обозначение измеряемой величины;
- одна из дополнительных букв: E, T, K или Y.

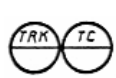
При построении условных обозначений преобразователей сигналов, вычислительных устройств надписи, определяющие вид преобразования или операции, осуществляемые вычислительным устройством, наносят справа от графического обозначения прибора.

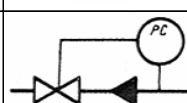
Таблица 3.5

Дополнительные буквенные обозначения, применяемые для построения преобразователей сигналов, вычислительных устройств

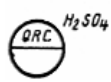
Наименование	Обозначение
1. Род энергии сигнала:	
электрический	E
пневматический	P
гидравлический	G
2. Виды форм сигнала:	
аналоговый	A
дискретный	D
3. Операции, выполняемые вычислительным устройством:	
суммирование	Σ
умножение сигнала на постоянный коэффициент k	k
перемножение двух и более сигналов друг на друга	$\times$
деление сигналов друг на друга	:
возведение величины сигнала f в степень n	f_n
извлечение из величины сигнала корня степени n	$\sqrt[n]{}$
логарифмирование	lg
дифференцирование	dx/dt
интегрирование	$\int$
изменение знака сигнала	$x(-1)$
ограничение верхнего значения сигнала	max
ограничение нижнего значения сигнала	min
4. Связь с вычислительным комплексом:	
передача сигнала на ЭВМ	B_i
вывод информации с ЭВМ	B_0

3.2.6. Примеры построения условных обозначений приборов и средств автоматизации

N п/п	Обозначение	Наименование
1		Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения температуры, установленный по месту. Например: преобразователь термоэлектрический (термопара), термопреобразователь сопротивления, термобаллон манометрического термометра, датчик пирометра и т.п.
2		Прибор для измерения температуры показывающий, установленный по месту. Например: термометр ртутный, термометр манометрический и т.п.
3		Прибор для измерения температуры показывающий, установленный на щите. Например: милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т.п.
4		Прибор для измерения температуры бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: термометр манометрический (или любой другой датчик температуры) бесшкальный с пневмо- или электропередачей
5		Прибор для измерения температуры одноточечный, регистрирующий, установленный на щите. Например: самопишущий милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т.п.
6		Прибор для измерения температуры с автоматическим обегающим устройством, регистрирующий, установленный на щите. Например: многоточечный самопишущий потенциометр, мост автоматический и т.п.
7		Прибор для измерения температуры регистрирующий, регулирующий, установленный на щите. Например: любой самопишущий регулятор температуры(термометр манометрический, милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т.п.)
8		Регулятор температуры бесшкальный, установленный по месту. Например: дилатометрический регулятор температуры
9		Комплект для измерения температуры регистрирующий, регулирующий, снабженный станцией управления, установленный на щите. Например: вторичный прибор и регулирующий блок системы "Старт"

10		Прибор для измерения температуры бесшкальный с контактным устройством, установленный по месту. Например: реле температурное
11		Байпасная панель дистанционного управления, установленная на щите
12		Переключатель электрических цепей измерения (управления), переключатель для газовых (воздушных) линий, установленный на щите
13		Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий, установленный по месту. Например: любой показывающий манометр, дифманометр, тягомер, напоромер, вакуумметр и т.п.
14		Прибор для измерения перепада давления показывающий, установленный по месту. Например: дифманометр показывающий
15		Прибор для измерения давления (разрежения) бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: манометр (дифманометр) бесшкальный с пневмо- или электропередачей
16		Прибор для измерения давления (разрежения) регистрирующий, установленный на щите. Например: самопишущий манометр или любой вторичный прибор для регистрации давления
17		Прибор для измерения давления с контактным устройством, установленный по месту. Например: реле давления
18		Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий с контактным устройством, установленный по месту. Например: электроконтактный манометр, вакуумметр и т.п.
19		Регулятор давления, работающий без использования постороннего источника энергии (регулятор давления прямого действия) "до себя".
20		Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения расхода, установленный по месту. Например: диафрагма, сопло, труба Вентури, датчик индукционного расходомера и т.п.
21		Прибор для измерения расхода бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: дифманометр (ротаметр), бесшкальный с пневмо- или электропередачей
22		Прибор для измерения соотношения расходов регистрирующий, установленный на щите. Например: любой вторичный прибор для регистрации соотношения расходов

23		Прибор для измерения расхода показывающий, установленный по месту. Например: дифманометр (ротаметр), показывающий
24		Прибор для измерения расхода интегрирующий, установленный по месту. Например: любой бесшкальный счетчик-расходомер с интегратором
25		Прибор для измерения расхода показывающий, интегрирующий, установленный по месту Например: показывающий дифманометр с интегратором
26		Прибор для измерения расхода интегрирующий, с устройством для выдачи сигнала после прохождения заданного количества вещества, установленный по месту. Например: счетчик-дозатор
27		Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения уровня, установленный по месту. Например: датчик электрического или емкостного уровнемера
28		Прибор для измерения уровня показывающий, установленный по месту. Например: манометр (дифманометр), используемый для измерения уровня
29		Прибор для измерения уровня с контактным устройством, установленный по месту. Например: реле уровня, используемое для блокировки и сигнализации верхнего уровня
30		Прибор для измерения уровня бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: уровнемер бесшкальный с пневмо- или электропередачей
31		Прибор для измерения уровня бесшкальный, регулирующий, с контактным устройством, установленный по месту. Например: электрический регулятор-сигнализатор уровня. Буква H в данном примере означает блокировку по верхнему уровню.
32		Прибор для измерения уровня показывающий, с контактным устройством, установленный на щите. Например: вторичный показывающий прибор с сигнальным устройством. Буквы H и L означают сигнализацию верхнего и нижнего уровней

33		Прибор для измерения плотности раствора бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: датчик плотномера с пневмо- или электропередачей
34		Прибор для измерения размеров показывающий, установленный по месту. Например: показывающий прибор для измерения толщины стальной ленты
35		Прибор для измерения любой электрической величины показывающий, установленный по месту. Например: Напряжение * Сила тока * Мощность *
36		Прибор для управления процессом по временной программе, установленный на щите. Например: командный электропневматический прибор (КЭП), многоцепное реле времени
37		Прибор для измерения влажности регистрирующий, установленный на щите. Например: вторичный прибор влагомера
38		Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения качества продукта, установленный по месту. Например: датчик pH-метра
39		Прибор для измерения качества продукта показывающий, установленный по месту. Например: газоанализатор показывающий для контроля содержания кислорода в дымовых газах
40		Прибор для измерения качества продукта регистрирующий, регулирующий, установленный на щите. Например: вторичный самопишущий прибор регулятора концентрации серной кислоты в растворе
41		Прибор для измерения радиоактивности показывающий, с контактным устройством, установленный по месту Например: прибор для показания и сигнализации предельно допустимых концентраций α- и β-лучей

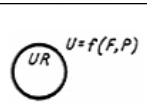
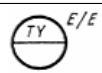
42		Прибор для измерения скорости вращения, привода регистрирующий, установленный на щите. Например: вторичный прибор тахогенератора
43		Прибор для измерения нескольких разнородных величин регистрирующий, установленный по месту. Например: самопишущий дифманометр-расходомер с дополнительной записью давления. Надпись, расшифровывающая измеряемые величины, наносится справа от прибора
44		Прибор для измерения вязкости раствора показывающий, установленный по месту. Например: вискозиметр показывающий
45		Прибор для измерения массы продукта показывающий, с контактным устройством, установленный по месту. Например: устройство электронно-тензометрическое, сигнализирующее
46		Прибор для контроля погасания факела в печи бесшкальный, с контактным устройством, установленный на щите. Например: вторичный прибор запально-защитного устройства. Применение резервной буквы В должно быть оговорено на поле схемы
47		Преобразователь сигнала, установленный на щите. Входной сигнал электрический, выходной сигнал тоже электрический. Например: преобразователь измерительный, служащий для преобразования т.э.д.с. термометра термоэлектрического в сигнал постоянного тока
48		Преобразователь сигнала, установленный по месту. Входной сигнал пневматический, выходной - электрический
49		Вычислительное устройство, выполняющее функцию умножения. Например: множитель на постоянный коэффициент К
50		Пусковая аппаратура для управления электродвигателем (включение, выключение насоса; открытие, закрытие задвижки и т.д.). Например: магнитный пускатель, контактор и т.п. Применение резервной буквы N должно быть оговорено на поле схемы
51		Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления (включение, выключение двигателя; открытие, закрытие запорного органа, изменение задания регулятору), установленная на щите. Например: кнопка, ключ управления, задатчик
52		Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления, снабженная устройством для сигнализации, установленная на щите. Например: кнопка со встроенной лампочкой, ключ управления с подсветкой и т.п.

Таблица 3.6

Стандартные термоэлектрические термометры. Термопары (ТП)

Тип термопары, материал электродов, положительный "+" - отрицательный "-"		Обозначения отеч.(зарубеж.)	Рабочий диапазон длит.реж. работы	Максим. T°C кратко-врем.режима работы	Соответств. стандартам
Медь-копелевая Nicel 18% Molybdenum - Nicel 0.8% Carbon	Cu - CuNi	**ТМК (М)**	-200° ... +100°	+100°	IEC, ДСТУ
Медь-медноникелевая *Copper - Constantan*	Cu - CuNi	**ТМКн (Т)**	-200° ... +350°	+400°	IEC, ДСТУ
Железо-медьникелевая Iron - Constantan	Fe - CuNi	**ТЖК (J)**	-200° ... +750°	+900°	IEC, ДСТУ
Хромель-копелевая	Fe - CuNi	**ТХК (L)**	-200° ... +600°	+800°	DIN, ДСТУ
Никельхром-медноникелевая Chromel - Constantan	NiCr - CuNi	**ТХКн (Е)**	-200° ... +700°	+900°	IEC, ДСТУ
Никельхром-никельалюминиевая (хромель-алюмелевая)	NiCr - Ni	**ТХА (К)**	-200° ... +1200°	+1300°	IEC, ДСТУ
Нихросил-нисиловые	NiCrSi - NiSi	**ТНН (N)**	-270° ... +1200°	+1300°	IEC, ДСТУ
Сильх-силиновые	NiCr - NiSi	**ТСС (I)**	0° ... +800°	+800°	IEC, ДСТУ
Платинородий - платиновая					
	Pt10Rh - Pt	**ТПП 10 (S)**	0° ... +1300°	+1600°	IEC, ДСТУ
	Pt13Rh - Pt	**ТПП 13 (R)**	0° ... +1300°	+1600°	IEC, ДСТУ
Платинородий (30%) - - платинородий (6%)	Pt30Rh - Pt6Rh	**ТПР (В)**	+300° ... +1600°	+1700°	IEC, ДСТУ
Вольфрамрений (5%) - вольфрамрениевая (20%)		**ВР (А) -1**	0° ... +2200°	+2500°	IEC, ДСТУ
	W5Re - W20Re	**ВР (А) -2**	0° ... +1800°	+2500°	IEC, ДСТУ
		ВР (А) -3	0° ... +1800°	+2500°	IEC, ДСТУ

1. Термопары типов B, E, J, K, N, R, S, T соответствуют ANSI/ASTM, IEC 584-1, DIN IEC 584-1 (часто используемые).
2. Термопары типов C, M, N, P не соответствуют стандартам ANSI/ASTM.
3. Термопары типов U (Cu-CuNi), L (Fe-CuNi) соответствуют DIN 43710.
4. В скобках даны названия типов ТП, принятых Международной электротехнической комиссией МЭК (IEC).
5. В столбце "Обозначения" указаны типы ТП. Например для термопары ТХК (L) - НСХ соответствует ХК (L).

Таблица 3.7

Определение пределов допускаемых отклонений термо-ЭДС термопар

Тип термопары	Класс точности термопары	Рабочий диапазон Т, °С	Коэффициент термо-ЭДС			Реальная Тр, °С:	± Погреш.,% при Тр, °С
			a, °C	в	c, °C		
ТМК (М)	**-**	-200° ... 0°	1,3	0,001	0	**0**	**1,30**
		0° ... +100°	1	0	0	**100**	**1,00**
ТМКн (Т)	**2**	-40° ... +133°	1	0	0	**133**	**1,00**
		+133° ... +350°	0	0,0075	0	**350**	**2,63**
ТЖК (J)	**1**	-40° ... +375°	1,5	0	0	**375**	**1,50**
		+375° ... +750°	0	0,004	0	**750**	**3,00**
	2	-40° ... +333°	2,5	0	0	**333**	**2,50**
		+333° ... +750°	0	0,0075	0	**750**	**5,63**
ТХК (L)	**2**	-40° ... +300°	2,5	0	0	**300**	**2,50**
		+300° ... +800°	0	0,0075	0	**900**	**6,75**
ТХКн (Е)	**2**	-40° ... +333°	2,5	0	0	**333**	**2,50**
		+333° ... +900°	0	0,0075	0	**900**	**6,75**
ТХА (К)	**1**	-40° ... +375°	1,5	0	0	**375**	**1,50**
		+375° ... +1000°	0	0,004	0	**1 000**	**4,00**
	2	-40° ... +333°	2,5	0	0	**333**	**2,50**
		+333° ... +1200°	0	0,0075	0	**1 200**	**9,00**
ТПП 10 (S)	**1**	0° ... +1100°	1	0	0	**1 100**	**1,00**
ТПП 13 (R)		+1100° ... +1600°	1	0,003	1100	**1 600**	**2,50**
	2	0° ... +600°	1,5	0	0	**600**	**1,50**
		+600° ... +1600°	0	0,0025	0	**1 600**	**4,00**
ТПР (В)	**2**	+600° ... +1700°	0	0,0025	0	**1 700**	**4,25**
	3	+600° ... +800°	4	0	0	**800**	**4,00**
		+800° ... +1700°	0	0,005	0	**1 700**	**8,50**
ТВР (А) -1, (А)-2, (А)-3	**2**	+1000° ... +2500°	0	0,005	0	**2 500**	**12,50**
	3	+1000° ... +2500°	0	0,007	0	**2 500**	**17,50**

1. Погрешность (максимальная, см. таблицу для введенного значения Тр) приведена для температуры своб. концов ТП 0°С.
2. Пределы допускаемых отклонений измеренных значений термо-ЭДС термопар от НСХ определяются по уравнению:

@E = ± [a+b*(|t|-c)], *где: a, b, c - коэффициенты, определяемые по таблице.*

Таблица 3.8

Основные значения термо-ЭДС стандартных термопар
градуировочные характеристики преобразователей (свободные концы ТП при 0°С)

	Номинальные статические характеристики преобразования, термо-ЭДС, мВ																	
Стан-		ДСТУ	ДСТУ	ДСТУ	ДСТУ	ДСТУ			ДСТУ		ДСТУ	ДСТУ		ДСТУ		ДСТУ		ДСТУ
дарт	ANSI	IEC	IEC	IEC	IEC	IEC,D		ANSI	IEC		IEC	IEC		IEC		IEC	ANSI	IEC
ТП		ТМК	ТМКн	ТЖК	ТХКн	ТХК	ТХК68		ТХА	ТХА68	ТПП13	ТПП10	ТПП68	ТПР	ТПР68	А-1		ТНН
T°C	M	M	T	J	E	L		P	K		R	S		B		ВР-1	C	N
-200		-6,151	-5,603	-7,890	-8,825	-9,488	-9,488		-5,891	-5,892								-3,990
-150		-5,112	-4,648	-6,500	-7,279	-7,831	-7,831		-4,913	-4,914								-3,336
-100		-3,718	-3,379	-4,633	-5,237	-5,641	-5,641		-3,554	-3,553								-2,407
-50	-1,732	-2,002	-1,819	-2,431	-2,787	-3,004	-3,004		-1,889	-1,889	-0,226	-0,236						-1,269
0	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**	**0,000**		**0,000**	**0,000**	**0,000**
50	1,951	2,254	2,036	2,585	3,048	3,306	3,350	1,575	2,023	2,022	0,296	0,299	0,297	0,002		0,636	0,699	1,340
100	4,091	4,725	4,279	5,269	6,319	6,861	6,898	3,300	4,096	4,095	0,647	0,646	0,644	0,033		1,337	1,451	2,774
150	6,381		6,704	8,010	9,789	10,624	10,624	5,154	6,138	6,137	1,041	1,029	1,026	0,092		2,086	2,250	4,302
200	8,777		9,288	10,779	13,421	14,561	14,570	7,115	8,138	8,137	1,469	1,441	1,436	0,178		2,872	3,089	5,913
250	11,225		12,013	13,555	17,181	18,643	18,690	9,163	10,153	10,151	1,923	1,874	1,867	0,291		3,684	3,962	7,597
300	13,663		14,862	16,327	21,036	22,843	22,880	11,281	12,209	12,207	2,401	2,323	2,314	0,431	0,443	4,514	4,864	9,341
350	16,002		17,819	19,090	24,964	27,135	27,130	13,454	14,293	14,292	2,896	2,786	2,777	0,596	0,613	5,355	5,788	11,136
400	18,181		20,872	21,848	28,946	31,491	31,480	15,667	16,397	16,395	3,408	3,259	3,250	0,787	0,808	6,204	6,731	12,974
450	20,399			24,610	32,965	35,888	35,870	17,905	18,516	18,513	3,933	3,742	3,728	1,002	1,029	7,056	7,688	14,846
500	22,703			27,393	37,005	40,300	40,270	20,158	20,644	20,640	4,471	4,233	4,216	1,242	1,274	7,908	8,655	16,748
550	25,095			30,216	41,053	44,710	44,670	22,414	22,776	22,772	5,021	4,732	4,714	1,505	1,540	8,758	9,629	18,672
600	27,574			33,102	45,093	49,107	49,090	24,663	24,905	24,902	5,583	5,239	5,218	1,792	1,830	9,604	10,606	20,613
650	30,135			36,071	49,116	53,485	53,480	26,895	27,025	27,022	6,157	5,753	5,731	2,101	2,142	10,446	11,584	22,566
700	32,769			39,132	53,112	57,841	57,820	29,101	29,129	29,128	6,743	6,275	6,253	2,431	2,476	11,282	12,559	24,527
750	35,470			42,281	57,080	62,169	62,120	31,272	31,213	31,214	7,340	6,806	6,780	2,782	2,832	12,111	13,530	26,491
800	38,228			45,494	61,017	66,442	66,420	33,406	33,275	33,277	7,950	7,345	7,317	3,154	3,208	12,932	14,494	28,455
850	41,036			48,715	64,922			35,502	35,313	35,314	8,571	7,893	7,864	3,546	3,608	13,745	15,451	30,416
900	43,884			51,877	68,787			37,556	37,326	37,325	9,205	8,449	8,416	3,957	4,025	14,548	16,397	32,371
950	46,768			54,956	72,603			39,565	39,314	39,310	9,850	9,014	8,978	4,387	4,462	15,343	17,333	34,319
1000	49,680			57,953	76,373			41,529	41,276	41,269	10,506	9,587	9,550	4,834	4,916	16,127	18,257	36,256
1050	52,617			60,890				43,443	43,211	43,202	11,173	10,168	10,128	5,299	5,387	16,900	19,169	38,179
1100	55,574			63,792				45,308	45,119	45,108	11,850	10,757	10,714	5,780	5,878	17,662	20,066	40,087
1150	58,549			66,679				47,123	46,995	46,985	12,535	11,351	11,306	6,276	6,384	18,412	20,950	41,976

Окончание табл. 3.8

1200	61,537			69,553				48,887	48,838	48,828	13,228	11,951	11,904	6,786	6,904	19,151	21,820	43,846
1250	64,530							50,599	50,644	50,633	13,926	12,554	12,504	7,311	7,439	19,877	22,674	45,694
1300	67,523							52,258	52,410	52,398	14,629	13,159	13,107	7,848	7,982	20,590	23,514	47,513
1350	70,511							53,863	54,138		15,334	13,766	13,712	8,397	8,539	21,290	24,339	
1400	73,503										16,040	14,373	14,315	8,956	9,106	21,977	25,149	
1450											16,746	14,978	14,914	9,524	9,679	22,651	25,943	
1500											17,451	15,582	15,511	10,099	10,259	23,312	26,723	
1550											18,152	16,182	16,102	10,679	10,844	23,959	27,487	
1600											18,849	16,777	16,685	11,263	11,429	24,594	28,236	
1650											19,540	17,366		11,848	12,014	25,215	28,970	
1700											20,222	17,947		12,433	12,603	25,823	29,688	
1750											20,877	18,503		13,014	13,193	26,417	30,391	
1800														13,591	13,778	26,999	31,079	
1850																27,567	31,750	
1900																28,121	32,404	
1950																28,662	33,041	
2000																29,189	33,660	
2050																29,701	34,260	
2100																30,198	34,840	
2150																30,680	35,398	
2200																31,146	35,932	
2250																31,597	36,441	
2300																32,032	36,923	
2350																32,453		
2400																32,861		
2450																33,257		
2500																33,647		

1. P - Platinel 5355 - Platinel 7674. C - Tungsten 5% Rhenium - Tungsten 26% Rhenium.
2. НСХ ТСС(I) близка к ТХА(K), с диап. 0-800 С. НСХ ВР(А)-1 находится между (А)-3 и (А)-2 для диап. 0-1800 С, отличие 0,3%.
3. Термопары R, S, ТПП13, ТПП10 и $ТПП_{68}$ не требуют компенсации свободных концов.
4. Стандарты: **IEC** - IEC584, DIN IEC584, **ANSI** - ANSI/ASTM, **D** - DIN43710, **ДСТУ** - ДСТУ2837-94, ДСТУ2857-94, **ГОСТ** - ГОСТ6616-68.

Интерполяционные уравнения для термосопротивлений (ТС)

Тип ТС, расчетные формулы, диапазоны температур			Ввод		Результат	
Для платинового ТС с W_{100}=1,3910 (основное значение)			Град.	100	П	
1) Wt=1+At+Bt^2+C(t-100)t^3 - *для диапазона T от минус 200° до 0°C,*			T, °C =	-100,00	R, Ом=	59,638494
			R, Ом=		T, °C=	
2) Wt=1+At+Bt^2 - *для диапазона T от 0° до +600°C,*			T, °C =	225,00	R, Ом=	186,356069
где:	A= 3,9692*10^-3 C°^-1	**3,9692E-03**	R, Ом=	186,3561	T, °C=	225,000001
	B= -5,8290*10^-7 C°^-2	**-5,8290E-07**				
	C= -4,3303*10^-12 C°^-4	**-4,3303E-12**				
3) Wt=1+At+Bt^2 - *для диапазона T от +600° до +1100°C,*			T, °C =	800,00	R, Ом=	380,018560
где:	B= -5,8621*10^-7 C°^-2	**-5,8621E-07**	R, Ом=	380,0186	T, °C=	800,000000
Для платинового ТС с W_{100}=1,3850 (по требованию заказчика)			Град.	50	П	
4) Wt=1+At+Bt^2+C(t-100)t^3 - *для диапазона T от минус 200° до 0°C,*			T, °C =	-100,00	R, Ом=	30,127920
			R, Ом=		T, °C=	
5) Wt=1+At+Bt^2 - *для диапазона T от 0° до +850°C,*			T, °C =	100,00	R, Ом=	69,252750
где:	A= 3,9083*10^-3 C°^-1	**3,9083E-03**	R, Ом=	69,2528	T, °C=	100,000000
	B= -5,7750*10^-7 C°^-2	**-5,7750E-07**				
	C= -4,1830*10^-12 C°^-4	**-4,1830E-12**				
Для медного ТС с W_{100}=1,4280 (основное значение)			Град.	50	М	
6) Wt=1+A(t-13,7) - *для диапазона T от минус 200° до минус 185°C,*			T, °C =	-190,00	R, Ом=	6,433663
			R, Ом=	6,4337	T, °C=	-189,999998
7) Wt=1+at+Bt(t-10)+Ct^3 - *для диапазона T от минус 185° до минус 100°C,*			T, °C =	-150,00	R, Ом=	17,084546
			R, Ом=		T, °C=	
8) Wt=1+at+Bt(t-10) - *для диапазона T от минус 100° до минус 10°C,*			T, °C =	-55,50	R, Ом=	38,024601
			R, Ом=	38,0246	T, °C=	-55,500000
9) Wt=1+at - *для диапзона T от минус 10° до +200°C,*			T, °C =	37,50	R, Ом=	58,025000
где:	a= 4,28*10^-3 C°^-1	**4,2800E-03**	R, Ом=	58,0250	T, °C=	37,500000
	A= 4,2775*10^-3 C°^-1	**4,2775E-03**				
	B= -5,4136*10^-7 C°^-2	**-5,4136E-07**				
	C= 9,8265*10^-10 C°^-4	**9,8265E-10**				
Для медного ТС с W_{100}=1,4260 (по требованию заказчика)			Град.	100	М	
10) Wt=1+at - *для диапзона T от минус 50° до +200°C,*			T, °C =	52,00	R, Ом=	122,152000
где:	a= 4,26*10^-3 C°^-1	**4,2600E-03**	R, Ом=	122,1520	T, °C=	52,000000
Для никелевого ТС с W_{100}=1,6170 (основное значение)			Град.	50	Н	
11) Wt=1+At+Bt^2 - *для диапазона T от минус 60° до +100°C,*			T, °C =	100,00	R, Ом=	80,859300
			R, Ом=	80,8593	T, °C=	100,000000
12) Wt=1+At+Bt^2+C(t-100)t^3 - *для диапазона T от +100° до +180°C,*			T, °C =	125,00	R, Ом=	112,091602
где:	A= 5,4963*10^-3 C°^-1	**5,4963E-03**	R, Ом=		T, °C=	
	B= 6,7556*10^-6 C°^-2	**6,7556E-06**				
	C= 9,2004*10^-9 C°^-3	**9,2004E-09**				
удельное сопротивление p= 1,28*10^-7 Ом*м.						

Расчет сопротивления термопреобразователя производится по формуле:

номинальные статические характеристики преобразования ТС должны соответствовать уравнению:

13) Rt=Ro*Wt, *где: Rt u Ro - сопротивление термометра при температуре t° и 0°C,*
Wt - расчит. по формулам 1-12, для соотв. типа термопреобразователя.

Основные характеристики термопреобразователей сопротивления ТСП, ТСМ, ТСН:

1. Границы допустимого отклонения термопреобразователей сопротивления от НСХ для классов допуска:

Класс доп.	ТСП (платиновые)		ТСМ (медные)	
A	±(0,15+0,002[t])	от -220°C до +850°C	±(0,15+0,002[t])	от -50°C до +120°C
B	±(0,3+0,005[t])	от -220°C до +1100°C	±(0,25+0,035[t])	от -200°C до +200°C
C	±(0,6+0,008[t])	-100...+300°C, +850...+1100°C	±(0,5+0,0065[t])	от -200°C до +200°C

2. Доп. отклонения сопротивлений от ном. значения ТСП, ТСМ, ТСН при 0°C для классов A/B/C: ±0,05/ ±0,1/±0,2 %.

3.3.1. Градуировочные таблицы термометров сопротивления

Таблица 3.9

Градуировочные таблицы ТСП (платиновые) W_{100}=1,3910 осн.значение

Температура термопреобразователя	Сопротивление термопреобразователя ТСП, Ом						
	1П	5П	10П	50П	100П	500П	гр.21
-260	0,0040	0,0200	0,040	0,200	0,40	2,00	0,187
-250	0,0102	0,0510	0,102	0,510	1,02	5,10	0,470
-200	0,1730	0,8650	1,730	8,650	17,30	86,50	7,950
-150	0,3878	1,9390	3,878	19,390	38,78	193,90	17,847
-100	0,5964	2,9820	5,964	29,820	59,64	298,20	27.440
-90	0,6374	3,1870	6,374	31,870	63,74	318,70	29,330
-80	0,6783	3,3915	6,783	33,915	67,83	339,15	31,210
-70	0,7190	3,5950	7,190	35,950	71,90	359,50	33,080
-60	0,7596	3,7980	7,596	37,980	75,96	379,80	34,940
-50	0,8000	4,0000	8,000	40,000	80,00	400,00	36,800
-40	0,8403	4,2015	8,403	42,015	84,03	420,15	38,650
-30	0,8804	4,4020	8,804	44,020	88,04	440,20	40,500
-20	0,9204	4,6020	9,204	46,020	92,04	460,20	42,340
-10	0,9602	4,8010	9,602	48,010	96,02	480,10	44,170
0	**1,0000**	**5,0000**	**10,000**	**50,000**	**100,00**	**500,00**	**46,000**
10	1,0396	5,1980	10,396	51,980	103,96	519,80	47,824
20	1,0792	5,3960	10,792	53,960	107,92	539,60	49,643
30	1,1186	5,5930	11,186	55,930	111,86	559,30	51,450
40	1,1578	5,7890	11,578	57,890	115,78	578,90	53,264
50	1,1970	5,9850	11,970	59,850	119,70	598,50	55,060
60	1,2361	6,1805	12,361	61,805	123,61	618,05	56,862
70	1,2750	6,3750	12,750	63,750	127,50	637,50	58,653
80	1,3138	6,5690	13,138	65,690	131,38	656,90	60,438
90	1,3525	6,7625	13,525	67,625	135,25	676,25	62,210
100	1,3911	6,9555	13,911	69,555	139,11	695,55	63,992
110	1,4296	7,1480	14,296	71,480	142,96	714,80	65,761
120	1,4679	7,3395	14,679	73,395	146,79	733,95	67,524
130	1,5061	7,5305	15,061	75,305	150,61	753,05	69,282
140	1,5443	7,7215	15,443	77,215	154,43	772,15	71,030
150	1,5823	7,9115	15,823	79,115	158,23	791,15	72,782
160	1,6202	8,1010	16,202	81,010	162,02	810,10	74,523
170	1,6579	8,2895	16,579	82,895	165,79	828,95	76,259
180	1,6956	8,4780	16,956	84,780	169,56	847,80	77,990
190	1,7331	8,6655	17,331	86,655	173,31	866,55	79,715
200	1,7705	8,8525	17,705	88,525	177,05	885,25	81,435
210	1,8078	9,0390	18,078	90,390	180,78	903,90	83,150
220	1,8450	9,2250	18,450	92,250	184,50	922,50	84,859
230	1,8821	9,4105	18,821	94,105	188,21	941,05	86,562
240	1,9190	9,5950	19,190	95,950	191,90	959,50	88,262
250	1,9559	9,7795	19,559	97,795	195,59	977,95	89,960
260	1,9928	9,9640	19,928	99,640	199,28	996,40	91,642
270	2,0292	10,1460	20,292	101,460	202,92	1 014,60	93,330
280	2,0657	10,3285	20,657	103,285	206,57	1 032,85	95,001
290	2,1021	10,5105	21,021	105,105	210,21	1 051,05	96,680
300	2,1383	10,6915	21,383	106,915	213,83	1 069,15	98,338
350	2,3178	11,5890	23,178	115,890	231,78	1 158,90	106,600
400	2,4944	12,4720	24,944	124,720	249,44	1 247,20	114,720
450	2,6681	13,3405	26,681	133,405	266,81	1 334,05	122,700
500	2,8389	14,1945	28,389	141,945	283,89	1 419,45	130,550
550	3,0067	15,0335	30,067	150,335	300,67	1 503,35	138,270
600	3,1717	15,8585	31,717	158,585	317,17	1 585,85	145,850
650	3,3323	16,6615	33,323	166,615	333,23	1 666,15	153,300
700	3,4912	17,4560	34,912	174,560	349,12	1 745,60	160,508
750	3,6472	18,2360	36,472	182,360	364,72	1 823,60	167,656
800	3,8002	19,0010	38,002	190,010	380,02	1 900,10	174,671
850	3,9503	19,7515	39,503	197,515	395,03	1 975,15	181,549
900	4,0975	20,4875	40,975	204,875	409,75	2 048,75	188,293
950	4,2417	21,2085	42,417	212,085	424,17	2 120,85	194,902
1000	4,3830	21,9150	43,830	219,150	438,30	2 191,50	201,377
1050	4,5214	22,6070	45,214	226,070	452,14	2 260,70	
1100	4,6568	23,2840	46,568	232,840	465,68	2 328,40	

1. Градуировочные таблицы расчитаны по уравнениям 1-3.

Таблица 3.10

Градуировочные таблицы ТСП (платиновые) W_{100}=1,3850 по треб. заказч.

Температура термопреобразователя	Сопротивление термопреобразователя ТСП, Ом						
	1П	5П	10П	50П	100П	500П	
-260							
-250							
-200	0,1852	0,9260	1,852	9,260	18,52	92,60	
-150	0,3972	1,9860	3,972	19,860	39,72	198,60	
-100	0,6026	3,0130	6,026	30,130	60,26	301,30	
-90	0,6430	3,2150	6,430	32,150	64,30	321,50	
-80	0,6833	3,4165	6,833	34,165	68,33	341,65	
-70	0,7233	3,6165	7,233	36,165	72,33	361,65	
-60	0,7633	3,8165	7,633	38,165	76,33	381,65	
-50	0,8031	4,0155	8,031	40,155	80,31	401,55	
-40	0,8427	4,2135	8,427	42,135	84,27	421,35	
-30	0,8822	4,4110	8,822	44,110	88,22	441,10	
-20	0,9216	4,6080	9,216	46,080	92,16	460,80	
-10	0,9609	4,8045	9,609	48,045	96,09	480,45	
0	**1,0000**	**5,0000**	**10,000**	**50,000**	**100,00**	**500,00**	
10	1,0390	5,1950	10,390	51,950	103,90	519,50	
20	1,0779	5,3895	10,779	53,895	107,79	538,95	
30	1,1167	5,5835	11,167	55,835	111,67	558,35	
40	1,1554	5,7770	11,554	57,770	115,54	577,70	
50	1,1940	5,9700	11,940	59,700	119,40	597,00	
60	1,2324	6,1620	12,324	61,620	123,24	616,20	
70	1,2708	6,3540	12,708	63,540	127,08	635,40	
80	1,3090	6,5450	13,090	65,450	130,90	654,50	
90	1,3471	6,7355	13,471	67,355	134,71	673,55	
100	1,3851	6,9255	13,851	69,255	138,51	692,55	
110	1,4229	7,1145	14,229	71,145	142,29	711,45	
120	1,4607	7,3035	14,607	73,035	146,07	730,35	
130	1,4983	7,4915	14,983	74,915	149,83	749,15	
140	1,5358	7,6790	15,358	76,790	153,58	767,90	
150	1,5733	7,8665	15,733	78,665	157,33	786,65	
160	1,6105	8,0525	16,105	80,525	161,05	805,25	
170	1,6477	8,2385	16,477	82,385	164,77	823,85	
180	1,6848	8,4240	16,848	84,240	168,48	842,40	
190	1,7217	8,6085	17,217	86,085	172,17	860,85	
200	1,7586	8,7930	17,586	87,930	175,86	879,30	
210	1,7953	8,9765	17,953	89,765	179,53	897,65	
220	1,8319	9,1595	18,319	91,595	183,19	915,95	
230	1,8684	9,3420	18,684	93,420	186,84	934,20	
240	1,9047	9,5235	19,047	95,235	190,47	952,35	
250	1,9410	9,7050	19,410	97,050	194,10	970,50	
260	1,9771	9,8855	19,771	98,855	197,71	988,55	
270	2,0131	10,0655	20,131	100,655	201,31	1 006,55	
280	2,0490	10,2450	20,490	102,450	204,90	1 024,50	
290	2,0848	10,4240	20,848	104,240	208,48	1 042,40	
300	2,1205	10,6025	21,205	106,025	212,05	1 060,25	
350	2,2972	11,4860	22,972	114,860	229,72	1 148,60	
400	2,4709	12,3545	24,709	123,545	247,09	1 235,45	
450	2,6418	13,2090	26,418	132,090	264,18	1 320,90	
500	2,8098	14,0490	28,098	140,490	280,98	1 404,90	
550	2,9749	14,8745	29,749	148,745	297,49	1 487,45	
600	3,1371	15,6855	31,371	156,855	313,71	1 568,55	
650	3,2964	16,4820	32,964	164,820	329,64	1 648,20	
700	3,4528	17,2640	34,528	172,640	345,28	1 726,40	
750	3,6064	18,0320	36,064	180,320	360,64	1 803,20	
800	3,7570	18,7850	37,570	187,850	375,70	1 878,50	
850	3,9048	19,5240	39,048	195,240	390,48	1 952,40	
900							
950							
1000							
1050							
1100							

1. Градуировочные таблицы расчитаны по уравнениям 4-5.

Таблица 3.11

Градуировочные таблицы ТСМ(медные) W_{100}=1,4280 и ТСН(никелевые) W_{100}=1,6170 осн.знач.

Температура термопреобразователя	Сопротивление термопреобр. ТСМ, Ом				Сопротив. ТСН, Ом	
	100М	50М	10М		100Н	50Н
-200	12,170	6,085	1,217			
-180	20,580	10,290	2,058			
-160	29,680	14,840	2,968			
-150	34,210	17,105	3,421			
-140	38,710	19,355	3,871			
-120	47,660	23,830	4,766			
-100	56,530	28,265	5,653			
-90	61,010	30,505	6,101			
-80	65,390	32,695	6,539			
-70	69,750	34,875	6,975			
-60	74,110	37,055	7,411		65,450	32,725
-50	78,450	39,225	7,845		74,210	37,105
-45	80,620	40,310	8,062		76,630	38,315
-40	82,780	41,390	8,278		79,100	39,550
-35	84,940	42,470	8,494		81,590	40,795
-30	87,100	43,550	8,710		84,120	42,060
-25	89,260	44,630	8,926		86,680	43,340
-20	91,410	45,705	9,141		89,280	44,640
-15	93,560	46,780	9,356		91,910	45,955
-10	95,710	47,855	9,571		94,570	47,285
-5	97,860	48,930	9,786		97,270	48,635
0	**100,000**	**50,000**	**10,000**		**100,000**	**50,000**
5	102,140	51,070	10,214		102,770	51,385
10	104,280	52,140	10,428		105,560	52,780
15	106,420	53,210	10,642		108,400	54,200
20	108,560	54,280	10,856		111,260	55,630
25	110,690	55,345	11,069		114,160	57,080
30	112,830	56,415	11,283		117,100	58,550
35	114,970	57,485	11,497		120,060	60,030
40	117,110	58,555	11,711		123,070	61,535
45	119,250	59,625	11,925		126,100	63,050
50	121,390	60,695	12,139		129,170	64,585
55	123,530	61,765	12,353		132,270	66,135
60	125,670	62,835	12,567		135,410	67,705
65	127,800	63,900	12,780		138,580	69,290
70	129,940	64,970	12,994		141,780	70,890
75	132,080	66,040	13,208		145,020	72,510
80	134,220	67,110	13,422		148,290	74,145
85	136,360	68,180	13,636		151,600	75,800
90	138,500	69,250	13,850		154,940	77,470
95	140,640	70,320	14,064		158,310	79,155
100	142,780	71,390	14,278		161,720	80,860
105	144,910	72,455	14,491		165,210	82,605
110	147,050	73,525	14,705		168,750	84,375
115	149,190	74,595	14,919		172,320	86,160
120	151,330	75,665	15,133		175,950	87,975
125	153,470	76,735	15,347		179,620	89,810
130	155,610	77,805	15,561		183,340	91,670
135	157,750	78,875	15,775		187,100	93,550
140	159,890	79,945	15,989		190,910	95,455
145	162,020	81,010	16,202		194,770	97,385
150	164,160	82,080	16,416		198,680	99,340
155	166,300	83,150	16,630		202,640	101,320
160	168,440	84,220	16,844		206,650	103,325
165	170,580	85,290	17,058		210,710	105,355
170	172,720	86,360	17,272		214,820	107,410
175	174,860	87,430	17,486		218,990	109,495
180	177,000	88,500	17,700		223,210	111,605
185	179,130	89,565	17,913			
190	181,270	90,635	18,127			
195	183,410	91,705	18,341			
200	185,550	92,775	18,555			

1. Градуировочные таблицы расчитаны по уравнениям 6-9.

Таблица 3.12

Градуировочные таблицы ТСМ(медные) W_{100}=1,4260 и ТСМ(гр.23) W_{100}=1,4260 по треб. заказч.

Температура термопреобразователя	Сопротивление термопреобразователя ТСМ, Ом					
	100М	50М	10М	гр.23		
-200						
-160						
-150						
-140						
-120						
-100						
-90						
-80						
-70						
-60						
-50	78,690	39,345	7,869	41,710		
-45	80,820	40,410	8,082	42,840		
-40	82,950	41,475	8,295	43,970		
-35	85,080	42,540	8,508	45,100		
-30	87,220	43,610	8,722	46,230		
-25	89,350	44,675	8,935	47,360		
-20	91,480	45,740	9,148	48,480		
-15	93,610	46,805	9,361	49,610		
-10	95,740	47,870	9,574	50,740		
-5	97,870	48,935	9,787	51,870		
0	**100,000**	**50,000**	**10,000**	**53,000**		
5	102,130	51,065	10,213	54,130		
10	104,260	52,130	10,426	55,260		
15	106,390	53,195	10,639	56,390		
20	108,520	54,260	10,852	57,520		
25	110,650	55,325	11,065	58,650		
30	112,780	56,390	11,278	59,770		
35	114,920	57,460	11,492	60,900		
40	117,050	58,525	11,705	62,030		
45	119,180	59,590	11,918	63,160		
50	121,310	60,655	12,131	64,290		
55	123,440	61,720	12,344	65,420		
60	125,570	62,785	12,557	66,550		
65	127,700	63,850	12,770	67,680		
70	129,830	64,915	12,983	68,810		
75	131,960	65,980	13,196	69,930		
80	134,090	67,045	13,409	71,060		
85	136,220	68,110	13,622	72,190		
90	138,350	69,175	13,835	73,320		
95	140,480	70,240	14,048	74,450		
100	142,620	71,310	14,262	75,580		
105	144,750	72,375	14,475	76,710		
110	146,880	73,440	14,688	77,840		
115	149,010	74,505	14,901	78,970		
120	151,140	75,570	15,114	80,090		
125	153,270	76,635	15,327	81,320		
130	155,400	77,700	15,540	82,350		
135	157,530	78,765	15,753	83,480		
140	159,660	79,830	15,966	84,610		
145	161,790	80,895	16,179	85,740		
150	163,920	81,960	16,392	86,870		
155	166,050	83,025	16,605	88,000		
160	168,190	84,095	16,819	89,130		
165	170,320	85,160	17,032	90,250		
170	172,450	86,225	17,245	91,380		
175	174,580	87,290	17,458	92,510		
180	176,710	88,355	17,671	93,640		
185	178,840	89,420	17,884			
190	180,970	90,485	18,097			
195	183,100	91,550	18,310			
200	185,230	92,615	18,523			

1. Градуировочные таблицы расчитаны по уравнению 10.

Таблица 3.13

Градуировочные таблицы Pt100, Pt50 (платиновые)

Температур. термопреоб.	Сопротивление термопреобразователя RTD, Ом						
	α = 0,00385 W_{100}=1,3851		α = 0,00390 W_{100}=1,3900		α = 0,00392 W_{100}=1,3920		
	Pt100	Pt50	Pt100	Pt50	Pt100	Pt50	
-260							
-250							
-200	18,520	9,260	17,470	8,735	17,080	8,540	
-150	39,720	19,860	38,950	19,475	38,650	19,325	
-100	60,260	30,130	59,750	29,875	59,540	29,770	
-90	64,300	32,150	63,840	31,920	63,660	31,830	
-80	68,330	34,165	67,920	33,960	67,760	33,880	
-70	72,330	36,165	71,980	35,990	71,840	35,920	
-60	76,330	38,165	76,030	38,015	75,900	37,950	
-50	80,310	40,155	80,050	40,025	79,950	39,975	
-40	84,270	42,135	84,070	42,035	83,990	41,995	
-30	88,220	44,110	88,070	44,035	88,010	44,005	
-20	92,160	46,080	92,060	46,030	92,020	46,010	
-10	96,090	48,045	96,040	48,020	96,020	48,010	
0	**100,000**	**50,000**	**100,000**	**50,000**	**100,000**	**50,000**	
10	103,900	51,950	103,950	51,975	103,970	51,985	
20	107,790	53,895	107,890	53,945	107,930	53,965	
30	111,670	55,835	111,820	55,910	111,880	55,940	
40	115,540	57,770	115,740	57,870	115,820	57,910	
50	119,400	59,700	119,650	59,825	119,750	59,875	
60	123,240	61,620	123,540	61,770	123,660	61,830	
70	127,080	63,540	127,420	63,710	127,560	63,780	
80	130,900	65,450	131,290	65,645	131,450	65,725	
90	134,710	67,355	135,150	67,575	135,330	67,665	
100	138,510	69,255	139,000	69,500	139,200	69,600	
110	142,290	71,145	142,840	71,420	143,060	71,530	
120	146,070	73,035	146,660	73,330	146,900	73,450	
130	149,830	74,915	150,470	75,235	150,730	75,365	
140	153,580	76,790	154,270	77,135	154,550	77,275	
150	157,330	78,665	158,060	79,030	158,360	79,180	
160	161,050	80,525	161,840	80,920	162,160	81,080	
170	164,770	82,385	165,610	82,805	165,940	82,970	
180	168,480	84,240	169,360	84,680	169,710	84,855	
190	172,170	86,085	173,100	86,550	173,480	86,740	
200	175,860	87,930	176,830	88,415	177,230	88,615	
210	179,530	89,765	180,550	90,275	180,960	90,480	
220	183,190	91,595	184,260	92,130	184,690	92,345	
230	186,840	93,420	187,960	93,980	188,410	94,205	
240	190,470	95,235	191,640	95,820	192,110	96,055	
250	194,100	97,050	195,310	97,655	195,800	97,900	
260	197,710	98,855	198,970	99,485	199,480	99,740	
270	201,310	100,655	202,620	101,310	203,150	101,575	
280	204,900	102,450	206,260	103,130	206,800	103,400	
290	208,480	104,240	209,890	104,945	210,450	105,225	
300	212,050	106,025	213,500	106,750	214,080	107,040	
350	229,720	114,860	231,400	115,700	232,070	116,035	
400	247,090	123,545	249,000	124,500	249,760	124,880	
450	264,180	132,090	266,310	133,155	267,160	133,580	
500	280,980	140,490	283,330	141,665	284,260	142,130	
550	297,490	148,745	300,060	150,030	301,080	150,540	
600	313,710	156,855	316,500	158,250	317,590	158,795	
650	329,640	164,820	332,640	166,320	333,820	166,910	
700							
750							
800							
850							
900							
950							
1000							

Таблица 3.14

Градуировочные таблицы Cu, Ni, Ni-Iron (медные, никелевые)

Температура термопреобра	Сопротивление термопреобразователя RTD, Ом					
	α = 0,00427 W_{100}=1,4274			α = 0,00518 W_{100}=1,5187	α = 0,00520 W_{100}=1,5198	α = 0,00672 W_{100}=1,6720
	Cu100	**Cu50**	**Cu10**	**Ni-Iron 604**	**Ni-Iron 507,5**	**Ni 120**
-200	10,580	5,290	1,058	245,34		
-180	18,840	9,420	1,884	262,53		
-160	27,050	13,525	2,705	283,87		
-150	31,130	15,565	3,113	296,10		
-140	35,190	17,595	3,519	309,36		
-120	43,270	21,635	4,327	339,00		
-100	51,280	25,640	5,128	372,79		
-90	55,260	27,630	5,526	391,24		
-80	59,230	29,615	5,923	410,73	344,10	66,60
-70	63,180	31,590	6,318	431,26	362,05	73,10
-60	67,120	33,560	6,712	452,82	380,74	79,62
-50	71,040	35,520	7,104	475,42	400,14	86,16
-45	72,970	36,485	7,297	487,11	410,11	89,45
-40	74,900	37,450	7,490	499,06	420,25	92,76
-35	76,830	38,415	7,683	511,27	430,56	96,07
-30	78,760	39,380	7,876	523,74	441,05	99,41
-25	80,700	40,350	8,070	536,47	451,70	102,77
-20	82,630	41,315	8,263	549,46	462,53	106,15
-15	84,560	42,280	8,456	562,70	473,53	109,56
-10	86,490	43,245	8,649	576,21	484,69	113,00
-5	88,420	44,210	8,842	589,97	496,01	116,48
0	**90,350**	**45,175**	**9,035**	**604,00**	**507,50**	**120,00**
5	92,280	46,140	9,228	617,98	519,15	123,56
10	94,210	47,105	9,421	632,13	530,96	127,17
15	96,140	48,070	9,614	646,46	542,94	130,82
20	98,070	49,035	9,807	660,97	555,08	134,52
25	100,000	50,000	10,000	675,66	567,37	138,26
30	101,940	50,970	10,194	690,52	579,84	142,06
35	103,870	51,935	10,387	705,57	592,46	145,90
40	105,800	52,900	10,580	720,79	605,24	149,80
45	107,730	53,865	10,773	736,19	618,19	153,75
50	109,660	54,830	10,966	751,77	631,30	157,75
55	111,590	55,795	11,159	767,52	644,57	161,80
60	113,520	56,760	11,352	783,45	658,00	165,90
65	115,450	57,725	11,545	799,57	671,60	170,06
70	117,380	58,690	11,738	815,86	685,36	174,27
75	119,310	59,655	11,931	832,32	699,27	178,53
80	121,240	60,620	12,124	848,97	713,35	182,85
85	123,180	61,590	12,318	865,79	727,60	187,22
90	125,110	62,555	12,511	882,79	742,00	191,64
95	127,040	63,520	12,704	899,97	756,57	196,11
100	128,970	64,485	12,897	917,33	771,30	200,64
105	130,900	65,450	13,090	934,87	786,19	205,22
110	132,830	66,415	13,283	952,58	801,24	209,85
115	134,760	67,380	13,476	970,47	816,46	214,54
120	136,690	68,345	13,669	988,54	831,83	219,29
125	138,620	69,310	13,862	1 006,80	847,37	224,09
130	140,550	70,275	14,055	1 025,20	863,07	228,95
135	142,480	71,240	14,248	1 043,80	878,94	228,95
140	144,420	72,210	14,442	1 062,60	894,96	238,84
145	146,350	73,175	14,635	1 081,60	911,15	243,86
150	148,280	74,140	14,828	1 100,70	927,50	248,95
155	150,220	75,110	15,022	1 120,00	944,01	254,09
160	152,170	76,085	15,217	1 139,50	960,68	259,30
165	154,120	77,060	15,412	1 159,20	977,52	264,56
170	156,070	78,035	15,607	1 179,00	994,51	269,89
175	158,020	79,010	15,802	1 199,10	1 011,67	275,30
180	159,960	79,980	15,996	1 219,30	1 028,99	280,77
185	161,910	80,955	16,191	1 239,60	1 046,47	286,32
190	163,860	81,930	16,386	1 260,20	1 064,12	291,95
195	165,810	82,905	16,581	1 280,90	1 081,93	297,66
200	167,760	83,880	16,776	1 301,90	1 099,89	303,45
205	169,710	84,855	16,971		1 118,03	309,34
210	171,660	85,830	17,166		1 136,32	315,31
215	173,600	86,800	17,360		1 154,77	321,38
220	175,550	87,775	17,555		1 173,39	327,54
225	177,500	88,750	17,750		1 192,17	333,79
230	179,450	89,725	17,945		1 211,11	340,14
235	181,400	90,700	18,140		1 230,21	346,59
240	183,350	91,675	18,335		1 249,48	353,14
245	185,300	92,650	18,530		1 268,90	359,79
250	187,260	93,630	18,726		1 288,49	366,53

Таблица 3.15

Градуировка 24

Температура ^{0}C	Ом
- 50	78,7
- 40	82,96
- 30	87,22
- 20	91,48
- 10	95,74
0	100
10	104,26
20	108,52
30	112,78
40	117,04
50	121,30
60	125,56
70	129,82
80	134,08
90	138,34
100	142,60
110	146,86
120	151,12
130	155,38
140	159,64
150	163,9
160	168,16
170	172,42
180	176,68

Таблица 3.16

Градуировка 22, 20*

^{0}C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	^{0}C
	Ом										
-200	17.28										-200
-100	59.65	55.52	51.38	47.21	43.02	38.80	34.56	30.29	25.98	21.65	-100
-	100	96.03	92.04	88.04	84.03	80.00	75.96	71.91	67.84	63.75	-
0	100	103.96	107.91	111.85	115.78	119.70	123.10	127.49	131.37	135.24	0
100	139.10	142.95	146.78	150.60	154.41	158.21	162.00	165.78	169.74	173.29	100
200	177.03	180.75	184.48	188.18	191.88	195.56	199.23	202.89	206.53	210.17	200
300	213.79	217.40	221.00	224.59	228.17	231.73	235.29	238.83	242.36	245.88	300
400	249.38	252.88	256.36	259.83	263.29	266.74	270.18	273.60	277.01	280.41	400
500	283.80										500

Примечание: **Для градуировки 20 все значения делить на 10*

3.3.2. Градуировочные таблицы пирометров излучения

Таблица 3.17

Градуировка РК-20

^{0}C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	^{0}C
	Э.д.с. мВ										
600	0.80	0.85	0.91	0.97	1.05	1.13	1.21	1.29	1.37	1.46	600
700	1.56	1.65	1.74	1.84	1.95	2.06	2.17	2.28	2.40	2.52	700
800	2.64	2.78	2.93	3.08	3.24	3.41	3.58	3.75	3.94	4.16	800
900	4.38	4.60	4.82	5.04	5.27	5.50	5.74	5.99	6.24	6.50	900
1000	6.76	7.02	7.30	7.60	7.91	8.22	8.52	8.84	9.17	9.51	1000
1100	9.88	10.24	10.62	11.00	11.38	11.78	12.20	12.60	13.01	13.42	1100
1200	13.85	14.30	14.75	15.20	15.66	16.14	16.64	17.15	17.68	18.22	1200
1300	18.75	19.34	19.92	20.51	21.10	21.72	22.34	22.96	23.60	24.24	1300
1400	24.90	25.58	26.30	27.00	27.71	28.43	29.16	29.92	30.72	31.52	1400
1500	32.35	33.14	33.98	34.82	35.70	36.58	37.45	38.32	39.22	40.16	1500
1600	41.10	42.04	43.00	44.00	45.00	46.02	47.06	48.12	49.16	50.20	1600
1700	51.25	52.28	53.34	54.42	55.52	56.64	57.80	59.00	60.22	61.44	1700
1800	62.70	63.25	65.20	66.40	67.65	68.95	70.20	71.50	72.80	74.15	1800
1900	75.50	76.85	78.25	79.65	81.10	82.50	83.90	85.31	86.70	88.15	1900
2000	89.60										2000

Таблица 3.18

Градуировка РК-15

^{0}C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	^{0}C
	Э.д.с. мВ										
400	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,30	0,32	0,36	0,38	400
500	0,41	0,44	0,48	0,52	0,55	0,58	0,62	0,66	0,71	0,76	500
600	0,82	0,87	0,92	0,99	1,06	1,13	1,20	1,30	1,38	1,48	600
700	1,57	1,68	1,78	1,90	2,01	2,13	2,25	2,38	2,51	2,65	700
800	2,80	2,94	3,10	3,26	3,42	3,60	3,79	3,98	4,17	4,37	800
900	4,60	4,80	5,02	5,26	5,52	5,78	6,04	6,30	6,56	6,82	900
1000	7,08	7,36	7,64	7,94	8,24	8,54	8,86	9,22	9,58	9,96	1000
1100	10,35	10,78	11,18	11,58	12,00	12,40	12,82	13,24	13,66	14,12	1100
1200	14,55	15,00	15,50	16,00	16,50	17,00	17,50	18,05	18,60	19,15	1200
1300	19,75	20,35	20,95	21,55	22,15	22,75	23,35	24,00	24,70	25,40	1300
1400	26,10	26,85	27,65	28,50	29,30	30,15	30,95	31,75	32,50	33,25	1400
1500	34,00										1500

Таблица 3.19

Градуировка РС-25

^{0}C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	^{0}C
	Э.д.с. мВ										
1200	3.08	3.18	3.30	3.42	3.56	3.68	3.82	3.96	4.10	4.24	1200
1300	4.38	4.54	4.68	4.84	5.00	5.16	5.34	5.52	5.70	5.88	1300
1400	6.06	6.24	6.44	6.64	6.84	7.04	7.26	7.48	7.70	7.92	1400
1500	8.16	8.40	8.90	8.90	9.16	9.42	9.68	9.94	10.22	10.50	1500
1600	10.78	11.08	11.68	11.68	11.98	12.30	12.62	12.94	13.26	13.58	1600
1700	13.92	14.25	14.94	14.94	15.30	15.68	16.06	16.44	16.86	17.22	1700
1800	17.64	18.08	18.92	18.92	19.34	19.78	20.22	20.66	21.12	21.58	1800
1900	22.05	22.52	23.48	23.48	23.96	24.46	24.98	25.50	26.02	26.56	1900
2000	27.10	27.66	28.82	28.82	29.38	29.96	30.56	31.16	31.76	32.36	2000
2100	32.95	33.58	34.86	34.86	35.50	36.16	36.82	37.48	38.16	38.84	2100
2200	39.55	40.25	41.65	41.65	42.40	43.15	43.90	44.65	45.40	46.20	2200
2300	47.00	47.80	49.40	49.40	50.25	51.10	51.95	52.80	53.65	54.50	2300
2400	55.35	56.20	57.90	57.90	58.75	59.60	60.50	61.45	62.45	63.55	2400
2500	64.65										2500

3.3.3. Регламент технического обслуживания датчиков, преобразователей и вторичных приборов для измерения температуры

Первичные преобразователи температуры

Преобразователь сопротивления типов ТСП, ТСМ	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений, надежности крепления,герметичности кабельных вводов. Наличие калибровочного знака
	ТО-1	1. Операции ТО-0. 2. Проверка герметичности монтажа преобразователя, устранение неплотностей. 3. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1. 2. Проверка сопротивления изоляции, соответствия электрического сопротивления преобразователя измеряемой температуре.
	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2. Проверка и подгонка сопротивления линий связи до 2,5 Ом.
	ТО-4	1. Операции ТО-3. 2.Проверка герметичности кабельных вводов, устранение неплотностей. 3.Чистка контактов от окисления,протяжка контактов прибора, клеммных коробок.
	ТО-5	1. Операции ТО-4. 2.Восстановление надписей и маркировок 3.Проверка состояния кабельных трасс,лотков. Меггирование контрольного кабеля
Преобразователь термоэлектрические типов ТПП, ТХА, ТХК и аналогичные	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений, надежности крепления,герметичности кабельных вводов. Наличие калибровочного знака.
	ТО-1	1. Операции ТО-0. 2.Проверка герметичности монтажа преобразователя, устранение неплотностей. 3. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1. 2.Проверка герметичности кабельных вводов, устранение неплотностей
	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2.Проверка соответствия термоэлектродвижущей силы преобразователя измеряемой температуре.
	ТО-4	1. Операции ТО-3. 2.Чистка контактов от окисления,протяжка контактов прибора, клеммных коробок.
	ТО-5	1. Операции ТО-4. 2.Восстановление надписей и маркировок 3.Проверка состояния кабельных трасс, лотков. Меггирование контрольного кабеля

Преобразователь сопротивления типов ТСП, ТСМ, ТСП 9507, ТСП 9418, ТСП 9201, ТСП-012-000, ТСО 034,ТСО 044, ТСП 1388, ТСП 5071, ТСП 9715, ТСП 9506, RTG 31996024, Rosemount 444RL2UIDIE504, Rosemount 244H, ТСМ-5071,ПТС-10, ПТС-10М, ТСМ1088, Метран-205, Метран-206, КТПТР-01,Pt и аналогичные	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений, надежности крепления, герметичности кабельных вводов. Наличие калибровочного знака.
	ТО-1	1. Операции ТО-0. 2. Проверка герметичности монтажа преобразователя, устранение неплотностей. 3. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1. 2.Проверка герметичности кабельных вводов, устранение неплотностей
	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2. Проверка сопротивления изоляции, соответствия электрического сопротивления преобразователя измеряемой температуре.
	ТО-4	1. Операции ТО-3. 2.Чистка контактов от окисления,протяжка контактов прибора, клеммных коробок.
	ТО-5	1. Операции ТО-4. 2.Восстановление надписей и маркировок 3.Проверка состояния кабельных трасс,лотков. Меггирование контрольного кабеля
Преобразователь с унифицированным выходным сигналом типов ТСМУ-205, ТСПУ-205, ТСПУ-2212,ТСМУ-274-02,ТСМУ-3212,ТХАУ-205, ТХКУ-205 и аналогичные	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений, надежности крепления,герметичности кабельных вводов. Наличие калибровочного знака.
	ТО-1	1. Операции ТО-0. 2.Проверка герметичности монтажа преобразователя, устранение неплотностей. 3. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1. 2.Проверка герметичности кабельных вводов, устранение неплотностей.
	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2. Проверка сопротивления изоляции, соответствия электрического сопротивления преобразователя измеряемой температуре.
	ТО-4	1. Операции ТО-3. 2.Чистка контактов от окисления,протяжка контактов прибора, клеммных коробок.
	ТО-5	1. Операции ТО-4. 2.Восстановление надписей и маркировок 3.Проверка состояния кабельных трасс,лотков. Меггирование контрольного кабеля
Регуляторы температуры		
Регулятор температуры типов ТУДЭ,ТРЭ и аналогичные	ТО-0	1. Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , наличия клейм калибровки, надежности крепления,герметичности кабельных вводов,целостности электрических соединений и заземления.
	ТО-1	1. Операции ТО-0. 2.Проверка герметичности монтажа преобразователя, устранение неплотностей. 3. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1.

		2.Проверка герметичности кабельных вводов, устранение неплотностей
	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2. Проверка соответствия уставок технологическому регламенту,измерение внутреннего сопротивления преобразователя.
	ТО-4	1. Операции ТО-3. 2.Чистка контактов от окисления,протяжка контактов прибора, клеммных коробок. 3. Проверка срабатывания электрических цепей.
	ТО-5	1. Операции ТО-4. 2.Восстановление надписей и маркировок 3.Проверка состояния кабельных трасс,лотков. Меггирование контрольного кабеля
Регулятор температуры типов ТМ8, ТЭ2П3 и аналогичные	ТО-0	1. Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , наличия клейм калибровки, надежности крепления,целостности электрических соединений и заземления.
	ТО-1	1. Операции ТО-0. 2.Проверка герметичности монтажа преобразователя, устранение неплотностей. 3. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1. 2.Проверка герметичности кабельных вводов, устранение неплотностей. 3.Проверка работоспособности регулятора,наличие выходного сигнала.
	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2. Проверка соответствия уставок технологическому регламенту.
	ТО-4	1. Операции ТО-3. 2. Чистка контактов от окисления ,протяжка контактных соединений,разъемов и крепежных элементов. 3. Проверка срабатывания электрических цепей.
	ТО-5	1. Операции ТО-4. 2.Восстановление надписей и маркировок
Регулятор температуры типов РТ-01, Теркон, ЦР7701, Eurotherm, Story tronic, Micro Moore и аналогичные	ТО-0	1. Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , наличия клейм калибровки, надежности крепления,герметичности кабельных вводов,целостности электрических соединений и заземления.
	ТО-1	1.Операция ТО-0 2. Проверка соответствия уставок технологическому регламенту. 3. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1. 2.Проверка работоспособности регулятора,наличие выходного сигнала
	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2. Проверка состояния кабельных трасс,электрических соединений,измерение изоляции кабелей.
	ТО-4	1.Операция ТО-3 2. Чистка контактов от окисления ,протяжка контактных

		соединений,разъемов и крепежных элементов,проверка заземления.
	ТО-5	1. Операции ТО-4. 2.Проверка правильности показаний. 3.Восстановление надписей и маркировок 4.Проверка состояния кабельных трасс,лотков. Меггирование контрольного кабеля
Термометры манометрические,		
Термометры технические, лабораторные, бытовые		
Термометр манометрический ТГП,ТКП и аналогичные	ТО-0	1. Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений, надежности крепления,герметичности кабельных вводов. Наличие калибровочного знака.
	ТО-1	1. Операции ТО-0. 2. Проверка герметичности установки термобаллона, устранение обнаруженных дефектов. 3. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1. 2. Проверка соответствия уставок технологическому регламенту.
	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2.Подтяжка крепежных элементов. Проверка надежности электрических подсоединений и заземлений.
	ТО-4	1.Операция ТО-3 2. Чистка контактов от окисления ,протяжка контактных соединений,разъемов и крепежных элементов,проверка заземления.
	ТО-5	1. Операции ТО4. 2.Проверка правильности показаний 3.Восстановление надписей и маркировок 4.Чистка ,протяжка контактов сигнализации, проверка срабатывания.
Термостаты,муфельные печи,сушильные шкафы		
Термостат типов ИБТС.681934.001,ТС-80М-2,VT-12, ЛТН-0.1М, TAMSON TLG3, ДС-50, TLC3, Jumo AMDR -2, TV -2000, TV-4000, TV -25, KV-80, F-25, F-12, ПОС -77, Р 303, Мод. TW-2, «Technoglas» и аналогичные	ТО-0	1. Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений, надежности крепления. Наличие калибровочного знака,целостности электрических соединений,наличия видимого заземления.
	ТО-1	1.Операция ТО-0 2. Проверка соответствия уставок технологическому регламенту. 3. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1. 2. Проверка работоспособности и правильности поддержания температуры
	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2. Проверка состояния кабельных трасс,электрических соединений.
	ТО-4	1.Операция ТО-3 2. Чистка контактов от окисления ,протяжка контактных соединений,разъемов и крепежных элементов,проверка заземления.
	ТО-5	1. Операции ТО-4. 2. Замена жидкости, чистка и смазка двигателя мешалки

		3.Восстановление надписей и маркировок
Муфельная печь типов Labotherm, МП-2УМ, 18С и аналогичные	ТО-0	1. Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений, надежности крепления. Наличие калибровочного знака,целостности электрических соединений,наличия видимого заземления.
	ТО-1	1.Операция ТО-0 2. Проверка соответствия уставок технологическому регламенту. 3. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1. 2. Проверка работоспособности и правильности поддержания температуры
	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2. Проверка состояния кабельных трасс,электрических соединений.
	ТО-4	1.Операция ТО-3 2. Чистка контактов от окисления ,протяжка контактных соединений,разъемов и крепежных элементов,проверка заземления.
	ТО-5	1. Операции ТО-4. 2.Восстановление надписей и маркировок

3.3.4. Нормы времени на техническое обслуживание датчиков, преобразователей и вторичных приборов для измерения температуры

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Нормы времени (чел-час)																
			Снятие, установка		Наладка		Техническое обслуживание								Ремонт				Метрологическое обеспечение
			Разряд	Норма времени, чел-час	Разряд	Наладка	Разряд	ТО-0 (ежедн.)	ТО -1 (1 раз в нед.)	ТО-2 (1 раз в мес.)	ТО-3 (1 раз в кварт.)	ТО-4 (1 раз в 1/2 год)	ТО-5 (1 раз в год)	все ТО за год	Разряд	текущий	капитал.	все рем. за год	Поверка, калибровка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Первичные преобразователи температуры																			
1	Преобразователь термоэлектрический	ТХК, ТХА,ТХА 9312, ТХК 9312, ТХА 0179, КТХА, ТХК 9504, ТХК В-2088, ТПП, ПР 30/668, type J, type K и аналогичные	4	0,40	4	0,20	4	0,001	0,003	0,04	0,06	0,08	0,26	1,09	4	0,94	1,92	2,86	1,40
2	Преобразователь термоэлектрический	ППО, ППО-1000-2, ППО-1250-1	4	0,4	5	0,20	5	0,01	0,04	0,15	0,17	0,18	1,40	6,56	5	1,64	3,29	4,93	6,00
3	Термопреобразователь сопротивления	ТСП 9507, ТСП 9418, ТСП 9201, ТСП-012-000, ТСО 034, ТСО 044, ТСП 1388, ТСП 5071, ТСП 9715, ТСП9506, RTG31996024, Rosemount 444R, Rosemount R244P, FisherRosemount 248,TG-A130, TG-K330, ТСМ-5071, ПТС-10, ПТС-10М, ТСМ1088, Метран-205, Метран-206, КТПТР-01, Pt 100, ТСМ 1293, Endress+Hauser, Atlas Copco и аналогичные	4	0,40	4	0,20	4	0,001	0,003	0,04	0,06	0,08	0,26	1,09	4	0,94	2,27	3,21	1,40
4	Термопреобразователь с унифицированным выходным сигналом	ТСМУ-205, ТСПУ-205, ТСПУ-2212,ТСМУ-274-02,ТСМУ-3212, ТХАУ-205, ТХКУ-205, Метран-270 и аналогичные	4	1,60	4	0,20	4	0,004	0,03	0,08	0,10	0,12	1,00	3,84	4	2,10	3,80	5,90	1,6

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Нормы времени (чел-час)																
			Снятие, установка		Наладка		Техническое обслуживание								Ремонт				Метрологическое обеспечение
			Разряд	Норма времени, чел-час	Разряд	Наладка	Разряд	ТО-0 (ежедн.)	ТО -1 (1 раз в нед.)	ТО-2 (1 раз в мес.)	ТО-3 (1 раз в кварт.)	ТО-4 (1 раз в 1/2 год)	ТО-5 (1 раз в год)	все ТО за год	Разряд	текущий	капитал.	все рем. за год	Поверка, калибровка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5	Многозонный термометр (на 1 точку)	МТТ822, МТТ862	4	0,40	4	0,20	4	0,001	0,003	0,04	0,06	0,08	0,26	1,09	4	0,94	2,27	3,21	1,40
	Регуляторы температуры																		
6	Регулятор температуры	ТУДЭ-1М1,РТ-ДО,ТРБ-10 и аналогичные	4	0,14	4	0,30	4	0,001	0,002	0,02	0,04	0,06	0,13	0,70	4	2,50	3,00	5,50	1,00
7	Реле температуры	ТАД-101,ТАМ103,Т 419-2М, IMIT и аналогичные	4	0,15	5	0,30	4	0,001	0,01	0,12	0,14	0,16	0,31	2,27	5	1,00	1,20	2,20	1,00
8	Сигнализатор температуры	ITT NEO-DYN 100TC,T21BM-1-03	4	0,50	5	0,30	5	0,002	0,01	0,12	0,14	0,16	0,30	2,46	5	3,60	4,20	7,80	1,00
9	Регулятор температуры	ТРМ 33-Щ4-03	4	0,30	5	0,30	5	0,002	0,02	0,09	0,17	0,19	0,35	2,72	5	2,27	4,10	6,37	4,10
10	Регулятор температуры	ТРМ-12Б,ТРМ 11	4	0,30	5	0,30	4	0,001	0,02	0,09	0,20	0,23	0,56	2,83	5	1,20	2,40	3,60	2,20
11	Регулятор температуры	Термодат-14/32	4	0,14	4	0,30	4	0,001	0,02	0,14	0,22	0,24	0,50	3,22	4	2,30	2,80	5,10	1,00
12	Регулятор температуры	ТЭ2П3,УТ23,ТРЭ 105-01	4	0,27	5	0,30	4	0,001	0,02	0,34	0,38	0,44	1,5	6,34	5	1,61	5,59	7,2	1,00
13	Регулятор температуры	РТ-01,РТЭ 5260, Теркон, Eurotherm,Story tronic, AQUA 24A1F/D и аналогичные	4	0,27	5	0,30	4	0,01	0,04	0,23	0,55	0,56	1,05	7,99	6	3,66	6,64	10,30	1,20
14	Регулятор температуры	Micro Moore	4	0,27	6	0,30	5	0,01	0,03	0,69	0,75	0,76	1,53	12,39	6	2,00	7,60	9,60	1,00
	Термометры манометрические																		
15	Термометр манометрический	TGL	4	0,40	5	0,16	4	0,002	0,01	0,05	0,12	0,14	0,22	1,76	5	2,40	6,20	8,60	1,00
16	Термометр манометрический	ТГП-100ЭК,ТГП-160Сг,ТКП-100, ТГП-100Кс,ТКП-60/3М2,ТГП-100	4	0,40	5	0,16	4	0,002	0,01	0,06	0,14	0,16	0,30	1,98	5	2,14	6,42	8,56	1,00
17	Термометр манометрический	ТГ2С-711, ТГ2С-712,Т2ГС-712М	4	0,40	5	0,16	4	0,010	0,07	0,46	0,87	0,89	1,79	12,62	5	4,21	10,52	14,73	1,00
18	Термометр манометрический	ТПП	4	0,40	5	0,16	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,22	5	0,56	1,68	2,24	1,00
19	Термометр манометрический	ТКП-ЭК,ТМТ-1-1, ТМТ-6-3	4	0,40	5	0,16	4	0,002	0,01	0,05	0,12	0,14	0,22	1,76	5	2,99	8,96	11,95	1,00

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Нормы времени (чел-час)																
			Снятие, установка		Наладка		Техническое обслуживание								Ремонт				Метрологическое обеспечение
			Разряд	Норма времени, чел-час	Разряд	Наладка	Разряд	ТО-0 (ежедн.)	ТО -1 (1 раз в нед.)	ТО-2 (1 раз в мес.)	ТО-3 (1 раз в кварт.)	ТО-4 (1 раз в 1/2 год)	ТО-5 (1 раз в год)	все ТО за год	Разряд	текущий	капитал.	все рем. за год	Поверка, калибровка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Термометры технические, лабораторные, бытовые																			
20	Термометр технический	ТТ,ТТП, ТТУ,СП-28, СП-29, СП-33, СП-32,СП-95	4	0,02		0,00	4	0,002	0,01	0,04	0,10	0,12	0,18	1,58	5	0,00	0,00	0,00	1,00
21	Термометр стеклянный ртутный	ТЛ-2		0,00		0,00	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	5	0,00	0,00	0,00	1,00
22	Термометр метеорологический	ТМ-8,ТМ9-2	4	0,02		0,00	4	0,002	0,01	0,04	0,10	0,12	0,19	1,59	5	0,00	0,00	0,00	1,00
23	Термометр стеклянный ртутный	ГОСТ 2823-73,Kessler Instruments,ТЛ-4		0,00		0,00	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,22	5	0,00	0,00	0,00	1,00
24	Пирометр портативный	ПП-1		0,00		0,0	5	0,003	0,01	0,06	0,15	0,17	0,28	2,19	6	4,73	5,51	10,24	4,00
25	Термометр бытовой	Термометр бытовой	3	0,02		0,00	3	0,004	0,02	0,09	0,22	0,24	0,40	3,32	5	0,00	0,00	0,00	0,50
26	Термометр лабораторный	ТН4-1, ТН3-2, ТН3-1, ТИН2-1, ТН1-2, ТН1-1,ASTM, ASTM12C, ASTM18C, ASTM22C, ASTM33C, ASTM71C, ASTM73C, ASTM74C, ASTM122C, ASTM125C, ASTM127C и аналогичные	4	0,02		0,00	4	0,01	0,04	0,21	0,50	0,52	0,93	7,57	4	0,00	0,00	0,00	1,00
27	Термометр лабораторный	СП-8, СП-74	4	0,02		0,00	4	0,01	0,04	0,22	0,53	0,55	0,97	7,78	5	0,00	0,00	0,00	1,90
28	Пирометр стационарный	RAYTXC	4	0,08		0,0	5	0,01	0,04	0,22	0,53	0,55	0,97	7,78	6	6,40	14,80	21,20	4,00
29	Термометр лабораторный	ISFA-5530, ISFA -5534, ISFA-5537,IP100C,RTA-14980,TP-1,DIN12785	4	0,02		0,00	4	0,01	0,05	0,24	0,57	0,59	1,04	8,49	5	0,00	0,00	0,00	2,60
30	Термометр технический	ТН-1,ТН-3	4	0,27		0,00	4	0,01	0,06	0,28	0,66	0,68	1,22	9,62	5	0,00	0,00	0,00	1,00
31	Термометр стеклянный для испытаний нефтепродуктов	ТИН1-1, ТИН1-2, ТИН10-1, ТИН10-3, ТИН10-4, ТИН10-5,ТИН3-3, ТИН4-2,ТИН5-1, ТИН5-3, ТИН5-4,ТИН-6, ТИН-8,ТН-2М, ТН-2, ТН-5, ТН-6, ТН-7, ТН-8М, ТН-8		0,00		0,00	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,22	5	0,00	0,00	0,00	1,00

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Нормы времени (чел-час)																
			Снятие, установка		Наладка		Техническое обслуживание								Ремонт				Метрологическое обеспечение
			Разряд	Норма времени, чел-час	Разряд	Наладка	Разряд	ТО-0 (ежедн.)	ТО -1 (1 раз в нед.)	ТО-2 (1 раз в мес.)	ТО-3 (1 раз в кварт.)	ТО-4 (1 раз в 1/2 год)	ТО-5 (1 раз в год)	все ТО за год	Разряд	текущий	капитал.	все рем. за год	Поверка, калибровка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
32	Термометр биметаллический	ASHCROFT, WIKA, JUMO, ТМ 73.04, ТМ 55.01, ТМ 55.02, ДТКБ	4	0,27		0,00	4	0,01	0,07	0,34	0,82	0,84	1,51	11,23	5	2,46	4,24	6,70	1,00
	Термостаты, муфельные печи, сушильные шкафы																		
33	Термостат	УПСТ-2М	4	1,20	5	0,70	4	0,002	0,04	0,38	0,55	0,57	1,45	8,00	5	3,66	6,64	10,30	2,00
34	Термостат	ИБТС.681934.001, ТС-80М-2, VT-12, ЛТН-0.1М, TAMSON TLG3, ДС-50, TLC3, Jumo AMDR -2, TV -2000, TV-4000, TV -25, KV-80, F-25, F-12, ПОС -77, Р 303, Мод.TW-2, «Technoglas» и аналогичные	4	1,50	5	0,70	4	0,010	0,05	0,25	0,61	0,63	1,17	8,82	5	1,50	2,00	3,50	4,00
35	Термостат	ЛАГУНА	4	1,50	5	0,70	4	0,005	0,06	0,64	0,70	0,72	1,5	11,9	5	1,57	3,00	4,57	4,00
36	Термостат низкотемпературный	RL6CP	4	1,50	5	0,70	4	0,005	0,06	0,64	0,70	0,72	1,57	11,97	5	1,90	2,80	4,70	4,00
37	Термостат	ASTM34C, Vis-T, ТОС-1	4	1,50	5	0,70	4	0,010	0,06	0,56	0,76	0,78	1,5	12,44	5	1,57	3,20	4,77	4,00
38	Установка для поверки и градуировки температуры	УТТ-6, УТТ-6ВМА	4	2,50	6	1,73	5	0,002	0,01	0,06	0,15	0,17	0,22	1,93	6	3,08	9,25	12,33	2,00
39	Калибратор температуры	ТС301		0,00		0,00	4	0,004	0,02	0,13	0,27	0,29	0,49	3,88	7	0,8	1,79	2,59	3,00
40	Измеритель температуры	ИТ-1,ТС 310		0,00		0,00	6	0,04	0,19	0,97	2,34	2,36	4,24	33,88	7	6,07	9,10	15,17	1,20
41	Калибратор температуры	AMETEK,ТС 1200		0,00		0,00	6	0,04	0,19	0,98	2,34	2,36	4,30	34,02	7	10,00	12,10	22,10	7,00
42	Калибратор температуры	ТС 150		0,00		0,00	6	0,08	0,42	2,20	5,00	5,06	5,9	69,68	7	8,7	9,52	18,22	7,00
43	Калибратор температуры	ТС 650		0,00		0,00	6	0,08	0,42	2,20	5,00	5,06	6,1	69,88	7	8,10	9,80	17,90	7,00
44	Муфельная печь с аналоговым управлением	типа СНОЛ 8,2/1100; ПМ-1.0-7,20; ПМ-8, ПМ-10, МИМП-У, МП-2УМ и аналогичные		0,00	4	0,4	4	0,002	0,010	0,040	0,090	0,110	0,200	1,570	4	0,60	2,00	2,60	2,00
45	Муфельная печь с аналоговым управлением и принудительной вентиляцией	типа ПМ-12, ПМ-14 и аналогичные		0,00	4	0,4	4	0,000	0,010	0,060	0,150	0,200	0,500	1,840	4	1,20	2,80	4,00	4,00

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Нормы времени (чел-час)																
			Снятие, установка		Наладка		Техническое обслуживание								Ремонт				Метрологическое обеспечение
			Разряд	Норма времени, чел-час	Разряд	Наладка	Разряд	ТО-0 (ежедн.)	ТО -1 (1 раз в нед.)	ТО-2 (1 раз в мес.)	ТО-3 (1 раз в кварт.)	ТО-4 (1 раз в 1/2 год)	ТО-5 (1 раз в год)	все ТО за год	Разряд	текущий	капитал.	все рем. за год	Поверка, калибровка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
46	Муфельная печь с электронным цифровым управлением	типа ПТ, МИМП-УЭ, Labotherm L5/C6 и аналогичные		0,00	5	0,6	4	0,010	0,050	0,380	0,710	0,730	1,390	10,380	5	3,60	3,80	7,40	6,00
47	Муфельная печь с программным управлением	типа МИМП-П и аналогичные		0,00	6	0,6	4	0,010	0,050	0,380	0,710	0,730	1,390	10,380	6	2,41	6,84	9,25	6,00
48	Сушильный шкаф простой	типа ШС и аналогичные		0,00	4	0,4	4	0,002	0,010	0,040	0,090	0,110	0,200	1,570	4	1,20	2,80	4,00	2,00
49	Сушильный шкаф с принудительной вентиляцией	типа СНОЛ и аналогичные		0,00	4	0,4	4	0,000	0,010	0,060	0,150	0,200	0,500	1,840	4	1,80	3,20	5,00	2,00
50	Сушильный шкаф с термоконтроллером	типа ШСП, ULM и аналогичные		0,00	5	0,6	4	0,002	0,010	0,080	0,170	0,190	0,490	2,420	5	3,60	3,80	7,40	4,00
51	Сушильные шкафы с микропроцессорным блоком	типа ПЭ-4610 и аналогичные		0,00	5	0,6	4	0,010	0,050	0,380	0,710	0,730	1,390	10,380	5	2,41	6,84	9,25	6,00

3.3.5. Таблица соответствия маркировок датчиков температуры различных отечественных производителей

ПК "Тесей"	Луцкий приборостроительный завод		Омский завод "Эталон"	Челябинский завод "Теплоприбор"
1	2		3	4
Термопреобразователи термоэлектрические				
КТХА(ХК) 01.01	–	–	–	–
КТХА(ХК) 01.02	ТХА(ТХК) 0188	ТХА(ТХК) 1489	–	–
КТХА(ХК) 01.03	–	–	–	–
КТХА(ХК) 01.04	ТХА(ТХК) 2088	ТХА(ТХК) 0179	ТХА (ТХК) 9312	ТХА/ТХК - 0193 - 03
КТХА(ХК) 01.05	ТХА(ТХК) 2088			ТХА/ТХК - 1293
КТХА(ХК) 01.09	ТХА(ТХК) 2088			ТХА/ТХК - 0193
КТХА(ХК) 01.07	ТХА(ТХК) 2088			ТХА/ТХК - 1293 - 01
КТХА(ХК) 01.10	ТХА(ТХК) 2088			ТХА/ТХК - 0193 - 01
КТХА(ХК) 01.10	ТХА(ТХК) 2088			ТХА/ТХК - 0193 - 02
КТХА(ХК) 01.05 [2] (двойной ЧЭ)	–	–	–	ТХА/ТХК - 1393 …
КТХА(ХК) 01.10Р	ТХА(ТХК) 1172Р	ТХА(ТХК) 1172Р	ТХА (ТХК) 9420	–
КТХА(ХК) 01.10С	ТХА(ТХК) 1172Р	–	–	–
КТХА(ХК) 01.06	ТХА (ТХК) 2388	ТХА(ТХК) 0806	ТХА (ТХК) 9310	ТХА/ТХК - 0192
КТХА(ХК) 01.06У	ТХА (ТХК) 2388			ТХА/ТХК - 0192 - С
КТХА(ХК) 01.08	ТХА (ТХК) 2388			ТХА/ТХК - 1192 - С
КТХА(ХК) 01.06 [2] (двойной ЧЭ)	–	–	–	ТХА/ТХК - 1392 …
КТХА 01.16	–	–	–	–
КТХА 01.16У	–	–	–	–
КТХА 01.18	–	–	–	–
КТХА 01.06 - Тхх - …	ТХА 706-02	ТХА 706-02	ТХА 9505	ТХА - 0495
КТХА 01.15	ТХА 706-02	–		ТХА - 0495 - 01
КТХА 01.06 [2] - Тхх - … (двойной ЧЭ)	–	–	–	ТХА - 1395 …
КТХА 01.11	ТХА 1085	–	ТХА 9415	ТХА - 0194
КТХА 02.11	ТХА 1085	–		ТХА - 0194 - 04
КТХА 01.12	ТХА 1387	–	ТХА 9425	ТХА-1292, ТХА-1592
КТХА 01.13	ТХА 1387	–	ТХА 9425	ТХА - 1292 - 01; -02
КТХК(ХА) 01.17	ТХА 2888	–	ТХА 9421	–
КТХА 01.19	–	–	–	–

1	2		3	4
КТХА 01.19У	–	–	–	–
КТХА 01.20	ТХА 0555	–	–	ТХА 0496 - 01
КТХА 01.21	–	–	–	ТХА - 0496 - 02, - 03
КТХА 01.21У	–	–	–	ТХА - 0496С
КТХА(ХК) 02.01	ТХА(ТХК) 0188	ТХА(ТХК) 1489	ТХА(ТХК) 9419	ТХА/ТХК - 0292
КТХА(ХК) 02.02	–	–	–	–
КТХК 02.03	ТХК 2488	ТХК 0379-01	ТХК 9311	ТХК - 0193 - 04 (С)
КТХК 02.04	ТХК 2788 ТХК 0583	ТХК 0379-04	ТХК 9206	ТХК - 0395 (- 01)
КТХА 02.06	ТХА 1368	–	ТХА 9426	ТХА - 0297 - 03
КТХА 02.07	ТХА 1368	–	ТХА 9426	–
КТХА 02.08	–	–	ТХА 9625	–
КТХА 02.09	–	–	–	–
КТХА(ХК) 02.10	–	–	–	–
КТХА(ХК) 02.10М	–	–	–	–
КТХК(ХА) 02.13	ТХК 2688	–	–	–
Термопарные сборки				
КТХА 03.01	–	–	–	–
КТХА 03.02	–	–	–	–
КТХА 03.17	–	–	–	ТХА - 1292 - 04
КТХА 03.18	–	–	–	–
КТХА(ХК) 03.05[n]	–	–	–	–
КТХК 03.06[n]	ТХК 2988	ТХК 0579	–	–
Термопреобразователи сопротивления				
ТСМТ(ТСПТ) 101	ТСМ(ТСП) 1088	ТСМ(ТСП) 0879	ТСМ (ТСП) 9201	ТСМ/ТСП - 0193 - 01
ТСМТ(ТСПТ) 102	ТСМ(ТСП) 1088	–		ТСМ/ТСП - 0193
ТСМТ(ТСПТ) 103	ТСМ(ТСП) 1088	–		ТСМ/ТСП - 0193 - 02
ТСМТ(ТСПТ) 104	ТСМ (ТСП) 0987	–	ТСМ (ТСП) 9417	–
ТСМТ(ТСПТ) 201	ТСМ 1288 ТСП 1287	–	ТСП 9307	ТСМ/ТСП - 0196 - 02
ТСМТ(ТСПТ) 202	ТСП 1287	–	ТСМ 9203	ТСМ/ТСП - 0196
ТСМТ(ТСПТ) 204	–	–	ТСМ 9423	ТСМ/ТСП - 0395
ТСМТ(ТСПТ) 301	ТСМ(ТСП) 1388	ТСМ(ТСП) 0979	ТСМ (ТСП) 9204	ТСМ/ТСП - 1193
ТСМТ(ТСПТ) 302	ТСМ(ТСП) 1388	–		ТСМ/ТСП - 1193 - 01
ТСМТ(ТСПТ) 303	ТСМ(ТСП) 1388	–		ТСМ/ТСП - 1193 - 02
ТСМТ(ТСПТ) 304	ТСМ(ТСП) 1388	–		ТСМ/ТСП - 1193 - 03

1	2		3	4
Термопреобразователи с унифицированным выходным сигналом				
КТХАУ	ТХАУ-0288	–	–	–
ТСМТУ	ТСМУ-0288	–	–	–
ТСПТУ	ТСПУ-0288	–	ТСПУ 9313	МЕТРАН 900Т
Платиновые термопреобразователи				
ТППТ (ТПРТ) 01.01	ТПП (ТПР) 1888	–	ТПП (ТПР) 5.182.001, 004	ТПП(ТПР) - 0392 (-01)
ТППТ(ТПРТ) 01.06 - Т45	ТПР 1273	–	–	ТПП(ТПР) - 0192 - 09
ТППТ(ТПРТ) 01.20 - Кв	ТПП (ТПР) 1788	ТПП(ТПР) 0679	ТПП(ТПР) 2.821.004, 006	ТПП (ТПР) 0192
ТППТ(ТПРТ) 01.21 - Кк	–	–	ТПР - 0492	
ТПРТ 01.22 - Кк		ТПР 0573	ТПР - 0492	

При сравнении ценовых показателей рекомендуется пользоваться приведенной ниже таблицей. В ней сопоставлены термопреобразователи (ХА, ХК), наиболее точно соответствующие друг другу по элементной базе и конструктивному исполнению.

ПК “Тесей”	Омский завод “Эталон”	Челябинский завод “Теплоприбор”
Кабельные термопреобразователи на основе термопарного кабеля КТМС		
КТХА 01.01	–	КТХА-0299
КТХА(ХК) 02.01	ТХА (ТХК) 9608	–
КТХА(ХК) 02.02	ТХА (ТХК) 9624	–
Термопреобразователи со сменным чувствительным элементом на основе термопарного кабеля КТМС		
КТХА(ХК) 01.06	ТХА (ТХК) 9310К	–
КТХА(ХК) 01.08	ТХА (ТХК) 9310К	–
Термопреобразователи со сменным чувствительным элементом		
КТХА(ХК) 01.05	–	ТХА/ТХК - 1293
КТХА(ХК) 01.07	–	ТХА/ТХК - 1293-01
КТХА 03.17	–	ТХА - 1292-04

3.4. ИЗМЕРЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ, РАЗРЕЖЕНИЯ

Единицы СИ - Инженерные единицы (основаны на метрической системе)

Единицы СИ	Из / В	Единицы СИ						Инженерные единицы					
		бар	мбар	мкбар	Па	КПа	МПа	ммРт.ст.	ммВС	мВС	кг/мм²	кг/см²	атм
Единицы СИ	1 бар	1	10^{3}	10^{6}	10^{5}	100	0.1	750.064	10.1972 $\cdot 10^{3}$	10.1972	10.1972 $\cdot 10^{-3}$	1.01972	0.986923
	1 мбар	10^{-3}	1	10^{3}	100	0.1	0.1 $\cdot 10^{-3}$	750.064 $\cdot 10^{-3}$	10.1972	10.1972 $\cdot 10^{-3}$	10.1972 $\cdot 10^{-6}$	1.01972 $\cdot 10^{-3}$	0.986923 $\cdot 10^{-3}$
	1 мкбар	10^{-6}	10^{-3}	1	0.1	0.1 $\cdot 10^{-3}$	0.1 $\cdot 10^{-6}$	750.064 $\cdot 10^{-6}$	10.1972 $\cdot 10^{-3}$	10.1972 $\cdot 10^{-6}$	10.1972 $\cdot 10^{-9}$	1.01972 $\cdot 10^{-6}$	0.986923 $\cdot 10^{-6}$
	1 Па	10^{-5}	0.01	10	1	10^{-3}	10^{-6}	7.50064 $\cdot 10^{-3}$	101.972 $\cdot 10^{-3}$	101.972 $\cdot 10^{-6}$	101.972 $\cdot 10^{-9}$	10.1972 $\cdot 10^{-6}$	9.86923 $\cdot 10^{-6}$
	1 КПа	0.01	10	10 $\cdot 10^{3}$	10^{3}	1	10^{-3}	7.50064	101.972 $\cdot 10^{-3}$	101.972 $\cdot 10^{-6}$	101.972 $\cdot 10^{-9}$	10.1972 $\cdot 10^{-3}$	9.86923 $\cdot 10^{-3}$
	1МПа	10	10 $\cdot 10^{3}$	10 $\cdot 10^{6}$	10^{6}	10^{3}	1	7.50064 $\cdot 10^{3}$	101.972 $\cdot 10^{3}$	101.972	101.972 $\cdot 10^{-3}$	10.1972	9.86923
Инженерные единицы	1 ммРт.ст.	1.33322 $\cdot 10^{-3}$	1.33322	1.33322 $\cdot 10^{3}$	133.322	133.322 $\cdot 10^{-3}$	133.322 $\cdot 10^{-6}$	1	13.5951	13.5951 $\cdot 10^{-3}$	13.5951 $\cdot 10^{-6}$	1.35951 $\cdot 10^{-3}$	1.31579 $\cdot 10^{-3}$
	1 ммВС	98.0665 $\cdot 10^{-6}$	98.0665 $\cdot 10^{-3}$	98.0665	9.80665	9.80665 $\cdot 10^{-3}$	9.80665 $\cdot 10^{-6}$	73.5561 $\cdot 10^{-3}$	1	10^{-3}	10^{-6}	0.1 $\cdot 10^{-3}$	96.7841 $\cdot 10^{-6}$
	1 мВС	98.0665 $\cdot 10^{-3}$	98.0665	98.0665 $\cdot 10^{3}$	9.80665 $\cdot 10^{3}$	9.80665	9.80665 $\cdot 10^{-3}$	73.5561	10^{3}	1	10^{-3}	0.1	96.7841 $\cdot 10^{-3}$
	1 кг/мм²	98.0665	98.0665 $\cdot 10^{3}$	98.0665 $\cdot 10^{6}$	9.80665 $\cdot 10^{6}$	9.80665 $\cdot 10^{3}$	9.80665	73.5561 $\cdot 10^{3}$	10^{6}	10^{3}	1	100	96.7841
	1 кг/см²	0.980665	0.980665 $\cdot 10^{3}$	0.980665 $\cdot 10^{6}$	98.0665 $\cdot 10^{3}$	98.0665	98.0665 $\cdot 10^{-3}$	735.561	10 $\cdot 10^{3}$	10	0.01	1	0.967841
	1 атм	1.01325	1.01325 $\cdot 10^{3}$	1.01325 $\cdot 10^{6}$	101.325 $\cdot 10^{3}$	101.325	101.325 $\cdot 10^{-3}$	760	10.3323 $\cdot 10^{3}$	10.3323	10.3323 $\cdot 10^{-3}$	1.03323	1

Единицы СИ - Инженерные единицы (основаны на британо-американской системе)

	Из \ В	Единицы СИ						Инженерные единицы			
		бар	**мбар**	**мкбар**	**Па**	**КПа**	**МПа**	**пси**	**фут H_2O**	**инч H_2O**	**инч Рт.ст.**
Единицы СИ	**1 бар**	1	10^{3}	10^{6}	10^{5}	100	0.1	14.50377	33.4553	401.463	29.52998
	1 мбар	10^{-3}	1	10^{3}	100	0.1	$0.1 \cdot 10^{-3}$	$14.50377 \cdot 10^{-3}$	$33.4553 \cdot 10^{-3}$	$401.463 \cdot 10^{-3}$	$29.52998 \cdot 10^{-3}$
	1мкбар	10^{-6}	10^{-3}	1	$0.1 \cdot 10^{-3}$	$0.1 \cdot 10^{-6}$	$0.1 \cdot 10^{-6}$	$14.50377 \cdot 10^{-6}$	$33.4553 \cdot 10^{-6}$	$401.463 \cdot 10^{-6}$	29.52998
	1 Па	10^{-5}	0.01	10	1	10^{-3}	$10^{-6} \cdot 10^{-3}$	$0.1450377 \cdot 10^{-3}$	$0.334553 \cdot 10^{-3}$	$4.01463 \cdot 10^{-3}$	0.2952998
	1 КПа	0.01	10	$10 \cdot 10^{3}$	10^{3}	1	10^{-3}	0.1450377	0.334553	4.01463	0.2952998
	1 МПа	10	$10 \cdot 10^{3}$	$10 \cdot 10^{6}$	10^{6}	10^{3}	1	$0.1450377 \cdot 10^{3}$	$0.334553 \cdot 10^{3}$	$4.01463 \cdot 10^{3}$	$0.2952998 \cdot 10^{3}$
Инженерные единицы	**1 пси**	$68.94757 \cdot 10^{-3}$	68.94757	$68.94757 \cdot 10^{3}$	$6.894757 \cdot 10^{3}$	6.894757	$6.894757 \cdot 10^{-3}$	1	2.30666	27.6799	2.036020
	1 фут H_2O	$29.8907 \cdot 10^{-3}$	29.8907	$29.8907 \cdot 10^{3}$	$2.98907 \cdot 10^{3}$	2.98907	$2.98907 \cdot 10^{-3}$	$433.5275 \cdot 10^{-3}$	1	12	0.8826709
	1 инч H_2O	$2.49089 \cdot 10^{-3}$	2.49089	$2.49089 \cdot 10^{3}$	$0.249089 \cdot 10^{3}$	0.249089	$0.249089 \cdot 10^{-3}$	$36.12729 \cdot 10^{-3}$	$83.3333 \cdot 10^{-3}$	1	$73.55591 \cdot 10^{-3}$
	1 инч Рт.ст.	$33.86389 \cdot 10^{-3}$	33.86389	$33.86389 \cdot 10^{3}$	$3.386389 \cdot 10^{3}$	3.386389	$3.386389 \cdot 10^{-3}$	0.4911542	1.132925	13.59510	1

3.4.1. Регламент технического обслуживания на некоторые типы приборов для измерения давления, разрежения

Манометры, мановакуумметры		
Манометр технический типов МТ, МП, МТП, ОБМ, Wika, Манометр образцовый типов МО, МКО и аналогичные	ТО-1	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений, надежности крепления. Наличие калибровочного знака. Удаление загрязнений.
	ТО-4	1. Операции Т01. 2. Проверка соответствия шкалы рабочему давлению 3. Проверка герметичности соединений импульсной линии, устранение неплотностей. 4. Проверка «0» контрольным манометром
Манометры электроконтактные		
Манометр электроконтактный типов ЭКМ-1У, ДМ2005, ДМ2010,WIKA, ключ немецкий, Fig-18 и аналогичные	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , отсутствия коррозии, надежности крепления,целостности электрических соединений,наличия видимого заземления. Наличие калибровочного знака,наличие маркировки по взрывозащите.
	ТО-1	1.Операция ТО-0 2. Проверка соответствия шкалы рабочему давлению 3. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1. 2. Проверка соответствия уставок технологическому регламенту.
	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2. Продувка импульсной линии для удаления газового конденсата 3. Проверка нулевой отметки шкалы. 4. Проверка герметичности соединений импульсной линии, устранение неплотностей.
	ТО-4	1.Операция ТО-3, Проверка «0» контрольным манометром 2.Проверка герметичности кабельных вводов.

		3. Проверка состояния кабельных трасс,электрических соединений.
	ТО-5	1 .Операции Т04. 2. Чистка контактов от окисления,протяжка контактных соединений и крепежных элементов,проверка заземления. 3.Восстановление надписей и маркировок 4. Проверка правильности показаний,проверка срабатывания. 5.Проверка состояния кабельных трасс,лотков. Меггирование контрольного кабеля
Манометр электроконтактный взрывозащищенный типов ВЭ-16рб, ДМ2005Сг, ДМ2010Сг и аналогичные	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений взрывонепроницаемой оболочки, надежности крепления,целостности электрических соединений,наличия видимого заземления. Наличие калибровочного знака.
	ТО-1	1.Операция ТО-0 2. Проверка соответствия шкалы рабочему давлению 3. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции Т0-1. 2.Проверка состояния сопряжения деталей обеспечивающих взрывозащиту,наличия всех крепежных деталей. 3. Проверка нулевой отметки шкалы. 4. Проверка соответствия уставок технологическому регламенту.
	ТО-3	1. Операции Т0-2. 2.Проверка герметичности кабельных вводов. 3. Проверка герметичности соединений импульсной линии, устранение неплотностей.
	ТО-4	1.Операция ТО-3, Проверка «0» контрольным манометром 2. Проверка состояния кабельных трасс,электрических соединений.
	ТО-5	1 .Операции Т04. 2. Чистка контактов от окисления,протяжка контактных соединений и крепежных элементов,проверка заземления. 3.Восстановление надписей и маркировок 4. Проверка правильности показаний,проверка срабатывания. 5.Проверка состояния кабельных трасс,лотков. Меггирование контрольного кабеля
Датчики давления		
Реле давления типов РКС1, Д231ВН-01 и аналогичные	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений взрывонепроницаемой оболочки, надежности крепления,целостности электрических соединений,наличия видимого заземления. Наличие калибровочного знака.
	ТО-1	1. Операции по ТО-0 2.Проверка состояния сопряжения деталей обеспечивающих взрывозащиту,наличия всех крепежных деталей. 3. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции Т0-1. 3.Проверка герметичности кабельных вводов.
	ТО-3	1. Операции Т0-2. 2. Проверка герметичности соединений импульсной линии, устранение неплотностей.
	ТО-4	1. Операции по ТО-3. 2. Чистка контактов от окисления,протяжка контактных

		соединений и крепежных элементов,проверка заземления.
	ТО-5	1 .Операции Т0-4.
		2.Восстановление надписей и маркировок
		3. Проверка срабатывания.
		4.Проверка состояния кабельных трасс,лотков. Меггирование контрольного кабеля
Реле давления типов РД-1М, РД-4А,РДВ-2а,ДЕМ 102.2,JUMO 4 ADS-95 и аналогичные	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений взрывонепроницаемой оболочки, надежности крепления,целостности электрических соединений,наличия видимого заземления. Наличие калибровочного знака.
	ТО-1	1. Операции по ТО-0
		2.Проверка состояния сопряжения деталей обеспечивающих взрывозащиту,наличия всех крепежных деталей.
		3. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции Т0-1.
		2.Проверка герметичности кабельных вводов.
	ТО-3	1. Операции Т0-2.
		2. Проверка герметичности соединений импульсной линии, устранение неплотностей.
	ТО-4	1. Операции по ТО-3.
		2. Чистка контактов от окисления,протяжка контактных соединений и крепежных элементов,проверка заземления.
	ТО-5	1 .Операции Т0-4.
		2.Восстановление надписей и маркировок
		3. Проверка срабатывания.
		4.Проверка состояния кабельных трасс,лотков. Меггирование контрольного кабеля
Реле давления типов ДН-2,5, ДПН-2,5, ДПН-100,ДТ-40-12,ДН-100 и аналогичные	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , отсутствия коррозии, надежности крепления,целостности электрических соединений,наличия видимого заземления. Наличие калибровочного знака,наличие маркировки по взрывозащите.
	ТО-1	1. Операции по ТО-0
		2.Проверка герметичности кабельных вводов.
		3. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции Т0-1.
		2. Проверка состояния электрических соединений.
	ТО-3	1. Операции Т0-2.
		2. Проверка герметичности соединений импульсной линии, устранение неплотностей.
	ТО-4	1. Операции по ТО-3
		2. Чистка контактов от окисления,протяжка контактных соединений и крепежных элементов,проверка заземления.
	ТО-5	1 .Операции Т0-4.
		2.Восстановление надписей и маркировок
		3. Проверка срабатывания.
		4.Проверка состояния кабельных трасс,лотков. Меггирование контрольного кабеля
Преобразователи давления, разрежения пневматические		
Тягомер,	ТО-0	1. Проверка давления воздуха питания, регулировка.
напоромер,	ТО-1	1. Операции Т0-0.
тягонапоромер,		2. Внешний осмотр: проверка отсутствия механических

Манометр, вакуумметр, мановакуумметр бесшкальный (датчик) с пневматическим выходным сигналом типов НС-П, ТС-П, ТНС-П, МС -П, МАС-П, МВС-П, МП-П, ТРС, 13ДИ30, РВ1501, Ursamat и аналогичные		повреждений , наличия клейм калибровки, надежности крепления. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции Т0-1. 2. Осмотр импульсной линии, удаление конденсата или газа из отстойных сосудов. 3. Чистка дросселя, сопла. 4. Проверка соответствия значения "0" выходного сигнала нулевому значению измеряемого параметра, корректировка.
	ТО-3	1. Операции Т02. 2. Осмотр импульсной линии, удаление загрязнений 3. Прокачка антифризом, опрессовка совместно с уравнительными, разделительными сосудами, устранение неплотностей. 4. Проверка герметичности пневматических линий, устранение неплотностей.
	ТО-4	1. Операции по ТО-3. 2.Проверка работы усилителя 3. Проверка состояния обогреваемого шкафа,удаление загрязнений.
	ТО-5	1. Операции Т04. 2. Проверка правильности показаний выходного пневмосигнала. 3.Восстановление надписей и маркировок 4.Проверка состояния кабельных трасс,лотков.
Тягомер, напоромер, тягонапоромер, Манометр, вакуумметр, мановакуумметр бесшкальный (датчик) с пневматическим выходным сигналом типов НС-П, ТС-П, ТНС-П, МС -П, МАС-П, МВС-П, МП-П, ТРС, 13ДИ30, РВ1501, Ursamat	ТО-0	1. Проверка давления воздуха питания, регулировка
	ТО-1	1. Операции ТО-0. 2. Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , наличия клейм калибровки, надежности крепления. Удаление загрязнений. 3. Осмотр импульсной линии, удаление конденсата газа из отстойных сосудов. 4. Чистка дросселя, сопла. 5. Проверка соответствия значения "0" выходного сигнала нулевому значению измеряемого параметра, корректировка.
	ТО-2	1. Операции Т0-1. 2. Осмотр импульсной линии, удаление загрязнений 3. Прокачка антифризом, опрессовка совместно с уравнительными, разделительными сосудами, устранение неплотностей.
	ТО-3	1. Операции Т0-2. 2. Проверка герметичности пневматических линий, устранение неплотностей. 3.Проверка работы усилителя 4. Проверка правильности показаний выходного пневмосигнала.
	ТО-4	1. Операции по ТО-3. 2. Проверка состояния обогреваемого шкафа,удаление загрязнений.
	ТО-5	1. Операции Т0-4. 2.Восстановление надписей и маркировок 3.Проверка состояния кабельных трасс,лотков.

Преобразователи давления, разрежения электронные

Преобразователь давления электронный типов Сапфир, Метран,Мида,Fisher-Rosemount 1151GP, 141GP, Fisher-Rosemount 3051TG, 3051CG, MOORE 3400, EJA 430A, JUMO, Honeywell YSTG 944, YSTG 974, Foxboro 143GP, WIKA 891.23, IS-10, Fisher-Rosemount 1151GP, 141GP-C, 2088G и аналогичные	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , отсутствия коррозии, надежности крепления,целостности электрических соединений,наличия видимого заземления. Наличие калибровочного знака,наличие маркировки по взрывозащите.
	ТО-1	1. Операции ТО-0. 2. Осмотр импульсной линии, удаление конденсата или газа из отстойных сосудов. 3.Проверка состояния сопряжения деталей обеспечивающих взрывозащиту. 4. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции Т0-1. 2. Проверка соответствия значения "0" выходного сигнала нулевому значению измеряемого параметра, корректировка.
	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2. Осмотр импульсной линии, удаление загрязнений 3. Прокачка антифризом, опрессовка совместно с уравнительными, разделительными сосудами, устранение неплотностей.
	ТО-4	1. Операции по ТО-3. 2. Проверка герметичности кабельных вводов 3. Проверка состояния электрических соединений,кабельных трасс
	ТО-5	1. Операции ТО-4. 2. Чистка контактов от окисления,протяжка контактных соединений и крепежных элементов,проверка заземления. 3.Восстановление надписей и маркировок 4. Проверка суммарной погрешности с каналом измерения. 5.Проверка состояния кабельных трасс,лотков. Мегтирование контрольного кабеля
Преобразователь давления электронный типов Сапфир, Метран,Мида,Fisher-Rosemount 1151GP, 141GP, Fisher-Rosemount 3051TG, 3051CG, MOORE 3400, EJA 430A, JUMO, Honeywell YSTG 944, YSTG 974, Foxboro 143GP, WIKA 891.23, IS-10, Fisher-Rosemount 1151GP, 141GP-C, 2088G	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , отсутствия коррозии, надежности крепления,целостности электрических соединений,наличия видимого заземления. Наличие калибровочного знака,наличие маркировки по взрывозащите.
	ТО-1	1. Операции ТО-0. 2. Проверка соответствия значения "0" выходного сигнала нулевому значению измеряемого параметра, корректировка. 3.Проверка состояния сопряжения деталей обеспечивающих взрывозащиту. 4. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1. 2. Осмотр импульсной линии, удаление загрязнений 3. Прокачка антифризом, опрессовка совместно с уравнительными, разделительными сосудами, устранение неплотностей или удаление конденсата или газа из отстойных сосудов.
	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2. Проверка герметичности кабельных вводов
	ТО-4	1. Операции по ТО-3. 2. Проверка состояния электрических соединений,кабельных

	ТО-5	трасс 1. Операции ТО-4. 2. Чистка контактов от окисления,прогяжка контактных соединений и крепежных элементов,проверка заземления. 3.Восстановление надписей и маркировок 4. Проверка суммарной погрешности с каналом измерения. 5.Проверка состояния кабельных трасс,лотков. Меггирование контрольного кабеля

3.4.2. Нормы времени на техническое обслуживание на некоторые типы приборов для измерения давления, разрежения

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Нормы времени (чел-час)																
			Снятие, установка		Наладка		Техническое обслуживание								Ремонт				Метрологическое обеспечение
			Разряд	Норма времени, чел-час	Разряд	Наладка	Разряд	ТО-0 (ежедн.)	ТО -1 (1 раз в нед.)	ТО-2 (1 раз в мес.)	ТО-3 (1 раз в кварт.)	ТО-4 (1 раз в 1/2 год)	ТО-5 (1 раз в год)	все ТО за год	Разряд	текущий	капитал.	все рем. за год	Поверка, калибровка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Манометры, мановакуумметры																			
1	Манометр, мановакуумметр	МТИ, МТК, ДМ1010-У2, ВП3-У, М-4/1, ДВ 2005, ТНМП-52-М2-У3, МТС-71-1, МТС-71-2М1, МТПСд-100, МВП3-УУ2, МТ, ДЕМ105-01, МП2	4	0,33		0,00	4	0,002	0,01	0,04	0,05	0,07	0,15	1,40	4	0,52	1,81	2,33	0,19
2	Манометр, мановакуумметр	ОБМ,ОБМГн1-100,ОБМ1-100, ОБМ1-160		0,00		0,00	4	0,002	0,01	0,04	0,05	0,07	0,15	1,40	4	0,35	0,45	0,80	0,19
3	Манометр, мановакуумметр	МТП, МТП-100, МТП-160, МТП-У, МВТП,МВТП-16-У	4	0,33		0,00	4	0,002	0,01	0,04	0,05	0,07	0,15	1,40	4	0,72	0,82	1,54	0,19
4	Манометр, мановакуумметр	МП-3, МП-4, МП-5, М-3/1, ASHCROFT, DWYER, Stico Din, WIKA, АМУ-1	4	0,22		0,00	4	0,002	0,01	0,04	0,05	0,07	0,15	1,40	4	0,51	1,61	2,12	0,19

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Нормы времени (чел-час)																
			Снятие, установка		Наладка		Техническое обслуживание								Ремонт				Метрологическое обеспечение
			Разряд	Норма времени, чел-час	Разряд	Наладка	Разряд	ТО-0 (ежедн.)	ТО -1 (1 раз в нед.)	ТО-2 (1 раз в мес.)	ТО-3 (1 раз в кварт.)	ТО-4 (1 раз в 1/2 год)	ТО-5 (1 раз в год)	все ТО за год	Разряд	текущий	капитал.	все рем. за год	Поверка, калибровка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5	Манометр, мановакуумметр	ВО	4	0,33		0,00	4	0,003	0,01	0,07	0,17	0,17	0,32	2,35	4	0,63	1,81	2,44	3,70
6	Манометр, мановакуумметр	ВТПИ-100	4	0,33		0,00	4	0,004	0,01	0,07	0,15	0,17	0,32	2,51	4	0,64	1,19	1,83	3,70
7	Манометр образцовый	МО	4	0,33		0,00	4	0,004	0,01	0,07	0,15	0,17	0,32	2,51	5	0,56	1,98	2,54	2,10
8	Манометр, мановакуумметр	МВП4-У, МВТП-100	4	0,22		0,00	5	0,005	0,03	0,16	0,33	0,35	0,64	5,01	5	0,67	1,04	1,71	0,19
9	Манометр, мановакуумметр	МВТП-16-У	4	0,22		0,00	4	0,005	0,03	0,16	0,33	0,35	0,64	5,01	5	0,72	0,82	1,54	0,19
10	Манометр, мановакуумметр	ДМ 1001, ДНМП-100, МТП-16У, МТ-3И	4	0,33		0,00	4	0,005	0,04	0,27	0,48	0,50	0,72	6,78	5	0,88	1,35	2,23	0,19
11	Манометр, мановакуумметр	МП3-У, МП3-УУ2, МП4-У	4	0,33		0,00	4	0,005	0,04	0,30	0,40	0,42	0,80	6,86	4	0,85	3,05	3,90	0,19
12	Манометр, мановакуумметр	АМВУ-1, МВОШ1-100, ОБМВ1-100	4	0,33		0,00	4	0,01	0,05	0,34	0,66	0,68	0,99	9,51	4	1	2,13	3,13	0,19
13	Манометр образцовый	МО 1227	4	0,33		0,00	4	0,004	0,01	0,07	0,15	0,17	0,32	2,51	4	0,73	2,06	2,79	2,10
14	Манометр образцовый	МО 11201, 11202, 11203	4	0,33		0,00	4	0,005	0,05	0,30	0,54	0,56	0,95	7,79	5	1,02	1,72	2,74	2,40
15	Микроманометр	ММ-250, ММН-240, МКВ-250	4	8,60		0,00	4	0,002	0,01	0,03	0,06	0,08	0,15	1,35	5	0,86	2,83	3,69	3,00
16	Манометр с пневмовыходом	РТХ,РТ-302	4	0,33		0,00	4	0,025	0,14	0,77	1,68	1,70	1,95	23,21	4	2,02	2,92	4,94	0,19
17	Манометр самопишущий	МТС 711	4	0,48		0,00	4	0,015	0,08	0,48	1,00	1,02	1,1	13,84	5	1,4	1,84	3,24	2,00
18	Манометр самопишущий	МТС-712, МТС-712М	4	0,48		0,00	4	0,01	0,05	0,32	0,65	0,67	0,83	9,16	5	1,2	1,50	2,7	2,00
19	Манометр самопишущий	МТ2С-711	4	0,28		0,00	5	0,01	0,07	0,42	0,82	0,84	0,84	11,20	5	1,58	2,72	4,3	0,40
20	Барометр	СР-А,М-22АН, БАММ-1,М-67, М110		0,00		0,00	3	0,002	0,01	0,03	0,06	0,08	0,13	1,33	4	0,52	1,81	2,33	2,70
21	Манометр скважинный	МСУ-1, МГН-2	4	0,67		0,00	6	0,01	0,05	0,25	0,61	0,63	1,16	8,81	6	5,74	10,85	16,59	7,90
22	Манометр скважинный автономный	МИКОН-107, -207	4	0,67		0,00	6	0,01	0,06	0,30	0,68	0,70	1,27	9,89	6	13,33	18,91	32,24	7,90

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Нормы времени (чел-час)																
			Снятие, установка		Наладка		Техническое обслуживание								Ремонт				Метрологическое обеспечение
			Разряд	Норма времени, чел-час	Разряд	Наладка	Разряд	ТО-0 (ежедн.)	ТО -1 (1 раз в нед.)	ТО-2 (1 раз в мес.)	ТО-3 (1 раз в кварт.)	ТО-4 (1 раз в 1/2 год)	ТО-5 (1 раз в год)	все ТО за год	Разряд	текущий	капитал.	все рем. за год	Поверка, калибровка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Манометры электроконтактные																		
23	Манометр электроконтактный	ЭКМ-1У,ЭКМ-2У,ДМ2005, ДМ2010,WIKA,ключ немецкий,Fig-18	4	0,28	5	0,35	5	0,002	0,01	0,22	0,40	0,42	0,58	4,32	5	0,85	1,51	2,36	0,40
24	Манометр электроконтактный	МПЭ-МИ	4	0,28	5	0,35	5	0,002	0,02	0,16	0,38	0,40	0,83	4,39	5	1,50	4,57	6,07	3,70
25	Манометр электроконтактный взрывозащищенный	ВЭ-16рб,ДМ2005Сг,ДМ2010Сг; ДА2010 Сг	4	0,30	5	0,35	4	0,005	0,04	0,34	0,80	0,82	0,93	8,51	5	1,29	1,67	2,96	0,40
	Датчики давления																		
26	Сигнализатор перепада давления	САДКО 43, САДКО 107	4	0,24	5	0,40	4	0,002	0,003	0,02	0,04	0,05	0,10	0,90	5	1,50	3,30	4,80	1,70
27	Датчик-реле давления	РКС1,Д231ВН-01	4	0,40	5	0,30	5	0,002	0,006	0,04	0,10	0,14	0,24	1,52	5	1,95	2,20	4,15	3,70
28	Датчик-реле давления	Д210-11, Д220-10, Д220-11, Д220-1И, Д220А-12, Д220А-13,S21	4	0,40	5	0,30	4	0,002	0,006	0,05	0,08	0,09	0,22	1,49	5	0,80	2,20	3,00	3,70
29	Датчик-реле напора	ДН-2,5, ДПН-2,5, ДПН-100,ДТ-40-12,ДН-100,НСП-16г	4	0,22	4	0,30	4	0,002	0,006	0,05	0,08	0,09	0,22	1,49	4	0,90	2,25	3,15	1,00
30	Датчик-реле давления	РД-1М, РД-4А, РДВ-2а, ДЭМ 102.2, ДЭМ 202, JUMO 4 ADS-95 и аналогичные	4	0,31	5	0,45	4	0,005	0,03	0,17	0,50	0,52	0,6	5,56	5	0,82	1,17	1,99	1,00
31	Датчик-реле напора	ДГ-СВ, НСП	4	0,05	5	0,27	4	0,01	0,05	0,30	0,90	0,92	1,16	10,08	5	1,46	1,6	3,06	0,60
32	Датчик-реле давления	СЗ-Р30LL-A2N, XFMR,CHCB-CTCB	4	0,31	5	0,45	4	0,01	0,05	0,32	0,98	1,1	1,26	10,68	5	1,3	1,59	2,89	1,00
	Преобразователи давления, разрежения пневматические																		
33	Преобразователь давления пневматический	ТНМП-52, ДТ- 2,ДТмМП -100М1, ТмМП-52, ТмМП-52М1, ДТмМП -100	4	0,33	4	0,27	4	0,008	0,03	0,19	0,62	0,64	1,00	7,08	4	1,37	4,15	5,52	0,60
34	Преобразователь давления пневматический	13ДИ13,13ДИ30	4	0,40	5	0,60	5	0,01	0,08	0,42	1,23	1,25	1,53	13,48	5	2,16	2,73	4,89	1,50

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Нормы времени (чел-час)																
			Снятие, установка		Наладка		Техническое обслуживание								Ремонт				Метрологическое обеспечение
			Разряд	Норма времени, чел-час	Разряд	Наладка	Разряд	ТО-0 (ежедн.)	ТО -1 (1 раз в нед.)	ТО-2 (1 раз в мес.)	ТО-3 (1 раз в кварт.)	ТО-4 (1 раз в 1/2 год)	ТО-5 (1 раз в год)	все ТО за год	Разряд	текущий	капитал.	все рем. за год	Поверка, калибровка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
35	Преобразователь давления пневматический	НС-П1, НС-П2, НС-П3,ТС-П1, ТС-П2, ТНС-П1 и аналогичные	4	0,40	5	0,60	5	0,01	0,08	0,42	1,23	1,25	1,67	13,62	5	2,16	4,27	6,43	3,70
36	Преобразователь давления пневматический	МП-П2,МП-П3,МВС-П1,МАС-П1,УРСАМАТ,ТРС,РВ 2611,РВ 5074,РВ 1501 и аналогичные	4	0,40	5	0,60	5	0,01	0,08	0,42	1,23	1,25	1,73	13,68	5	2,16	4,61	6,77	3,70
37	Преобразователь давления пневматический	НМП-52, НМП-100	4	0,40	4	0,60	4	0,01	0,08	0,42	1,23	1,25	1,66	13,61	4	1,78	2,16	3,94	3,70
38	Преобразователь давления пневматический	ТНЖ-Н		0,00	5	0,27	4	0,01	0,05	0,28	0,91	0,98	1,26	10,1	5	1,46	1,6	3,06	0,60
39	Преобразователь давления пневматический	МП-22517	4	0,32	6	0,30	5	0,01	0,05	0,32	0,97	1,20	1,58	11,08	6	2,15	6,19	8,34	3,70
40	Преобразователь давления пневматический	ВС-П1,41101...41223	4	0,40	5	0,30	5	0,015	0,06	0,38	1,20	1,26	1,93	13,79	5	1,98	4,26	6,24	3,70
41	Преобразователь давления пневматический	Foxboro A104 C PM, A104-A1, A104-A10, A104-A2, A104-A3, A104-A3 C PM, A104-A4, A104-A9,A101 C PM, A101-A1, A 101-A10, A101-A10 C PM, A101_A3, A 101-A4, A101-A6, A101-A7, A101-A8, A101-A8 C PM, A101-A9	4	0,33	6	0,30	6	0,02	0,08	0,52	1,64	1,70	2,66	18,68	6	3,48	4,65	8,13	3,70
42	Преобразователь давления пневматический	13ДИ30	4	0,40	5	0,30	5	0,12	0,24	0,50	1,20	1,28	1,53	41,85	5	1,69	2,73	4,42	1,50
43	Преобразователь давления пневматический	МС-П1, МС-П2	4	0,40	5	0,30	5	0,12	0,24	0,50	1,20	1,28	1,53	41,85	5	1,69	4,27	5,96	3,70

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Нормы времени (чел-час)																
			Снятие, установка		Наладка		Техническое обслуживание								Ремонт				Метрологическое обеспечение
			Разряд	Норма времени, чел-час	Разряд	Наладка	Разряд	ТО-0 (ежедн.)	ТО -1 (1 раз в нед.)	ТО-2 (1 раз в мес.)	ТО-3 (1 раз в кварт.)	ТО-4 (1 раз в 1/2 год)	ТО-5 (1 раз в год)	все ТО за год	Разряд	текущий	капитал.	все рем. за год	Поверка, калибровка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Преобразователи давления, разрежения электронные																			
44	Преобразователь давления дифтрансформаторный	МЭД	4	0,33	5	0,40	5	0,001	0,003	0,01	0,03	0,05	0,06	0,56	5	4,50	12,90	17,40	2,00
45	Преобразователь давления электронный	IG 10, IG 20	4	0,49	6	0,40	5	0,006	0,04	0,22	0,47	0,52	0,88	6,74	6	3,13	14,83	17,96	4,90
46	Преобразователь давления электронный	ВИТ-2, ВИТ-3	4	0,33	6	0,40	5	0,01	0,04	0,32	0,63	0,65	1,30	9,21	6	4,40	5,80	10,20	3,70
47	Преобразователь давления электронный	Fisher-Rosemount 3051TG, 3051CG, MOORE 3400, EJA 430A, JUMO, Honeywell YSTG 944, YSTG 974, Foxboю 143GP, WIKA 891.23, IS-10, Fisher-Rosemount 1151GP, 141GP-C, 2088G, 2088GP, STG94L и аналогичные	4	0,33	7	0,40	6	0,01	0,04	0,32	0,63	0,65	1,30	9,21	7	1,50	4,50	6,00	3,70
48	Преобразователь давления электронный	ГАЗ-ДИ, Зонд 10АД 1205, КРТ-С, Метран 43 ДИ, Метран-100ДИ, Метран-22М ДИ, Метран-45ДИ, Метран-45ДИВ, Метран-55, МИДА-ДИ-01Ех, МИДА-ДИ-12п, МИДА-ДИ-13п, МТ-100Р, ПДИ-ГС1600, Сапфир-22ДИ, Сапфир-22М-Вн мод. -ДА-Вн: 2020, 2030, 2040, 2050, 2051, 2060, 2061; Сапфир-22М-Вн мод. -ДИ-Вн: 2110, 2120, 2130, 2140, 2150, 2151, 2160, 2161, 2170;, Сапфир-22М-Вн мод. -ДИВ-Вн: 2310, 2320, 2330, 2340, 2350, 2351; Сапфир-22МТ-ДИ; Сапфир-22Р-ДИ; ТЖИУ 406-1Е-25	4	0,33	5	0,40	5	0,01	0,04	0,32	0,63	0,65	1,30	9,21	5	1,40	5,20	6,60	3,7

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Нормы времени (чел-час)																
			Снятие, установка		Наладка		Техническое обслуживание								Ремонт				Метрологическое обеспечение
			Разряд	Норма времени, чел-час	Разряд	Наладка	Разряд	ТО-0 (ежедн.)	ТО -1 (1 раз в нед.)	ТО-2 (1 раз в мес.)	ТО-3 (1 раз в кварт.)	ТО-4 (1 раз в 1/2 год)	ТО-5 (1 раз в год)	все ТО за год	Разряд	текущий	капитал.	все рем. за год	Поверка, калибровка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
49	Преобразователь давления электронный	Воздух-1,6, Воздух-1600	4	0,33	6	0,40	5	0,015	0,08	0,39	0,94	0,96	1,05	12,89	6	1,72	2,70	4,42	6,00
50	Преобразователь давления электронный	APC-2000, APR-200, Atlas Copco P321-5113 M 2002-171, Michel EAS – TX-100 CERABAR	4	0,33	6	0,40	6	0,02	0,08	0,46	1,09	1,11	1,44	15,29	6	2	3,93	5,93	3,70
51	Преобразователь давления электронный	Метран-100ДИВ,Метран-43ДИВ,Метран-100ДВ	4	0,33	6	0,40	5	0,025	0,15	0,68	1,58	1,68	1,47	22,15	6	2,5	3,01	5,51	3,70
	Манометры грузопоршневые																		
52	Калибратор давления	ДТ-40-12,ДПР4	4	0,22		0,00	6	0,002	0,01	0,04	0,12	0,15	0,22	1,69	6	0,90	2,25	3,15	1,00
53	Калибратор давления	ИПДЦ	4	0,53		0,00	6	0,025	0,09	0,59	1,89	1,91	3,08	21,73	6	6,18	7,36	13,54	3,70
54	Калибратор давления	PS-12, PPC-2, PPC-15, PPC-070, PPC-350, PPC-700, PC-106, PC-125, PC-350,PCM1	4	0,45		0,00	6	0,035	0,14	0,86	2,75	2,77	4,47	31,66	6	5,90	9,50	15,40	6,00
55	Манометр грузопоршневой	МП-6	4	0,60		0,00	4	0,045	0,17	1,09	3,48	3,50	3,98	38,28	4	4,2	5,66	9,86	4,40
56	Калибратор давления	ПКД-10	4	0,45		0,00	6	0,045	0,18	1,13	3,62	3,64	4,02	39,42	6	4,2	5,88	10,08	6,00
57	Калибратор давления	DPI 610PC, PPC	4	0,45		0,00	6	0,055	0,23	1,44	4,62	4,64	5,45	50,13	6	5,78	7,51	13,29	6,00
58	Калибратор давления	BUDENBERG,DPI 610HC, ASHCROFT ATE-100, AMETEK	4	0,45		0,00	6	0,06	0,23	1,45	4,65	4,67	5,45	51,3	6	5,78	7,51	13,29	6,00
59	Манометр грузопоршневой	МП-2.5, МВП-2.5,М4000/2Д,РК2-201N-SS	4	0,44		0,00	4	0,07	0,28	1,73	5,53	5,55	6,68	61,21	4	8,99	17,35	26,34	6,00
60	Манометр грузопоршневой	МП-60, МТ-60	4	0,44		0,00	4	0,07	0,30	1,85	5,93	5,95	6,68	64,09	5	8,99	17,35	26,34	6,00
61	Манометр грузопоршневой	МП600	4	0,60		0,00	4	0,08	0,34	2,10	6,73	6,75	6,98	72,23	4	8,99	17,35	26,34	6,00
62	Манометр грузопоршневой	мод. 458	4	0,44		0,00	4	0,12	0,48	2,99	9,55	9,57	9,76	103,63	4	10,92	15,53	26,45	16,00
63	Манометр грузопоршневой	МГП-100	4	0,44		0,00	4	0,13	0,53	3,29	10,53	10,55	10,73	113,74	4	12,04	17,12	29,16	16,00

3.5. ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА ВЕЩЕСТВ, ПРОТЕКАЮЩИХ ПО ТРУБОПРОВОДАМ

3.5.1. Рекомендации по выбору типа сужающего устройства

При выборе типа сужающего устройства (СУ) необходимо учитывать их качественные характеристики, приведенные в таблице 3.20.

Таблица 3.20

Качественные характеристики сужающих устройств

Наименование типа СУ	Характеристика СУ	
	Достоинство	Недостаток
1	2	3
Диафрагма	Проста в изготовлении и монтаже, может применяться в широком диапазоне чисел . Устанавливают на ИТ внутренним диаметром от 50 до 1000 мм. Неопределенность коэффициента истечения диафрагм меньше, чем у других СУ. Наличие небольшого содержания конденсата практически не оказывает влияния на коэффициент истечения	В процессе эксплуатации неизбежно притупление входной кромки диафрагмы, что приводит к дополнительной прогрессирующей неопределенности коэффициента истечения, которая может быть существенной для диафрагм, устанавливаемых в трубопроводах диаметром менее 100 мм. Потери давления на диафрагмах выше, чем на других СУ
Сопло ИСА 1932	Обладает стабильными характеристиками при длительной эксплуатации, потери давления на нем меньше, чем на диафрагме. Могут иметь относительный диаметр отверстия до 0,8. Меньше чем диафрагма реагирует на турбулентные пульсации потока и обладает меньшей чувствительностью к шероховатости внутренних стенок ИТ. В ИТ внутренним диаметром менее 100 мм может обеспечивать меньшую неопределенность результата измерения расхода среды, чем диафрагма за счет отсутствия поправки на притупление входной кромки	Является сложным в изготовлении. Применяют только на ИТ внутренним диаметром не более 500 мм. Отсутствуют экспериментальные данные по их исследованию при $Re>10^7$ Неопределенность коэффициента истечения больше, чем у диафрагмы

Окончание табл. 3.20

1	2	3
Эллипсное сопло	Обладает стабильными характеристиками при длительной эксплуатации. Потери давления на нем меньше, чем на диафрагме. Может иметь относительный диаметр отверстия до 0,8	Является сложным в изготовлении. Применяют только на ИТ внутренним диаметром не более 630 мм. Отсутствуют экспериментальные данные по их исследованию при $Re>10^7$. Неопределенность коэффициента истечения достигает 2%
Сопло Вентури	Обладает стабильными характеристиками при длительной эксплуатации расходомера. Потери давления на нем значительно меньше, чем на диафрагме, сопле ИСА 1932 и эллипсном сопле. Коэффициент истечения не зависит от числа Re	Является сложным в изготовлении. Имеет узкий диапазон применения по числам Re. Имеет большую неопределенность коэффициента истечения
Труба Вентури	Обладает стабильными характеристиками при длительной эксплуатации. Потери давления на ней значительно меньше, чем на диафрагме и сопле, а в некоторых случаях и сопле Вентури. Требуются короткие прямолинейные участки ИТ. В проточной части отсутствуют застойные зоны, где могут скапливаться осадки. Допускается к применению в трубопроводах внутренним диаметром до 1200 мм	Является сложным в изготовлении и имеет большие размеры

На основании данных таблицы для измерения расхода и количества среды в измерительном трубопроводе (ИТ) внутренним диаметром свыше 100 мм предпочтительно применение диафрагм. Сопла ИСА 1932 рекомендуется применять, если определяющим критерием выбора типа СУ является стабильность характеристик при длительной эксплуатации. Сопла ИСА 1932 могут обеспечивать наибольшую точность измерений относительно диафрагм в трубопроводах с небольшим внутренним диаметром. Сопла Вентури рекомендуется применять, если требуется обеспечение надежности работы расходомера и низких потерь давления в измерительных системах. Трубы Вентури рекомендуется применять для измерения расхода загрязненных потоков, а также, если наряду с надежностью и низкой потерей давления требуются короткие прямолинейные участки ИТ до и после СУ.

При выборе способа отбора давления на диафрагмах следует учитывать следующие положения.

1. Достоинством углового способа отбора давления являются удобство монтажа диафрагмы, а также возможность применения кольцевых камер усреднения, обеспечивающих усреднение давления, что позволяет в некоторых случаях снизить требование к эксцентриситету установки диафрагмы, уменьшить влияние МС на показание расходомера. Недостатками данного способа отбора являются зависимость измеряемого перепада давления от диаметра отверстий (или ширины щели) для отбора давления и большая, относительно других способов отбора давления, вероятность загрязнения отверстий.

2. Достоинством фланцевого и трехрадиусного способов отбора давления является меньшая степень засорения отверстий. Имеются данные, указывающие на некоторое снижение влияния шероховатости стенок трубопровода на коэффициент истечения диафрагм с фланцевым и трехрадиусным способами отбора давления. Недостатком трехрадиусного и фланцевого способов отбора является то, что без применения дополнительных специальных конструкций статическое давление до и после диафрагмы измеряется без их осреднения по периметру трубопровода. Кроме того, для трехрадиусного способа отбора требуется сверление стенки трубопровода.

3.5.2. Справочные материалы, необходимые для расчета, монтажа сужающих устройств

ИТ должен быть круглого сечения по всей длине прямолинейных участков. Выполнение данного требования контролируют визуально, за исключением участков в непосредственной близости от СУ (длиной 2D), где такая оценка может быть дана только по результатам измерений геометрических характеристик сечения трубопровода, выполненных в соответствии с требованиями, зависящими от типа СУ.

ИТ может быть расположен горизонтально, вертикально и наклонно. При этом ИТ должен быть полностью заполнен средой.

СУ должно быть установлено между двумя прямолинейными участками ИТ, минимальная длина которых для каждого типа СУ приведена в соответствующих частях комплекса стандартов.

Участки ИТ, расположенные непосредственно до и после СУ, считают прямолинейными, если отклонение линии, образуемой наружной поверхностью трубопровода и любым продольным сечением, от прямой линии на любом отрезке участка ИТ не превышает 0,4% длины отрезка.

Участок ИТ между двумя МС до СУ считают прямолинейным, если отклонение от прямолинейности визуально не обнаруживается.

При применении составной конструкции ИТ, уступ на стыке его секций не должен превышать установленных пределов, зависящих от типа СУ и расстояния от уступа до СУ.

Если для изготовления ИТ использованы прямошовные трубы и для отбора статического давления применяют одно отдельное отверстие, то шов трубы на участке длиной не менее 0,5D, расположенном непосредственно перед отверстием для отбора давления, не должен располагаться в секторе поперечного сечения ИТ с углом ±30° от оси данного отверстия. Если для отбора статического давления используют кольцевую щель или несколько взаимно соединенных отверстий, то шов может быть расположен в любом секторе.

При применении труб со спиральным сварным швом должна быть обеспечена гладкая внутренняя поверхность ИТ на длине 10D до СУ (или на всем участке между СУ и ближайшим до него МС, если длина этого участка не более 10D) и не менее 4D после СУ (после трубы Вентури - не менее 4d), путем ее механической обработки (внутренний валик должен быть сточен).

Высота внутреннего шва прямошовной трубы, а также внутреннего валика сварного шва соединения секций ИТ не должна превышать допуска на уступ, установленного для каждого типа СУ в соответствующих ему частях комплекса стандартов.

На внутренней поверхности ИТ не должны скапливаться осадки в виде песка, пыли, металлической окалины и других загрязнений. Внутренняя поверхность ИТ должна быть чистой в течение всего времени измерений, все дефекты поверхности должны быть устранены на длине не менее 10_D до СУ (или на всем участке между СУ и ближайшим до него МС, если длина этого участка не более 10_D) и не менее 4_D после СУ (после трубы Вентури - не менее 4_d). Для обеспечения возможности очистки внутренней поверхности ИТ рекомендуется соединение участков ИТ выполнять разъемны-

ми. Разъемное соединение должно располагаться не ближе 2D до СУ.

Шероховатость внутренней поверхности ИТ следует измерять приблизительно на тех же участках трубопровода, которые использовались для определения и проверки внутреннего диаметра ИТ. При определении R_a следует использовать прибор для измерения шероховатости поверхности с электронным усреднением, имеющий шаг отсечки не менее 0,75 мм и диапазон измерений, достаточный для измерения значений R_a внутренней поверхности ИТ. В качестве результата измерений R_a принимают среднее значение результатов не менее четырех измерений.

Шероховатость может изменяться со временем, что следует учитывать при выборе частоты чистки ИТ или проверки значений R_a.

Шероховатость внутренней поверхности трубопроводов

Таблица 3.21

Значения эквивалентной шероховатости $R_ш$, среднеарифметического отклонения профиля шероховатости R_a и относительной расширенной неопределенности $U'_{Rш}$

Вид труб и материал	Состояние поверхности стенки ИТ и условия эксплуатации	Значения		
		$R_ш \cdot 10^3$, м	$R_a \cdot 10^3$, м	$U'_{Rш}$
1	2	3	4	5
Цельнотянутые трубы из латуни, меди, алюминия, пластмассы	Технически гладкая, без отложений	0,03	0,01	100
Стеклянные	Чистая	0,01	0,003	100
Трубы из нержавеющей стали	Новая	0,03	0,01	100
Цельнотянутые стальные:	Новая			
- холоднотянутые		0,03	0,01	100
- горячетянутые		0,10	0,03	100
- прокатные		0,10	0,03	100
Цельносварные стальные:	Новая			
- прямошовные		0,10	0,03	100
- со спиральным швом		0,10	0,03	100

Окончание табл. 3.21

1	2	3	4	5
Стальные трубы	С незначительным налетом ржавчины	0,15	0,045	33
	Ржавая	0,25	0,08	20
	Покрытая накипью	1,25	0,375	60
	Сильно покрытая накипью	2	0,6	100
	Битуминизированная, новая	0,04	0,0125	20
	Битуминизированная, бывшая в эксплуатации	0,15	0,045	33
	Оцинкованная	0,13	0,04	100
Чугун	Новая, не бывшая в эксплуатации	0,25	0,08	100
	Ржавая	1,25	0,4	25
	Покрытая накипью	1,5	0,5	100
	Битуминизированная, новая	0,04	0,0125	20
Асбестоцемент	Покрытая и непокрытая, новая	0,03	0,01	100
	Непокрытая, бывшая в эксплуатации	0,05	0,015	100

Необходимая минимальная длина прямолинейных участков ИТ до и после диафрагмы в зависимости от значения относительного диаметра отверстия диафрагмы и вида МС приведена в таблице 3.22.

Если диафрагму используют для выполнения исследовательских работ или в качестве эталонного СИ при калибровочных или поверочных работах, то рекомендуется увеличить не менее чем в 2 раза длину прямолинейных участков ИТ до диафрагмы, указанную в колонках А таблицы 3.22.

Если длина прямолинейного участка ИТ до или после диафрагмы меньше значений, указанных в колонке А таблицы 3.22, но равна или больше значений, приведенных в колонке Б данной таблицы, то следует к неопределенности коэффициента истечения арифметически добавить дополнительную составляющую неопределенности 0,5%.

Не допускается:

- устанавливать прямолинейные участки ИТ, длины которых менее указанных в колонке Б таблицы 3.22;

Таблица 3.22

Необходимая минимальная относительная длина прямолинейных участков ИТ между диафрагмой и МС без применения струевыпрямителя или УПП

Место установки МС	Вид МС	Относительная длина прямолинейного участка ИТ L при β											
		≤ 0,2		0,4		0,5		0,6		0,67		0,75	
		А[1)]	Б[2)]	А[1)]	Б[2)]	А[1)]	Б[2)]	А[1)]	Б[2)]	А[1)]	Б[2)]	А[1)]	Б[2)]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
После диафрагмы	Любое МС (кроме симметричного резкого сужения)	4	2	6	3	6	3	7	3,5	7	3,5	8	4
До диафрагмы	90° колено	6	3	16	3	22	9	42	13	44	20	44	20
	Два 90° колена в одной плоскости U-конфигурация (l≤10D)[3)]	14	7	17	9	20	10	26	13	32	16	42	21
	Два 90° колена в одной плоскости S или U-конфигурация (30D≥l>10D)[3)]	10	[4)]	10	[4)]	18	10	30	18	44	18	44	18

Продолжение табл. 3.22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Два 90° колена в одной плоскости S-конфигурация ($l \leq 10D$)[3]	10	[4]	10	[4]	22	10	42	18	44	20	44	22
	Два колена в разных плоскостях ($30D \geq l \geq 5D$)[3]	19	18	44	18	44	18	44	18	44	20	44	20
	Два колена в разных плоскостях ($l < 5D$)[3]	34	17	50	25	75	34	65[5]	25[6]	60	18	75	18
	Заглушенный тройник, изменяющий направление потока или коническое 90° колено	3	[4]	9	3	19	9	29	18	36	18	44	18
	Заглушенный тройник, не изменяющий направление потока	10	5	11	6	14	6	18	9	24	12	36	18

Продолжение табл. 3.22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	45° колено или два 45° колена в одной плоскости S-конфигурация (30D≥l>2D)[3)]	7	[4)]	30	9	30	18	30	18	44	18	44	18
	Конфузор	5	[4)]	5	[4)]	8	5	9	5	12	6	13	8
	Диффузор	6	[4)]	12	8	20	9	26	11	28	14	36	18
	Смешивающий потоки тройник	34	17	37	19	41	21	49	25	57	30	70	35
	Разветвляющий поток тройник	14	7	17	9	20	10	26	13	32	16	42	21
	Шаровой кран или задвижка	12	6	12	6	12	6	14	7	18	9	24	12
	Затвор (заслонка)	25	13	32	16	36	18	40	20	43	22	47	24
	Конусный кран	16	8	20	10	23	12	26	13	28	14	32	16
	Запорный клапан или вентиль	18	9	19	10	22	11	26	13	30	15	38	19

Окончание табл. 3.22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Симметричное резкое расширение	51	26	58	29	64	32	70	35	74	37	80	40
	Симметричное резкое сужение или большая емкость	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30	15
	МС неопределенного вида[7)]	60	30	70	35	76	38	84[5)]	47	89	45	96	48

Примечания:

1) В колонке А приведены длины, для которых неопределенность коэффициента истечения соответствует указанной ранее.

2) В колонке Б приведены длины, для которых неопределенность коэффициента истечения имеет дополнительную неопределенность 0,5%.

3) l- расстояние между двумя коленами. Расстояние является кратным диаметру участка ИТ между этими коленами.

4) Данные о возможности сокращения прямолинейного участка ИТ для данного β и МС отсутствуют.

5) При $Re>2*10^6$ и $l<2D$, L=95.

6) При $Re>2*10^6$ и $l<2D$, L=47.

7) Любой другой вид МС, не указанный в вышеприведенном перечне видов МС. Приведенная длина прямолинейных участков ИТ для МС неопределенного вида является максимальной длиной из допускаемых минимальных длин прямолинейных участков ИТ перед диафрагмой, поэтому для ряда МС, не включенных в таблицу, указанная длина установлена с запасом.

- одновременно устанавливать до и после диафрагмы прямолинейные участки ИТ, длины которых менее указанных в колонке А таблицы 3.22.

Рекомендуется регулировать расход потока арматурой, расположенной на расстоянии более 8D после диафрагмы. Запорная арматура, находящаяся на ИТ до диафрагмы, должна быть полностью открыта.

Запорная арматура, приведенная в таблице 3.22, имеет такой же номинальный внутренний диаметр, как и ИТ, а диаметр ее проходного отверстия отличается от диаметра ИТ на значение, которое превышает допускаемое для уступов.

Длина прямолинейных участков ИТ, указанная в таблице 3.22, определена экспериментально в условиях стабилизированного потока непосредственно перед исследуемым МС. На практике данные условия обеспечивают выполнением требований:

1. Если до диафрагмы установлено последовательно несколько МС, то должно применяться следующее:

- прямолинейный участок ИТ между двумя ближайшими к диафрагме МС должен иметь длину, равную половине или более половины значения, определяемого по данным таблицы 3.22 для β, равного 0,67 (независимо от фактического значения β), и вида второго МС, наиболее удаленного от диафрагмы). При этом расстояние между МС является кратным внутреннему диаметру участка ИТ между этими МС. Если значение минимальной длины прямолинейного участка ИТ выбрано из колонки Б таблицы 3.22, то к неопределенности коэффициента истечения следует арифметически добавить дополнительную составляющую неопределенности 0,5%.

2. Если расстояние между вторым и третьим МС менее 5D и третье МС требует больший прямолинейный участок, чем второе МС, то прямолинейный участок ИТ между двумя ближайшими к диафрагме МС определяют как половину или более половины значения, определяемого по данным таблицы 3.22, для β, равного 0,67 (независимо от фактического значения β), и вида третьего МС.

Допускается частичное или полное сокращение расстояния между двумя МС, ближайшими к СУ, за счет соответствующего увеличения длины ИТ между СУ и ближайшим перед ним МС (рис. 3.4).

Любое МС, состоящее из комбинации колен (табл. 3.22),

должно быть помещено от диафрагмы на расстоянии, не менее указанного в таблице 3.22, независимо от числа МС, находящихся между этим МС и диафрагмой. При этом расстояние является кратным внутреннему диаметру участка ИТ, расположенного непосредственно перед диафрагмой, и измеряется от диафрагмы до границы группы колен (включая длины МС, находящихся между ними). Если расстояние определено по значениям, приведенным в колонке Б, тогда к неопределенности коэффициента истечения должна быть арифметически добавлена дополнительная составляющая неопределенности 0,5%. При этом не допускается сокращать длину других прямолинейных участков ИТ, т.е. дополнительная составляющая неопределенности не должна добавляться более одного раза, исходя из требований, указанных в предыдущих перечислениях.

Рекомендуется применение струевыпрямителя или УПП при использовании коллекторных систем.

Если невозможно установить струевыпрямитель или УПП, то при определении длин прямолинейных участков ИТ коллекторных систем руководствуются следующим:

1) если оси входного (распределительного) коллектора и ИТ расположены в одной плоскости, как приведено в примере рис. 3.5, а, то выход из коллектора для крайнего ИТ классифицируют как МС вида «Заглушенный тройник, изменяющий

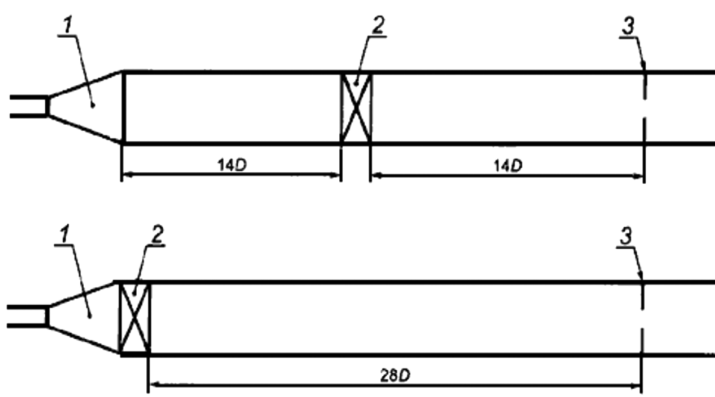


Рис.3.4. **Схема расположения шарового крана или задвижки при β=0,6:**
1 - диффузор; 2 - шаровой кран или задвижка; 3 - диафрагма

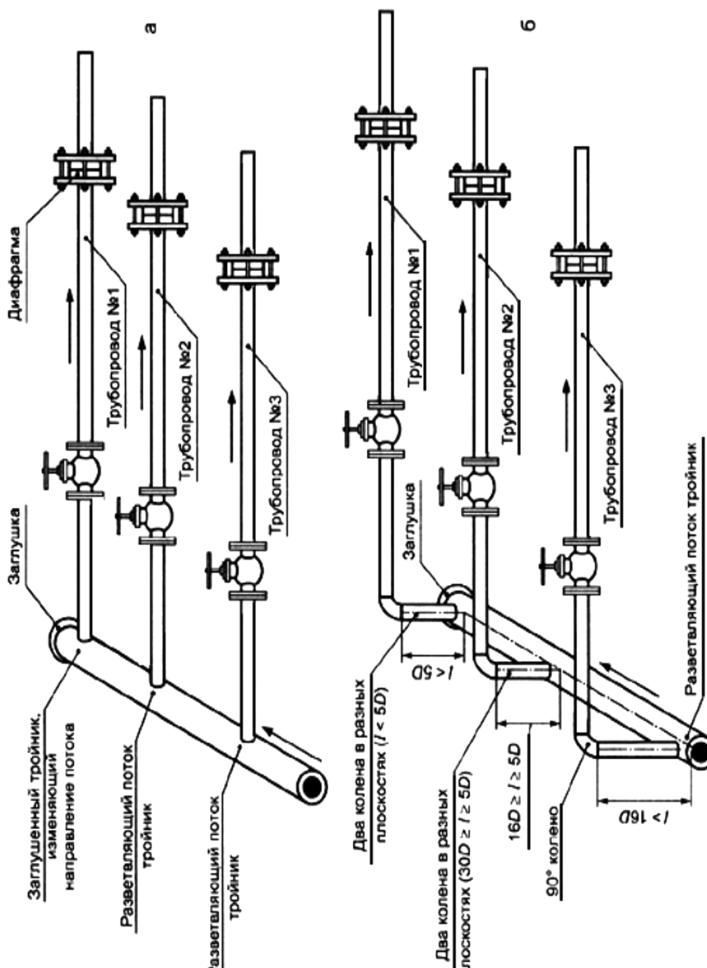


Рис.3.5. **Схема коллектора**

Примечание: *Если расстояние между коллектором и коленом более 18D для крайнего (перед заглушкой) выходом из коллектора, для остальных - более 16D, то выход из коллектора и колено не объединяют в одно МС.*

Таблица 3.23

Температурный коэффициент линейного расширения материала

Марка стали	Значения постоянных коэффициентов			Границы области применения формулы (Г.1)	
	a_0	a_1	a_2	t_{min}	t_{max}
35Л	10,260	14,000	0	-40	700
45Л	11,600	0	0	-40	100
20ХМЛ	9,830	18,812	-14,191	-40	600
12Х18Н9ТЛ	16,466	5,360	3,000	-40	700
15К, 20К	10,800	10,000	0	-40	600
22К	9,142	34,340	-43,526	-40	400
16ГС	9,903	20,561	-15,675	-40	600
09Г2С	10,680	12,000	0	-40	500
10	10,800	9,000	-4,200	-200	700
15	11,100	7,900	-3,900	-200	700
20	11,100	7,700	-3,400	-200	700
30, 35	10,200	10,400	-5,600	-200	700
40, 45	10,821	17,872	-10,986	-40	700
10Г2	9,940	22,667	0	-40	400
38ХА	12,345	5,433	5,360	-40	600
40Х	10,819	15,487	-9,280	-40	700
15ХМ	11,448	12,638	-7,137	-200	700
30ХМ, 30ХМА	10,720	14,667	0	-200	500
12Х1МФ	10,000	9,600	-6,000	-200	700
25Х1МФ	10,235	18,640	-13,000	-40	600
25Х2М1Ф	12,020	8,000	0	-40	600
15Х5М	10,100	2,700	0	-200	700
18Х2Н4МА	11,065	11,224	-5,381	-40	600
38ХН3МФА	11,446	9,574	-4,945	-40	700
08Х13	9,971	9,095	-4,115	-40	800
12Х13	9,557	11,067	-5,000	-40	800
20Х13	9,520	11,333	0	-40	600
30Х13	9,642	9,600	-4,472	-40	800
10Х14Г14Н4Т	15,220	13,000	0	-40	900
08Х18Н10	15,325	11,250	0	-40	500
12Х18Н9Т	15,600	8,300	-6,500	-200	700
12Х18Н10Т, 12Х18Н12Т	16,206	6,571	0	-40	900
08Х18Н10Т	15,470	10,500	0	-40	700
08Х22Н6Т	6,400	60,000	0	-40	300
37Х12Н8Г8МФБ	15,800	0	0	-40	100
31Х19Н9МВБТ	16,216	6,400	0	-40	1000
06ХН28МДТ	9,153	30,944	-26,478	-40	600
20Л	11,660	9,000	0	-40	700
25Л	10,750	12,500	0	-40	500

направление потока», для остальных ИТ как МС вида «Разветвляющий поток тройник»;

2) если оси входного (распределительного) коллектора и ИТ расположены в разных плоскостях, как приведено на рис. 3.5, б, то выход из коллектора и колено объединяют в одно МС, которое классифицируют как:

- «два колена в разных плоскостях, l<5D», при длине прямолинейного участка ИТ между коленом и коллектором менее 5D;

- «два колена в разных плоскостях,30D≥l≥5D», при длине прямолинейного участка ИТ между коленом и коллектором от 18D до 5D для крайнего (перед заглушкой) выхода из коллектора и при длине от 16D до 5D для остальных выходов из коллектора.

Округлость и цилиндричность измерительного трубопровода

1. На участке ИТ длиной 2D, расположенном непосредственно перед диафрагмой (или корпусом камеры усреднения, если она имеется), ни одно значение диаметра в любом поперечном сечении на этом отрезке не должно отличаться более чем на 0,3% значения D.

Если на данном участке имеется сварной шов, то внутренний валик шва должен быть путем его механической обработки сточен до состояния, при котором внутренний диаметр ИТ, измеренный в плоскости сварного шва, будет соответствовать данному требованию.

2. Диаметр D определяют как среднеарифметическое значение результатов измерений не менее чем в трех поперечных сечениях трубопровода, равномерно распределенных на отрезке 0,5D, из которых два сечения соответствуют расстояниям 0D и 0,5D от места отверстий для отбора давления, расположенных до диафрагмы. Если конструкция участка сварная, то третье сечение должно быть в плоскости сварного шва.

В каждом из сечений проводят измерения не менее чем в четырех диаметральных направлениях, расположенных приблизительно под одинаковым углом друг к другу. Если используется камера усреднения, то измерение величины D выполняют на отрезке ИТ длиной 0,5D до входного торца корпуса камеры усреднения. При этом относительная неопределенность результата измерения, обусловленная измерительным

инструментом, не должна превышать 0,1%.

3. За пределами участка ИТ длиной 2D, расположенного непосредственно перед диафрагмой (или корпусом камеры усреднения, если она имеется), ИТ между диафрагмой и первым МС может быть изготовлен из одной или нескольких секций труб.

В пределах участка ИТ, расположенного между сечениями ИТ на расстоянии от диафрагмы 2D и 10D, разность значений диаметра смежных секций ИТ и высота уступа не должны превышать 0,003D.

Если диаметр секции ИТ, расположенной выше по потоку, больше диаметра секции ИТ, расположенной ниже по потоку, то за пределами участка ИТ длиной 10D разность значений диаметра смежных секций ИТ и высота уступа не должны превышать 0,06D.

Если диаметр секции ИТ, расположенной выше по потоку, не более диаметра секции ИТ, расположенной ниже по потоку, то составная конструкция ИТ не приводит к дополнительной составляющей неопределенности коэффициента истечения при одном из следующих условий:

- за пределами участка ИТ длиной 10D при $\beta \le 0{,}3215$ разность значений диаметра смежных секций ИТ и высота уступа не превышают 0,06D;

- в пределах участка ИТ от 10D до $l=(2{,}39+54{,}8\beta^{1{,}74})D$ при $\beta > 0{,}3215$ разность значений диаметра смежных секций ИТ и высота уступа не превышают 0,02D;

- за пределами участка ИТ длиной $l=(2{,}39+54{,}8\beta^{1{,}74})D$ при $b > 0{,}3215$ разность значений диаметра смежных секций ИТ и высота уступа не превышают 0,06D.

За пределами участка ИТ длиной 10D, расположенного непосредственно перед диафрагмой (или корпусом камеры усреднения, если она имеется), применение прокладок между секциями допускается при условии, что их толщина - не более 3,2 мм, и они не выступают во внутреннюю полость ИТ.

4. Неопределенность 0,2% должна быть добавлена арифметически к значению неопределенности коэффициента истечения, если разность значений диаметра ΔD между смежными секциями ИТ превышает значения, указанные в (3), но удовлетворяет двум условиям:

$$\frac{\Delta D}{D} < 0,002\left[\frac{\frac{s}{D}+0,4}{0,1+2,3\beta^4}\right], \quad (3.1)$$

$$\frac{\Delta D}{D} < 0,05, \quad (3.2)$$

где s - расстояние от отверстий для отбора давлений или от переднего торца корпуса камеры усреднения (при ее наличии) до уступа.

5. Если ΔD/D не удовлетворяет требованиям (4) или имеется более одного уступа (3), то установку не считают соответствующей требованиям.

6. Диаметр прямолинейного участка ИТ после диафрагмы, полученный в результате однократного измерения в любом поперечном сечении ИТ на расстоянии не более 2D от входного торца диафрагмы, не должен отличаться от D более чем на 3%.

Расположение диафрагмы и камеры усреднения

1. Диафрагма должна быть расположена в ИТ таким образом, чтобы было обеспечено течение среды от входного торца диафрагмы к выходному.

2. Диафрагма должна быть расположена перпендикулярно к оси ИТ в пределах ±1°.

3. Диафрагма должна быть центрирована в трубопроводе.

При применении камер усреднения или нескольких взаимно соединенных отверстий [см. ГОСТ 8.586.1], допускаемое значение эксцентриситета (смещение оси отверстия диафрагмы относительно оси ИТ) рассчитывают по формуле:

$$e_c = \frac{0,005D}{0,1+2,3\beta^4} \quad (3.3)$$

При применении отдельных отверстий для отбора давления должны быть определены расстояния между осями от-

верстия диафрагмы и ИТ в параллельном и перпендикулярном направлениях к оси отверстия для отбора давления, как приведено на рис. 3.6.

Расстояние между осью отверстия диафрагмы и ИТ в параллельном направлении к оси отверстия для отбора давления e_{cl} должно удовлетворять условию:

$$e_{cl} \le \frac{0,0025D}{0,1+2,3\beta^4} \qquad (3.4)$$

Расстояние между осями отверстия диафрагмы и ИТ в перпендикулярном направлении к оси отверстия для отбора давления e_{cn} должно удовлетворять условию:

$$e_{cn} \le \frac{0,005D}{0,1+2,3\beta^4} \qquad (3.5)$$

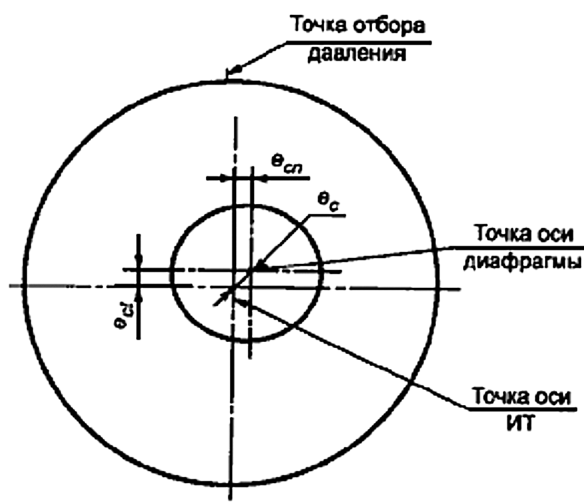


Рис.3.6. **Параметры эксцентриситета установки диафрагмы**

Если значение e_{cl} не удовлетворяет условию (3.4), но находится в пределах

$$\frac{0,0025D}{0,1+2,3\beta^4} < e_{cl} \le \frac{0,005D}{0,1+2,3\beta^4}, \quad (3.6)$$

то к неопределенности коэффициента истечения С должна быть добавлена арифметически неопределенность 0,3%.

4. Корпус камер усреднения устанавливают соосно ИТ таким образом, чтобы ни один элемент камер не выступал во внутреннюю полость ИТ.

Способ крепления и прокладки

1. Способ крепления диафрагмы должен обеспечивать сохранение ее правильного положения после фиксации в узле крепления.

Способ крепления во избежание деформации диафрагмы должен предусматривать возможность ее свободного теплового расширения.

2. Уплотнительные прокладки и (или) уплотнительные кольца не должны выступать во внутреннюю полость ИТ и не перегораживать отверстия для отбора давления. Они должны быть как можно тоньше с учетом необходимости соблюдения требований.

3. Уплотнительные прокладки между диафрагмой и корпусом камеры усреднения не должны выступать во внутреннюю полость камеры.

Классификация видов местных сопротивлений

1. Одиночное колено и группа колен

1.1. «Колено» - изгиб трубопровода равного сечения в одной плоскости под углом ψ от 5° до 95° (рис. 3.7).

«90° колено» - изгиб трубопровода равного сечения в одной плоскости под углом ψ, равным 90°± 5° (рис. 3.7а).

«45° колено» - изгиб трубопровода равного сечения в одной плоскости под углом ψ, равным 45°±5° (рис. 3.7б).

«Коническое 90° колено» - отвод, образованный двумя перпендикулярно расположенными друг к другу отрезками труб, сваренных по коническим поверхностям (рис. 3.7в).

1.2 «Два 90° колена в одной плоскости S-конфигурация

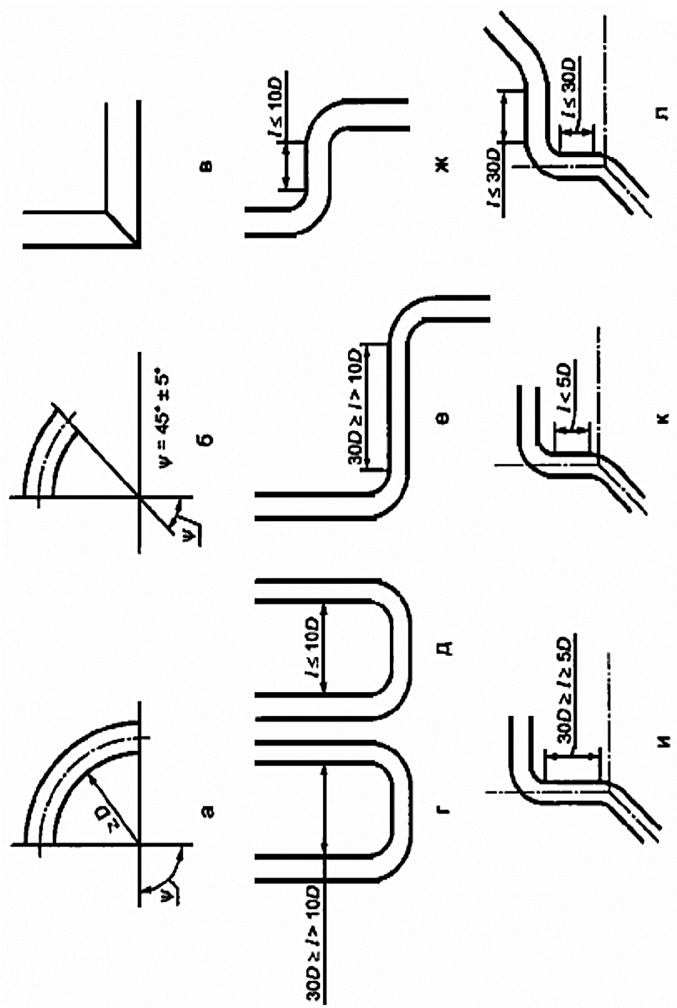


Рис. 3.7. Колено и группы колен

(10D<l≤30D)» - два 90˚ колена, оси которых лежат в одной плоскости (рис. 3.7е), расположенных один за другим на расстоянии 10D<l≤30D.

«Два 90˚ колена в одной плоскости U-конфигурация (10D<l≤30D)» - два 90˚ колена, оси которых лежат в одной плоскости (рис. 3.7г), расположенных один за другим на расстоянии 10D<l≤30D.

«Два 90˚ колена в одной плоскости U-конфигурация (l≤10D)» - два 90˚ колена, оси которых лежат в одной плоскости (рис. 3.7д), расположенных один за другим на расстоянии, не превышающем 10D.

«Два 90˚ колена в одной плоскости S-конфигурация (l≤10D)» - два 90˚ колена, оси которых лежат в одной плоскости (рис. 3.7ж), расположенных один за другим на расстоянии l≤10D.

«Два колена в разных плоскостях (5D<l≤30D)» - два колена, оси которых лежат в разных плоскостях (рис. 3.7и), расположенных один за другим на расстоянии 5D≤l≤30D).

«Два колена в разных плоскостях (l<5D)» - два колена, оси которых лежат в разных плоскостях (рис. 3.7к), расположенных один за другим на расстоянии l<5D.

«Два 45˚ колена в одной плоскости S-конфигурация (30D≥l>2D)» - два 45˚ колена, оси которых лежат в одной плоскости, расположенных один за другим на расстоянии (2D<l≤30D).

1.3. Границей между коленом (группой колен) и прямолинейным участком ИТ считают сечение, в котором изгиб трубопровода переходит в прямолинейный участок.

1.4. При наличии одного или нескольких колен перед или после МС, указанных в [1.2], на расстоянии менее 30D, все колена объединяют в одно МС и его классифицируют как «МС неопределенного типа» (рис. 3.7л).

Примечание: *Внутренний радиус изгиба колен должен быть не менее радиуса трубопровода.*

2. Тройники

2.1. Тройник - фитинг, состоящий из трех соединенных звеньев трубопровода, оси которых лежат в одной плоскости (рис. 3.8).

«Заглушенный тройник, изменяющий направление потока» - тройник, состоящий из одного заглушенного звена и двух открытых несоосных звеньев (рис. 3.8а).

«Заглушенный тройник, не изменяющий направление потока» - тройник, состоящий из одного заглушенного звена и двух открытых соосных звеньев (рис. 3.8б).

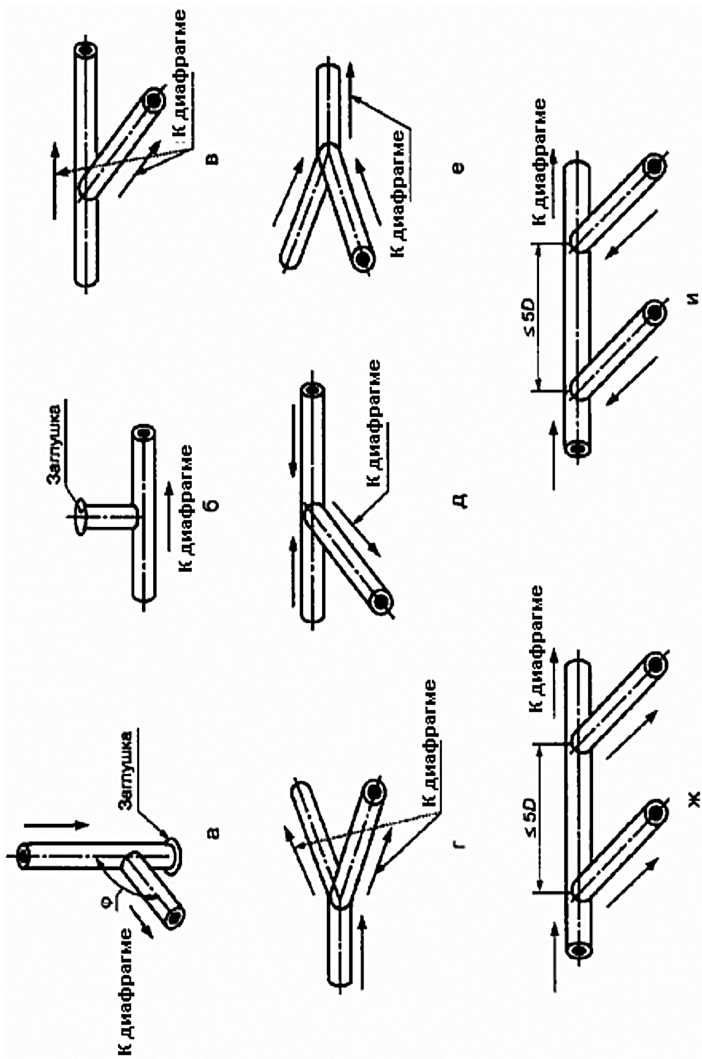


Рис.3.8. Тройники

***Примечание**: Если диаметр заглушенного звена тройника (рис. 3.8б) менее 0,13D, то данный тройник не является местным сопротивлением.*

«Разветвляющий поток тройник» - тройник, поток в котором входит в одно звено (рис. 3.8в,г), а выходит из двух звеньев.

«Смешивающий потоки тройник» - тройник, поток из которого выходит из одного звена (рис. 3.8д,е), а входит в два звена.

***Примечание**: При определении длины прямолинейного участка перед тройником или за ним расстояние замеряют от точки пересечения осей звеньев.*

Если расстояние между тройниками, которые разветвляют поток, не превышает 5D, то все тройники объединяют в одно местное сопротивление - «Разветвляющий поток тройник».

Если расстояние между тройниками, которые смешивают потоки, не превышает 5D, то все тройники объединяют в одно местное сопротивление - «Смешивающий потоки тройник».

3. *Переходные участки труб*

3.1. Диффузор - конусное расширение трубопровода с прямолинейной или криволинейной образующей (рис. 3.9а).

Диффузор характеризуют конусностью K_r, которую рассчитывают как отношение разности диаметров двух прямолинейных участков трубопроводов, соединенных конусом, к длине l этого конуса по формуле

$$K_r=D_1(D_2/D_1-1)/l, \quad (3.7)$$

где D_1 и D_2 - диаметры двух прямолинейных участков трубопровода, причем $D_2>D_1$.

Геометрические характеристики диффузора должны удовлетворять условиям:

$$0,2<K_r\leq 0,5 \quad (3.8)$$

$$1,1<D_2/D_1\leq 2 \quad (3.9)$$

Диффузор считают прямолинейным участком при выполнении условий:

$$0\leq K_r\leq 0,2 \quad (3.10)$$

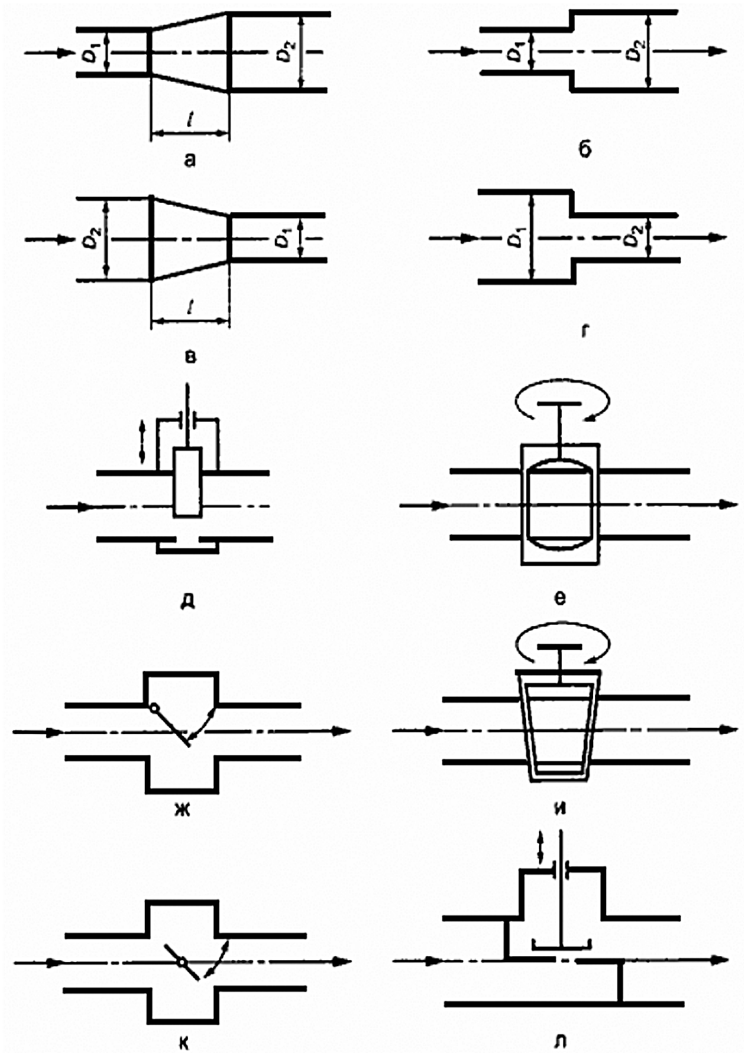


Рис. 3.9. **Переходные участки и запорная арматура**

$$1 \le D_2/D_1 \le 1,1 \quad (3.11)$$

При этом длину прямолинейного участка ИТ рассчитывают без учета диффузора как МС.

3.2. Симметричное резкое расширение (рис. 3.9б) - конусное расширение трубопровода или уступ, удовлетворяющие условиям:

$$K_r > 0,5 \quad (3.12)$$

$$D_2/D_1 > 1,1 \quad (3.13)$$

3.3. Конфузор - конусное сужение трубопровода с прямолинейной или криволинейной образующей (рис. 3.9в).

Конфузор характеризуют конусностью K_r, которую рассчитывают по формуле (3.7).

Геометрические характеристики конфузора должны удовлетворять условиям:

$$0,2 < K_r \le 0,7 \quad (3.14)$$

$$1,1 < D_2/D_1 \le 2 \quad (3.15)$$

Конфузор считают прямолинейным участком при выполнении условий:

$$0 \le K_r \le 0,2 \quad (3.16)$$

$$1,0 \le D_2/D_1 \le 1,1 \quad (3.17)$$

3.4. Симметричное резкое сужение - конусное сужение трубопровода или уступ (рис. 3.9г), если они соответствуют условиям:

$$K_r > 0,7 \quad (3.18)$$

$$D_1/D_2 > 1,1 \quad (3.19)$$

3.5. Границей между диффузором или конфузором и прямолинейным участком ИТ считают сечение, в котором конус переходит в прямой круглый цилиндр.

3.6. Переходные участки ИТ рекомендуется изготовлять с криволинейной образующей в соответствии с ГОСТ 17378 с учетом требований настоящего приложения.

4. *Запорная арматура*

4.1. Запорную арматуру классифицируют в соответствии с ГОСТ 24856.

На рис. 3.9 приведены схемы запорной арматуры: задвижки (рис. 3.9д); шарового крана (рис. 3.9е); конусного крана (рис. 3.9и), затвора (рис. 3.9ж, к); клапана (рис. 3.9л).

Примечание: *В технической литературе часто вместо термина «клапан» используют термин «вентиль», вместо «затвор» - «заслонка».*

4.2. Границей между запорной арматурой любого типа и ИТ считают место их соединения.

5. *Коллектор*

5.1. Коллектор - устройство для распределения потока по нескольким направлениям или сбора потоков по нескольким направлениям в общий поток.

В большинстве случаев распределяющие и собирающие коллекторы работают совместно, образуя коллекторную систему.

Коллекторную систему применяют для обеспечения необходимой пропускной способности измерительного пункта и уменьшения неопределенности измерений расхода и количества среды. При этом распределение потока по нескольким направлениям осуществляют по ИТ, расположенным между коллекторами одинаковой конструкции.

5.2. Коллекторные схемы подразделяют на П- и Z-образные. В П-образной системе (рис. 3.10 а,в) потоки в коллекторах имеют противоположные направления, а в Z-образной системе (рис. 3.10 б,г) - одинаковые направления.

При одинаковой конструкции обоих коллекторов и значении коэффициента гидравлического сопротивления входного коллектора менее единицы П-образная система обеспечивает более равномерное распределение потока, чем Z-образная система. При значении коэффициента гидравлического сопротивления входного коллектора более единицы получают противоположный результат.

5.3. Увеличение площади сечения коллектора по сравне-

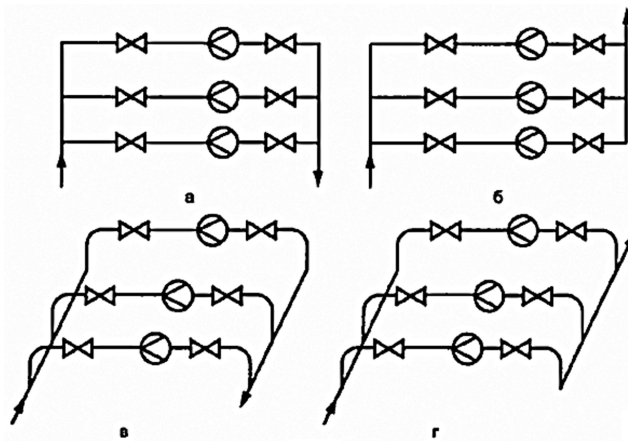


Рис. 3.10. **Схемы коллекторных систем**

нию с суммарной площадью сечений ИТ приводит к сужению потока на входе ИТ и, следовательно, к наименьшим искажениям профиля скоростей и более равномерному распределению потока по ИТ.

Диаметры коллекторов рекомендуется определять из условия:

$$D[0,5(n+1)]^{0,5} \le D_k, \qquad (3.20)$$

где n - число ИТ одинаковой конструкции;

D_k - диаметр коллектора.

Рекомендуется соблюдение дополнительного условия:

$$D_k > D_n^{0,5} \qquad (3.21)$$

5.4. Продольные оси входного (распределительного) коллектора и ИТ могут быть расположены в одной плоскости (рис. 3.10а, б) или в разных плоскостях (рис. 3.10в, г). Рекомендуется применение коллектора, расположенного в одной плоскости с ИТ.

6. *Большая емкость*

Большая емкость - емкость, перед выходным отверстием которой на длине не менее 15D по направлению к его оси и на длине не менее 5D в направлении, перпендикулярном к этой оси, нет препятствий, нарушающих движение потока (рис. 3.11).

МС, расположенные перед большой емкостью, не учитывают при определении необходимых длин прямолинейных участков ИТ.

7. *Совмещенные местные сопротивления*

В одно МС следует объединять тройник с коленом в случаях, указанных на рис. 3.12.

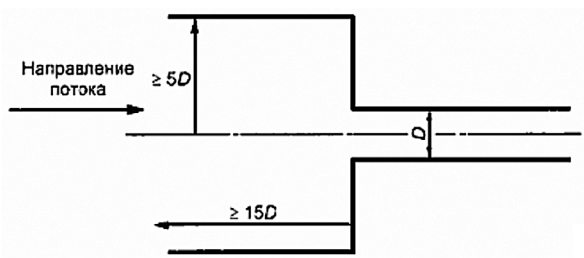


Рис.3.11. **Схема большой емкости**

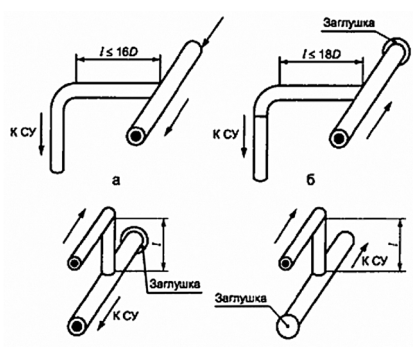


Рис.3.12. **Схема совмещенного местного сопротивления**

МС, приведенные на схеме а рис. 3.12, классифицируют как:

- «Два колена в разных плоскостях, L<5D» при длине прямолинейного участка ИТ между коленом и тройником менее 5D;
- «Два колена в разных плоскостях, 30D≥l≥5D» при длине прямолинейного участка ИТ между коленом и тройником от 16D до 5D;

МС, приведенные на схеме б рис. 3.12, классифицируют как:

- «Два колена в разных плоскостях, l<5D» при длине прямолинейного участка ИТ между коленом и тройником менее 5D;
- «Два колена в разных плоскостях, 30D≥l≥5D « при длине прямолинейного участка ИТ между коленом и тройником от 18D до 5D.

Группы колен с тройником в одно МС не объединяют.

МС, приведенные на схеме рис. 3.12, классифицируют как:

- «Два 90˚ колена в одной плоскости U-конфигурация (l≤10D)», если расстояние между коленом и тройником не более 10D;
- «Два 90˚ колена в одной плоскости U-конфигурация (30D≥l>10D)», если расстояние между коленом и тройником не более 30D и более 10D.

МС, приведенные на схеме г рис. 3.12, классифицируют как:

- «Два 90˚ колена в одной плоскости S-конфигурация (l≤10D)», если расстояние между коленом и тройником не более 10D;
- «Два 90˚ колена в одной плоскости S-конфигурация (30D≥l>10D)», если расстояние между коленом и тройником менее 22D и более 10D.

3.5.3. Регламент технического обслуживания на некоторые типы приборов для измерения перепада давления, расхода и количества жидкости и газов

Преобразователи разности давлений пневматические

Дифманометр самопишущий типов ДСС-711(ДСС-710), ДСП-778, ДСП-778Н, МТС-712М и аналогичные	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , надежности крепления. Наличие калибровочного знака.
	ТО-1	1. Операции ТО-0. 2.Замена диаграммы,проверка регистрации на диаграмме,заправка пера чернилами. 3. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1. 2.Проверка соответствия значения "0" выходного сигнала нулевому значению измеряемого параметра, корректировка. 3.Завод часового механизма
	ТО-3	1. Операции ТО-2 2. Осмотр импульсной линии, удаление загрязнений 3. Прокачка антифризом, опрессовка совместно с уравнительными, разделительными сосудами, устранение неплотностей или удаление конденсата или газа из отстойных сосудов. 4. Чистка пишущего узла.
	ТО-4	1. Операции ТО-3. 2. Смазка редуктора,часового механизма и всех трущихся частей.
	ТО-5	1. Операции по ТО-4. 2. Ревизия часового механизма и эл. двигателя привода 3.Восстановление надписей и маркировок 4.Проверка состояния кабельных трасс,лотков.
Дифманометр сильфонный, мембранный бесшкальный (датчик) с пневматическим выходным сигналом типов ДМПК-100, 13ДД11, ДПП-2, ДС-П, ДМ-П, ДСП-160, РВ2404, РВ2611 и аналогичные	ТО-0	1. Проверка давления воздуха питания, регулировка.
	ТО-1	1. Операции Т00. 2. Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , наличия клейм калибровки, надежности крепления. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1. 2. Осмотр импульсной линии, удаление конденсата или газа и з отстойных сосудов. 3. Прочистка дросселя, сопла. 4. Проверка соответствия значения "0" выходного сигнала нулевому значению измеряемого параметра, корректировка.
	ТО-3	1. Операции Т02. 2. Осмотр импульсной линии, удаление загрязнений 3. Прокачка антифризом, опрессовка совместно с уравнительными, разделительными сосудами, устранение

		неплотностей или удаление конденсата или газа из отстойных сосудов.
		4. Проверка герметичности пневматических линий, устранение неплотностей.
	ТО-4	1. Операции ТО-3.
		2. Проверка работы усилителя
		3. Проверка состояния обогреваемого шкафа,удаление загрязнений.
	ТО-5	1. Операции Т04.
		2. Проверка правильности показаний выходного пневмосигнала.
		3.Восстановление надписей и маркировок
		5.Проверка состояния кабельных трасс,лотков.
Дифманометр сильфонный, мембранный бесшкальный (датчик) с пневматическим выходным сигналом типов ДМПК-100, 13ДД11, ДПП-2, ДС-П, ДМ-П, ДСП-160, РВ2404, РВ2611	ТО-0	1. Проверка давления воздуха питания, регулировка.
	ТО-1	1. Операции Т0-0.
		2. Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , наличия клейм калибровки, надежности крепления. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции Т0-1.
		2. Осмотр импульсной линии, удаление загрязнений
		3. Прокачка антифризом, опрессовка совместно с уравнительными, разделительными сосудами, устранение неплотностей или удаление конденсата или газа из отстойных сосудов.
		4. Прочистка дросселя, сопла.
		5. Проверка соответствия значения "0" выходного сигнала нулевому значению измеряемого параметра, корректировка.
	ТО-3	1. Операции Т02.
		2. Проверка герметичности пневматических линий, устранение неплотностей.
		3.Проверка работы усилителя
		4. Проверка правильности показаний выходного пневмосигнала.
	ТО-4	1. Операции ТО-3.
		2. Проверка состояния обогреваемого шкафа,удаление загрязнений.
	ТО-5	1. Операции Т04.
		2.Восстановление надписей и маркировок
		3.Проверка состояния кабельных трасс,лотков.
Преобразователи разности давлений электронные		
Преобразователь разности давления электронный типов Сапфир ДД, Метран-45 ДД, МИДА-ДД, Honeywell YSTD 924, YSTD 930, Foxboro 143DP, 143DP, Fisher-Rosemount 1151DP, 3051CD, EJA110A и аналогичные	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , отсутствия коррозии, надежности крепления,целостности электрических соединений,наличия видимого заземления. Наличие калибровочного знака,наличие маркировки по взрывозащите.
	ТО-1	1. Операции ТО-0.
		2. Осмотр импульсной линии, удаление конденсата или газа и з отстойных сосудов.
		3.Проверка состояния сопряжения деталей обеспечивающих взрывозащиту.
		4. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции Т0-1.

		2. Проверка соответствия значения "0" выходного сигнала нулевому значению измеряемого параметра, корректировка.
	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2. Осмотр импульсной линии, удаление загрязнений 3. Прокачка антифризом, опрессовка совместно с уравнительными, разделительными сосудами, устранение неплотностей или удаление конденсата или газа из отстойных сосудов.
	ТО-4	1. Операции ТО-3 2. Проверка герметичности кабельных вводов 3. Проверка состояния обогреваемого шкафа,удаление загрязнений.
	ТО-5	1. Операции ТО-4. 2. Чистка контактов от окисления,протяжка контактных соединений и крепежных элементов,проверка заземления. 3.Восстановление надписей и маркировок 4. Проверка суммарной погрешности с каналом измерения (правильности показаний). 5.Проверка состояния кабельных трасс,лотков. Меггирование контрольного кабеля
Преобразователь разности давления электронный типов Сапфир ДД, Метран-45 ДД, МИДА-ДД, Honeywell YSTD 924, YSTD 930, Foxboro 143DP, 143DP, Fisher-Rosemount 1151DP, 3051CD, EJA110A	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , отсутствия коррозии, надежности крепления,целостности электрических соединений,наличия видимого заземления. Наличие калибровочного знака,наличие маркировки по взрывозащите.
	ТО-1	1. Операции ТО-0. 2. Проверка соответствия значения "0" выходного сигнала нулевому значению измеряемого параметра, корректировка. 3. Проверка состояния сопряжения деталей обеспечивающих взрывозащиту. 4. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1. 2. Осмотр импульсной линии, удаление загрязнений 3. Прокачка антифризом, опрессовка совместно с уравнительными, разделительными сосудами, устранение неплотностей или удаление конденсата или газа из отстойных сосудов.
	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2. Проверка герметичности кабельных вводов
	ТО-4	1. Операции ТО-3. 2. Проверка состояния обогреваемого шкафа,удаление загрязнений. 3. Проверка герметичности кабельных вводов
	ТО-5	1. Операции ТО-4. 2. Чистка контактов от окисления,протяжка контактных соединений и крепежных элементов,проверка заземления. 3.Восстановление надписей и маркировок 4. Проверка суммарной погрешности с каналом измерения (правильности показаний). 5.Проверка состояния кабельных трасс,лотков. Меггирование контрольного кабеля

Преобразователи расхода до 40 мм,
Преобразователи расхода до 100 мм,
Преобразователи расхода свыше 100 мм

Счетчик расхода типов ТПР, ТУРБОСКАД, МИГ, PTF, PNF, ТУРБОКВАНТ, ТОР, НОРД и аналогичные	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , отсутствия коррозии, надежности крепления,целостности электрических соединений,наличия видимого заземления. Наличие калибровочного знака,наличие маркировки по взрывозащите
	ТО-1	1. Операции ТО-0. 2. Продувка фильтра. Проверка выдачи электрического выходного сигнала, соответствующего нулевому и измеряемому значениям параметра, корректировка. 3. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1. 2. Проверка вращения турбинки. 3. Проверка работоспособности электромеханического счётчика и индикатора расхода.
	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2. Проверка герметичности соединений с трубопроводом, устранение неплотностей.
	ТО-4	1. Операции ТО-3. 2. Чистка контактов от окисления,прогяжка контактных соединений и крепежных элементов,проверка заземления.
	ТО-5	1. Операции ТО-4. 3.Восстановление надписей и маркировок 4. Разборка преобразователя ,мойка,сборка. 5. Проверка напряжения питания,проверка формы и амплитуды выходного сигнала. 6. Проверка правильности показаний стрелочного указателя. 7.Проверка состояния кабельных трасс,лотков. Меггирование контрольного кабеля

Счетчики до 40мм, счетчики до 100мм,
счетчики свыше 100мм

Ротаметр типов РМ-А , РМ-А-I ГУЗ и аналогичные	ТО-0	1. Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений.
	ТО-1	1. Операции ТО-0 2. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1. 2. Проверка герметичности соединения с процессом.
	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2. Подтяжка болтовых соединений,крепежных элементов.
	ТО-4	1. Операции ТО-3. 2.Восстановление надписей и маркировок
	ТО-5	1. Операции ТО-4. 2. Удаление налета внутренней полости путем промывки.
Счетчик расхода газа типов СВГ.М,СГ-16 и аналогичные	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , отсутствия коррозии, надежности крепления,целостности электрических соединений,наличия видимого заземления. Наличие калибровочного знака,наличие маркировки по взрывозащите.
	ТО-1	1. Операции ТО-0. 2. Проверка герметичности соединения с трубопроводом,

		устранение неплотностей. 3. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1. 2. Проверка герметичности кабельных вводов 3. Проверка работоспособности электромеханического счётчика и индикатора расхода. Проверка работы счетных выходов
	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2.Проверка дрейфа "0" 3. Подтяжка болтовых соединений,крепежных элементов. 4. Сличение показаний по месту(при наличии резервной схемы измерения расхода)
	ТО-4	1. Операции ТО-3. 2. Проверка стабильности показаний расходомера,показаний плотности,температуры,установки базовых коэффициентов
	ТО-5	1. Операции ТО-4. 2. Разборка, промывка рабочей полости,сборка. 3. Чистка контактов от окисления,протяжка контактных соединений и крепежных элементов,проверка заземления. 4. Восстановление надписей и маркировок 5.Проверка состояния кабельных трасс,лотков. Меггирование контрольного кабеля
Счетчик расхода типов ППО-40-0, 6СУ, TGL, СКЖ 30-40 и аналогичные	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , отсутствия коррозии, надежности крепления,целостности электрических соединений,наличия видимого заземления. Наличие калибровочного знака,наличие маркировки по взрывозащите
	ТО-1	1. Операции ТО-0. 2. Проверка герметичности соединений с трубопроводом, устранение неплотностей. 3. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1. 2. Проверка уплотнения кабельных вводов.
	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2. Смазка счетного механизма 3. Сличение показаний по месту(при наличии резервной схемы измерения расхода)
	ТО-4	1. Операции ТО-3. 2. Частичная разборка,промывка внутренней части прибора,смазка трущихся частей передаточного механизма счетной головки. 3. Разборка, промывка рабочей полости,сборка. 4. Чистка контактов от окисления,протяжка контактных соединений и крепежных элементов,проверка заземления.
	ТО-5	1. Операции ТО-4. 2. Восстановление надписей и маркировок
Счетчик расхода типов Пульсмаг, ДРКС и аналогичные	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , отсутствия коррозии, надежности крепления,целостности электрических соединений,наличия видимого заземления. Наличие калибровочного знака,наличие маркировки по взрывозащите.
	ТО-1	1. Операции ТО-0.

		2. Проверка герметичности соединений с трубопроводом, устранение неплотностей.
		3. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1.
		2. Проверка уплотнения кабельных вводов.
	ТО-3	1. Операции ТО-2.
		2. Проверка напряжения питания,выдачи электрического выходного сигнала, соответствующего нулевому и измеряемому значениям параметра, корректировка.
		3. Проверка вращения турбинки
	ТО-4	1. Операции ТО-3.
		2. Чистка контактов от окисления,протяжка контактных соединений и крепежных элементов,проверка заземления.
	ТО-5	1. Операции ТО-4.
		2. Восстановление надписей и маркировок
		3. Проверка правильности показаний стрелочного указателя.

Средства измерений массового и объемного расхода жидкости, пара и газа до 40мм, Средства измерений массового и объемного расхода жидкости, пара и газа до 100мм, Средства измерений массового и объемного расхода жидкости, пара и газа свыше 100мм

Расходомер ультразвуковой типов UFM, DF680E, DF678E, DF868, DF869, Prosonic Flow 92 U/W, «Взлет ПР», Controlotron 1010 и аналогичные	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , отсутствия коррозии, надежности крепления,целостности электрических соединений,наличия видимого заземления. Наличие калибровочного знака,наличие маркировки по взрывозащите.
	ТО-1	1. Операции ТО-0.
		2. Ревизия разъемов коаксиальных кабелей
		3. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1.
		2. Диагностика работоспособности прибора,наличие информации об отказах.
	ТО-3	1. Операции ТО-2.
		2. Проверка дрейфа "0".
	ТО-4	1. Операции по ТО-3.
		2. Калибровка толщиномера.
		3. Чистка контактов от окисления,протяжка контактных соединений и крепежных элементов,проверка заземления.
	ТО-5	1. Операции ТО-4.
		2.Восстановление надписей и маркировок
		3.Проверка состояния кабельных трасс,лотков. Меггирование контрольного кабеля
Расходомер типа ЭРСВ-110, СВК 15-3, ВСХ-32, ВСХд-20, СТВГД-20-80, ВСГ-20, ВТГ-50, СТВ-65, ВСКМ 5/20, ДРГ.М-800, ПРЭМ-1, РОСТ-12-3, РОСТ-13, СТВ, СВТ-100,	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , отсутствия коррозии, надежности крепления,целостности электрических соединений,наличия видимого заземления. Наличие калибровочного знака,наличие маркировки по взрывозащите.
	ТО-1	1. Операции ТО-0.
		2. Проверка состояния сопряжения деталей обеспечивающих взрывозащиту.
		3. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1.
		2. Проверка герметичности кабельных вводов

ВСКМ и аналогичные	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2.Проверка дрейфа "0" 3. Подтяжка болтовых соединений,крепежных элементов.
	ТО-4	1. Операции ТО-3. 2. Чистка контактов от окисления,протяжка контактных соединений и крепежных элементов,проверка заземления.
	ТО-5	1. Операции ТО-4. 2.Восстановление надписей и маркировок 3.Чистка электродов(тела обтекания) от загрязнений. 4.Проверка состояния кабельных трасс,лотков. Меггирование контрольного кабеля
Массовый расходомер типов серии "ELITE", T, R, F, ROTAMASS, Promass,	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , отсутствия коррозии, надежности крепления,целостности электрических соединений,наличия видимого заземления. Наличие калибровочного знака,наличие маркировки по взрывозащите.
OPTIMASS 7000, OPTIMASS 7010, OPTIMASS 8000/9000,	ТО-1	1. Операции ТО-2. 2.Проверка состояния сопряжения деталей обеспечивающих взрывозащиту. 3. Удаление загрязнений.
OPTIMASS 3000, OPTIMASS 5050,	ТО-2	1. Операции ТО-1. 2. Проверка герметичности кабельных вводов
RHM, Prowirl 72, VFM 3100, YEWFLO, ULTRA Egg	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2.Проверка дрейфа "0" 3. Подтяжка болтовых соединений,крепежных элементов. 4. Сличение показаний по месту(при наличии резервной схемы измерения расхода)
	ТО-4	1. Операции ТО-3. 2. Чистка контактов от окисления,протяжка контактных соединений и крепежных элементов,проверка заземления.
	ТО-5	1. Операции ТО-4. 2.Восстановление надписей и маркировок 3. Промывка рабочей полости. 4. Проверка стабильности показаний расходомера,показаний плотности,температуры,установки базовых коэффициентов 5.Проверка состояния кабельных трасс,лотков. Меггирование контрольного кабеля
Реле протока		
Реле протока жидкости типов РП, РПЖ, РПИ, IF SMC и аналогичные	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , отсутствия коррозии, надежности крепления,целостности электрических соединений,наличия видимого заземления. Наличие калибровочного знака,наличие маркировки по взрывозащите.
	ТО-1	1. Операции ТО-0. 2. Проверка герметичности соединений с трубопроводом, устранение неплотностей. 3. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1. 2. Проверка уплотнения кабельных вводов.
	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2. Проверка целостности электрических соединений кабельных трасс.

	ТО-4	1. Операции ТО-3. 2. Чистка контактов от окисления,прогяжка контактных соединений и крепежных элементов,проверка заземления.
	ТО-5	1. Операции ТО-4. 2.Восстановление надписей и маркировок 3. Проверка срабатывания реле. 4.Проверка состояния кабельных трасс,лотков. Меггирование контрольного кабеля
Поверочные установки		
Трубопоршневая установка типа "Сапфир", DANIEL и аналогичные	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , отсутствия коррозии, надежности крепления,целостности электрических соединений,наличия видимого заземления. Наличие калибровочного знака,наличие маркировки по взрывозащите
	ТО-1	1. Операции ТО-0. 2. Проверка наличия и уровня масла в гидросистеме 3. Проверка герметичности резьбовых и фланцевых соединений,запорной арматуры, устранение неплотностей. 4. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1. 2. Проверка уплотнения кабельных вводов. 3. Контроль работы механизма переключения потока,четырехходового крана.
	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2. Проверка работоспособности электропривода крана. Проверка наличия и уровня масла в коробке привода,правильности настройки предельных выключателей и выключателей крутящего момента,проверка световой сигнализации.
	ТО-4	1. Операции ТО-3. 2. Внешний осмотр старто-приемной камеры,открытие крышки, разборка,чистка уплотнительных колец, шайб, колец запирания, смазка резьбовых соединений и впадин уплотнительных колец 3. Внешний осмотр пусковой камеры, проверка герметичности фланцевых соединений, вентиля для сброса газа, выпускаемых клапанов.
	ТО-5	1. Операции ТО-4. 2. Профилактический осмотр и контроль геометрических размеров шаровых поршней. Замена шаровых поршней 3. Осмотр наружных поверхностей снятых шаров , контроль овальности шара и геометрических размеров. Снятие давления и слив жидкости из шара 4. Ревизия и наладка концевых выключателей механизма переключения потока.
Средства измерений количества жидкости при поступлении, хранении и отпуске		
Топливораздаточная колонка НАРА 27, НАРА-28, Gilbarco, S-MPD-OR (Marconi), WD Global Senturi, WD	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , отсутствия коррозии, надежности крепления,целостности электрических соединений,наличия видимого заземления. Наличие калибровочного знака,наличие маркировки по взрывозащите.
	ТО-1	1. Операции ТО-0

Global Star, WD мод.SU-885, Север-222 и аналогичные		2. Проверка герметичности гидравлической системы 3. Проверка натяжения ремня 4. Удаление загрязнений.
	ТО-2	1. Операции ТО-1. 2. Проверка функционирования всех механизмов колонки,надежность их крепления. 3. Проверка производительности ТРК. 4. Проверка раздаточного крана и рукава ТРК.
	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2. Моечно-уборочные работы лицевой поверхности ТРК. 3. Осмотр и промывка фильтра грубой очистки. 4. Замена фильтрующих элементов.
	ТО-4	1. Операции по ТО-3. 2. Замена фильтра тонкой очистки. 3. Проверка полного замкнутого технологического цикла. 4. Юстировка ТРК. 5. Замена смазки подшипников насоса.
	ТО-5	1. Операции по ТО-4. 2. Смазка трущихся поверхностей. 3. Очистка индикаторного стекла. 4. Очистка и промывка цилиндров измерителя объема.
Автоматизированная групповая замерная установка "Спутник", БИУС и аналогичные	ТО-0	1.Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений , отсутствия коррозии, надежности крепления,целостности электрических соединений,наличия видимого заземления.
	ТО-1	1. Операции ТО-0 2. Удаление загрязнений. 3. Проверка работоспособности вентилятора, электрообогревателя, автоматических выключателей, рубильника, пускателей и реле. 4. Проверка хода рейки ПСМ, проверка уровня масла ГП. 5. Проверка работы заслонки и рычажного привода вала заслонки 6. Проверка фиксации каретки ПСМ 7. Слив жидкости из сепаратора через грязевую задвижку.
	ТО-2	1. Операции ТО-1. 2. Проверка работоспособности гидропривода ГП-1. 3. Проверка работоспособности счетчика нефти,проверка на "0". 4. Настройка замерного сепаратора(заслонка газовая+регулятор уровня) 5. Проверка правильности показаний,уставок герметичности импульсных линий манометров ОБМ,ВЭ-16рб.
	ТО-3	1. Операции ТО-2. 2. Комплексное опробование АГЗУ:опрессовка ПСМ,перевод скважин с байпаса на ПСМ,регулировка регулятора расхода РР-1,регулятора уровня,регулировка ПСМ,регулировка гидропривода,проверка работы кодового устройства. 3. Проверка каналов ТМ:ТИ,ТУ,ТС. 4.Обслуживание кабельных линий, проведение измерения сопротивления растекания тока контура,проверка наличия заземления.

		5.Проверка герметичности соединений трубной проводки,устранение неплотностей. 6. Подтяжка сальниковых уплотнений задвижек,вентилей 7.Ревизия ПСМ, вентилятора Ц-13-50,обогревателя электрического ТЭН-280. 8.Уборка помещения
	ТО-4	1. Операции ТО-3. 2. Чистка контактов от окисления,протяжка контактных соединений и крепежных элементов,проверка заземления.
	ТО-5	1. Операции ТО-4. 2.Восстановление надписей и маркировок
Средства измерений объемного расхода газа		
	ТО-3	1. Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений. Удаление загрязнений. 2. Проверка герметичности соединения с процессом, подтяжка болтовых соединений,крепежных элементов.
	ТО-5	1. Операции ТО-4. 2. Удаление налета внутренней полости путем промывки.
Диафрагмы Диафрагма типов ДКС, ДФК, ДБФ, ДВС	ТО -4	1. Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений. Удаление загрязнений. 2. Проверка герметичности соединений с трубопроводом 3.Восстановление надписей и маркировок

3.5.4. Нормы времени на техническое обслуживание на некоторые типы приборов для измерения перепада давления, расхода и количества жидкости, пара и газа

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Нормы времени (чел-час)																
			Снятие, установка		Наладка		Техническое обслуживание								Ремонт				Метрологическое обеспечение
			Разряд	Норма времени, чел-час	Разряд	Наладка	Разряд	ТО-0 (ежедн.)	ТО -1 (1 раз в нед.)	ТО-2 (1 раз в мес.)	ТО-3 (1 раз в кварт.)	ТО-4 (1 раз в 1/2 год)	ТО-5 (1 раз в год)	все ТО за год	Разряд	текущий	капитал.	все рем. за год	Поверка, калибровка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Преобразователи разности давлений пневматические																			
1	Преобразователь разности давлений мембранный пневматический	ДМ, ДМ-3565,ДМ-235	4	0,22	5	0,18	4	0,001	0,004	0,02	0,07	0,09	0,11	0,84	5	2,67	8,10	10,77	0,40
2	Преобразователь разности давлений пневматический	1201PG	4	0,33	5	0,40	4	0,002	0,01	0,04	0,12	0,14	0,20	1,66	5	4,50	12,90	17,40	2,00
3	Преобразователь разности давлений сильфонный пневматический	ДСП-160 (ДСП-780)	4	0,48	5	0,40	4	0,01	0,04	0,23	0,74	0,76	1,20	8,72	5	2,19	5,33	7,52	2,00
4	Преобразователь разности давлений сильфонный пневматический	ДСП-3 (ДСП-781),ДСС-712, ДСС-712М	4	0,48	5	0,40	5	0,005	0,04	0,40	0,83	0,85	1,38	9,53	5	2,30	8,44	10,74	2,00
5	Преобразователь разности давлений сильфонный пневматический	ДСП-4 (ДСП-787),ДСП-4Сг	4	0,48	5	0,40	5	0,005	0,04	0,40	0,83	0,85	1,38	9,53	5	2,51	7,26	9,77	2,00
6	Преобразователь разности давлений сильфонный пневматический	ДСС-711(ДСС-710),ДСП-778,ДСП-778Н,МТС-712М	4	0,48	5	0,40	5	0,005	0,04	0,40	0,83	0,85	1,38	9,53	5	2,20	5,36	7,56	2,00
7	Преобразователь разности давлений пневматический	РВ2611, РВ2711, РВ2404, РВ5074, ДСП	4	0,32	5	0,60	5	0,005	0,04	0,38	0,80	0,82	1,31	9,21	5	2,15	6,19	8,34	3,70
8	Преобразователь разности давлений пневматический	13ДД11, ДПП-2,IDP10,ДМ, ДМ-3565	4	0,43	5	0,60	5	0,005	0,04	0,38	0,80	0,82	1,31	9,21	5	1,53	3,66	5,19	3,70

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Нормы времени (чел-час)																
			Снятие, установка		Наладка		Техническое обслуживание								Ремонт				Метрологическое обеспечение
			Разряд	Норма времени, чел-час	Разряд	Наладка	Разряд	ТО-0 (ежедн.)	ТО -1 (1 раз в нед.)	ТО-2 (1 раз в мес.)	ТО-3 (1 раз в кварт.)	ТО-4 (1 раз в 1/2 год)	ТО-5 (1 раз в год)	все ТО за год	Разряд	текущий	капитал.	все рем. за год	Поверка, калибровка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9	Преобразователь разности давлений мембранный пневматический	ДМ-П1, ДМ-П2	4	0,42	5	0,60	5	0,005	0,04	0,38	0,80	0,82	1,31	9,21	5	2,38	5,76	8,14	3,70
10	Преобразователь разности давлений мембранный пневматический	ДМПК-100	4	0,53	5	0,60	5	0,005	0,04	0,38	0,80	0,82	1,31	9,21	5	1,65	3,77	5,42	3,70
11	Преобразователь разности давлений пневматический	ДД-0.2, Annubar	4	0,33	5	0,60	5	0,02	0,07	0,43	1,37	1,39	1,59	15,68	5	2,22	5,07	7,29	3,70
	Преобразователи разности давлений электронные																		
12	Преобразователь разности давлений электронный	3095МА-2-3	4	0,40	6	0,60	4	0,01	0,05	0,29	0,93	0,95	1,01	9,94	6	1,02	1,15	2,17	3,70
13	Преобразователь разности давлений электронный	MOORE 3400	4	0,33	6	0,27	5	0,01	0,05	0,32	1,03	1,05	1,4	10,87	6	1,67	3,75	5,42	0,60
14	Преобразователь разности давлений электронный	Сапфир-22Р-ДД-Ех, Метран-100ДД-Ех, Сапфир-22ДД-Вн, Сапфир-22ДД-Ех и аналогичные	4	0,33	6	0,60	5	0,005	0,09	0,46	1,47	1,49	2,38	14,73	6	2,7	3,3	6,00	3,70
15	Преобразователь разности давлений электронный	IMV30	4	0,33	6	0,60	5	0,005	0,06	0,62	1,23	1,25	1,96	13,79	6	2,72	25,21	27,93	3,70
16	Преобразователь разности давлений электронный	Сапфир ДД,Метран-45 ДД, МИДА-ДД	4	0,33	6	0,60	5	0,015	0,06	0,38	1,19	1,2	1,23	13,01	6	1,86	4,29	6,15	3,70
17	Преобразователь разности давлений электронный	Honeywell YSTD 924, YSTD 930, Foxboro 143DP, 143DP, Fisher-Rosemount 1151DP, 3051CD, EJA110A,STD 120 и аналогичные	4	0,33	6	0,60	6	0,015	0,06	0,38	1,19	1,2	1,23	13,01	7	1,86	4,40	6,26	3,70

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Нормы времени (чел-час)																
			Снятие, установка		Наладка		Техническое обслуживание								Ремонт				Метрологическое обеспечение
			Разряд	Норма времени, чел-час	Разряд	Наладка	Разряд	ТО-0 (ежедн.)	ТО -1 (1 раз в нед.)	ТО-2 (1 раз в мес.)	ТО-3 (1 раз в кварт.)	ТО-4 (1 раз в 1/2 год)	ТО-5 (1 раз в год)	все ТО за год	Разряд	текущий	капитал.	все рем. за год	Поверка, калибровка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
18	Преобразователь разности давлений электронный	Fisher-Rosemount 3095MV и аналогичные	4	0,33	6	0,60	6	0,015	0,06	0,38	1,19	1,2	1,23	13,01	7	2,6	7,8	10,40	3,70
19	Преобразователь разности давлений электронный	DIFF-EL SD	4	0,32	6	0,60	6	0,03	0,14	0,80	2,55	2,57	2,65	27,76	6	2,8	4,05	6,85	3,7
	Датчики расхода вихревые, ультразвуковые																		
20	Датчик расхода	ДРС, ДРС.М	4	1,10	6	1,16	4	0,015	0,07	0,36	0,87	0,89	1,59	12,62	5	11,05	27,62	38,67	3,7
21	Преобразователь расхода вихревой	Метран 300ПР	4	1,10	6	1,16	4	0,015	0,07	0,36	0,87	0,89	1,59	12,62	5	5,72	14,2	19,92	3,7
22	Преобразователь расхода вихревой	Vortex-8800CF, DYMETIC, ABB TR10-WIRL, ProWirl, Foxboro 83F	4	1,80	7	0,60	6	0,006	0,03	0,15	0,36	0,38	0,66	5,24	7	3,40	8,30	11,70	3,70
23	Ультразвуковой расходомер	серии UFM, DF680E, DF678E, DF868, DF869, ALBASONIC, Prosonic Flow 92 U/W, «Взлет ПР», Controlotron 1010 и аналогичные	4	0,70	6	1,30	5	0,006	0,03	0,15	0,36	0,38	0,66	5,24	7	3,25	5,35	8,60	2,50
24	Ультразвуковой расходомер	серии UFM, DF680E, DF678E, DF868, DF869, ALBASONIC, Prosonic Flow 92 U/W, «Взлет ПР», Controlotron 1010 и аналогичные	4	0,90	6	1,30	5	0,006	0,03	0,15	0,36	0,38	0,66	5,24	7	3,25	5,35	8,60	2,50
25	Ультразвуковой расходомер	серии UFM, DF680E, DF678E, DF868, DF869, ALBASONIC, Prosonic Flow 92 U/W, «Взлет ПР», Controlotron 1010 и аналогичные	4	1,10	6	1,30	5	0,006	0,03	0,15	0,36	0,38	0,66	5,24	7	3,25	5,35	8,60	2,50
	Преобразователи расхода до 40 мм																		
26	Преобразователь расхода	ВМД	4	0,40	6	0,40	5	0,002	0,01	0,06	0,14	0,16	0,25	1,93	6	2,30	3,80	6,10	2,30
27	Преобразователь расхода	Halliburton	4	1,80	7	0,60	6	0,006	0,03	0,14	0,33	0,35	0,61	5,02	7	3,20	8,40	11,60	3,70
28	Преобразователи расхода	Mass ProBar	4	0,40	7	0,60	6	0,006	0,04	0,19	0,46	0,48	0,84	6,40	7	3,80	6,10	9,90	3,70

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Нормы времени (чел-час)																
			Снятие, установка		Наладка		Техническое обслуживание								Ремонт				Метрологическое обеспечение
			Разряд	Норма времени, чел-час	Разряд	Наладка	Разряд	ТО-0 (ежедн.)	ТО -1 (1 раз в нед.)	ТО-2 (1 раз в мес.)	ТО-3 (1 раз в кварт.)	ТО-4 (1 раз в 1/2 год)	ТО-5 (1 раз в год)	все ТО за год	Разряд	текущий	капитал.	все рем. за год	Поверка, калибровка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
29	Преобразователь расхода турбинный	типов ТПР, ТУРБОСКАД, МИГ, PTF, PNF, ТУРБОКВАНТ, ТОР, НОРД и аналогичные	4	2,20	6	0,80	5	0,03	0,14	0,73	1,75	1,77	3,21	25,36	6	4,87	14,61	19,48	4,20
30	Преобразователь расхода	Smith, Daniel, Brooks Rotoquant, Invalko, W700, BADGER METER	4	2,20	6	0,80	5	0,03	0,15	0,76	1,82	1,84	3,34	26,30	6	6,10	15,10	21,20	4,20
31	Преобразователь расхода	Комплект КСДЗ	4	0,70	6	0,30	5	0,03	0,15	0,72	1,75	1,77	1,85	24,28	6	3,21	3,61	6,82	1,70
	Счетчики до 40мм																		
32	Счетчик	ППО-40-0,6СУ, ППО-25-0,6СУ, ППВ СУ, СКЖ, ВСТ, ВСХ, ВСГ, СВХ, ВМХ, СВК 15-3, СТВГД, ОСВУ, ОСВХ, и аналогичные	4	0,35	6	0,30	5	0,03	0,15	0,72	1,75	1,77	3,21	25,64	5	4,60	6,70	11,30	2,50
33	Счетчик	Пульсмаг, ДРКС	4	0,30	6	0,30	5	0,01	0,03	0,19	0,46	0,48	0,84	6,84	5	2,25	4,16	6,41	2,50
	Средства измерений массового и объемного расхода жидкости, пара и газа до 40мм																		
34	Расходомер-счетчик	типов ЭРСВ, ВСКМ, ДРГМ, ПРЭМ-1, РОСТ-12-3, РОСТ-13, СТВ, СВТ, ЭРИС, ПРИМ-100М, ВЭПС, ВРСГ-1 и аналогичные	4	0,70	6	1,16	4	0,015	0,07	0,36	0,87	0,89	1,59	12,62	6	3,10	5,13	8,23	0,80
35	Массовый расходомер	Серий ELITE, Micro Motion, ROTAMASS, Promass, OPTIMAS, RHM, VFM 3100, YEWFLO, ULTRA Egg, и аналогичные	4	0,70	7	1,30	7	0,03	0,10	0,63	1,52	1,54	2,78	22,00	7	6,80	12,29	19,09	4,50
	Преобразователи расхода до 100 мм																		
36	Преобразователь расхода	ВМД	4	0,50	6	0,40	5	0,002	0,01	0,06	0,14	0,16	0,25	1,93	6	2,30	3,80	6,10	2,30
37	Преобразователь расхода	Halliburton	4	2,50	7	0,60	6	0,006	0,03	0,14	0,33	0,35	0,61	5,02	7	3,20	8,40	11,60	3,70
38	Преобразователь расхода	Mass ProBar	4	0,50	7	0,60	6	0,006	0,04	0,19	0,46	0,48	0,84	6,40	7	3,80	6,10	9,90	3,70

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Нормы времени (чел-час)																
			Снятие, установка		Наладка		Техническое обслуживание								Ремонт				Метрологическое обеспечение
			Разряд	Норма времени, чел-час	Разряд	Наладка	Разряд	ТО-0 (ежедн.)	ТО -1 (1 раз в нед.)	ТО-2 (1 раз в мес.)	ТО-3 (1 раз в кварт.)	ТО-4 (1 раз в 1/2 год)	ТО-5 (1 раз в год)	все ТО за год	Разряд	текущий	капитал.	все рем. за год	Поверка, калибровка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
39	Преобразователь расхода турбинный	типов ТПР, ТУРБОСКАД, МИГ, РТР, PNF, ТУРБОКВАНТ, ТОР, НОРД и аналогичные	4	3,00	6	0,80	5	0,03	0,14	0,73	1,75	1,77	3,21	25,36	6	4,87	14,61	19,48	4,20
40	Преобразователь расхода	Smith, Daniel, Brooks Rotoquant, Invalko, W700, BADGER METER	4	3,00	6	0,80	5	0,03	0,15	0,76	1,82	1,84	3,34	26,30	6	6,10	15,10	21,20	4,20
41	Преобразователь расхода	Комплект КСДЗ	4	0,90	6	0,30	5	0,03	0,15	0,72	1,75	1,77	1,85	24,28	6	3,21	3,61	6,82	1,70
	Счетчики до 100мм																		
42	Счетчик	СКЖ , ВСТ, ВСХ, ВСГ, ВМХ, СТВУ, СТВ Х и аналогичные	4	0,45	6	0,30	5	0,03	0,15	0,72	1,75	1,77	3,21	25,64	6	4,60	6,70	11,30	2,50
43	Счетчик	Пульсмаг, ДРКС и аналогичные	4	0,33	6	0,30	5	0,01	0,03	0,19	0,46	0,48	0,84	6,84	6	2,25	4,16	6,41	2,50
	Средства измерений массового и объемного расхода жидкости, пара и газа до 100мм																		
44	Расходомер-счетчик	типов ЭРСВ, ВСКМ, ДРГМ, ПРЭМ-1, РОСТ-12-3, РОСТ-13, СТВ, СВТ, ЭРИС, ПРИМ-100М, ВЭПС, ВРСГ-1 и аналогичные	4	0,90	6	1,16	4	0,015	0,07	0,36	0,87	0,89	1,59	12,62	6	3,10	5,13	8,23	0,80
45	Массовый расходомер	серий Micro Motion, ROTAMASS, Promass,OPTIMAS,RHM,VFM 3100, YEWFLO ,ULTRA Egg, и аналогичные	4	0,90	7	1,30	7	0,03	0,10	0,63	1,52	1,54	2,78	22,00	7	6,80	12,29	19,09	4,50
	Преобразователи расхода свыше 100 мм																		
46	Преобразователь расхода	ВМД	4	0,60	6	0,40	5	0,002	0,01	0,06	0,14	0,16	0,25	1,93	6	2,30	3,80	6,10	2,30
47	Преобразователь расхода	Halliburton	4	3,00	7	0,60	6	0,006	0,03	0,14	0,33	0,35	0,61	5,02	7	3,20	8,40	11,60	3,70
48	Преобразователи расхода	Mass ProBar	4	0,60	7	0,60	6	0,006	0,04	0,19	0,46	0,48	0,84	6,40	7	3,80	6,10	9,90	3,70

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Нормы времени (чел-час)																
			Снятие, установка		Наладка		Техническое обслуживание								Ремонт				Метрологическое обеспечение
			Разряд	Норма времени, чел-час	Разряд	Наладка	Разряд	ТО-0 (ежедн.)	ТО -1 (1 раз в нед.)	ТО-2 (1 раз в мес.)	ТО-3 (1 раз в кварт.)	ТО-4 (1 раз в 1/2 год)	ТО-5 (1 раз в год)	все ТО за год	Разряд	текущий	капитал.	все рем. за год	Поверка, калибровка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
49	Преобразователь расхода турбинный	типов ТПР, ТУРБОСКАД, МИГ, РТF, PNF, ТУРБОКВАНТ, ТОР, НОРД и аналогичные	4	3,70	6	0,80	5	0,03	0,14	0,73	1,75	1,77	3,21	25,36	6	4,87	14,61	19,48	4,20
50	Преобразователь расхода	Smith, Daniel, Brooks Rotoquant, Invalko, W700, BADGER METER	4	3,70	6	0,80	5	0,03	0,15	0,76	1,82	1,84	3,34	26,30	6	6,10	15,10	21,20	4,20
51	Преобразователь расхода	Комплект КСДЗ	4	1,10	6	0,30	5	0,03	0,15	0,72	1,75	1,77	1,85	24,28	6	3,21	3,61	6,82	1,70
	Счетчики свыше 100мм																		
52	Счетчик	ВСТ, ВСХ, ВСГ, ВМХ, СТВУ, СТВХ и аналогичные	4	0,6	6	0,30	5	0,03	0,15	0,72	1,75	1,77	3,21	25,64	6	4,60	6,70	11,30	2,50
53	Счетчик	Пульсмаг, ДРКС	4	0,40	6	0,30	5	0,01	0,03	0,19	0,46	0,48	0,84	6,84	6	2,25	4,16	6,41	2,50
	Средства измерений массового и объемного расхода жидкости, пара и газа свыше 100мм																		
54	Расходомер-счетчик	типов ЭРСВ, ВСКМ, ДРГМ, ПРЭМ-1, РОСТ-12-3, РОСТ-13, СТВ, СВТ, ЭРИС, ПРИМ-100М, ВЭПС, ВРСГ-1 и аналогичные	4	1,10	6	1,16	4	0,015	0,07	0,36	0,87	0,89	1,59	12,62	6	3,10	5,13	8,23	0,80
55	Массовый расходомер	серий Micro Motion, ROTAMASS, Promass, OPTIMAS, RHM, VFM 3100, YEWFLO, ULTRA Egg, и аналогичные	4	1,10	7	1,30	7	0,03	0,10	0,63	1,52	1,54	2,78	22,00	7	6,80	12,29	19,09	4,50
	Реле протока																		
56	Реле протока	РПИ-25,РПИ-50-1, РП, РПЖ, РПИ, IF SMC и аналогичные	4	0,32	4	0,45	4	0,004	0,02	0,09	0,22	0,24	0,40	3,32	4	0,51	1,87	2,38	1,00
57	Реле протока	V4-SS	4	0,32	4	0,60	4	0,004	0,02	0,10	0,23	0,25	0,43	3,46	4	3,60	6,50	10,10	3,70
58	Реле потока воздуха	ДРПВ-2-М1 и аналогичные	4	0,32	4	0,45	4	0,004	0,02	0,09	0,22	0,24	0,40	3,32	4	0,51	1,87	2,38	1,00
	Поверочные установки																		
59	Поверочная установка	УПП-01	4	1,30	7	8,00	6	0,01	0,07	0,34	0,77	0,79	1,41	10,98	7	6,70	10,52	17,22	12,30
60	Трубопоршневая установка	Сапфир-100	4	10,50	7	61,43	6	0,59	2,95	14,74	35,38	35,40	64,86	513,14	7	80,40	100,60	181,00	94,50

№ п/п	Наименование	Тип прибора	Нормы времени (чел-час)																		Метрологическое обеспечение
			Снятие, установка		Наладка			Техническое обслуживание							Ремонт						
			Разряд	Норма времени, чел-час	Разряд	Наладка	Разряд	ТО-0 (ежедн.)	ТО -1 (1 раз в нед.)	ТО-2 (1 раз в мес.)	ТО-3 (1 раз в кварт.)	ТО-4 (1 раз в 1/2 год)	ТО-5 (1 раз в год)	все ТО за год	Разряд	текущий	капитал.	все рем. за год	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
61	Трубопоршневая установка	Сапфир-500, Прувер С-500	4	10,50	7	61,43	6	0,64	3,22	16,12	38,69	38,71	70,93	559,90	7	80,40	110,60	191,00	94,50
62	Трубопоршневая установка	DANIEL	4	10,50	7	61,43	6	0,76	3,79	18,94	45,45	45,47	83,32	659,65	7	90,50	120,40	210,90	94,50
63	Поверочная установка передвижная	Brooks-Compact Prover	4	10,50	7	61,43	6	0,76	3,79	18,94	45,45	45,47	83,32	659,65	7	90,50	120,40	210,90	94,50
	Средства измерений количества жидкости при поступлении, хранении и отпуске																		
64	Топливораздаточная колонка	1КЭД-50-0,25-2-1	4	2,20	5	2,90	5	0,02	0,12	0,54	1,31	1,33	2,39	18,98	5	4,62	10,44	15,06	2,00
65	Маслораздаточная колонка	ШЖУ-25м-16-01	4	2,20	5	3,19	5	0,08	0,42	2,02	4,86	4,88	8,91	70,79	5	22,50	27,71	50,21	2,20
66	Топливораздаточная колонка	OMEQA-EFES,CA-4000, Mueller,Tocsoyme Qyantium 500T, NOWO PIGYNE,WD мод. SU-387, SU-862, SU-911, SU-922, SU-933, SU-944 и аналогичные	4	2,00	5	3,19	5	0,02	0,10	0,48	1,17	1,19	2,15	17,12	5	15,75	19,32	35,07	2,20
67	Топливораздаточная колонка	НАРА27,НАРА-28,НАРА-5227(5312),НАРА-42(4216)	4	2,00	5	3,19	5	0,02	0,11	0,56	1,31	1,33	2,39	18,78	5	17,50	20,44	37,94	2,20
68	Топливораздаточная колонка	Gilbarco,S-MPD-OR (Marconi), WD Global Senturi,WD Global Star, WD мод.SU-885, Север-222 и аналогичные	4	2,00	5	3,19	5	0,08	0,44	2,08	5,00	5,02	9,17	72,67	5	15,60	21,56	37,16	2,20
69	Газораздаточная колонка	УИЖГ-20	4	3,00	5	4,64	5	0,09	0,49	2,37	5,69	5,71	10,43	82,12	5	25,60	31,56	57,16	3,20
70	Газораздаточная колонка	DPC-050LE,FAS-230	4	1,90	5	2,90	5	0,02	0,11	0,52	1,25	1,27	2,28	18,17	5	15,05	19,00	34,05	2,00
71	Автоматизированная групповая замерная установка	АГЗУ "Спутник"		0,00	6	3,20	5	0,00	0,00	9,36	20,88	0,00	25,28	141,92	6	45,34	0,00	45,34	22,60
72	Автоматизированная групповая замерная установка	АГЗУ с СКЖ		0,00	6	2,50	5	0,00	0,00	7,33	16,39	0,00	20,79	112,21	6	36,13	0,00	36,13	17,89

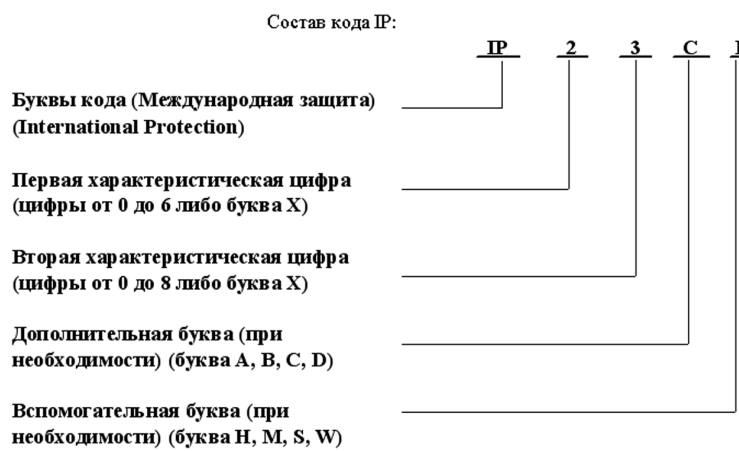
№ п/п	Наименование	Тип прибора	Нормы времени (чел-час)																
			Снятие, установка		Наладка		Техническое обслуживание								Ремонт				Метрологическое обеспечение
			Разряд	Норма времени, чел-час	Разряд	Наладка	Разряд	ТО-0 (ежедн.)	ТО -1 (1 раз в нед.)	ТО-2 (1 раз в мес.)	ТО-3 (1 раз в кварт.)	ТО-4 (1 раз в 1/2 год)	ТО-5 (1 раз в год)	все ТО за год	Разряд	текущий	капитал.	все рем. за год	Поверка, калибровка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
73	Автоматизированная групповая замерная установка	БИУС		0,00	6	1,90	5	0,00	0,00	5,79	9,34	0,00	12,86	77,86	6	33,11	0,00	33,11	13,42
74	Автоматизированная групповая замерная установка	БИУС с СКЖ		0,00	6	1,20	5	0,00	0,00	3,76	4,85	0,00	8,37	48,15	6	23,25	0,00	23,25	8,64
	Средства измерений объемного расхода газа																		
75	Ротаметр	РС-3	3	0,33	4	0,10		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4	1,55	3,01	4,56	1,20
76	Ротаметр	РЭВ-0,4 ЖУЗ, РЭВ-0,16 ЖУЗ, РИ-2,5 МУЗ	4	0,33	4	0,10	4	0,002	0,01	0,04	0,11	0,13	0,20	1,63	4	2,40	3,20	5,60	1,20
77	Ротаметр	РМ-А , РМ-А-I ГУЗ	4	0,33	4	0,10	4	0,01	0,05	0,26	0,63	0,65	1,16	8,95	4	1,55	3,95	5,50	1,20
78	Счетчик газа	РГ-40	4	1,90	5	0,20	5	0,03	0,15	0,73	1,75	1,77	3,21	25,72	5	12,72	14,80	27,52	4,00
79	Счетчик газа	СГ16, СВГ, СВГ.Т	4	1,90	5	0,20	4	0,04	0,21	1,03	2,46	2,48	4,51	35,71	5	5,10	7,40	12,50	4,00
80	Счетчик газа	TG-3	4	1,90	5	0,20	4	0,03	0,15	0,74	1,79	1,81	3,27	25,98	5	6,40	7,80	14,20	4,00
81	Счетчик газа	РГ-7000	4	1,90	5	0,20	4	0,04	0,18	0,94	2,26	2,28	4,15	32,95	5	14,20	15,30	29,50	4,00
	Средства измерений скорости воздушного потока																		
82	Анемометр	АСО-3	3	0,6		0,00	3	0,005	0,03	0,13	0,30	0,32	0,55	4,59	3	0,6	1,22	1,82	0,6
83	Анемометр	МС-13	3	0,6		0,00	3	0,005	0,03	0,13	0,30	0,32	0,55	4,59	3	0,6	1,22	1,82	0,6
84	Диафрагма	Диафрагма камерная ДКС Ду = до 80 мм	4	1,80		0,00	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,24	5	0,00	7,72	7,72	1,20
85	Диафрагма	Диафрагма камерная ДКС Ду = до 250 мм	4	1,80		0,00	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,24	5	0,00	10,51	10,51	1,20
86	Диафрагма	Диафрагма камерная ДКС Ду = свыше 300 мм	4	1,80		0,00	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,24	5	0,00	12,08	12,08	1,20
87	Диафрагма	Сопло к ВУБ-1М	4	1,80		0,00	5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,24	5	0,00	14,58	14,58	1,20
88	Диафрагма	Диафрагма бескамерная ДФС	4	1,80		0,00	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,00	0,48	4	0,00	12,03	12,03	1,20

3.6. Промышленная безопасность

3.6.1. Степени защиты оборудования КИПиА, обеспечиваемые оболочками (код IP)

Код IP - это система кодификации, применяемая для обозначения степеней защиты, обеспечивающих оболочкой, от доступа к опасным частям, попадания внешних твердых предметов, воды, а также для предоставления дополнительной информации, связанной с такой защитой.

Классификация степеней защиты, обеспечиваемая оболочками, обозначения указанных степеней защиты, требования для каждого обозначения, методы и режимы контроля, и испытаний для проверки оболочек электрооборудования, в том числе и КИПиА, на соответствие указанной степени защиты устанавливается ГОСТ 14254-96.



***Примечания**: При отсутствии необходимости в нормировании характеристической цифры, ее следует заменять на букву X (либо XX, если опущены две цифры)*
Дополнительные и вспомогательные буквы опускаются без замены
При использовании двух и более дополнительных или вспомогательных букв, применяют алфавитный порядок

Таблица 3.24

Элементы кода IP и их обозначение

Элемент кода	Цифры или буквы кода IP	Значение для защиты оборудования	Значение для защиты людей
Первая характеристическая цифра		от проникновения внешних твердых предметов:	от доступа к опасным частям:
	0	нет защиты	нет защиты
	1	диаметром ≥ 50мм	тыльной стороной руки
	2	диаметром ≥ 12,5 мм	пальцем
	3	диаметром ≥ 2,5мм	инструментом
	4	диаметром ≥ 1 мм	проволокой
	5	пылезащищенное	проволокой
	6	пыленепроницаемое	проволокой
Вторая характеристическая цифра		От вредного воздействия в результате проникновения воды	-
	0	нет защиты	
	1	вертикальное каплепадение	
	2	каплепадение (номинальный угол 15^0)	
	3	дождевание	
	4	сплошное обрызгивание	
	5	действие струи	
	6	сильное действие струй	
	7	временное непродолжительное погружение	
	8	длительное погружение	
Дополнительная буква (при необходимости)		-	от доступа к опасным частям
	A		тыльной стороной руки
	B		пальцем
	C		инструментом
	D		проволокой
Вспомогательная цифра (при необходимости)		Вспомогательная информация относящаяся к:	
	H	высоковольтным аппаратам	
	M	состоянию движения во время испытаний	
	S	защиты от воды состоянию неподвижности во время испытаний	-
	W	защиты от воды требования к стойкости оболочек установленные вне рамок ГОСТ 14254-96	

Примеры использования букв и цифр в коде IP

Преобразователь измерительный «Сапфир-22»:

- класс защиты преобразователя от воздействия пыли и влаги – IP54;
- код IP указывает на то, что защитные свойства оболочки преобразователя соответствуют ГОСТ 14254-96;
- цифра 5 в коде указывает на то, что оборудование, находящееся внутри оболочки, защищено от проникновения пыли (возможно попадание пыли внутрь оболочки, но в количестве недостаточном для выхода оборудования из строя);
- цифра 5 в коде также указывает на то, что оболочка защищает персонал, работающий с прибором, от случайного доступа проволокой (соединительными проводами) к опасным частям прибора;
- цифра 4 указывает на то, что оболочка с данным обозначением защищает электронное оборудование внутри оболочки от вредных воздействий, вследствие обрызгивания оболочки водой со всех сторон.

Датчик дифференциального давления Yokogawa IJA110A:

- класс защиты корпуса датчика – IP67;
- код IP указывает на то, что защитные свойства оболочки преобразователя соответствуют ГОСТ 14254-96;
- цифра 6 в коде указывает на то, что нет возможностей для проникновения пыли внутрь корпуса прибора;
- цифра 6 в коде также указывает на то, что оболочка защищает персонал, работающий с прибором, от случайного доступа проволокой (соединительными проводами) к опасным частям прибора;
- цифра 7 указывает на то, что корпус прибора защищает электронное оборудование от кратковременного погружения прибора в воду.

3.6.2. Классификация и маркировка взрывозащищенного оборудования КИПиА

Маркировка взрывозащищенного электрооборудования (в том числе и КИПиА), предназначенных для использования во взрывоопасных газовых средах, регламентируются ГОСТ Р 52350.0-2005, который введен в действие с 01.01.2007 года.

Приведенная ниже система маркировки должна применяться только на оборудовании КИПиА, отвечающем требованиям стандартов на взрывозащиту конкретных видов. Маркировка наносится на основной части корпуса прибора и должна легко читаться.

Условная схема маркировки

1 2 Ex 4 5 6 7 8 9 10

Маркировка взрывозащиты включает в себя:

1) наименование изготовителя или его зарегистрированный товарный знак;

2) обозначение типа электрооборудования;

3) знак Ex, указывающий, что электрооборудование соответствует стандартам на взрывозащиту конкретного вида;

4) обозначение взрывозащиты каждого примененного вида:

d - взрывонепроницаемая оболочка;

e - повышенная безопасность (защита вида «e»);

ia - искробезопасность, уровень взрывозащиты «ia»;

ib - искробезопасность, уровень взрывозащиты «ib»;

ma - герметизация компаундом, уровень взрывозащиты «ma»;

mb - герметизация компаундом, уровень взрывозащиты «mb»;

nA - защита вида «n», метод взрывозащиты «nA»;

nC - защита вида «n», метод взрывозащиты «nC»;

nL - защита вида «n», метод взрывозащиты «nL»;

nR - защита вида «n», метод взрывозащиты «nR»;

o - масляное заполнение оболочки;

px - заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением, уровень взрывозащиты «px»;

py - заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением, уровень взрывозащиты «py»;

pz - заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением, уровень взрывозащиты» «pz»;

q - кварцевое заполнение оболочки.

Для связанного электрооборудования, которое может быть установлено в опасной зоне, знаки вида взрывозащиты должны заключаться в квадратные скобки, например Ex d[ia]IIC T4.

Для связанного электрооборудования, которое не может быть установлено в опасной зоне, как знак Ex, так и знак вида взрывозащиты должны заключаться в квадратные скобки, например [Ex ia]IIC.

Примечания:
1 Для связанного электрооборудования, которое не может быть установлено в опасной зоне, температурный класс не обозначается.
2 Электрооборудование, которое не полностью удовлетворяет требованиям безопасности настоящего стандарта или стандартов на взрывозащиту конкретного вида, но соответствует требованиям ГОСТ 22782.3, должно иметь маркировку «s»;

5) обозначение группы электрооборудования:

I - для электрооборудования, предназначенного для шахт (рудников), опасных по рудничному газу;

II или IIA, или IIB, или IIC - для электрооборудования, предназначенного для применения во взрывоопасных газовых средах, кроме шахт (рудников), опасных по рудничному газу.

Обозначения A, B, C должны использоваться в случае, если это предписывает стандарт на взрывозащиту конкретного вида.

Если электрооборудование предназначено для применения только в одном газе, сразу за обозначением «II» в скобках должна быть указана химическая формула или название газа.

Если электрооборудование, отнесенное к определенной группе, также предназначено и для применения в одном газе, сразу за обозначением группы должна быть указана химическая формула газа, при этом оба знака должны быть разделены знаком «+».

Пример - «IIB + H2».

***Примечание**. Электрооборудование, имеющее маркировку IIB, пригодно для применения в местах, где требуется электрооборудование подгруппы IIA. Подобным же образом электрооборудование с маркировкой IIC пригодно для применения в местах, где требуется электрооборудование подгруппы IIA или IIB;*

6) для электрооборудования группы II - обозначение температурного класса. Если изготовитель желает указать значение максимальной температуры поверхности, находящееся внутри диапазона двух температурных классов, в маркировке должна быть указана только максимальная температура поверхности в градусах Цельсия или же эта температура и следующий температурный класс.

Пример - T1 или 350 °C, или 350 °C (T1).

Электрооборудование группы II, имеющее максимальную

температуру поверхности выше 450 °С, должно маркироваться лишь нанесением значения максимальной температуры в градусах Цельсия.

Пример - 600 °С.

Электрооборудование группы II, предназначенное для применения в определенном газе, не требует указания температурного класса или максимальной температуры поверхности.

Маркировка должна включать в себя либо обозначение T_a или T_{amb} вместе с диапазоном окружающей температуры, либо знак X для указания на специальные условия безопасности в эксплуатации.

На кабельных вводах температурный класс или максимальную температуру поверхности не маркируют.

7) порядковый номер, за исключением:

- присоединительной арматуры (кабельные и трубные вводы, заглушки, промежуточные платы, розетки и вилки соединителей и проходные изоляторы);

- миниатюрного оборудования с ограниченной поверхностью (номер партии может рассматриваться в качестве альтернативы серийному номеру);

8) наименование или знак органа по сертификации и номер сертификата в следующей форме: последние две цифры года сертификации, затем порядковый номер сертификата этого года;

9) специальные условия для обеспечения безопасности в эксплуатации, если их необходимо указать; в этом случае после маркировки номера сертификата должен размещаться знак X. Вместо знака X можно использовать предупредительную надпись;

Примечание. *Изготовитель должен обеспечить передачу потребителю требований по специальным условиям безопасного применения вместе с другой необходимой информацией;*

10) любую другую дополнительную маркировку, предписываемую стандартами на взрывозащиту конкретных видов.

Примечания:

Требования по дополнительной маркировке могут быть указаны в стандартах на электрооборудование конкретного вида.

Электрооборудование отечественных производителей для внутрироссийских поставок (за исключением связанного электрооборудования, которое не может быть установлено в опасной зоне), должно дополнительно маркироваться нанесением знака уровня взрывозащиты в соответствии с ГОСТ Р 51330.0, размещаемого перед знаком Ex (например PB ExdI или 2 Exet IIT5). В этом случае знак X размещают после маркировки вида взрывозащиты согласно перечислениям 3)-6).

Импортируемое электрооборудование (за исключением связанного электрооборудования, которое не может быть установлено в опасной зоне), кроме основной маркировки должно иметь табличку с дополнительной маркировкой в указанной ниже последовательности, включающей в себя:

- обозначение (знак) уровня взрывозащиты согласно ГОСТ Р 51330.0;
- маркировку согласно перечислениям 3)-6);
- знак X при наличии специальных условий для обеспечения безопасности в эксплуатации;
- наименование или знак российского органа по сертификации и номер сертификата.

3.6.3. Климатическое исполнение оборудования КИПиА

3.6.3.1. Оборудование КИПиА предназначают для эксплуатации в одном или нескольких макроклиматических районах и изготавливают в климатических исполнениях (в дальнейшем - исполнениях), указанных в табл. 3.25.

Несколько макроклиматических районов могут быть объединены в группу макроклиматических районов (например, УХЛ, Т).

Таблица 3.25

Климатические исполнения оборудования КИПиА	Обозначения*		
	буквенные		цифровые
	русские	латинские	
1	2	3	4
Изделия, предназначенные для эксплуатации на суше, реках, озерах			
Для макроклиматического района с умеренным климатом**	У	(N)	0
Для макроклиматических районов с умеренным и холодным климатом**	УХЛ****	(NF)	1
Для макроклиматического района с влажным тропическим климатом***	ТВ	(TH)	2
Для макроклиматического района с сухим тропическим климатом***	ТС	(TA)	3
Для макроклиматических районов как с сухим, так и с влажным тропическим климатом***	Т	(T)	4

Окончание табл.3.25

1	2	3	4
Для всех макроклиматических районов на суше, кроме макроклиматического района с очень холодным климатом (общеклиматическое исполнение) Изделия, предназначенные для эксплуатации в макроклиматических районах с морским климатом	О	(U)	5
Для макроклиматического района с умеренно-холодным морским климатом	М	(М)	6
Для макроклиматического района с тропическим морским климатом, в том числе для судов каботажного плавания или иных, предназначенных для плавания только в этом районе	ТМ	(МТ)	7
Для макроклиматических районов как с умеренно-холодным, так и тропическим морским климатом, в том числе для судов неограниченного района плавания	ОМ	(MU)	8
Изделия, предназначенные для эксплуатации во всех макроклиматических районах на суше и на море, кроме макроклиматического района с очень холодным климатом (всеклиматическое исполнение)	В	(W)	9

Примечания:

** В скобках приведены обозначения, ранее принятые в технической документации некоторых стран СЭВ.*

Цифровые обозначения применяют только для обработки данных на цифровых вычислительных машинах и не применяют для маркировки по п. 3.5.3.3. Русские обозначения исполнений изделий применяют для обозначения соответствующего макроклиматического района (группы макроклиматических районов) и соответствующего ему климата (климатов).

*** Изделия в исполнениях У и УХЛ могут эксплуатироваться в теплом влажном, жарком сухом и очень жарком сухом климатических районах по #M12293 0 1200004579 2730160192 1324729082 0 0 0 0 0 0ГОСТ 16350-80#S, в которых средняя из ежегодных абсолютных максимумов температура воздуха выше 40°С и (или) сочетание температуры, равной или выше 20°С, и относительной влажности, равной или выше 80%, наблюдается более 12 ч в сутки за непрерывный период более двух месяцев в году.*

Конкретные типы или группы экспортируемых или других изделий для макроклиматического подрайона с теплым умеренным климатом допускается изготовлять в климатическом исполнении

ТУ, если технико-экономически обоснованы конструктивные отличия изделий этого исполнения от изделий климатического исполнения У.
**** Указанные исполнения могут быть обозначены термином «тропическое исполнение».*
***** Если основным назначением оборудования КИПиА является эксплуатация в районе с холодным климатом и экономически нецелесообразно их использование вне пределов этого района, вместо обозначения УХЛ рекомендуется обозначение ХЛ (F).*

3.6.3.2. Изделия в исполнениях по п. 3.6.3.1 в зависимости от места размещения при эксплуатации в воздушной среде на высотах до 4300 м (в том числе под землей и под водой) изготавливают по категориям размещения изделий (в дальнейшем - категориям изделий), указанным в табл. 3.26.

Таблица 3.26

Укрупненные категории		Дополнительные категории	
Характеристика	Обозначение	Характеристика	Обозначение (по десятичной системе)
1	2	3	4
Для эксплуатации на открытом воздухе (воздействие совокупности климатических факторов, характерных для данного макроклиматического района)	1	Для хранения в процессе эксплуатации в помещениях категории 4 и работы как в условиях категории 4, так и (краткровременно) в других условиях, в том числе на открытом воздухе	1.1
Для эксплуатации под навесом или в помещениях (объемах), где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе и имеется сравнительно свободный доступ наружного воздуха, например, в палатках, кузовах, прицепах,	2	Для эксплуатации в качестве встроенных элементов внутри комплектных изделий категорий 1; 1.1; 2, конструкция которых исключает возможность конденсации влаги на встроенных элементах (например, внутри радиоэлектронной аппаратуры)	2.1

Продолжение табл.3.26

1	2	3	4
металлических помещениях без теплоизоляции, а также в оболочке комплектного изделия категории 1 (отсутствие прямого воздействия солнечного излучения и атмосферных осадков)			
Для эксплуатации в закрытых помещениях (объемах) с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания температуры и влажности воздуха и воздействие песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе, например, в металлических с теплоизоляцией, каменных, бетонных, деревянных помещениях (отсутствие воздействия атмосферных осадков, прямого солнечного излучения; существенное уменьшение ветра; существенное уменьшение или отсутствие воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги)	3	Для эксплуатации в нерегулярно отапливаемых помещениях (объемах)	3.1

Окончание табл.3.26

1	2	3	4
Для эксплуатации в помещениях (объемах) с искусственно регулируемыми климатическими условиями, например, в закрытых отапливаемых или охлаждаемых и вентилируемых производственных и других, в том числе хорошо вентилируемых подземных помещениях (отсутствие воздействия прямого солнечного излучения, атмосферных осадков, ветра, песка и пыли наружного воздуха; отсутствие или существенное уменьшение воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги)	4	Для эксплуатации в помещениях с кондиционированным или частично кондиционированным воздухом	4.1
		Для эксплуатации в лабораторных, капитальных жилых и других подобного типа помещениях	4.2
Для эксплуатации в помещениях (объемах) с повышенной влажностью (например, в неотапливаемых и невентилируемых подземных помещениях, в том числе шахтах, подвалах в почве, в таких судовых, корабельных и других помещениях, в которых возможно длительное наличие воды или частая конденсация влаги на стенах и потолке, в частности, в некоторых трюмах, в некоторых цехах текстильных, гидрометаллургических производств и т. п.)	5	Для эксплуатации в качестве встроенных элементов внутри комплектных изделий категорий 5, конструкция которых исключает возможность конденсации влаги на встроенных элементах (например, внутри радиоэлектронной аппаратуры)	5.1

Для изделий, предназначенных для эксплуатации только в невоздушной среде и (или) при атмосферном давлении менее 53,3 кПа (400 мм рт. ст.), в том числе на высотах более 4300 м, понятие категории изделий не применяют для всех стадий эксплуатации. Если одно и то же изделие предназначено для эксплуатации как в воздушной среде на высотах до 4300 м, так и в невоздушной среде и (или) при атмосферном давлении менее 53,3 кПа (400 мм рт. ст.), в том числе на высотах более 4300 м, то понятие категории изделий применяют только для стадии эксплуатации в воздушной среде на высотах до 4300 м.

Летательные аппараты, а также изделия, предназначенные для эксплуатации на высотах более 1000 м при пониженном атмосферном давлении (в том числе изделия, предназначенные для эксплуатации как на высотах более 1000 м, так и на высотах до 1000 м) изготавливают по группам в зависимости от пониженного атмосферного давления.

Обозначение категории изделий допускается применять для обозначения места их размещения и размещения деталей и поверхностей изделий или сооружений (например, закрытое отапливаемое и вентилируемое помещение можно обозначить “категория размещения 4” или “помещение категории 4”).

Сочетание исполнения, категории и группы по пониженному давлению называют “вид климатического исполнения” (например, вид климатического исполнения УХЛ4 или вид климатического исполнения УХЛ2О4а). В обозначение вида климатического исполнения изделия добавляют обозначение типа атмосферы, для эксплуатации в которой предназначено изделие, если это указано в стандартах или технических условиях на изделие.

Для изделий, разработанных до 01.07.1979 г., допускается не изменять ранее установленных обозначений климатических исполнений изделий в следующих случаях:

- если изделия намечены к снятию с производства до 01.07.1985 г. и в дальнейшем не будут выпускаться в качестве запчастей;

- если необходимо использовать имеющуюся оснастку и сопроводительную документацию, изготовленную типографским способом, но не позднее 01.07.1985 г.

Не изготовляют изделия видов климатического исполнения, указанные в первой строке табл. 3.27, так как эти изделия удовлетворяют требованиям к изделиям видов климатического исполнения, приведенных соответственно во второй строке табл. 3.27.

Таблица 3.27

Номер строки	Виды климатического исполнения													
1	У4 ХЛ4 ТУ4	У4.1 ХЛ4.1 ТУ4.1	У4.2 ХЛ4.2 ТУ4.2	ТУ5	Т4	Т4.1	Т4.2	ТВ5	ТС2.1	О3	О3.1	ТМ4.1 ОМ4.1	ОМ3.1	ОМ5
2	УХЛ4	УХЛ4.1	УХЛ4.2	У5	О4	О4.1	О4.2	Т5	ТС2	В3	В3.1	В4.1	ОМ.4	В5

3.6.3.3. В условное обозначение типа (марки) изделия дополнительно, после всех обозначений, относящихся к модификации изделия, вводят буквы и цифры, обозначающие вид климатического исполнения изделия. Например, электродвигатель типа АО2-21-4 в исполнении Т для категории размещения 2 обозначают АО2-21-4Т2.

Обозначение вида климатического исполнения указывают во всех видах документации, в том числе эксплуатационной, а также на заводской табличке (этикетке), в которой должен быть приведен тип (марка) изделия.

Допускается не вводить вид климатического исполнения в условное обозначение типа (марки) изделия в случаях, указанных в подпунктах а, б, в. В этом случае вид климатического исполнения должен быть указан в стандартах или технических условиях, эксплуатационной документации. В обозначении могут не указываться:

а) вид климатического исполнения или категория изделий в том случае, если они являются единственными и в течение ближайших нескольких лет не намечается разработка таких же изделий других видов климатического исполнения или категорий;

б) вид климатического исполнения одного из вариантов изделия, как правило, являющегося обычным для всей отрасли или группы изделий отрасли, если изделия изготавливают нескольких видов климатического исполнения;

в) категория изделий, если она очевидна.

Для изделий, не имеющих заводского номера, табличек и индивидуальных отличий (например, изделия электронной техники, электроустановочные изделия) допускается наносить условные обозначения или условный знак на несъемной детали.

Если изделие состоит из нескольких составных частей, не имеющих общей оболочки и работающих в условиях разных категорий, обозначение категории изделия в целом принимают по составным частям, выполняющим основную функцию; в стандарте или технических условиях на изделие могут быть указаны также категории других составных частей.

3.7. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ

Пневматические регуляторы (регулирующие устройства) работают с первичными преобразователями, приборами контроля и другими устройствами со стандартными входными и выходными сигналами в диапазоне 0,02 - 0,1 МПа (0,2 - 1 кгс/см^2). Пневматические регуляторы используют для автоматического управления технологическими процессами по одному из выбранных законов регулирования: позиционному, пропорциональному, пропорционально-интегральному, пропорционально-дифференциальному и пропорционально-интегрально-дифференциальному.

Для своей работы пневматические регуляторы используют энергию сжатого воздуха с давлением питания 0,14 МПа ± 10% (1,4 кгс/см^2 ± 10%) и могут быть установлены во взрыво- и пожароопасных помещениях.

В зависимости от аппаратурного решения их подразделяют на пневматические регуляторы приборного типа для установки внутри контрольно-измерительных приборов и регуляторы системы «СТАРТ», построенные на базе элементов УСЭППА.

3.7.1. Позиционный регулятор типа ПР 1.5

Регулятор типа ПР 1.5 входит в систему «СТАРТ» и предназначен для двухпозиционного регулирования и сигнализации отклонения текущего значения регулируемого параметра от заданного значения.

Настроенный на максимум регулятор выдает верхний дискретный пневматический сигнал с выходным давлением $P_{вых}$ от 0,11 до 0,14 МПа (от 1,1 до 1,4 кгс/см^2) при превышении регулируемым параметром заданного значения, что соответствует дискретному сигналу «*1*». Если параметр меньше заданного значения, на выходе регулятора устанавливается нижний дискретный пневматический сигнал с выходным давлением $P_{вых}$ = 0 - 0,1 МПа (от 0 до 0,1 кгс/см^2), что соответствует дискретному сигналу «*0*». Регулятор, настроенный на минимум, выдает верхний сигнал, когда параметр становится ниже заданного значения.

Регулятор типа ПР 1.5 (рис. 3.13) состоит из трехмембранного элемента сравнения *5*, усилителя *4* и постоянного дрос-

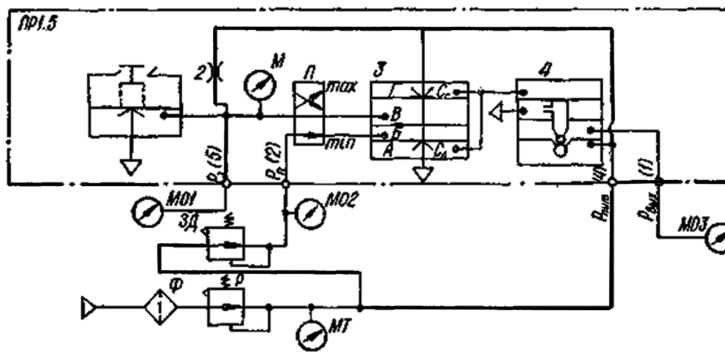


Рис 3.13. **Принципиальная схема и схема проверки регулятора типа ПР 1.5:**
МО1, МО2, МОЗ - образцовые манометры класса не ниже 0,6;
МТ технический с диапазоном измерения 0 - 0,16 МПа (0 - 1,6 кгс/см2).
Установку давления питания производят редуктором Р по манометру МТ
Ф - фильтр воздуха; ЗД маломощный задатчик

селя *2*. Установка заданного значения регулятору производится винтом задатчика *1* по манометру *М*. Регулятор настраивается на максимум или минимум диск-переключателем входных каналов *П*.

Предмонтажная проверка регулятора ПР 1.5 включает проверки диапазона изменения выходного сигнала и исправности задатчика, определение основной погрешности и дифференциала срабатывания.

Принципиальная схема и схема проверки регулятора типа ПР 1.5 приведены на рис. 3.13.

Проверка исправности задатчика проводится плавным вращением его винта, при этом давление задания, контролируемое манометрами *М01* и *М*, должно непрерывно изменяться в диапазоне 0,02 - 0,1 МПа (0,2 - 1 кгс/см^2).

При проверке диапазона изменения выходного сигнала винтом задатчика *1* регулятора по манометру *М01* устанавливают давление задания $P_в$ = 0,06 МПа (0,6 кгс/см^2). Затем внешним задатчиком *ЗД* изменяют входное давление $P_п$ от 0,02 до 0,1 МПа (от 0,2 до 1 кгс/см^3). При этом давление на выходе регулятора $P_{вых}$, контролируемое манометром *МОЗ*, должно изменяться скачком от значения не более 0,1 МПа (0,1 кгс/см^2) до значения не менее 0,11 МПа (1,1 кгс/см^2), если регуля-

тор настроен на максимум, или в обратном направлении, если на минимум.

При определении основной погрешности (регулятор настроен на максимум) устанавливают давление задания $P_з$ = 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2). Затем задатчиком *ЗД* увеличивают давление $P_п$ дс тех пор, пока регулятор не сработает, т.е. на выходе не установится максимальный сигнал.

Основную приведенную погрешность, %, определяют по формуле

$$\Upsilon = (P_п - P_з)100 / \Delta P_{вых}, \qquad (3.22)$$

где ($P_п$ - $P_з$) - разность между текущим и заданным значениями параметра в момент срабатывания регулятора; $\Delta P_{вых}$ диапазон изменения выходного сигнала, равный 0,08 МПа (0,8 кгс/см^2).

Продолжают проверку, последовательно устанавливая $P_з$ = 0,06 и 0,09 МПа (0,6 и 0,9 кгс/см^2). То же осуществляют при уменьшении $P_п$ при тех же значениях $P_з$, фиксируя срабатывание регулятора.

При настройке регулятора на минимум проверка осуществляется способом, аналогичным приведенному выше. Величина погрешности не должна превышать ± 0,5 %.

Определение дифференциала срабатывания проводится при трех значениях давления задания $P_з$ = 0,03; 0,06; 0,09 МПа (0,3; 0,6; 0,9 кгс/см^2). Изменяя $P_п$ относительно задания, фиксируют срабатывание регулятора при подходе к заданию слева и справа ($P'_п$ и $P''_п$).

Величина дифференциала срабатывания, %, определяется как

$$\varepsilon = (P'_п - P''_п)100 / \Delta P_{вых} \qquad (3.23)$$

Расчетная величина не должна превышать ± 1%. Основные неисправности позиционного регулятора типа ПР 1.5 приведены в табл. 3.28.

Таблица 3.28

Основные неисправности регулятора типа ПР1.5

Неисправность	Причина	Способ устранения
Задатчиком регулятора не устанавливается нужное давление задания	Засорился постоянный дроссель задатчика	Прочистить дроссель иглой
Выходное давление отсутствует или изменяется медленно	Неисправность элемента сравнения или усилителя мощности	Проверить работоспособность элемента сравнения и усилителя путем подсоединения манометров к их выходам, произвести регулировку взаимного расположения сопл и мембранного блока с помощью регулировочных винтон
Величина основной погрешности или дифференциала срабатывания превышает допустимое значение	Разрегулирован элемент сравнения	То же

3.7.2. Пропорциональный регулятор ПР 2.8

Регулятор типа ПР 2.8 входит в систему «СТАРТ», имеет линейные статические характеристики и предназначен для получения непрерывного пропорционального регулирующего воздействия на исполнительный механизм при отклонении регулируемого параметра от заданного значения.

Настроенный на прямое регулирование регулятор при отклонении текущего значения от заданного вырабатывает на выходе сигнал, пропорциональней величине этого отклонения. При настройке на обратное регулирование выходной сигнал регулятора также пропорционален отклонению текущего значения от заданного, но знак изменения сигнала на выходе не совпадает со знаком отклонения на входе.

Регулятор типа ПР 2.8 (рис. 3.14) состоит из пятимембранного элемента сравнения *4*, повторителя - усилителя мощности *5*, задатчика *10*, отключающего реле *6*, двух дроссельных сумматоров в прямом канале (дроссели *1*, *2*, *3*) и в линии обратной связи (дроссели *7*, *8*, *9*). Настройка регулятора на прямое и обратное регулирование производится диск-переключателем *П*.

Наличие двух дроссельных сумматоров позволяет проводить плавную настройку предела пропорциональности в диапазоне 2 - 3000 %. Настройку предела пропорциональности в

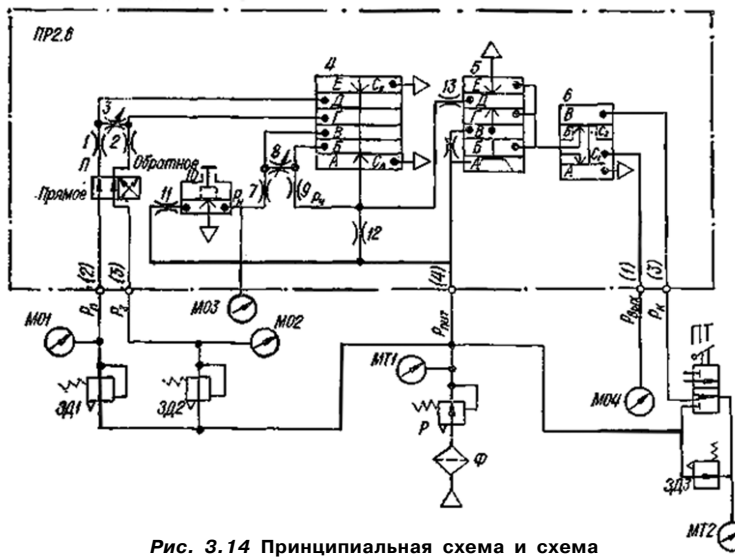


Рис. 3.14 **Принципиальная схема и схема проверки регулятора типа ПР 2.8**

М01, МО2, МО3 - образцовые манометры класса не ниже 0,6; МТ1, МТ2 - технические с диапазоном измерения 0 ... 0,16 МПа (0-1,6 кгс/см2). Установку давления питания производят редуктором Р по манометру МТ1; Ф - фильтр воздуха: ЗД1, ЗД2, ЗД3 - маломощные задатчики; ПТ - пневмотумблер

диапазоне 2 1000 % проводят переменным дросселем *8*, установив предварительно дроссель *3* на отметку 100 %, что соответствует его закрытию. Настройку предела пропорциональности в диапазоне 100-3000 % проводят переменным дросселем *3*, при этом дроссель *8* ставят на отметку 100 % (соответствует его закрытию.) Начальное давление $P_н$, определяющее рабочую точку регулятора, устанавливается задатчиком *10*.

Предмонтажная проверка регулятора ПР 2.8 включает проверки: диапазона изменения выходного сигнала, смещения контрольной точки, градуировки органов настройки предела пропорциональности, исправности задатчика и отключающего реле.

Проверка работы узла задатчика. Для контроля начального давления $P_н$ подключают образцовый манометр *МО3*, предва-

рительно заменив заглушку задатчика *10* штуцером. При вращении регулировочного винта задатчика начальное давление Ри должно изменяться плавно в диапазоне от 0 до 0,1 МПа (от 0 до 1,0 кгс/см^2). В противном случае необходимо прочистить дроссель *11*, продуть задатчик и, если это не помогает, произнести его ремонт.

Проверка диапазона изменения выходного сигнала. Диск настройки предела пропорциональности в диапазоне 2 - 100% устанавливается в положение 2%, а диск настройки предела пропорциональности в диапазоне 100-3000 % -на 100%. Далее винтом задатчика *10* устанавливают давление $P_н$ = 0,06 МПа (0,6 кгс/см^2), а задатчиком *ЗД2* - давление $P_з$ = 0,06 МПа (0,6 кгс/см^2). Плавно изменяют $P_п$ от 0,02 до 0,1 МПа (от 0,2 до 1 кгс/см^2), при этом давление на выходе $P_{вых}$ должно измениться от нижнего до верхнего граничных значений при настройке регулятора на прямое регулирование (переключатель *П* в положении "ПРЯМ.") или от верхнего до нижнего граничных значений при настройке регулятора на обратное регулирование (переключатель *П* в положении "Обратн."). Нижнее граничное значение соответствует диапазону от 0 до 5 кПа (от 0 до 0,005 кгс/см^2), верхнее - от 0,1 МПа (1 кгс/см^2) до давления питания.

Проверка смещения контрольной точки (основной погрешности) регулятора проводится на всех оцифрованных отметках шкалы пределов пропорциональности (или для 3-4 промежуточных значений). При проверке смещения контрольной точки для пределов пропорциональности (*ПП*) в диапазоне 2-100 % задают величину давления задания и величину начального давления $P_з = P_н$ = 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2). Затем изменяют величину давления переменной до тех пор, пока давление на выходе регулятора не станет стабильным и равным 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2). По полученным данным определяют смещение контрольной точки регулятора по формуле

$$\Delta P = P_п - P_з \qquad (3.24)$$

Полученные значения записывают в таблицу 3.29, согласно которой продолжают проверку.

При проверке смещения контрольной точки для пределов пропорциональности (*ПП*) в диапазоне 100 - 3000% задают ве-

Таблица 3.29

Проверка основной погрешности регулятора типа ПР 2.8

$P_н$, МПа	$P_з$, МПа	$P_п$, МПа	$P_{вых}$, МПа	ΔP, МПа	$P_н$, МПа	$P_з$, МПа	$P_п$, МПа	$P_{вых}$, МПа	ΔP, МПа
При ПП = 2—100 %					При ПП = 100—3000 %				
0,03	0,03 0,06 0,09		0,03		0,03 0,06 0,09	0,03	0,03		
0,06	0,03 0,06 0,09		0,06		0,03 0,06 0,09	0,06	0,06		
0,09	0,03 0,06 0,09		0,09		0,03 0,06 0,09	0,09	0,09		

личину давлений задания, переменной и начального давления $P_з = P_п = P_н$ - 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2). Фиксируют значение давления на выходе регулятора $P_{вых}$ и определяют смещение контрольной точки регулятора по формуле

$$\Delta P = P_{вых} - P_н \qquad (3.25)$$

Полученные значения записывают в табл. 3.29, согласно которой продолжают проверку. Из таблицы выбирают наибольшее значение величины смещения контрольной точки ΔP_{max}, МПа. Оно не должно превышать 8 КПа (0,008 кг/см^2).

При проверке градуировки шкалы пределов пропорциональности устанавливают диск шкалы на проверяемую отметку. По манометрам *М01 - М03* задают давление $P_и = P_п = P_з$ = 0,06 МПа (0,6 кгс/см^2), после фиксации выходного давления ($P_{вых} = P_н$ = 0,06 МПа) наносят возмущение на входе регулятора изменением давления переменной на величину $\Delta P_п$.

Если величина установленного *ПП*<100%, то переменную изменяют до тех пор, пока давление на выходе не изменится на $\Delta P_{вых}$ = 0,03 МПа, т.е. пока выходное давление $P_{вых}$ не станет равным 0,03 либо 0,09 МПа (0,3 либо 0,9 кгс/см^2).

Если величина установленного *ПП*>100 %, то переменную изменяют на $\Delta P_п$ = 0,3 МПа (0,3 кгс/см2), т.е. пока ее значение не станет равным 0,03 либо 0,09 МПа (0,3 либо 0,9 кгс/см^2), при этом на выходе регулятора установится определенное давление $P_{вых}$.

На каждой проверяемой отметке *ПП* проверку проводят 3 - 4 раза, меняя направление изменения $P_{л}$.

Фактическое значение величины *ПП*, %, определяют по формуле

$$\text{ПП} = (\Delta P_{\text{П}} / \Delta P_{\text{ВЫХ}})100 \qquad (3.26)$$

Затем определяют среднеарифметическое значение ПП для проверяемой отметки.

У регулятора типа ПР 2.8 допускаемые интервалы изменения *ПП* ограничены нормируемым значением нелинейности статических характеристик: не более ± 0,008 для *ПП* = 100% и не более ± 24 кПа (0,024 кгс/см^2) для всех остальных значений *ПП*. Нелинейность статической характеристики регулятора определяется как разность значений $\Delta P_{вых}$, полученных при одних и тех же значениях *ПП* и $\Delta P_{п}$, но при разных значениях $P_{л}$, например, при $P_{л}$ = 0,06 и 0, 09 МПа (0,6 и 0,9 кгс/см^2) или 0,06 и 0,03 МПа (0,6 и 0,3 кгс/см^2) 0,03 или 0,09 МПа (0,3 и 0,9 кгс/см^2). Если полученное значение *ПП* не соответствует значению, нанесенному на шкале, то необходимо снять шкалу переменных дросселей *3* и *8* и произвести ее тарировку с помощью регулировочных винтов.

Проверка отключающего реле проводится в следующем порядке. С помощью задатчика *ЗД1* устанавливают на выходе давление $P_{вых}$ = 0,1 МПа (1 кгс/см^2) и задатчиком *ЗД3* по манометру МТ2 - командное давление $P_{к}$ = 0,12 МПа (1,2 кгс/см^2). Включают пневмотумблер *ПТ* и с помощью пенообразующего раствора проверяют утечку воздуха на выходе регулятора, которая не допускается.

Основные неисправности пропорционального регулятора типа ПР 2.8 приведены в табл. 3.30.

Таблица 3.30

Основные неисправности регулятора типа ПР 2.8

Неисправность	Причина	Способ устранения
Задатчиком регулятора не устанавливается нужное начальное давление либо оно нестабильно	Засорился постоянный дроссель *11* задатчика *10*	Прочистить дроссель иглой, провести ревизию задатчика
Отсутствует выходное давление или оно сбрасывается не полностью	Неисправности в элементе сравнения, усилителе мощности в отключающем реле	Проверить работоспособность элемента сравнения, усилителя отключающего реле путем подсоединения манометров к их выходам, провести регулировку взаимного расположения сопл и мембранного блока с помощью регулировочных винтов
Величина основной погрешности регулятора (смещение контрольной точки) больше допустимого значения	Разрегулирован элемент сравнения	

3.7.3. Пропорционально-интегральный регулятор типа ПР 3.31

Регулятор типа ПР 3.31 входит в систему «СТАРТ» и предназначен для получения непрерывного пропорционально-интегрального регулирующего воздействия на исполнительный механизм при отклонении регулируемого параметра от заданного значения. Регулятор (рис. 3.15) имеет линейные статические характеристики и состоит из пятимембранного *1* и трехмембранного *6* элементов сравнения, повторителя - усилителя мощности *8*, повторителя *11*, емкости *12*, двух дроссельных сумматоров в прямом канале (дроссели *2* и *5*) и в линии отрицательной обратной связи (дроссели *4*, *5*) регулируемого дросселя *13*, выключающих реле *9* и *14*. Для настройки регулятора на прямое и обратное регулирование в нем установлен диск-переключатель *П*. Нерегулируемый дроссель *ПД1* встроен в повторитель - усилитель мощности, а дроссель *ПД2* вставлен во входной канал этого же элемента.

Отличительной конструктивной особенностью регулятора ПР 3.31 является наличие двух органов настройки предела пропорциональности в диапазоне от 2 до 3000 %, что значительно по-

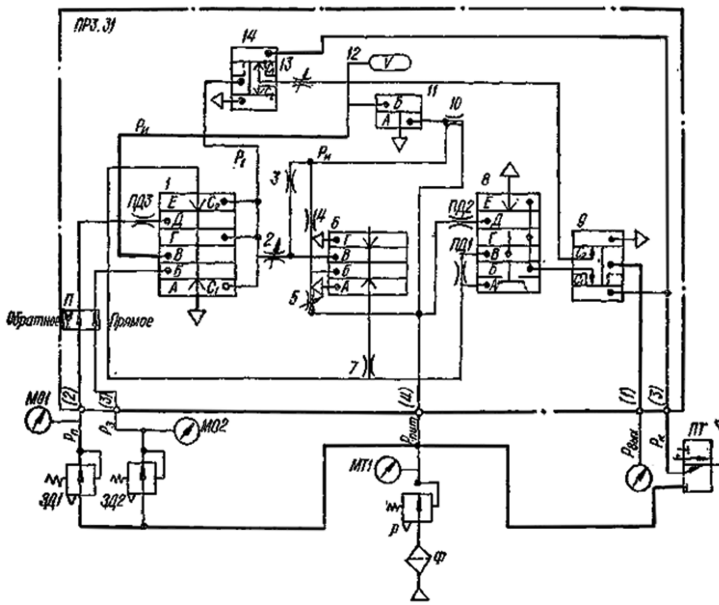


Рис. 3.15. **Принципиальная схема и схема проверки регулятора типа ПР 3.31**

вышает плавность настройки. При настройке предела пропорциональности в диапазоне от 100 до 3000% дроссель *6* необходимо поставить на отметку 100, что соответствует полному его открытию, а дроссель *2* устанавливают на требуемую отметку. При работе регулятора в диапазоне настроек предела пропорциональности от 20 до 100% дроссель *2* ставят на отметку 100%, а дроссель *5* устанавливают на требуемую отметку. Время интегрирования ($T_и$) настраивается дросселем *13* (минимальное значение $T_и$ соответствует полностью открытому дросселю).

Настройки предела пропорциональности и времени интегрирования взаимонезависимы.

Выходное давление $\Delta P_{ВЫХ}$ регулятора ПР 3.31 при наличии рассогласования на входе изменяется по следующей зависимости:

$$\Delta P_{вых} = K_р \Delta P_{вх} + \frac{1}{T_и} \int \Delta P_{вх} dt , \qquad (3.27)$$

где $K_р = \frac{1}{ПП}100\%$ - коэффициент усиления регулятора; $Р_{ВХ}$ - рассогласование между текущим и заданным значениями регулируемого параметра.

Предмонтажная проверка регулятора типа ПР 3.31 включает проверки: диапазона изменения входного сигнала, смещения контрольной точки и вариации, градуировки органов настройки предела пропорциональности и времени интегрирования, исправности отключающих реле.

Проверку диапазона изменения выходного сигнала проводят так же, как и проверку регулятора ПР 2.8, плавно изменяя $P_з$ от 0,02 до 0,1 МПа (0,2 до 1 кгс/см^2) при $P_а$ = 0,06 МПа (0,6 кгс/см^2). Диски настройки предела пропорциональности при этом должны быть установлены на минимальном значении *ПП*, а диск настройки времени интегрирования $T_и$ - на максимальную отметку.

Проверку смещения контрольной точки (основной погрешности) рекомендуется проводить для значений пределов пропорциональности *ПП* = 40; 100; 250; 1000; 3000%. Диск дросселя времени интегрирования устанавливают на отметку, соответствующую минимальному времени интегрирования и по манометру *МО2* задают давление задания $P_з$ 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2). Изменяя по манометру *МО1* давление переменной $P_п$ добиваются, чтобы давление на выходе $P_{вых}$ стало стабильным и равным 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2). Смещение контрольной точки, МПа:

$$\Delta P = P_П - P_З . \qquad (3.28)$$

Полученные значения записывают в табл. 3.31, согласно которой необходимо продолжить проверку. Смещение контрольной точки подвергают трехкратной проверке во всех указанных в таблице точках при прямом и обратном ходах (подводе $P_п$ и $P_з$ с обеих сторон). Из полученных данных выбирают наибольшую величину ΔP и сравнивают ее с допустимым значением: $\Delta P_{доп}$ = 4 кПа (0,004 кгс/см^2).

Вариацию показаний определяют как наибольшую разность между смещениями контрольной точки, соответствующими одному и тому же выходному давлению при прямом и обратном ходах, она не должна превышать абсолютного значения

Таблица 3.31

$P_з$, МПа	$P_п$, МПа	$P_{вых}$, МПа	ΔP, МПа	$P_з$, МПа	$P_п$, МПа	$P_{вых}$, МПа	ΔP, МПа	$P_з$, МПа	$P_п$, МПа	$P_{вых}$, МПа	ΔP, МПа
0,3		0,03 0,06 0,09		0,6		0,03 0,06 0,09		0,9		0,03 0,06 0,09	

основной погрешности. При значениях смещения контрольной точки и вариации больше допускаемых регулируют или ремонтируют элемент *1*.

Проверка градуировки органа настройки предела пропорциональности проводится на всех оцифрованных отметках. Для этого при полностью открытом дросселе времени интегрирования ($T_и$ = 0,1) устанавливают контрольную точку $P_и = P_з = P_{вых}$ = 0,06 МПа (0,6 кгс/см^2). Затем дроссель времени интегрирования закрывают ($T_и$ =), при этом регулятор становится пропорциональным. Проверку шкалы предела пропорциональности проводят так же, как для регулятора ПР 2.8.

Проверку градуировки шкалы дросселя времени интегрирования проводят на всех оцифрованных отметках, для чего указатель предела пропорциональности устанавливают на отметку 100% и при открытом дросселе времени интегрирования ($T_и$ = 0,1) регулятор выводят на контрольную точку при $P_п = P_з = P_{вых}$ = 0,06 МПа (0,6 кгс/см^2). Затем дроссель времени интегрирования устанавливают на проверяемую отметку и изменяют $P_п$ на ± 0,015 МПа (±0,15 кгс/см^2). Выходное давление $P_{вых}$ в начальный момент времени изменяется безынерционно под действием пропорциональной составляющей на величину $\Delta P_{вых} = \frac{\Delta P_п 100\%}{ПП}$. Затем по секундомеру фиксируют время, за которое выходное давление изменится еще на +0,015 МПа (0,15 кгс/см^2). Отсчитанное время является временем интегрирования.

На каждой отметке шкалы времени интегрирования проверку проводят 3 - 4 раза при различных направлениях изменения давления и контрольной точки. Действительное значение времени интегрирования определяют как среднеарифметическое четырех значений, полученных экспериментально. Полученные значения времени интегрирования не должны превышать допустимые.

Отметка шкалы, мин	Допустимые отклонения, мин
0,05	0,015
0,5	0,1
1	0,2
5	2
20	8

При необходимости проводят корректировку времени интегрирования с помощью регулировочных винтов, находящихся под табличкой на диске дросселя *13*.

При проверке исправности работы отключающих реле предел пропорциональности устанавливается равным 100%, при отсутствии этой отметки - на минимальное значение шкалы, и при открытом дросселе времени интегрирования устанавливается контрольная точка $P_п = P_з = P_{вых}$ = 0,06 МПа (0,6 кгс/см²). Затем дроссель времени интегрирования закрывают и изменяют давление переменной на ±0,015 МПа (0,15 кгс/см²). После изменения выходного давления на $P_{вых} = \pm\frac{0,015}{ПП}\times 100\%$ МПа $\left(\pm\frac{0,15}{ПП}100\%\text{кгс}/\text{см}^2\right)$ дальнейшее изменение $P_{вых}$ не должно происходить, либо должно изменяться очень медленно (не более 150 Па в мин). В этом случае можно считать, что сопло C_2 элемента *9* герметично.

Причиной изменения $P_{вых}$ может быть также утечка воздуха через закрытый дроссель *13*. Поэтому при изменении давления $P_{вых}$ необходимо вначале проверить на герметичность указанный дроссель. Для этого, отвернув заглушку камеры *Д* элемента *1* и увеличив $P_п$ на 0,02 МПа (0,2 кгс/см²) относительно $P_з$, с помощью мыльного раствора проверяют утечку воздуха через образовавшееся отверстие. Если утечка воздуха есть, то винтом, расположенным под табличкой диска дросселя *13*, добиваются ее устранения. Затем повторно проверяют герметичность сопла C_2, предварительно поставив на место заглушку камеры *Д* элемента 1.

При проверке герметичности сопла C_1 реле *9* контрольную точку устанавливают так же, как и при проверке герметичности сопла C_2. Затем дроссель *13* закрывают и включают пневмотумблер *ПТ*. Давление переменной изменяют на ±0,015 МПа (0,15 кгс/см²).

Таблица 3.32

Основные неисправности регулятора типа ПР 3.31

Неисправность	Причина	Способ устранения
Контрольная точка смещена больше допустимого значения	Разрегулированы или неисправны элементы сравнения 1 и 6	Проверить работоспособность элементов сравнения, произвести регулировку взаимного расположения сопл и мембранного блока с помощью регулировочных винтов
Отсутствует выходное давление	Неисправность отключающего реле. Забит дроссель питания. Нарушена герметичность соединительных трубок и элементов, элементов и платы, межкамерных мембран в самих элементах	Проверить, отрегулировать положение шарикового клапана. Продуть, прочистить иглой. Проверить герметичность обмыливанием мест соединений, подтянуть винты. Заменить прокладки

Если выходное давление не меняется или скорость его изменения незначительна (до 150 Па в мин), то сопло C_1 герметично. Если сопло C_1 реле *9* герметично, то, открыв дроссель *13*, одновременно проверяют герметичность сопла C_1 реле *14*. Открытие этого дросселя не должно повлиять на показания манометра *МО3*. В противном случае сопло C_1 реле *14* негерметично.

При негерметичности сопл отключающих реле их разбирают, прочищают и при необходимости приклеивают резиновую заслонку либо заменяют ее новой.

Основные неисправности пропорционально-интегрального регулятора типа ПР 3.31 приведены в табл. 3.32.

3.7.4. Приборы регулирующие серии РС29 системы «Контур-2»

Комплекс приборов и устройств «Контур-2» предназначен для построения локальных систем автоматического регулирования. Приборы комплекса «Контур-2» заменяют приборы системы «Контур» (Р2Б; К16; К26). Комплекс «Контур-2» состоит из многофункциональных приборов регулирующих компактных с импульсным выходом РС29 (14 исполнений) и усилителей трехпозиционных У29 (2 исполнения). Приборы РС29 по сравнению с приборами системы «Контур» характеризуются расши-

Таблица 3.33

Виды входных сигналов приборов серии РС29

Модификация прибора	Исполнение прибора	Вид и номинальный диапазон изменения входных сигналов
РС29.0	РС29.011 РС92.012	Унифицированные сигналы постоянного тока 0 - 5 мА, 0 - 10 В; 0 - 0,1 В; 0 - 1 В. Изменение активного сопротивления термопреобразователя сопротивления ТС на 40 Ом. Сигнал переменного тока от реостатного или индуктивного датчика указателя положения исполнительного механизма.
	РС29.0.42 РС29.0.43	Унифицированные сигналы постоянного тока 0 - 5; 0 - 20; 4 - 20 мА; 0 - 10; 0 - 1 В. Сигнал от реостатного датчика указателя положения исполнительного механизма.
РС29.1	РС29Л.И	Изменение взаимоиндуктивности дифференциально-трансформаторного преобразователя на 10 мГн в пределах от (- 10) до (+10) мГн Унифицированные сигналы постоянного тока
		Изменение активного сопротивления термопреобразователя сопротивления ТС на 40 Ом Сигнал переменного тока от реостатного или индуктивного датчика указателя положения исполнительного механизма
	РС29.1.42 РС29.1.43	Сигналы от дифференциально-трансформаторных преобразователей те же, что в исполнении РС29.1.11(12) Унифицированные сигналы постоянного тока 0 - 5 мА, 0 - 20 мА; 0 - 1 В, 0 - 10 В Сигнал от реостатного датчика указателя положения исполнительного механизма
РС29.2	РС29.2.22 РС29.2.23 РС29.2.32 РС29.2.33	Изменение активного сопротивления ТС с градуировкой 50 М, 100 М, 23, соответствующее изменению температуры на 100 °С. Унифицированные сигналы постоянного тока 0 - 5 мА; 0 - 10 В Сигнал от реостатного датчика указателя положения исполнительного механизма
РС29.3	РС29.3 42 РС29.3.43	Изменение термо-ЭДС преобразователей термоэлектрических градуировок ХК (L); ХА (К); ПП (S); ПР (В) на 10 мВ в пределах от 0 до 50 мВ Унифицированные сигналы постоянного тока 0 - 5 мА,0 - 10 В Сигнал от реостатного датчика указателя положения исполнительного механизма

Таблица 3.34

Диапазоны изменения входных сигналов, входные сопротивления и масштабные коэффициенты передачи приборов модификаций РС29.0 и РС29.1

Исполнение прибора	Обозначение входного сигнала	Номинальный диапазон изменения входного сигнала	Входное сопротивление, Ом	Масштабный коэффициент передачи	
				Обозначение	Величина
РС29.0.11 РС29.0.12	X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10 $\alpha 2$	0 - 5 мА 0 - 0,1 В 0 - 1 В 0 - 10 В 0 - 10 В 0 - 5 мА 0 - 10 В 0 - 5 мА 0 - 1 В 0 - 10 В Свободный масштабатор	<250 $>10^4$ $>10^5$ $>10^6$ $\geq 2 \cdot 10^3$ <250 $>10^6$ <250 $\geq 2 \cdot 10^3$ $>10^6$ $>10^4$	— — — — $\alpha 1$ $\alpha 2$ — — $\alpha 1$ $\alpha 2$	1 1 1 1 От 0 до 1 От 0 до 1 1 1 От 0 до 1 1 От 0 до 1
РС29.1.11 РС29.1.12.	X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X10 $\alpha 2$	0 - 5 мА 0 - 0,1 В 0 - 1 В 0 - 10 В Изменение взаимоиндуктивности на 10 мГн в пределах 10 - 0 - 10 мГн 0 - 10 В Свободный масштабатор	≤ 250 $>10^4$ $>10^5$ $>10^6$ $\geq 2 \cdot 10^3$ $>10^4$ $\geq 2 \cdot 10^3$ $>10^5$ $>10^4$	— — — — $\alpha 1$ $\alpha 2$ — — $\alpha 2$	1 1 1 1 От 0 до 1 От 0 до 1 1 Вход РУ От 0 до 1

ренными функциональными возможностями, более широким использованием сигналов постоянного тока, повышенной точностью и надежностью, меньшими габаритными размерами и массой. Серийное производство приборов исполнений РС29.012; РС. 1.12; РС29.2.32; РС29.2.33; РС29.3.42; РС29.3.43 начато с 1986 г. Приборы исполнений РС 29.0.42; РС29.0.43; РС29.1.42; РС29.1.43; РС29.2.22; РС29.2.23 серийно выпускаются с 1987 г.

В зависимости от модификации и исполнения приборы (табл. 3.33, 3.34) выполняют следующие функции:

а) суммирование входных сигналов;

б) формирование и введение сигнала задания;

в) усиление сигнала отклонения (рассогласования) регулируемой величины от задания;

г) масштабирование входных сигналов;

д) демпфирование сигнала рассогласования;

е) формирование выходного сигнала для воздействия на управляемый процесс в соответствии с одним из следующих законов регулирования: пропорциональным (П) совместно с датчиком положения исполнительного механизма; пропорционально-интегральным (ПИ) совместно с исполнительным механизмом; пропорционально-интегрально-дифференциальным (ПИД) совместно с исполнительным механизмом (РС29.3); позиционным;

ж) аналогово-релейное преобразование по двум каналам с индикацией срабатывания (РС29.2; РС29.3);

з) нелинейное преобразование (РС29.2.32, РС29.2.33);

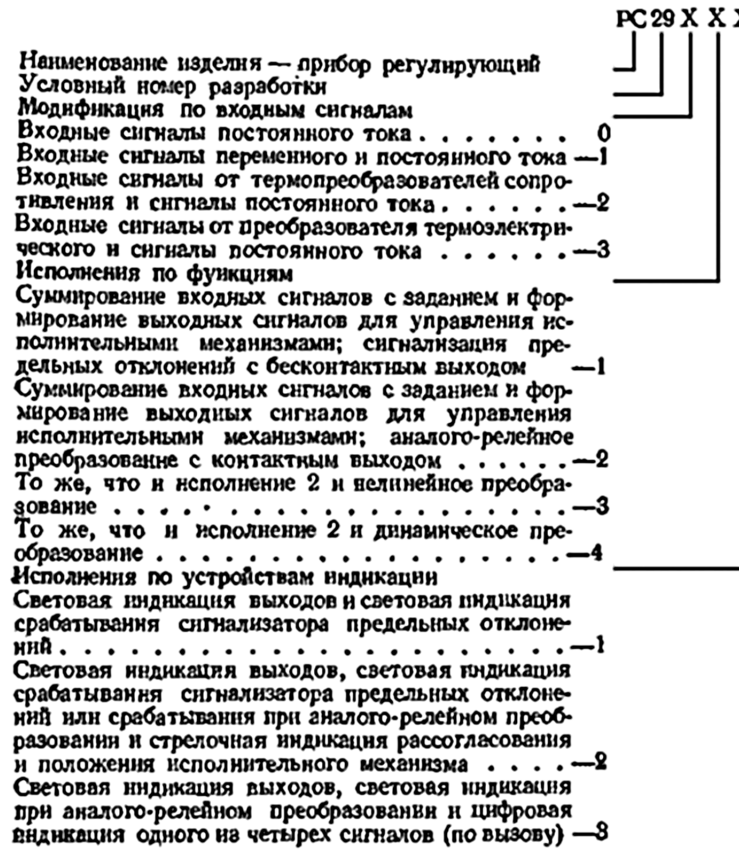
и) динамическое преобразование по дифференциальному или апериодическому закону (РС29.3);

к) обеспечение питания внешних задающих устройств и измерительных преобразователей (кроме РС29.3);

л) индикация: предельных отклонений сигнала рассогласования (РС29.0; Р,С29.1); выходов (кроме РС29.3); сигнала рассогласования (РС29.2; РС29.3); положений исполнительного механизма (РС29.0.12, РС29.1.12, РС29.2, РС29.3);

м) цифровая индикация следующих величин по вызову: задания (РС29.2, РС29.3); рассогласования (РС29.2, РС29.3); положения исполнительного механизма (РС29.2, РС29.3); величины дополнительного параметра (РС29.2.23, PG29.2.33, РС29.3.43).

Структура условного обозначения приборов серии РС29 приведена ниже.



Функциональная структура приборов большинства исполнений может легко изменяться путем перестановки перемычек на специальном коммутационном поле. Это дает возможность: осуществить динамическую связь между регуляторами, аналого-релейное преобразование с демпфированием, сигнализацию предельных значений различных величин, в том числе и контроль режима регулятора; формировать ПИД - закон регулирования совместно с ИМ постоянной скорости; вводить сигналы по производной.

Все входные и выходные сигналы прибора, которые оговоре-

ны при рассмотрении модификации приборов, подаются относительно общей точки, которая не связана с корпусом прибора.

Элементная база приборов - аналоговые интегральные микросхемы, тиристоры, микросхемы аналого-цифрового преобразования, цифровые индикаторы.

Все исполнения РС29 унифицированы по габаритным размерам и основным элементам конструкции, но отличаются количеством модулей (от 2 до 5), их типом, а также видом индикации. Все модификации имеют встроенный унифицированный источник питания. Индикаторы и органы управления расположены на передней панели. Органы статической и динамической настройки расположены на правой боковой стенке. На левой боковой стенке расположено коммутационное поле с перемычками. Доступ к органам настройки и перемычкам обеспечивается при частичном выдвижении шасси из корпуса без нарушения электрических соединений.

Подсоединение приборов РС29 к внешним цепям осуществляется при помощи 30 винтовых зажимов, расположенных на задней стенке. Глубина прибора за щитом 295 мм. Размер выреза в щите 55 Х 155 мм.

Коробка холодных спаев, необходимая при применении приборов регулирующих типа РС29.3, поставляется вместе с приборами.

Общие технические характеристики и номинальные значения диапазонов основных параметров, обеспечивающих настройку характеристик закона регулирования приборов РС29, следующие.

1. Диапазон изменения зоны нечувствительности Δ, в процентах от номинального диапазона изменения входного сигнала составляет от 0,4 до 4.

2. Диапазон изменения коэффициента передачи $\alpha_п$, с/%, - от 0,2 до 10.

3. Диапазон изменения постоянной времени интегрирования $\tau_и$, с, - от 5 до 500.

4. Диапазон изменения постоянной времени демпфирования $\tau_{дф}$, с, - от 0,25 до 5.

5. Минимальная длительность интегральных импульсов выходных сигналов при минимальном значении коэффициента передачи, в секундах, - от 0,08 до 0,15.

6. Максимальная длительность интегральных импульсов при максимальном значении коэффициента передачи, в секундах,- не менее 0,6.

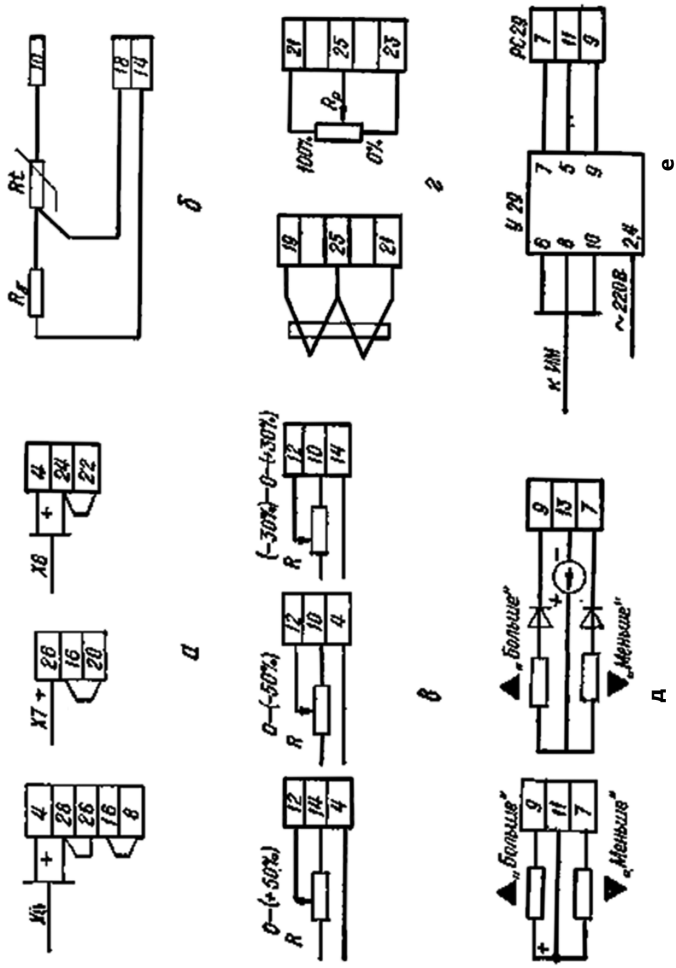


***Рис. 3.16*. Схемы подключения приборов модификации РС29.0.11 и РС29.0.12:**

а - входных сигналов постоянного тока и напряжения к масштабаторам $\alpha 1$ и $\alpha 2$; б - термопреобразователя сопротивления (ТС);
в - внешнего потенциометрического задатчика ЗУ-11;
г - датчика указателя положения (индуктивного, реостатного);
д - нагрузки к выходу Z1 (с внутренним и внешним источниками);
е - подключения пускового устройства к У29

Приборы модификаций РС29.0, РС29.1. Приборы РС29.0.11 и РС29.0.12 предназначены для применения в схемах автоматизации с использованием измерительных преобразователей с выходным сигналом постоянного тока (рис. 3.16).

Приборы РС29.1.11 и РС29.1.12 предназначены для применения в схемах автоматизации с использованием дифференциально-трансформаторных преобразователей и преобразователей постоянного тока (рис. 3.17).

Технические характеристики

1. Диапазоны изменения входных сигналов, входные сопротивления и масштабные коэффициенты передачи приборов по каждому из входов, выходные сигналы и параметры нагрузки приведены в табл. 3.35.

2. Диапазон изменения сигнала широкодиапазонного задатчика (корректора) от номинального диапазона изменения входного сигнала, %, - (- 100) - 0 - (+100).

3. Диапазон изменения сигнала оперативного задатчика от номинального диапазона изменения входного сигнала, %, - (-10)-(+10).

4. Диапазон изменения показаний индикатора положения исполнительного механизма при изменении сопротивления реостатного датчика положения не менее чем на 70 Ом или при изменении сигнала индуктивного датчика положения от 0 до 0,5 В (РС29.0.12; РС29.1.12), % - 0 - 100.

5. Диапазон изменения задания порогов срабатывания при сигнализации предельных отклонений в процентах от номинального диапазона входного сигнала, %, (- 100) - 0 - (+100).

Приборы модификации РС29.2 предназначены:

- для поддержания постоянного заданного значения температуры от 1 до 3 значений в системах автоматизации (РС29.2.22, РС29.2.23);

- для регулирования разности температур теплоносителей (от 1 до 3 значений) в зависимости от температуры наружного воздуха без коррекции по температуре воздуха внутри помещения (РС29.2.32, РС29.2.33).

Приборы (рис. 3.18) рассчитаны на подключение от 1 до 3 термопреобразователей сопротивления одной из следующих градуировок: 100 М; 50 М; 23 М.

Возможно применение преобразователя дополнительного параметра, который преобразует изменение температуры, измеряемой третьим термопреобразователем сопротивления, в

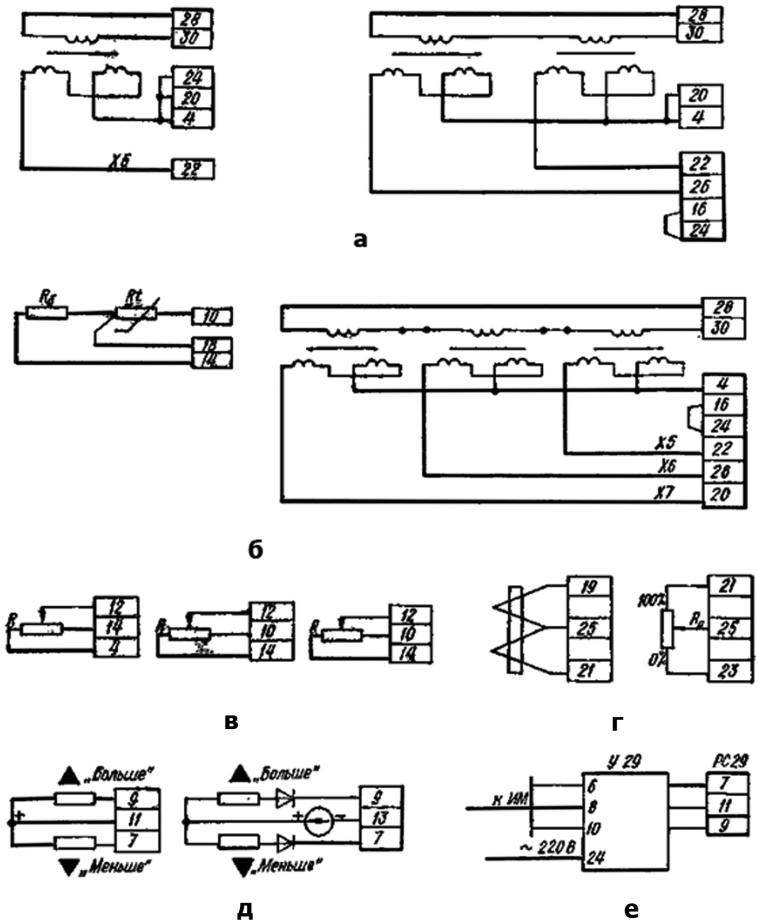


Рис. 3.17. **Схемы подключения приборов модификации РС 29.1:**
а-дифференциально-трансформаторных преобразователей (одного, двух, трех); б - термопреобразования сопротивления (ТС);
в - внешнего потенциометрического датчика ЗУ-11;
г-датчика указателя положения (индуктивного, реостатного);
д- нагрузки, к выходу 1 (с внутренним и внешним источниками);
е-пускового устройства У29

Таблица 3.35

Выходные сигналы и параметры нагрузки приборов модификаций РС29.0; РС29.1

Обозначение выходного сигнала	Вид и параметры выходного сигнала	Вид нагрузки	Параметры нагрузки и источников
Z1	Импульсы пульсирующего напряжения постоянного тока среднего значения 24 В	Активно-индуктивная	R ≥100 Ом, L не лимитируется
Z2	Импульсы напряжения постоянного тока (+10) или (-10) В	Активная	$R_н$ = 4 • 104 Ом, сигнал для связи между приборами
ε	Изменение сигнала рассогласования на 10 В в пределах от (-10) до (+10) В	То же	$R_н$ ≥ 104 Ом
Z3 Z4	Изменение состояния электронных ключей (напряжение постоянного тока, 0,24 В) при сигнализации предельных отклонении	Активно-индуктивная	$R_н$ ≥ 300 Ом, индуктивная составляющая, не лимитируется
$U_{оп}$	Напряжение постоянного тока (+10) или (-10) В	Активная	$R_{ВХ}$ = 2 • 108 Ом
Z5	Питание дифференциально-трансформаторных преобразователей (ДТП) частотой 400 Гц, 12,5 мА	От одного до трех ДТП	Для приборов РС29.1. 11, РС29.1.12

унифицированный сигнал напряжения постоянного тока, используемый для цифровой индикации параметра.

Технические характеристики

1. Диапазоны изменения входных сигналов, входные сопротивления и масштабные коэффициенты передачи по каждому из входов приведены в табл. 3.36; выходные сигналы и параметры нагрузок приведены в табл. 3.37.

2. Диапазон изменения сигнала широкодиапазонного задатчика (корректора), °С, - 0 до 200.

Таблица 3.36

Диапазоны изменения входных сигналов, входные сопротивления и масштабные коэффициенты передачи приборов модификации РС29.2

Обозначение входного сигнала	Номинальный диапазон изменения вводного сигнала	Входное сопротивление, Ом	Масштабный коэффициент передачи	
			Обозначение	Величина
X1			—	
X2	100°С	>105		1
X3			α_1	
X4	0—5 Ма	<500	—	0—1
	0—10 В	>104	α_2	1
	0—10 В	>104	—	0—1
X5	0—10 В	>106	—	1
X6	0—10 В	>106	—	1
X7	0—10 В	>104		1

3. Диапазон изменения сигнала оперативного задатчика, °С - (-10) до (+10).

4. Диапазон изменения показаний индикатора положения исполнительного механизма, %, - 0 - 100.

5. Диапазон изменения показаний цифрового индикатора (РС29.2.23; РС29.2.33) в режимах индикации:

а) °С - (-10) - (+199);

б) рассогласования, °С, - (- 19,90) - (+19,90);

в) положения ИМ, %, - 0 - 100;

г) величины сигнала «У» диапазона входного сигнала, %, - (-100) - (+100).

6. Диапазон изменения задания порогов срабатывания аналого-релейного преобразователя от номинального диапазона входного сигнала, %, - (-100)- (+100).

7. Диапазон установки точек изменения передачи при нелинейном преобразовании (РС29.2.32; РС29.2.33), %, -(-100) -(+100).

Приборы модификации РС29.3 предназначены для применения в схемах автоматического регулирования температуры, измеряемой преобразователями термоэлектрическими типа ТХК, ТХА. ТПП, ТПР (рис. 3.19).

Технические характеристики

1. Диапазоны изменения входных сигналов, входные сопротивления и масштабные коэффициенты передачи их каждому из входов приведены в табл. 3.38, выходные сигналы и параметры нагрузки приборов приведены в табл. 3.39.

Таблица 3.37

Выходные сигналы и параметры нагрузок приборов модификации РС29.2

Обозначение выходного сигнала	Вид и параметры выходного сигнала	Вид нагрузки	Параметры нагрузки и источников
Z1	Импульсы пульсирующего напряжения постоянного тока среднего значения 24 В	Активно-индуктивная	$R_н \geq 100$ Ом, L не лимитируется
Z2	Импульсы напряжения постоянного тока (+10) или (—10) В	Активная	$R_н = 4 \cdot 104$ Ом
ε	Изменение сигнала рассогласования на 10 В в пределах от (—10) до (+10) В постоянного тока	»	$R_н \geq 104$ Ом
Z3 Z4	Изменение состояния выходных контактов реле при аналого-релейном преобразовании	Активно-индуктивная	До 0,25 А, 36 В До 0,15 А, 36 В, $\tau \leq 0{,}015$ с
$U_{оп}$	Напряжение постоянного тока (+10) В для питания задающих устройств	Активная	$R_н \geq 2 \cdot 103$ Ом
Z5	Изменение сигнала преобразователя УП от 0 до 1 В	»	$R > 2 \cdot 103$ Ом
I	Постоянный ток для питания термопреобразователей сопротивления, мА 20 10 18,95	Активная	
U_1	Изменение напряжения постоянного тока при нелинейном преобразовании от (—10) В до 0 или от 0 до (+10)	»	$R_н > 2 \cdot 103$ Ом
U	Изменение напряжения постоянного тока на выходе преобразователя дополнительного параметра от (—10) В до 0 или от 0 до (+10) В	»	$R_н > 104$ Ом

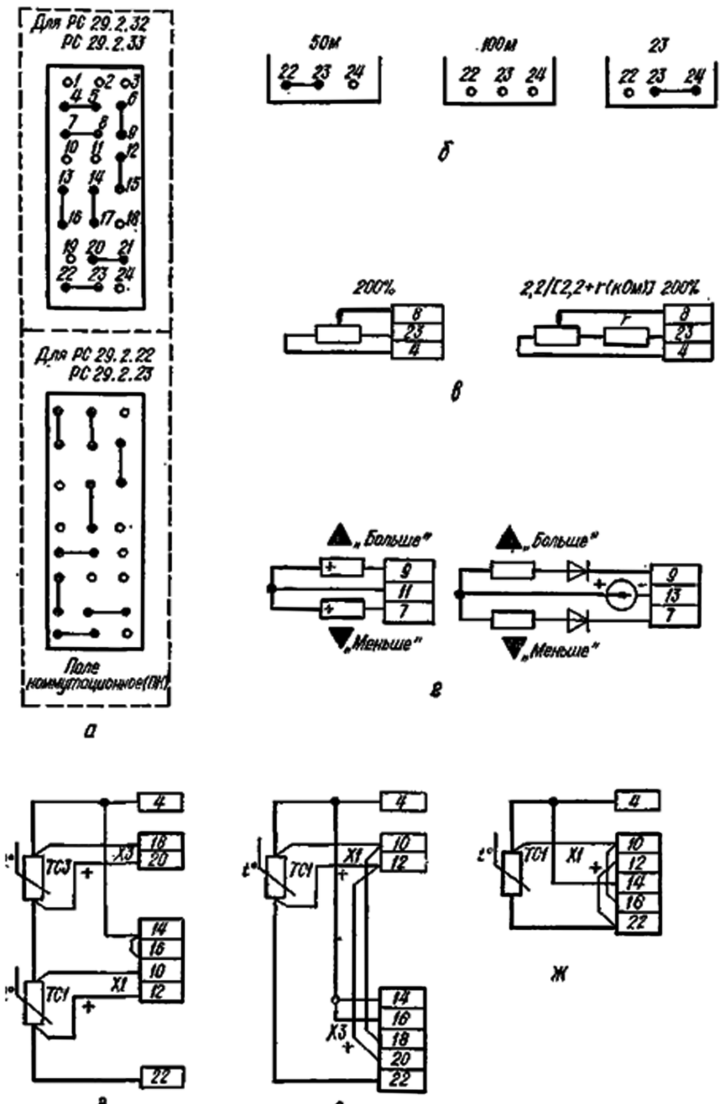


***Рис. 3.18*. Схемы подключения приборов модификации РС29.2:**
а- поле коммутационное (ПК); б - установка перемычек на ПК в зависимости от градуировки термопреобразователей сопротивления; в - подключения

внешнего потенцнометрического задатчика ЗУ-11; г - подключения нагрузки к выходу 1 (с внешним и внутренним источниками); д - подключения одного термопреобразователя сопротивления по трехпроводной схеме; е - подключения одного термопреобразователя сопротивления на входы Х1 и Х3; ж- подключения двух термопреобразователей сопротивлений

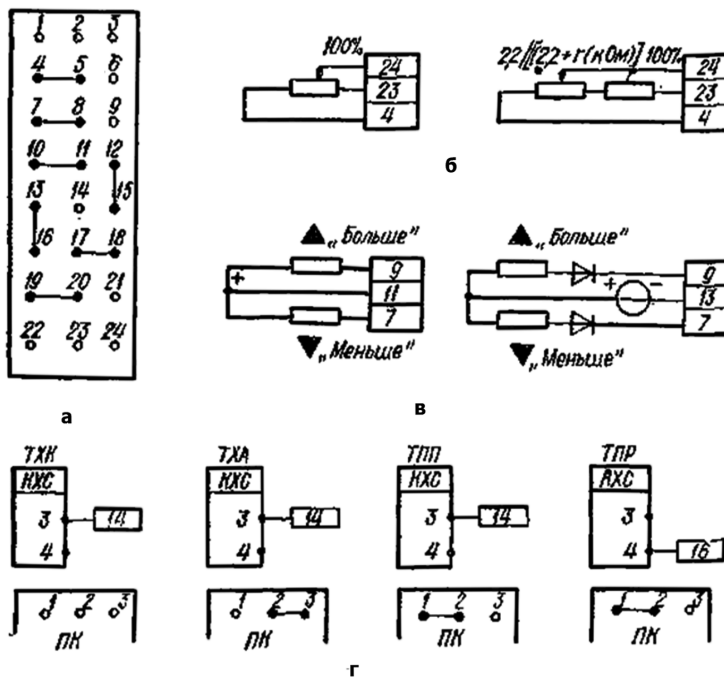


Рис. 3.19. **Схемы подключения приборов модификации РС29.3:** а-поле коммутационное ПК; б - внешнего потенциометрического задатчика ЗУ-11; в - нагрузки к выходу 1 (с внутренним и внешним источниками); г - сбор коробки холодных спаев (КХС) и коммутация на ПК в зависимости от градуировки термопреобразователя

Таблица 3.38

Диапазоны изменения входных сигналов, входные сопротивления и масштабные коэффициенты передачи приборов модификации РС 29.3

Обозначение входного сигнала	Номинальный диапазон изменения входного сигнала	Входное сопротивление, Ом	Масштабный коэффициент передачи
			Величина
X1	10 мВ	>104	1
X2	0 – 10 В	>104	-
X3	0 – 5 мА	<250	-
X4	0 – 10 В	>104	-
X5	0 – 5 мА	<250	-

2. Диапазон изменения постоянной времени при динамическом преобразовании Т,с, - 0 - 500.

3. Диапазон изменения сигнала широкодиапазонного задатчика (корректора), мВ, - 0-50.

4. Диапазон изменения сигнала оперативного задатчика, мВ, - 0-2.

5. Диапазон изменения показаний индикатора положения исполнительного механизма, %, - 0 -100.

6. Диапазон изменения показаний цифрового индикатора (РС29.3.43) в режимах индикации:

а) задании, мВ, - 0-50;

б) рассогласования от величины диапазона рассогласования, %, - (-19,9) - (+19,9);

в) положений исполнительного механизма в процентах от полного хода исполнительного механизма, %, - 0 - 100;

г) входа «У» при динамическом преобразовании от номинального диапазона входного сигнала, %, - (-100) - (+100).

7. Диапазон изменения задания порогов срабатывания при сигнализации предельных отклонений (аналого-релейного преобразования) в процентах от номинального диапазона входного сигнала - (100) - (+100).

Усилитель трехпозиционный У29 предназначен для комму-

Таблица 3.39

Выходные сигналы и параметры нагрузки приборов модификации РС29.3

Обозначение входного сигнала	Вид и параметры выходного сигнала	Вид нагрузки	Параметры нагрузки
Z1	Импульсы пульсирующего напряжения постоянного тока среднего значения 24 В	Активно-индуктивная	$R_н \geq 100$ Ом L не лимитируется
Z2	Импульсы напряжения постоянного тока (+10) или (-10) В	Активная	$R_н \geq 4 \cdot 104$ Ом
ε	Изменение сигнала рассогласования на 10 В в пределах от (-10) до (+10) В постоянного тока	«	$R_н \geq 10 \cdot 103$ Ом
Z3 Z4	Изменение состояния выходных контактов реле при аналого-релейном преобразовании	« Активно-индуктивная	До 0,25 А, 36 В До 0,15 А, 36 В, $\tau \leq 0{,}015$ с
$U_{оп}$	Напряжение постоянного тока (+10) В для питания задающих устройств	Активная	$R_н \geq 2 \cdot 103$ Ом
Y	Изменение напряжения постоянного тока при динамическом преобразовании на 10 В в пределах от (-10) до (+10) В	«	$R_н \geq 104$ Ом
Z5	Изменение сигнала преобразователя УП от 0 до (+1) В	Активная	$R_н \geq 2 \cdot 103$ Ом

тации силовых цепей напряжением 220 В. Выполняет следующие функции:

- преобразует выходные сигналы регулирующих приборов с импульсным выходом в состояние бесконтактных ключей (замкнуто - «1», разомкнуто - «0»); предотвращает замкнутое состояние ключей при одновременной подаче на входы усилителя «Больше» и «Меньше» сигналов единичного уровня; формирует паузы между моментами размыкания и замыкания ключей при мгновенном переключении сигналов на входах.

В зависимости от количества коммутирующих ключей усилители изготовляются двух исполнений: У29.2 и У29.3.

Усилитель У29.2 имеет два бесконтактных ключа, позволяющих управлять ИМ с двухфазными двигателями без электро-

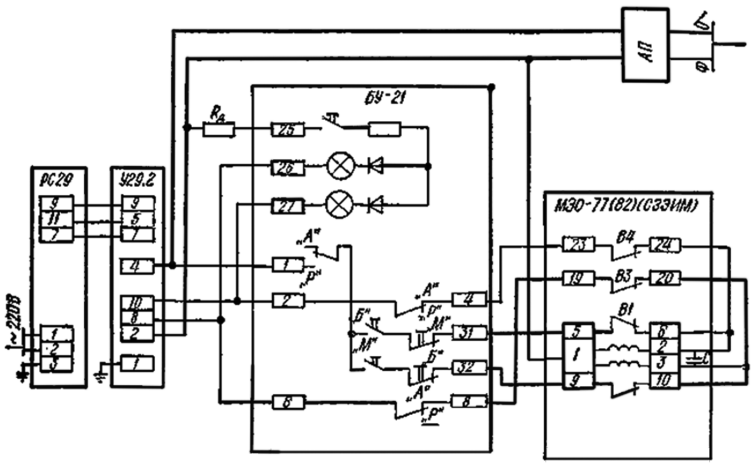


Рис. 3.20. **Схема управления исполнительным механизмом типа МЭО от регулирующего прибора РС29 через блок управления БУ-21 и усилитель тиристорный У29.2.**

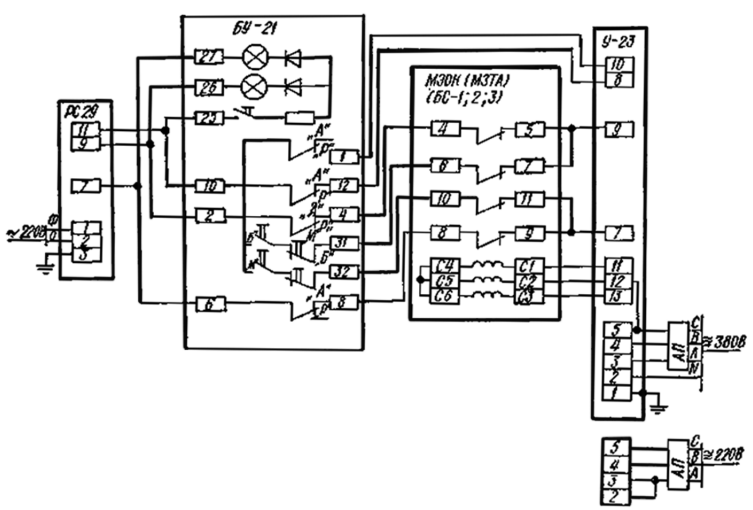


Рис. 3.21. **Схема управления исполнительным механизмом типа МЭОК от регулирующего прибора РС29 через блок управления БУ-21 и пускатель У-23**

магнитного тормоза, магнитными пускателями и другими исполнительными устройствами с рабочим напряжением 220 В и током 2 А (рис. 3.20).

Усилитель У29.3 имеет три бесконтактных ключа, позволяющих управлять ИМ с двухфазным двигателем с электромагнитным тормозом. Усилители У29 предназначены для постоянного монтажа внутри щита или по месту. Имеют прямоугольное металлическое основание с каркасом, на котором закреплены две плиты и клеммная колодка с 10 винтами-зажимами. Усилитель защищен металлическим корпусом. Клеммная колодка закрыта защитной крышкой.

При работе с внешними задающими устройствами используются устройства ЗУ-11, БУ-21 и др.

Технические характеристики

1. Величина средних значений двухполупериодного несглаженного напряжения постоянного тока в вольтах, подаваемых на вход «Меньше» (клеммы 7; 5) и «Больше» (клеммы 9; 5) для обозначения величин;

а) логическая единица (замыкание ключей), В, - 18,5-28,5 ;

б) логический нуль, В, (-10) - 0 - (+10).

2. Максимальное амплитудное значение логической единицы, В, не более 45.

3. Действующие значения тока и напряжения, коммутируемых выходными ключами, соответствуют значениям, приведенным в табл. 3.40.

4. Входное сопротивление по каждому входу, Ом, - не менее 100.

Схемы управления исполнительными устройствами, приведенные на рис. 3.21, 3.22, являются наиболее распространенными электрическими исполнительными механизмами, на работу с которыми рассчитана система «Контур 2». В качестве пусковых устройств рекомендуется использовать пускатели У23, У29, ПБР-2М.

Внешняя станция управления БУ-21 позволяет при необходимости дублировать устройство ручного управления, при этом она подключается после усилителя У29.

Таблица 3.40

Действующие значения тока и напряжения

Обозначение	Величина параметра		
	минимальная	номинальная	максимальная
~ U, В	18	220	250
~ I, А	0,1	08	2

Ремонт регулирующих приборов РС-29 и РС-29.1 с импульсным выходным сигналом

Выявление неполадок приборов

Неполадки в приборе могут быть вызваны нарушением контактирования в точках соединений, обрывами монтажного провода, неисправностью переключателей, переменных резисторов, замыкателей и индикаторов, а также неисправностями основных узлов прибора: модуля ИУ-012, модуля Р-029, источника питания ИПС-011 и модуля ИД-011 (для прибора РС-29.1).

Для выявления неполадок последовательно проверяют: соответствие напряжений на выходных контактах ИПС-011 и

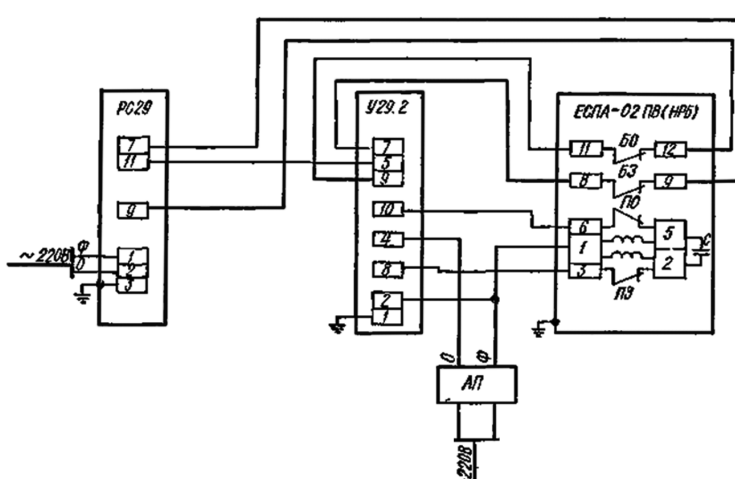


Рис. 3.22. **Схема управления исполнительным механизмом типа ЕСПА-02 (НРБ) от регулирующего прибора РС29**

прибора данным табл. 3.41, т. е. режимным показателям. Если выходные напряжения ИПС-011 не соответствуют этим данным, то выявляют, находится ли неисправность во внешних относительно ИПС-011 цепях или собственно в ИПС-011. Для этого отключают источник питания от прибора (кроме цепи 220 В) и снова проверяют режимные показатели, наличие напряжений постоянного тока +15 В на соответствующих контактах модулей ИУ-012, Р-029, ИД-011 и модулей панели управления, а также пульсирующего напряжения + (21...27) В на контактах модуля Р-029 и напряжения + (26...29) В на контактах модуля ИУ-012, функционирование измерительного модуля ИУ-012, для чего подают сигнал с помощью широкодиапазонного задатчика. При повороте органа "К" в крайнее правое положение сигнал должен изменяться от 0 до -10 В или от 0 до +10 В (соответственно положению "плюс" или "минус" замыкателя знака корректора). При этом контроль осуществляют на гнездах "ε" и "О. т." с помощью вольтметра, функционирование регулирующего модуля Р-029 или Р-029.1, для чего подают сигнал от измерительного модуля и фиксируют срабатывание регулирующего модуля по изменению выходного сигнала или по световым индикаторам на передней панели прибора.

При выявлении неполадок модулей прибора пользуются электрическими схемами, приведенными на рис. 3.23-3.26.

Органы настройки и контроля

На передней панели управления расположены: переключатель рода управления (автоматическое - ручное); ключ ручного управления («Больше» - «Меньше»); ручка изменения сигнала оперативного задатчика; световые индикаторы срабатывания каналов аналого-релейного преобразователя; световые индикаторы срабатывания управляющих сигналов («Больше» - «Меньше»); стрелочные индикаторы сигнала рассогласования «ε» и положения исполнительного механизма для исполнений РС-29.0.42 и РС-29.1.42; для исполнений РС-29.0.43, РС-29.0.43.1, РС-29.1.43 цифровой индикатор для индикации одного из четырех параметров по вызову и кнопки вызова значений рассогласования, положения исполнительного механизма, дополнительного параметра «У».

Таблица 3.41

Наименование прибора, модуля	Номера контакта прибора, модуля	Измеряемое напряжение, В	Измерительный прибор; класс точности	Примечание
1	2	3	4	5
РС-29.0, РС-29.1	4-23	10 + 0,05	Цифровой вольтметр, например В7-16	« + » на контакте 23
	11-13	24±3	Вольтметр постоянного тока; 1,5 или 2,5 (10 кОм/В)	« + » на контакте 11, пульсирующее напряжение
	5-4	10		« + » на контакте 5, срабатывает в сторону «Больше»; « — » на контакте 5, срабатывает в сторону «Меньше»
РС-29.1	22-20	20±2	Электронный осциллограф	Импульс напряжения симметричной треугольной формы частотой 400 Гц ± 10%
Источник питания стабилизированный ИПС-011	3Б-4Б 13Б-12Б	15 + 1,5	Вольтметр постоянного тока; 1,5 или 2,5 (10 кОм/В)	« + » на контакте 4Б, 13Б
	3Б-2Б 11Б-12Б			« + » на контакте 3Б, 12Б
	5Б-6Б	24±3		« + » на контакте 5Б
	15Б-14Б	27,5 ±1,5		«+» на контакте 14Б

Окончание табл.3.41

1	2	3	4	5
Источник питания стабилизированный ИПС-011	7А, 9А, 8А, 7Б, 9Б, 8Б	6 ±0,5	Вольтметр переменного тока; 2,5 (2 кОм/В)	-
Измерительный модуль ИУ-012	7А-5А (5Б-11Б)	15 ± 1,5	Вольтметр постоянного тока; 1,5...2,5 (10 кОм/В)	« + » на контакте 7А (5Б)
	3А-5А (3Б-11Б)			« + » на контакте 5А (11Б)
	9А-11А (7Б-11Б)	24...29		« + » на контакте 9А (7Б)
	27А-5А (13Б-11Б)	10 + 0,05	Цифровой вольтметр (например, В7-16)	«+» на контакте 27А (13Б)
Регулирующий модуль Р-029	S-3	15+1,5	Вольтметр постоянного тока; 1,5...2,5 (10 кОм/В)	«+» на контакте 5
	7-5			« + » на контакте 7
	5-9	24 + 3		«+» на контакте 9
	11-9			« + » на контакте 9
Регулирующий модуль Р-029	27-33 29-33	0 ± 0,050 0 ± 0,001	Цифровой вольтметр; 0,5 (например, В7-16)	-
Измерительный модуль ИД-011	11, 10	15±1,5	Вольтметр постоянного тока; 1,5...2,5 (10 кОм/В)	« + » на контакте 11
	9, 10			« + » на контакте 10
	1, 4	10±1		Полярность зависит от фазировки ДТП. Сигнал от ДТП равен 100%

На панели настройки модуля ИУ-012 расположены следующие органы: ручка подвижного контакта переменного резистора для плавного изменения постоянной времени «Г» при динамическом преобразовании, ручка замыкателя для дискретного изменения этой постоянной и гнезда «Выкл.», «х1», «х10»; ручки подвижных контактов переменных резисторов для изменения масштабных коэффициентов α_1 и α_2 передачи входного сигнала; ручка широкодиапазонного задатчика (корректора) «К», позволяющего создать сигнал, достаточный для уравновешивания любого заданного входного напряжения, а также гнезда «Плюс», «Минус» и замыкатель для изменения знака корректора; ручка подвижного контакта переменного резистора «0» для балансировки измерительной схемы модуля; ручки подвижных контактов переменных резисторов «$\beta_в$» и «$\beta_н$» для изменения порогов срабатывания каналов аналого-релейного преобразователя; гнезда «ε», «$З_д$», «Y_A» и «О.т.» для контроля соответствующих параметров.

На панели настройки модуля Р-029 расположены следующие органы: ручка «Δ» подвижного контакта переменного резистора для изменения зоны нечувствительности регулирующего прибора; ручка подвижного контакта переменного резистора для плавного изменения постоянной времени интегрирования $\tau_и$; ручка замыкателя множителя «$\tau_и$» для дискретного измерения этой постоянной и гнезда «х1», «х10»; ручка «$\alpha_п$» подвижного контакта переменного резистора для изменения коэффициента передачи; гнезда и замыкатель переключателя пропорционально-интегрального и позиционного режимов регулирования; ручка «$\tau_{имп}$» переменного резистора для изменения длительности включений в пульсирующем режиме; ручка «$\tau_{дф}$» переменного резистора для изменения постоянной времени демпфирования; ручки «0%» и «100%» подвижных контактов переменных резисторов для настройки указателя положения исполнительного механизма.

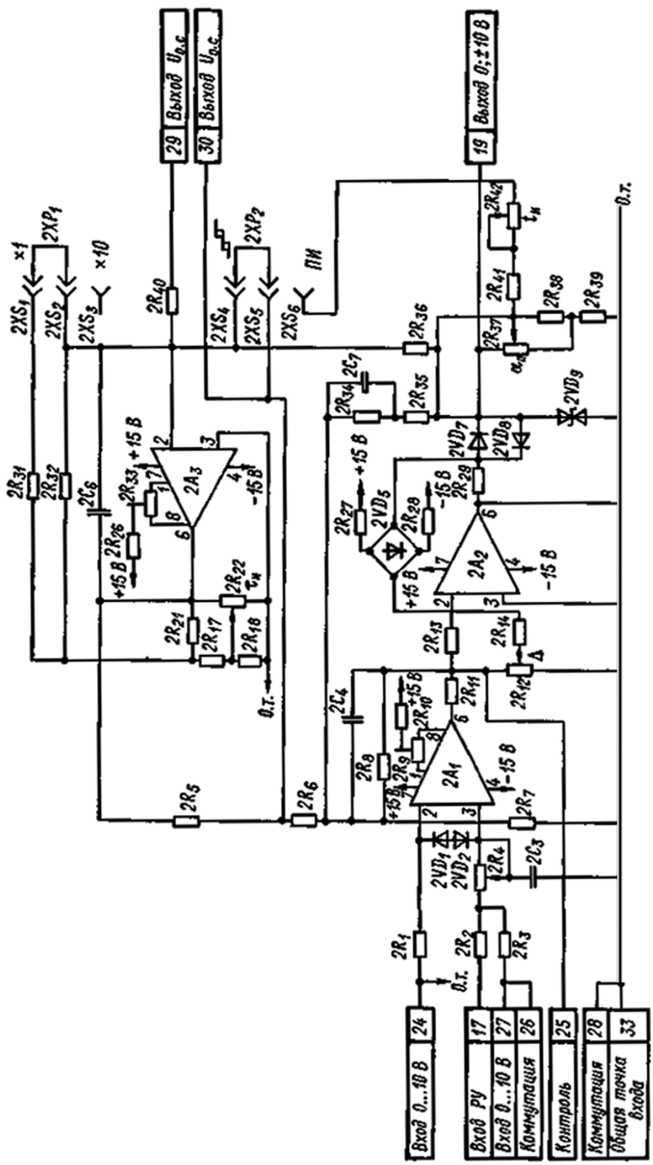
Проверка и настройка регулирующих модулей Р-029 н Р-029.1

Приборы и оборудование для проверки Р-029. На рис. 3.27 приведена схема проверки модуля Р-029, где PV_2, PV_3 -вольтметры постоянного тока (диапазоны измерений 0...100, 0...1 В) класса точности не ниже 0,5; PV_4, PV_5, PV_7 - вольтметры постоянного тока (диапазоны измерений 0...1, 0...10, 0...100 В)

класса точности не ниже 0,1; PA_2, PA_3 - миллиамперметры постоянного тока (диапазон измерений 0...100 мА) класса точности не ниже 1,5, например М42100; PA_4 - микроамперметр постоянного тока (диапазон измерений 0...100 мкА), например М4247; S_2, S_3, S_5...S_8 - переключатели на два положения, на одно направление, переходное сопротивление контактной пары не более 0,05 Ом; S_4, S_9 - переключатели на два положения, на два направления, переходное сопротивление контактной пары не более 0,05 Ом; ИН - регулируемый источник напряжения постоянного тока, диапазон выходного сигнала от 0 до 13 В, возможность дискретного изменения знака сигнала, $R_{вых}$ не более 100 Ом, разрешающая способность регулирования не более 1 мВ, пульсация выходного сигнала не более 0,2%, нестабильность при изменении напряжения сети в пределах от -15 до +10 % - не более 0,2%, сопротивление нагрузки не менее 2 кОм; K_1, K_2 - реле электромагнитные постоянного тока, напряжение на обмотке 24 В, сопротивление обмотки 550...780 Ом, время срабатывания не более 15 мс, время отпускания не более 8 мс (например, РЭС-22); R_2, R_3 - резисторы сопротивлением 180 Ом ± 5 %, мощностью не менее 6 Вт; R_4, R_5, сопротивлением 300 Ом + 5 %, мощностью не менее 0,25 Вт; R_7, R_8 - сопротивлением 75 Ом ± 1 %, мощностью не менее 0,25 Вт; C_1, C_2 - конденсаторы емкостью 4 мкФ+10%, рабочее напряжение не менее 100 В; VD_1, VD_2 - диоды светоизлучающие, красного свечения типа АЛ307БМ; P_1, P_2 - электросекундомеры (диапазоны измерений 0...1, 0...30 с), разрешающая способность не более 0,01 с; ИПС-011 - источник питания.

Проверка переходных сопротивлений между контактами. Измеряют омметром класса точности 1,5 переходные сопротивления между контактом 1 и панелью настроек модуля, а также между контактами 27 и 26, 28 и 33, 21 и 35, 49 и 11, 37 и 23. Измеренные значения сопротивлений не должны превышать 1 Ом.

Проверка электрического сопротивления изоляции. Замыкают накоротко контакты 3 и 49 модуля и с помощью мегаомметра измеряют электрическое сопротивление изоляции между этими контактами и контактом 1. Испытательное напряжение при измерении сопротивления изоляции должно быть 100...200 В. Сопротивление изоляции должно составлять не менее 100 МОм.


Выход $U_{о.с}$
Выход $U_{о.с}$
Выход 0;±10 В
Вход 0...10 В
Вход РУ
Вход 0...10 В
Коммутация
Контроль
Коммутация
Общая точка входа
ПИ
0.т.
+15 В
-15 В

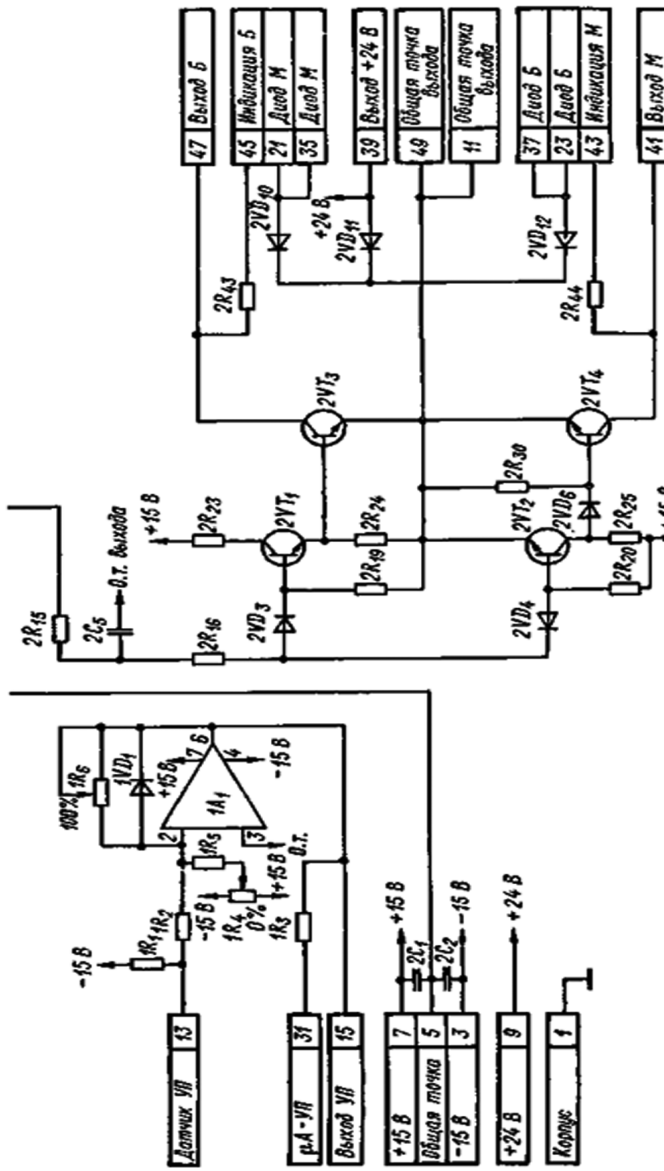
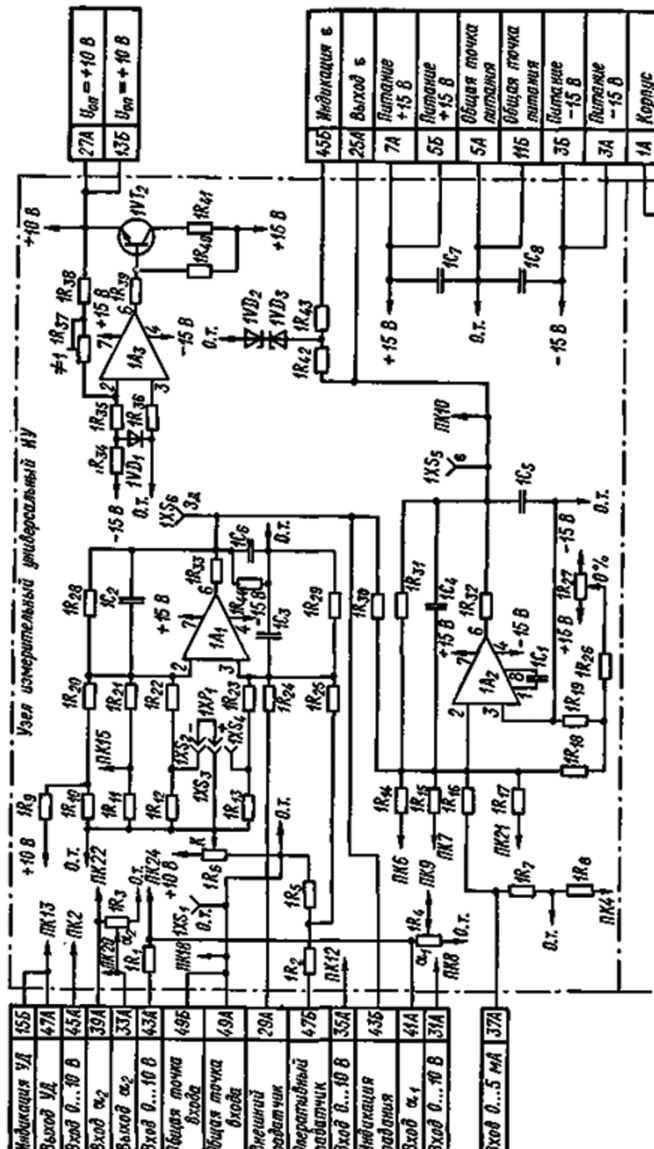


Рис. 3.23. **Электрическая схема регулирующего модуля Р-029**


Узел измерительный универсальный НУ
Индикация УД
Выход УД
Вход 0...10 В
Вход α2
Выход α2
Вход 0...10 В
Общая точка входа
Общая точка входа
Внешний задатчик
Оперативный задатчик
Вход 0...10 В
Индикация задания
Вход α1
Вход 0...10 В
Вход 0...5 мА
Индикация Б
Выход Б
Питание +15 В
Питание +15 В
Общая точка питания
Общая точка питания
Питание -15 В
Питание -15 В
Корпус
Uоп = +10 В
Uоп = +10 В
+10 В
+15 В
-15 В
0.т.

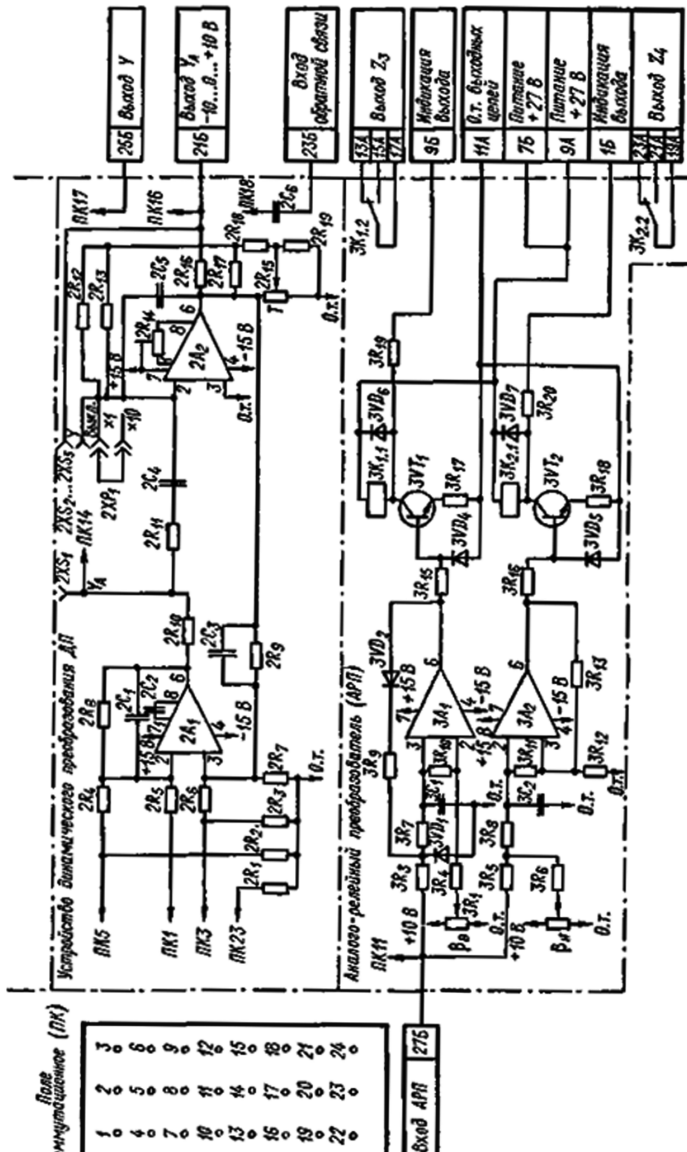


Рис. 3.24. Электрическая схема измерительного модуля ИУ-012

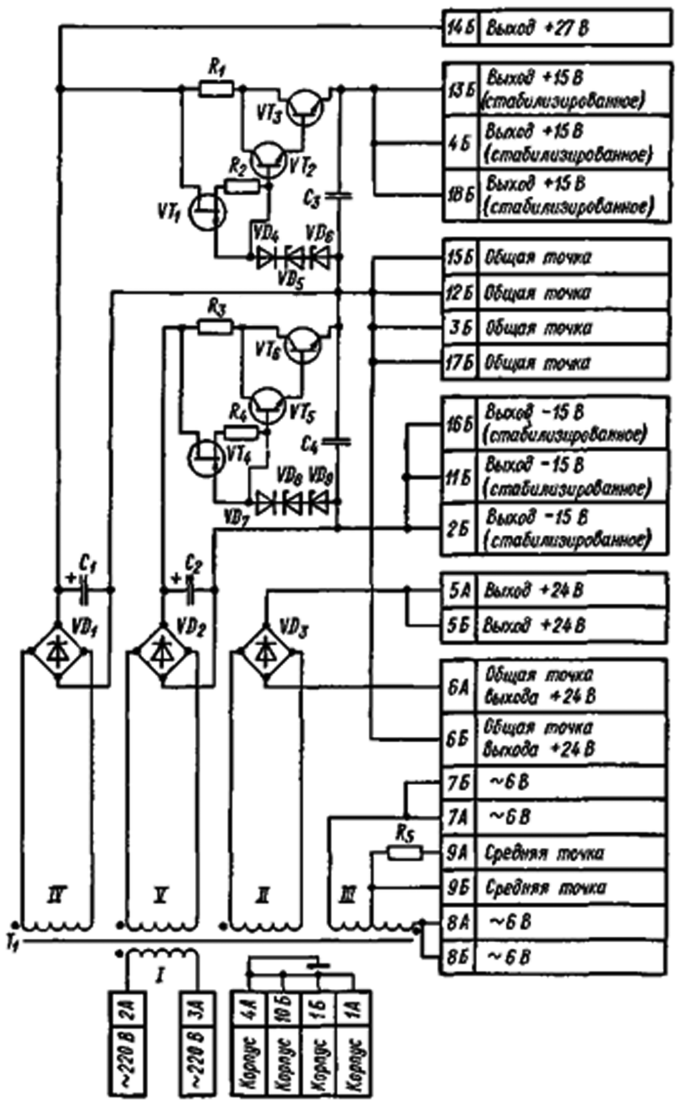


Рис. 3.25. **Принципиальная электрическая схема источника**

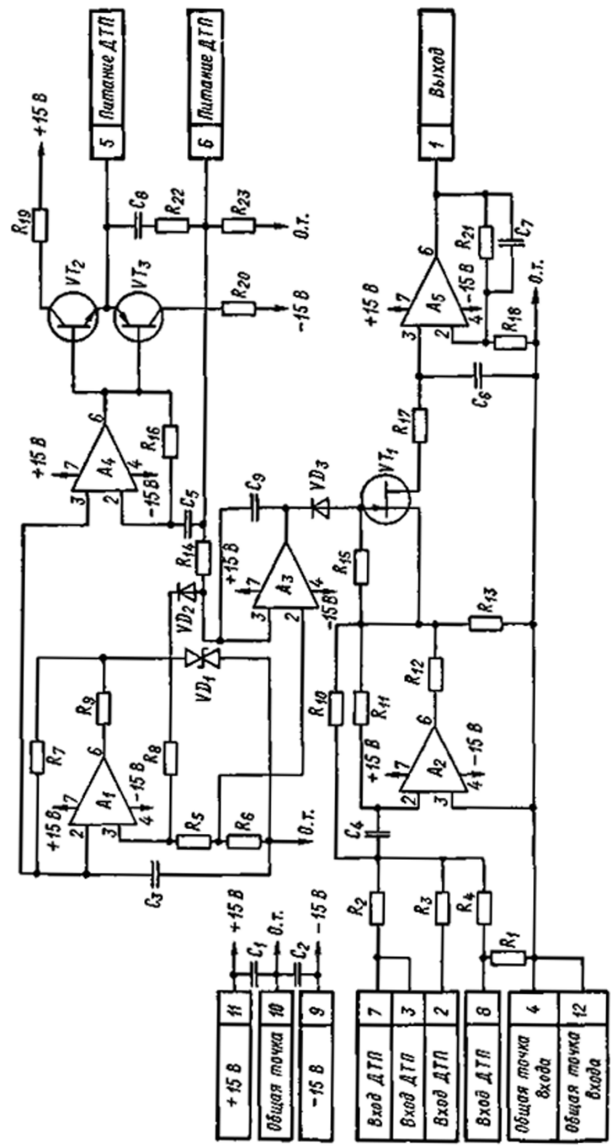


Рис. 3.26. **Принципиальная электрическая схема измерительного модуля ИД-011**

Проверка потребляемого тока

1. В соответствии со схемой, приведенной на рис. 3.27, включают модуль для проверки потребляемого тока. При этой проверке и в дальнейшем при проверке технического состояния и параметров модуля исходные состояния органов настройки модуля Р-029 и элементов проверочной установки следующие: все ключи переключателей находятся в положении «0»; выходное напряжение регулируемого источника напряжения постоянного тока равно нулю; орган изменений зоны нечувствительности «Δ» - на отметке 0,8; орган изменения длительности импульса «$\tau_{имп}$» - в крайнем левом положении; орган изменения коэффициента передачи «$\alpha_{п}$» - в крайнем левом положении; орган изменения постоянной времени интегрирования «$\tau_{и}$» - в крайнем левом положении; замыкатель множителя «$\tau_{и}$» - на отметке «х1»; замыкатель режима «ПИ» - в положении двухпозиционного регулирования; орган изменения времени демпфирования «$\tau_{дф}$» - в крайнем левом положении; орган изменения чувствительности указателя положения исполнительного механизма - в крайнем правом положении; корректор индикатора указателя положения исполнительного механизма-в среднем положении.

2. Переводят ключи переключателей S_2 и S_9 в положение «1». Напряжение от источника ИН, контролируемое вольтметром PV_4, устанавливают равным +0,5 В. При этом должно появиться напряжение на выходе (контакт 41) и включиться индикатор VD_1 «Меньше».

3. Фиксируют потребляемые токи по показаниям миллиамперметров PA_2 и PA_3, после чего изменяют полярность сигнала от источника ИН и вновь фиксируют показания миллиамперметров PA_2 и PA_3. Наибольший потребляемый ток не должен превышать 40 мА.

4. Переводят ключи S_2 и S_9 в положение «0». Балансировка модуля. С целью балансировки усилителя обратной связи (УОС) подключают вольтметр PV_7 к контактам 29 и 33 модуля. С помощью переменного резистора 2R33, расположенного на плате модуля, устанавливают на этих контактах напряжение, не превышающее 1 мВ. Оба индикатора выхода модуля должны при этом выключаться. Если один из индикаторов включен, то добиваются его выключения путем балансировки сумматора с помощью переменного резистора 2R9, расположенного на плате модуля. С целью балансировки сумматора подключают

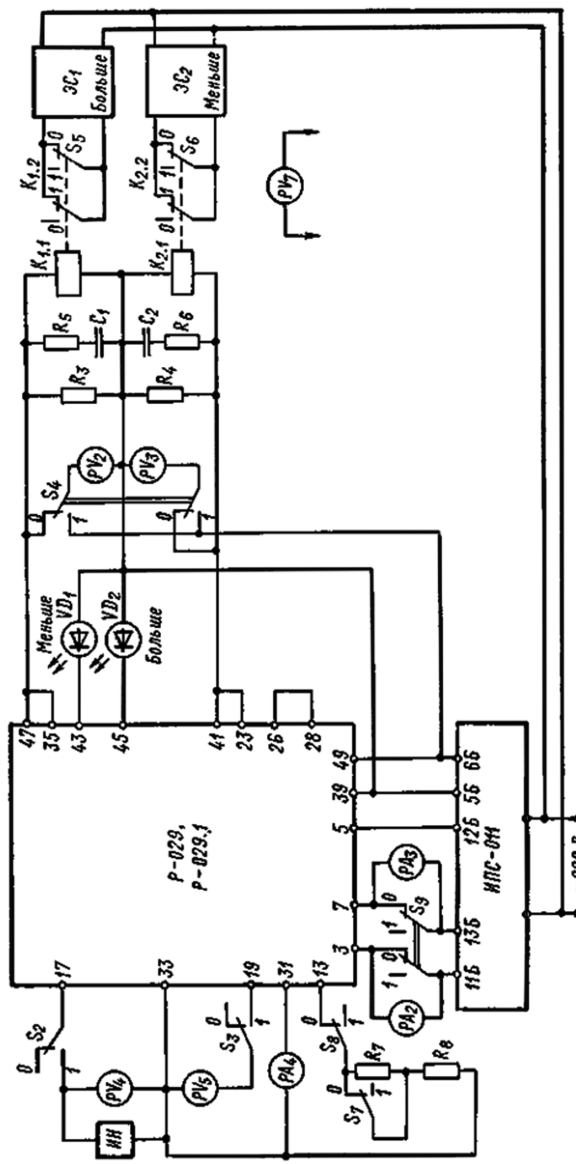


Рис. 3.27. Схема включения приборов для выявления неполадок и проверки регулирующего модуля Р-029 или Р-029.1

вольтметр PV_7 к контактам 25 и 33 модуля. С помощью переменного резистора 2R9, расположенного на плате модуля, устанавливают на этих контактах напряжение, не превышающее 50 мВ. Затем вновь балансируют УОС.

Проверка выходного напряжения сбалансированного модуля

При проверке напряжения по показаниям вольтметров PV_2 и PV_3 на выходах «Меньше» и «Больше» измеряемое напряжение не должно превышать 0,18 В.

При проверке выходного напряжения 0 и +10 В по показаниям вольтметра PV_5 и переводе переключателя S_8 в положение «1» измеряемое напряжение должно быть не более 0,18 В.

Переводят ключи и органы настройки в исходное положение.

Проверка выходных напряжений при срабатывании модуля. С помощью источника напряжения ИН подают контролируемое вольтметром PV_4 напряжение, равное + 0,5 В, после чего устанавливают ключи S_2 и S_3 в положение «1». При этом вольтметр PV_3 должен показать + (24 + 2) В, а вольтметр PV_5 -напряжение -(10+1) В.

Затем от источника ИН подают напряжение, равное - 0,5 В. При этом вольтметр PV_3 должен показать +(24 + 2) В, а вольтметр PV_5 - напряжение -(10+1) В.

Переводят ключи и органы настройки в исходное положение.

Проверка минимального значения зоны нечувствительности. Орган настройки зоны нечувствительности устанавливают в крайнее левое положение. Ключ S_2 устанавливают в положение «1». При положительной полярности напряжения на выходе источника ИН плавно изменяют это напряжение, начиная от нуля, со скоростью не более 2 мВ/с до момента включения индикатора и замечают напряжение, при котором произошло включение индикатора. Таким же образом действуют при отрицательной полярности напряжения на выходе источника ИН. Затем суммируют отмеченные напряжения. Эта сумма не должна превышать (40+14) мВ для модуля Р-029 и (40+7) мВ для Р-029.1. Переводят ключи и органы настройки в исходное положение.

Проверка коэффициента передачи α_n. При этой проверке последовательно определяют три коэффициента передачи: максимальный, средний, или промежуточный, и минимальный. Каждый из коэффициентов находят раздельно сперва для модуля Р-029, затем - для Р-0.29.1.

1. При нахождении максимального значения коэффициента передачи органы настройки коэффициента $\alpha_п$ и постоянной времени интегрирования $\tau_и$ переводят в крайнее правое положение при ПИ-режиме работы и затем подают на модуль напряжение от источника ИН, равное на первом этапе +5 В, на втором - + 0,2 В.

После подачи напряжения переводят замыкатель множителя в положение «х10», ключ S_2 - в положение «1» и одновременно включают механический секундомер.

Длительность первого включения τ_1 модуля на первом этапе для модулей Р-029 должна составить (50 + 18) с, для Р-029.1 - (50+9) с; на втором этапе независимо от модификации модуля длительность первого включения τ_1 должна составить (40+14) с.

2. При нахождении промежуточного значения коэффициента передачи орган настройки коэффициента $\alpha_п$ устанавливают в положение «4», а орган настройки постоянной времени интегрирования $\tau_и$ переводят в крайнее правое положение при ПИ-режиме работы, после чего соблюдают тот же порядок работы, что и при определении максимального коэффициента передачи.

Длительность первого включения τ_1 модуля на первом этапе для Р-029 должна составить (20+7) с, а для Р-029.1 - (20+4) с; на втором этапе независимо от разновидности модуля длительность первого включения τ_1 должна составить (16+5,5) с.

3. При нахождении минимального значения коэффициента передачи на первом этапе подают напряжение, равное +1,0 В, и переводят ключ S_6 в положение «1», а на втором этапе подают напряжение, равное -1,0 В, и переводят ключ S5 в положение «1», после чего орган настройки зоны нечувствительности устанавливают в крайнее левое положение, а орган настройки $\tau_и$ - в крайнее правое положение при ПИ-режиме работы, после чего соблюдают порядок работы п.1.

Длительность первого включения τ_1 модуля на первом и втором этапах для модулей Р-029 должна составить (2+0,6) с, а для Р-029.1 - (2+0,3) с; для модулей одинаковой модификации разность абсолютных длительностей первого включения τ_1 на каждом из этапов не должна превышать 0,2 с.

4. Переводят ключи переключателей и органы настройки в исходное положение.

Проверка постоянной времени интегрирования $\tau_и$. Различают максимальное, промежуточное и минимальное значение постоянной времени интегрирования $\tau_и$.

Срабатывание интегральной части происходит в виде импульсов, наблюдаемых по зажиганию и погасанию индикатора включения исполнительного механизма.

После перевода ключа S_2 в положение «1» электросекундомером фиксируют продолжительность первого включения τ_1, по окончании которого индикатор гаснет, но через некоторое время вновь загорается под влиянием интегрального импульса. В момент возникновения интегрального импульса (загорания индикатора) включают механический секундомер и фиксируют время nT, где n - число учтенных интегральных импульсов, T - промежуток времени между появлением первого и второго интегральных импульсов. При этом электросекундомером фиксируют время $nt_и$, где $\tau_и$ - продолжительность одного интегрального импульса.

Проверку максимального значения и производят в два этапа.

1. С помощью вольтметра PV_4 задают от источника ИН напряжение, равное +1,0 В; ключ S_6 устанавливают в положение «1»; орган настройки и перемещают в крайнее правое положение при ПИ-режиме работы.

Переводят замыкатель множителя $\tau_и$ в положение «х10», затем ключ S_2 переводят в положение «1», после чего действуют, как указано выше. Число импульсов $n \geq 3$. Наблюдение ведут по электросекундомеру.

Постоянную времени интегрирования вычисляют по уравнению

$$\tau_и = t_1 \frac{nT}{nt_и}. \qquad (3.29)$$

Для модулей модификации Р-029.1 допускается $\tau_и$= (2000+720) с, для Р-029 - $\tau_и$ = (500+180) с.

2. С помощью вольтметра PV_4 задают напряжение от источника ИН равным -1,0 В; ключ S_6 устанавливают в положение «0»; ключ S_5 перемещают в положение «1». В остальном следуют указаниям, приведенным в пояснении к первому этапу. Наблюдение ведут по электросекундомеру.

Абсолютная разность измеренных значений $\tau_и$ на втором и первом этапах не должна превышать 100 с - для Р-029.1 и 50 с - для Р-029. Если это условие не выполняется, то производят балансировку модуля.

Проверку промежуточного значения $\tau_и$ производят в такой последовательности. Напряжение от источника ИН с помощью вольтметра PV_4 задают равным +1,0 В, после чего ключ S_6 устанавливают в положение «1», а орган настройки и - в крайнее правое положение при ПИ-режиме работы.

Переводят замыкатель множителя $\tau_и$ в положение «х1», а затем действуют, как на первом этапе. Наблюдение ведут по электросекундомеру.

Постоянную времени интегрирования вычисляют по уравнению

$$\tau_и = t_1 \frac{nT - nt_и}{nt_и}. \quad (3.30)$$

Для модулей модификации Р-029.1 допускается $\tau_и$ = (200+72) с, для Р-029 - $\tau_и$ = (50+18) с.

Проверку минимального значения $\tau_и$ производят в такой последовательности. Напряжение от источника ИН с помощью вольтметра PV_4 задают равным +0,5 В, а затем действуют так же, как при проверке промежуточного значения $\tau_и$. Отличие заключается лишь в том, что электросекундомером фиксируют время $nt_и$ при соблюдении условия $nT \geq 25$ с.

Для модулей модификации Р-029.1 допускается $\tau_и$ = (20 + 7,2) с, для Р-029 - $\tau_и$ = (5,0+1,8) с.

По окончании проверки постоянной $\tau_и$ все переключатели и органы настройки устанавливают в исходное положение.

Проверка максимального значения зоны нечувствительности Δ_{max} и постоянной времени демпфирования $\tau_{дф}$. Проверку осуществляют в четыре этапа. Полярность «плюс» или «минус» сигналов источника ИН соответствует положительному или отрицательному потенциалу на верхнем выводе по схеме проверки.

1. Орган настройки зоны нечувствительности устанавливают в крайнее правое положение, орган настройки $\tau_{дф}$ - в исходное положение; полярность источника ИН - «плюс»; переводят ключ S_2 в положение «*1*», после чего изменяют выходное напряжение источника ИН со скоростью не более 20 мВ/с до момента включения индикатора «Меньше». Фиксируют среднюю скорость изменения напряжения. Переводят ключ S_2 в положение «*0*».

2. Органы настройки зоны нечувствительности и времени $\tau_{дф}$ устанавливают в крайнее правое положение; напряжение на выходе источника *ИН* задают равным 1,6 значения зафиксированного при средней скорости изменения напряжения; переводят ключ S_2 в положение «1» и одновременно включают механический секундомер. Фиксируют постоянную времени демпфирования $\tau_{дф}$ как промежуток времени, прошедшего с момента включения ключа S_2 до момента срабатывания модуля.

Для модулей модификации Р-029 допускается $\tau_{дф}$>3,5 с, для модулей Р-029.1 - $\tau_{дф}$ = (10+3,6) с.

Переводят ключ S_2 в положение «*0*»; орган настройки $\tau_{дф}$ переводят в исходное положение.

3. Задают полярность источника *ИН* - «минус»; переводят ключ S_2 в положение «*1*», после чего изменяют выходное напряжение источника ИН со скоростью не более 20 мВ/с до момента включения индикатора «Больше».

Фиксируют среднюю скорость изменения напряжения.

Абсолютная сумма напряжений средних скоростей изменения напряжений на первом и третьем этапах для модулей Р-029 должна составлять (400+140) мВ, для модулей Р-029.1 -(400±70) мВ.

Переводят ключ S_2 в положение «*0*».

4. Органы настройки зоны нечувствительности и времени $\tau_{дф}$ устанавливают в крайнее правое положение; напряжение на выходе источника *ИН* задают равным 1,6 значения зафиксированного при средней скорости изменения напряжения третьего этапа. Переводят ключ S_2 в положение «*1*» и включают механический секундомер.

Для модулей Р-029 допускается $\tau_{дф}$>3,5 с, для модулей Р-029.1- $\tau_{дф}$ = (10+3,6) с.

Проверка длительности импульсов. Для проверки минимальной длительности импульсов задают напряжение от источника ИН равным +0,5 В; орган настройки времени $\tau_и$ устанавливают в крайнее правое положение; замыкатель множителя $\tau_и$ устанавливают в положение «х1» при ПИ-режиме работы; ключ S_6 устанавливают в положение «*1*». Ключ S_2 переводят в положение «*1*» и электросекундомером P_2 фиксируют сумму продолжительностей не менее 10 импульсов.

Средняя продолжительность импульса должна составлять не менее 0,08 с.

Затем ключ S_2 переводят в положение «*0*», а ключ S_5 - в

положение «*1*». Задают напряжение источника *ИН* равным -0,5 В. Переводят ключ S_2 в положение «*1*» и электросекундомером P_1 фиксируют суммарную продолжительность не менее чем 10 импульсов.

Средняя продолжительность импульса должна составлять не менее 0,08 с.

Переводят ключи S_2 и S_5 в положение «*0*».

Для проверки максимальной длительности импульсов устанавливают орган настройки зоны нечувствительности в крайнее левое положение, ключ S_6 - в положение «*1*», задают напряжение от источника ИН равным +0,5 В; органы настройки времени $\tau_и$ и $\tau_{имп}$ перемещают в крайнее правое положение при ПИ-режиме работы; замыкатель множителя $\tau_и$ переводится в положение «х10».

Переводят ключ S_2 в положение «*1*» и одновременно плавно перемещают орган настройки коэффициента передачи из левого в правое положение, после чего по электросекундомеру P_2 фиксируют длительность трех импульсов.

Допускается максимальная средняя продолжительность одного импульса $\tau_и$>0,65 с.

Проверка и настройка измерительного модуля ИУ-012

Приборы и оборудование для проверки ИУ-012. На рис. 3.28 приведена схема проверки модуля ИУ-012, где PV_1, PV_2 - вольтметры постоянного тока, например В7-16 (диапазоны измерений 0…1, 0…10, 0…100 В), класса точности не ниже 0,1; PA_2 - миллиамперметр постоянного тока, например В7-27 (диапазон измерений 0…100 мА), класса точности не ниже 0,5; PA_3 …PA_5 - миллиамперметры постоянного тока, например М42100 (диапазон измерений 0…100 мА), класса точности не ниже 1,5; РА1 - микроамперметр постоянного тока, например М4247 (диапазон измерений 50…0…50 мкА), $R_{ви}$ = 3 кОм; S1, S_4….S_7, S_{10}…S_{13} - переключатели на два положения, одно направление; S_2 - переключатель на шесть положений, одно направление; S_3 - переключатель на три положения, одно направление; S_8, S_9 - переключатели на четыре положения, одно направление; S_{14} - переключатель на два положения, два направления (переходное сопротивление каждой контактной пары переключателей S_1…S_{14} не превышает 0,05 Ом); *ИН* - регулируемый источник напряжения постоянного тока; *ИТ* - регулируемый источник по-

стоянного тока; R_1 - переменный резистор сопротивлением 30 кОм + + 10%, например НПЗ-40; VD_1...VD_6 - диоды светоизлучающие, красного цвета, например АЛ307-БМ; ИПС-011 - источник питания; R_2...R_5 - резисторы сопротивлением 2,4 кОм+10%, мощностью не менее 0,5 Вт; R_6 - сопротивлением 51 кОм+10%, мощностью не менее 0,25 Вт.

Используются также омметр, например Ц4312, и мегаомметр, например М4100.

Исходное положение ключей и органов настройки перед проверкой: ключи - в положении «*0*»; подвижный контакт резистора R_1 - в левом положении; органы изменения коэффициентов передачи широкодиапазонного задатчика *K*, постоянной времени *T* при динамическом преобразовании - в крайнем левом положении; органы изменения порогов срабатывания $\beta_н$ и $\beta_в$ при аналого-релейном преобразовании - в крайнем правом положении; замыкатель множителя *T* - в положении «Выкл.»; замыкатель знака корректора - в положении «плюс». Знак «плюс» сигналов источников *ИН* и *ИТ* соответствует положительному напряжению на верхнем выводе по схеме проверки.

Перед началом любой из проверок все переключатели и органы настройки устанавливают в исходное положение.

Проверка электрического сопротивления изоляции. Мегаомметром при испытательном напряжении 100 В измеряют сопротивление изоляции между накоротко соединенными контактами модуля 2А - 49А, 1Б - 49Б и 1А. Измеренное сопротивление должно составлять не менее 100 МОм.

Проверка потребляемого тока. Контролируя показания вольтметром PV_1 с помощью переменного резистора 1R37 модуля подстраивают опорное напряжение постоянного тока для питания задающих устройств. Оно должно составлять (10+0,02) В.

Устанавливают ключ S_{14} в положение «*1*».

Потребляемый ток в цепи питания (+15 В), измеряемый миллиамперметром PA_3, не должен превышать 45 мА; потребляемый ток в цепи питания (-15 В), измеряемый миллиамперметром PA_4, не должен превышать 35 мА; потребляемый от источника питания (+27 В) ток, измеряемый миллиамперметром PA_5, не должен превышать 30 мА.

Балансировка модуля. Для балансировки усилителя рассогласования переводят ключи S_2 и S_6 в положение «*1*», затем, контролируя напряжение по показаниям вольтметра PV_1,- в положение «*0*».

Для балансировки усилителя задания переводят ключ S_2 в положение «*5*» и, контролируя напряжение по показаниям вольтметра PV_1 изменяют положение подвижного контакта переменного резистора *R1* схемы проверки.

Для балансировки усилителя динамического преобразователя ключ S_2 устанавливают в положение «*4*», а орган изменения постоянной времени *T* - в крайнее правое положение и, контролируя напряжение по показаниям вольтметра PV_1 изменяют положение подвижного контакта переменного резистора 2R14 модуля.

Допустимые значения измеряемых напряжений - 20...+20 мВ.

Проверка верхних предельных значений масштабных коэффициентов передачи измерительного устройства

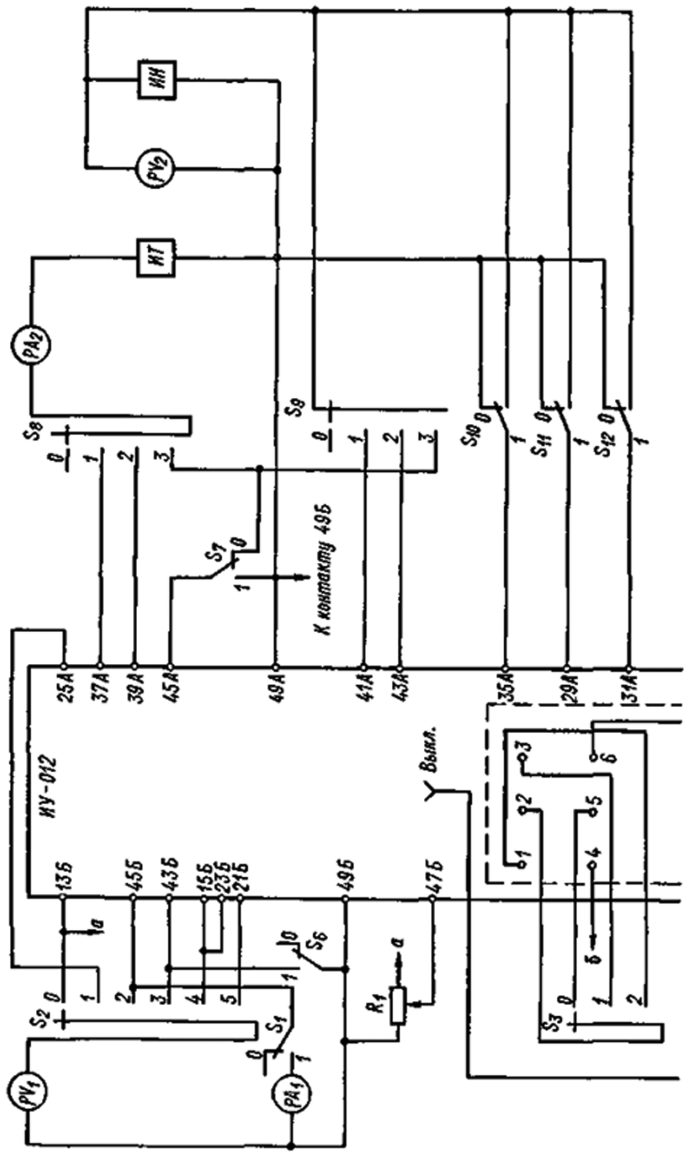
1. Для немасштабируемого входного сигнала 0…5 мА ключи S_2, S_6 и S_8 переводят в положение «*1*», после чего с помощью миллиамперметра PA_2 задают ток + 2,5 мА. При этом по вольтметру PV_1 допускается иметь измеряемое напряжение равным (5+0,125) В, а ток по показаниям миллиамперметра PA_2 не должен измениться. Возвращают ключи и органы проверки в исходное положение.

Для масштабируемого входного сигнала 0…5 мА переводят ключи S_2 и S_6 в положение «*1*», ключ S_8 - в положение «*2*» и задают с помощью миллиамперметра PA_2 ток +2,5 мА, после чего переводят орган «*2*» изменения масштабных коэффициентов а в крайнее правое положение. При этом напряжение и ток должны соответствовать указанным в п.1.

Для масштабируемого входного сигнала 0 ..20 мА оставляют ключи S_2, S_6 и S_8 в том же положении, а ключ S_4 переводят в положение «*1*», после чего устанавливают с помощью миллиамперметра PA_2 ток +5 мА. По вольтметру PV_1 допускается иметь измеряемое напряжение равным (5+1,625) В, а показания миллиамперметра PA_2 остаются без изменений, т. е. +5 мА. Возвращают ключи и органы проверки в исходное положение.

3. Для масштабируемого входного сигнала 0…1 В ключ S_8 возвращают на отметку «*0*»; ключи S_2, S_6 и S_9 устанавливают в положение «*1*»; с помощью вольтметра PV_2 задают напряжение питания +0,5 В; орган «*2*» изменения масштабных коэффициентов а переводят в левое положение, но подобный орган *а* устанавливают в крайнее правое положение.

После этого допускается по показанию вольтметра PV_1 иметь напряжение равным (5+0,125) В.


НН
РУ2
НТ
РА2
S8
S9
S10
S11
S12
S7
К контакту 49Б
25А
37А
39А
45А
49А
41А
43А
35А
29А
31А
НУ-012
13Б
45Б
43Б
15Б
23Б
21Б
49Б
47Б
Выкл.
S6
S2
S1
S3
R1
РУ1
РА1

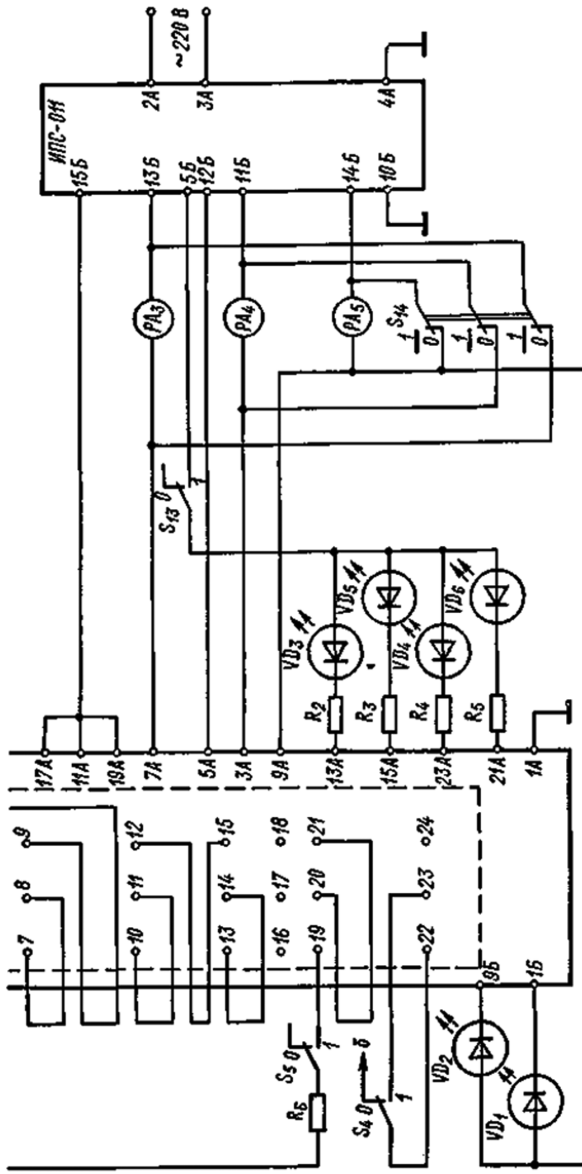


Рис.3.28. **Схема включения приборов для выявления неполадок и проверки измерительного модуля ИУ-012**

Для масштабируемого входного сигнала 0…10 В переводят ключ S_9 в положение «*2*» и с помощью вольтметра PV_2 устанавливают напряжение +5 В. После этого допускается по вольтметру PV_1 иметь напряжение (5 + 0,4) В.

Для немасштабируемого входного сигнала 0…10 В переводят ключ S_9 в положение «*0*», ключ S_{12} - в положение «*1*», а орган «*1*» изменения масштабных коэффициентов а - в крайнее левое положение, после чего допускается по вольтметру PV_1 иметь напряжение равным (5+0,125) В, а по вольтметру PV_2 - равным 5,0 В.

Возвращают в исходное положение ключи и органы проверки.

4. Для инвертируемого входного сигнала 0…10 В задающего устройства ключ S_2 переводят в положение «*5*», ключ S_{10} - в положение «*1*». С помощью вольтметра PV_2 задают напряжение +10 В, после чего по вольтметру PV_1 напряжение должно составить (1+0,03) В.

Возвращают в исходное положение ключи и органы проверки.

5. Для входного сигнала 0…10 В задающего устройства устанавливают ключ S_2 в положение «*3*», ключ S_{11} - в положение «*1*» и с помощью вольтметра PV_2 задают напряжение +10 В, после чего по вольтметру PV_1 напряжение должно составить (1 + 0,03) В.

Возвращают в исходное положение ключи и органы проверки.

Проверка предельных значений изменения выходных сигналов

Проверка нижнего предельного значения для сигнала рассогласования. Ключи S_2 и S_{12} переводят в положение «*1*», с помощью вольтметра PV_2 задают напряжение +12,5 В.Допустимое напряжение по вольтметру PV_1 составляет-10…-12,5 В.

Проверка верхнего предельного значения. Ключи S_2 и S_{12} переводят в положение «*1*», с помощью вольтметра PV_2 устанавливают напряжение -12,5 В. Допустимое напряжение по вольтметру PV_1 составляет +10…+12,5 В.

Ключи и органы проверки возвращают в исходное положение.

Проверка нижнего предельного значения для сигнала динамического преобразователя. Ключ S_2 устанавливают в положение «*5*», ключ S_9 - в положение «*5*», ключ S_7 - в положение «*1*»; с помощью вольтметра PV_2 задают напряжение -12,5 В; орган изменения постоянной времени *T* переводят в крайнее правое положение, замыкатель множителя *T* - в положение

«хТ», после чего делают выдержку 30 с и переводят ключ S_7 в положение «*0*». Допустимое напряжение по вольтметру PV_1 после этого будет составлять -10…-12,5 В.

Проверка верхнего предельного значения. Переводят ключ S_7 в положение «*1*»; с помощью вольтметра PV_2 задают напряжение +12,5 В; делают выдержку 30 с, после чего переводят ключ S_7 в положение «*0*». Допустимое напряжение по вольтметру PV_1 после этого будет составлять +10…+ 12,5 В.

Проверка верхних предельных значений сигнала широкодиапазонного задатчика (корректора). Для знака «плюс» переводят ключ S_2 в положение «*5*», после чего переводят орган изменения сигнала корректора в крайнее правое положение. По вольтметру PV_1 допустимое напряжение составит (1+0,03) В.

Для знака «минус» переводят замыкатель знака корректора в положение «Минус», после чего допускается иметь напряжение по вольтметру PV_1 от -0,97 до -1,03 В.

Ключи и органы проверки возвращают в исходное положение.

Проверка предельных значений диапазона изменения задания порогов срабатывания зоны возврата и выходных сигналов при аналого-релейном преобразовании. Для проверки верхнего предельного значения переводят ключи S_{13}, S_{14}, S_2 и S_{12} в положение «*1*», после чего изменяют напряжение с помощью вольтметра PV_1 до момента включения индикатора VD_2. Затем изменяют напряжение в обратную сторону до момента погасания индикатора VD_2 и загорания индикатора VD_1. Включение индикаторов должно происходить при токе по миллиамперметру PA_5, не превышающем 30 мА, и напряжении по вольтметру PV_1, равном +9,7…+1,03 В. Погасание индикатора VD_3 и включение VD_5 и VD_4 должно происходить при напряжении по вольтметру PV_1, равном -9,7… -10,3 В; погасание индикатора VD_5 и включение индикатора VD_3 и погасание индикатора VD_4 и включение VD_6 должно происходить при токе, не превышающем по показаниям миллиамперметра PA_5 30 мА.

Для *проверки нижнего предельного значения* устанавливают орган изменения задания порога срабатывания при аналого-релейном преобразовании «$\beta_в$» в крайнее левое положение, ключи S_{13} и S_{14} - в положение «*0*» и фиксируют погасание индикаторов VD_3…VD_6.

Изменяют напряжение до погасания индикатора VD_1 и включения индикатора VD_2. При этом по вольтметру PV_1 допускается иметь напряжение $U'_{ин}$ в пределах -300…+300 мВ.

Изменяют напряжение до момента погасания индикатора VD_2 (возможно включение индикатора VD_1). При этом по вольтметру PV_1 фиксируют напряжение $U''_{ин}$. Допускается зона возврата $\Delta = |U'_{ин} - U''_{ин}|$, равная $60 \le \Delta \le 160$ мВ.

Переводят органы «$\beta_в$» в правое положение, «$\beta_н$» - в левое положение. Изменяют напряжение до погасания индикатора VD_1, а затем до его включения. При этом по вольтметру PV_1 допускается иметь напряжение $U'_{ин}$ от -300 до +300 мВ.

Изменяют напряжение до момента погасания индикатора VD_1 и фиксируют напряжение $U''_{ин}$ по вольтметру PV_1. Допускается зона возврата $\Delta = |U'_{ин} - U''_{ин}|$, равная $60 \le \Delta \le 160$ мВ.

Ключи и органы проверки возвращают в исходное положение.

Проверка верхних предельных значений масштабных коэффициентов передачи и значений постоянной времени при динамическом преобразовании

1. *При проверке масштабного коэффициента передачи и установке значения выходного сигнала* Y_A при введении инверсного входного сигнала 0...10 В переводят ключ S_2 в положение «*4*», S_9 - в положение «*3*»; задают с помощью вольтметра PV_2 напряжение, равное -5 В, при этом по вольтметру PV_1 допускается иметь напряжение (5 + 0,2) В. Изменяют сигнал с помощью вольтметра PV_2 и фиксируют вольтметром PV_1 напряжение (10+0,05) В. Переводят ключ S_7 в положение «*1*».

2. *При измерении нижнего предельного значения постоянной времени T* устанавливают замыкатель множителя *T* в положение «x1» и переводят ключ S_7 в положение «*0*», после чего по секундомеру отмечают промежуток времени, за который сигнал, контролируемый вольтметром PV_1 , изменяется до +6,3 В. Допускается время изменения сигнала 3,5...6,5 с. Ключи и органы проверки устанавливают в исходное положение.

3. *При проверке масштабного коэффициента передачи и установке значения выходного сигнала* Y_A при введении входного сигнала 0...10 В переводят ключ S_3 в положение «*1*», S_2 - в положение «*4*», S_9 - в положение «*5*»; задают с помощью вольтметра PV_2 напряжение, равное +5 В, при этом по вольтметру PV_1 допускается иметь напряжение (5+0,2) В. Изменяют сигнал с помощью вольтметра PV_2 и фиксируют вольтметром PV_1 напряжение (10+0,05) В. Переводят ключ S_7 в положение «*1*».

4. *При измерении промежуточного значения постоянной вре-*

мени T устанавливают замыкатель множителя *T* в положение «x1» и переводят орган изменения постоянной времени *T* в правое положение, а ключ S_7 - в положение «*0*», после чего по секундомеру отмечают промежуток времени, за который сигнал, контролируемый вольтметром PV_1, изменяется до +6,3. Допускается время изменения сигнала 35…65 с. Ключи и органы проверки - в исходном положении.

5. *При проверке масштабного коэффициента передачи и установке значения выходного сигнала* при введении входного сигнала 0…5 мА переводят ключ S_2 в положение «*4*», S_3 - в положение «*2*», S_8 - в положение «*3*»; задают с помощью вольтметра PV_2 напряжение -2,5 В. При этом по показаниям миллиамперметра PA_2 ток должен быть равен -2,5 мА, а напряжение по вольтметру PV_1 должно составлять (5+0,2) В.

Изменяя ток, устанавливают сигнал на вольтметре PV_1 равным (10+0,05) В, после чего переводят ключ S_7 в положение «*1*».

6. *При измерении верхнего предельного значения постоянной времени T* устанавливают замыкатель множителя *T* в положение «x10» и орган изменения *T* - в правое крайнее положение, после чего переводят ключ S_7 в положение «*0*». При этом по секундомеру фиксируют промежуток времени *t*, за который сигнал, контролируемый вольтметром PV_1, изменяется до +1,8 В.

Допустимое значение $T = 5t = 70…130$ с.

Ключи и органы проверки возвращают в исходное положение.

Проверка и настройка измерительного модуля ИД-011

Приборы и оборудование для выявления неполадок и проверки ИД-011. На рис. 3.29 приведена схема проверки модуля ИД-011, где PV_1 - вольтметр постоянного тока (диапазоны измерений 0…1 и 0…100 В), например В7-16А класса точности не ниже 0,1; PV_2 - милливольтметр переменного тока (диапазон измерений 0…100 мВ), например В3-38, класса точности не ниже 1,5; PA_1, PA_2 - миллиамперметры постоянного тока (диапазон измерений 0…100 мА), например М42100, класса точности не ниже 1,5; R_1, R_2 - резисторы сопротивлением 2,2 кОм + 5%, мощностью не менее 0,25 Вт; R_3 - сопротивлением 10 Ом + 5%, мощностью не менее 0,25 Вт; R_4 - сопротивлением 1 кОм + 5%, мощностью не менее 0,25 Вт; S_2 -переключатель на два положения, одно направление; S_1, S_3...S_7 - переключатели на два положения, два направления, переходное сопротивление контактной пары не более

0,05 Ом; ИПС-011 - источник питания. Используются также дифференциально-трансформаторный преобразователь, электронно-счетный частотомер, например Ч3-33, электронный осциллограф, например С1-68; дифференциально-трансформаторные преобразователи ДТП$_1$...ДТП$_3$: взаимная индуктивность между первичной и вторичной цепями 10 мГн, угол потерь ε на частоте 400 Гц составляет (7+1)°, сопротивление постоянному току первичной обмотки (70+4) Ом, вторичной обмотки (210+16) Ом.

Проверка технического состояния ИД-011

1. С помощью омметра класса точности 1,5 измеряют переходное сопротивление между контактами модуля 4 и 12, 4 и 10, 12 и 7. Измеренные сопротивления не должны превышать 1 Ом.

2. Устанавливают сигнал дифференциально-трансформаторного преобразователя равным 10 мГн при включении в схему проверки, приведенную на рис. 3.29. Перед включением тока питания все переключатели должны находиться в положении «*0*».

По истечении 120 с после включения питания устанавливают ключ S_6 в положение «*1*» и миллиамперметрами PA_1 и PA_2 измеряют потребляемые модулем токи, которые не должны превышать 27 мА.

Переводят ключ S_6 в положение «*0*». Устанавливают длительность развертки электронного осциллографа ОЭ равной 0,5 мс/см, усиление по вертикали - равным 0,5 В/см. На контактах *4* и *6* модуля форма электрических колебаний должна быть близка к симметричной треугольной, амплитуда должна находиться в пределах от 0,675 до 0,825 В. Переводят ключ S_2 в положение «*1*». При этом форма и амплитуда наблюдаемых колебаний не должны измениться. Частота колебаний в обоих случаях должна составлять от 360 до 440 Гц.

Переводят ключ S_2 в положение «*0*» и вольтметром PV_1 (диапазон измерений 0...1 В) измеряют напряжение U_0 на выходе модуля при отсутствии входных сигналов (напряжение разбаланса), которое не должно превышать 500 мВ. Затем устанавливают переключатель S_3 в положение «*1*» и вольтметром PV_1 (диапазон измерений 0...100 В) измеряют выходное напряжение $U'_{1вых}$. Приращение выходного сигнала составит

$$\Delta U'_{1вых} = U'_{1вых} - U_0 \qquad (3.31)$$

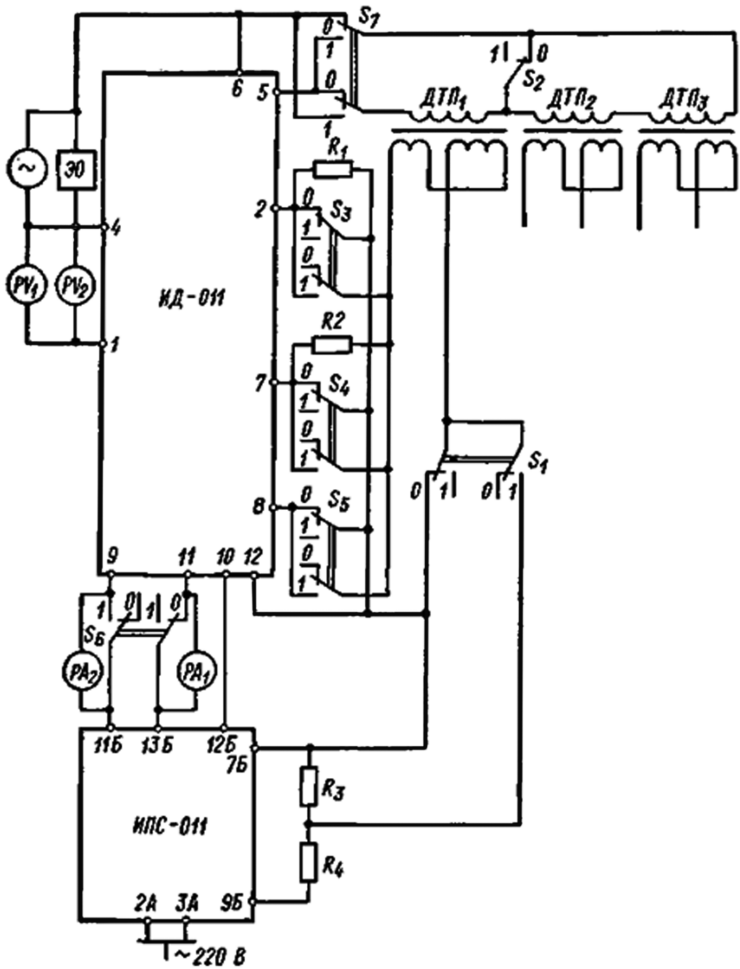


Рис. 3.29. **Схема включения приборов для выявления неполадок и проверки измерительного модуля ИД-011**

Найденное приращение должно составлять +9...+11 В. Затем устанавливают ключ S_7 в положение «*1*» и вольтметром PV_1 измеряют выходной сигнал $U''_{1вых}$. Приращение выходного сигнала

$$\Delta U''_{1вых} = U''_{1вых} - U_0 \qquad (3.32)$$

Найденное приращение должно составлять - (10+1) В.

Переводят ключ S_3 в положение «*0*», а ключ S_4 - в положение «*1*» и с помощью вольтметра PV_1 измеряют выходной сигнал $U'_{2вых}$, после чего вычисляют $\Delta U'_{2вых}$, значение которого должно быть равно +(10+1) В.

Переводят ключ S_4 в положение «*0*», а ключ S_5 - в положение «*1*» и с помощью вольтметра PV_1 измеряют выходной сигнал $U'_{3вых}$, после чего вычисляют $\Delta U'_{3вых}$, которое должно составлять +(10±1) В.

Отклонение приращений выходных сигналов от требуемых свидетельствует о несоответствии коэффициента передачи модуля требуемому значению и необходимости устранения этого дефекта.

6. Переводят ключи S_5 и S_7 в положение «*0*», а ключ S_3 - в положение «*1*», после чего по вольтметру PV_2 определяют напряжение пульсаций на выходе модуля, которое не должно превышать 100 мВ.

7. Оставляют ключ S_3 в положении «*1*» и с помощью вольтметра PV_1 измеряют выходное напряжение. Переводят ключ S_2 в положение «*1*». Показания вольтметра не должны измениться более чем на 100 мВ. Переводят ключ S_1 в положение «*1*». Показания вольтметра PV_1 не должны измениться более чем на 20 мВ. Переводят ключи S_1...S_3 в исходное положение.

Выпуск из ремонта регулирующих приборов РС-29 с импульсным выходным сигналом

При выпуске из ремонта регулирующих приборов РС-29 и РС-29.1 проверяют их техническое состояние и измеряют параметры измерительного и регулирующего модулей приборов и источника стабилизированного питания, в частности проверяют режимные показатели. Объем проверок после ремонта устанавливают с учетом устраненных дефектов и выполненного объема проверок при устранении дефектов.

Проверка технического состояния измерительного модуля ИУ-012. Проверка заключается в определении масштабных коэффициентов передачи, диапазонов изменения выходных сигналов, функционирования основных узлов и органов настройки.

1. Оперативный задатчик на панели управления устанавливают в крайнее левое положение. Выдвигают шасси из корпуса.

2. На панели настроек модуля ИУ-012 устанавливают ручки «α_1», «α_2», «*K*», «*T*» в крайнее левое положение, ручки «$\beta_н$», «$\beta_в$» - в крайнее правое положение.

3. Снимают перемычку с контактов *15* и *17* прибора и устанавливают перемычку на контакты *4*, *24* прибора.

4. С помощью омметра измеряют сопротивление между контактами *26* и *30*, а также между контактами *25* и *29* прибора, которое не должно превышать 1 Ом.

5. Подают напряжение 220 В частотой 50 Гц на контакты 1, 2 прибора.

6. Измеряют с помощью цифрового вольтметра напряжение на контактах *23*, *4*, которое должно составлять (10,00±0,05) В.

7. Убеждаются в том, что у приборов РС-29 с цифровой индикацией при нажатии кнопок дополнительного параметра «*Y*» и рассогласования «ε» показания индикатора составляют 1,888.

8. Переводят орган оперативного задатчика в крайнее правое положение. При этом напряжение на выходе узла формирования задания должно измениться примерно на 20 %, т. е. на 200 мВ.

9. Устанавливают замыкатель знака корректора в положение «Плюс» и переводят ручку широкодиапазонного задатчика «*K*» в крайнее правое положение. При этом сигнал задания должен возрасти до +110% и составить +1,1 В. Устанавливают замыкатель знака корректора в положение «Минус», в результате чего сигнал задания должен составить примерно -90%, т.е. -0,9 В.

10. Переводят ручку «*K*» в крайнее левое положение. Изменяя положение ручки оперативного задатчика, устанавливают указатель на нулевую отметку по контрольному прибору или индикатору.

11. Снимают перемычку с контактов *4* и *24* и устанавливают перемычку на контакты *24* и *23*. В результате этого сигнал задания должен быть равен примерно +100%, что составит +1 В. Снимают перемычку с контактов *24*, *23* и устанавливают между контактами *4* и *24*. При наличии перемычки типа ПК12 - ПК15 (для приборов РС-29.0) устанавливают перемычку между контактами *23* и *18* прибора. В результате этого сигнал за-

дания должен составить -100% или примерно -1 В.

Проверку напряжений в соответствии с пп. 8...11 осуществляют либо по цифровому индикатору в режиме "Задание" (все кнопки отжаты) в процентах номинального диапазона входного сигнала, либо по цифровому вольтметру, между гнездами «Зд», и «О. т.» на панели настройки (1 В - 100% номинального диапазона входного сигнала).

По окончании каждого измерения возвращают ручки настройки в исходное положение.

Проверяют узел формирования сигнала рассогласования (а также модуля ИД-011 для приборов РС-29.1) в следующем порядке.

На используемые входы прибора РС-29 относительно контакта 4 подают поочередно сигналы номинального значения. При этом должны быть установлены перемычки на коммутационном поле (*ПК*), приведенные на рис. 3.30 и 3.31 и в табл. 3.42...3.44.

На рис. 3.30 и 3.31 показано подключение входных и выходных сигналов и дифференциально-трансформаторных преобразователей к приборам РС-29. В зависимости от сочетания перемычек на коммутационном поле *ПК* возможны различные комбинации подключения к приборам входных сигналов, в результате чего изменяются функциональные возможности этих приборов. При этом часть перемычек снимается, а часть устанавливается заново (табл. 3.42...3.44). На схемах показано положение перемычек, которое они имеют после изготовления прибора. Эти перемычки также обозначены звездочкой в табл. 3.42 и 3.44. К каждому гнезду коммутационного поля может быть подпаяна только одна перемычка. Полярность сигналов соответствует направлению управляющих воздействий прибора в сторону «Меньше». Если вход X_1 (X_3) не используется, контакт *18* (*24*) соединяют с контактом *4*.

Масштабаторы α_1 и α_2 позволяют изменять масштабные коэффициенты в пределах *0...1*.

Параметры переменного резистора преобразователя указателя положения *УП*: $R \geq 100$ Ом, $P \geq 0{,}25$ Вт.

Органы масштабных коэффициентов при подаче сигналов на масштабируемые входы переводят в крайние правые положения. Для имитации входных сигналов номинального значения *10* В контакт *23* прибора соединяют с контактом соответствующего входа. Контроль осуществляют с помощью цифрового вольтметра, подключенного к гнездам «ε» и «О. т.»

При номинальном входном сигнале сигнал ε равен 10 В.

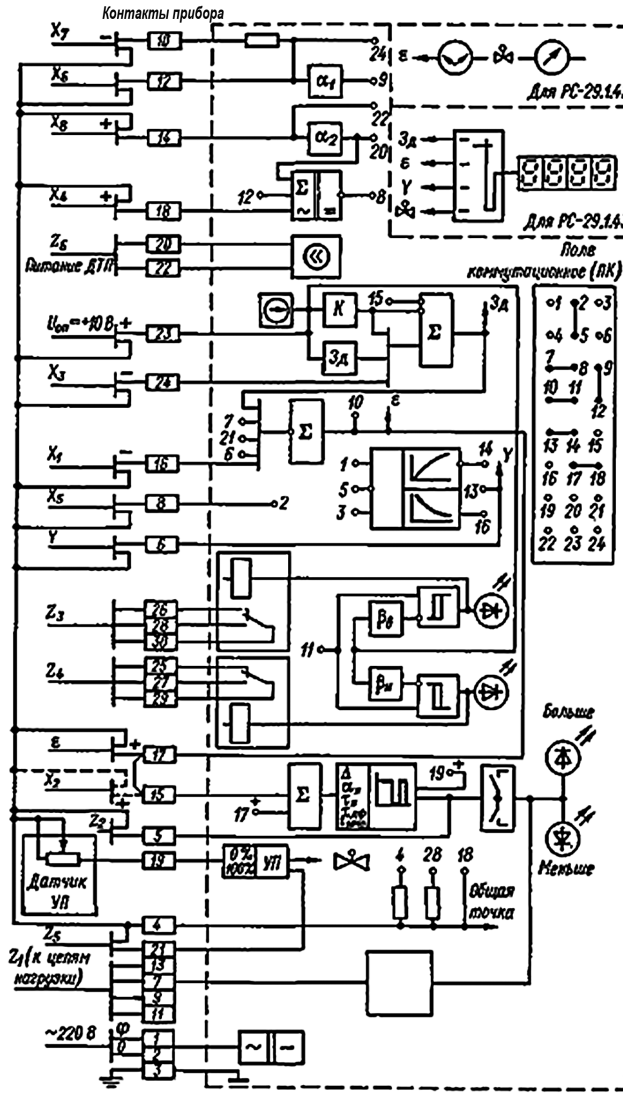


Рис. 3.30. **Схема подключения входных сигналов в приборах РС-29.1.42 и РС-29.1.43**

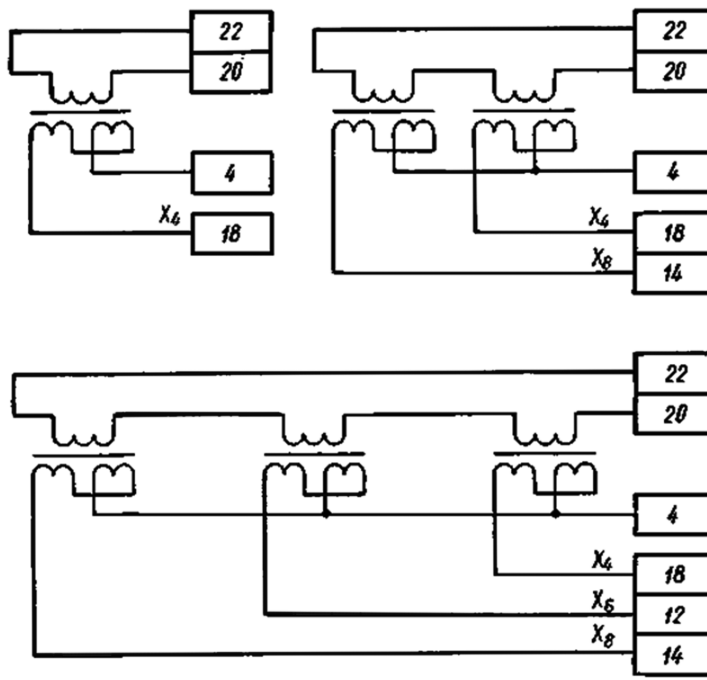


Рис. 3.31. **Схема подключения дифференциально-трансформаторных преобразователей к приборам РС-29.1.42 и РС-29.1.43**

Знак входного сигнала соответствует знаку, указанному на соответствующем входе.

Питание дифференциально-трансформаторного преобразователя (ДТП) осуществляют с контактов *20* и *22* прибора РС-29.

При изменении положения ручки оперативного задатчика из крайнего левого положения в крайнее правое величина ε должна возрасти на 20% по цифровому индикатору (два деления по стрелочному индикатору) или на 2 В по контрольному прибору, подключенному к гнездам «ε» и «О. т.» (общая точка).

Проверку работоспособности аналого-релейного преобразователя (АРП) производят в следующем порядке:

1. Устанавливают замыкатель корректора в положение «Минус». Сигнал рассогласования ε подают на вход АРП (перемычка *ПК10 - ПК11*). Контроль осуществляют с помощью цифрового

вольтметра на гнездах «ε» и «О. т.». Показания вольтметра, равные 10 В, соответствуют 100% номинального входного сигнала АРП. Для приборов с цифровой индикацией контроль можно осуществлять по индикатору в режиме "Задание" (все кнопки отжаты). Показания индикатора отсчитываются в процентах номинального входного сигнала АРП.

2. Устанавливают ручку «$\beta_в$» на отметку 40%, орган «$\beta_н$» - на отметку 70%.

3. Плавно изменяя положение ручки «*K*», фиксируют значение контролируемого сигнала в момент загорания одного из индикаторов, которое должно составлять +(3...5) В или -(30...50)%.

4. Измеряют омметром сопротивление между контактами *28*, *30* прибора, которое не должно превышать 1 Ом, и между контактами *26*, *30*, которое должно быть не менее 500 кОм.

5. Удаляют замыкатель знака корректора с гнезд «Минус», после чего гаснет индикатор.

6. Устанавливают замыкатель знака корректора на гнезда «Плюс».

7. Плавно изменяя положение ручки «*K*» в сторону крайнего правого положения, фиксируют значение контролируемого сигнала в момент загорания другого индикатора, которое должно составлять -(6…8) В или +(60…80)%.

8. Измеряют омметром сопротивление между контактами *27*, *29* прибора, которое не должно превышать 1 Ом, и между контактами *25*, *29*, которое должно составлять не менее 500 кОм.

9. Удаляют замыкатель знака корректора с гнезд «Плюс», после чего гаснет индикатор.

Проверяют узел динамического преобразования, для чего замыкатель множителя «*T*» на панели настроек модуля устанавливают в положение «х10», переводят подвижный контакт переменного резистора (потенциометра) «*T*» в крайнее правое положение. Контроль осуществляют по цифровому индикатору при установке перемычек *ПК13 - ПК16*, *ПК2 - ПК5*. При контроле по цифровому индикатору (нажата кнопка «*Y*») показания 100% соответствуют 10 В выходного сигнала. В момент соединения контактов *23* и *8* прибора наблюдают по контрольному прибору скачок выходного сигнала до +10 В, а затем - уменьшение его по экспоненциальному закону с постоянной времени T = 500 с.

Проверка регулирующего модуля Р-029.

1. Устанавливают перемычку между контактами *17* и *15* прибора.

Таблица 3.42

Входные сигналы прибора РС-29.1.42 и РС-29.1.43

Обозначение входа	Назначение входа	Диапазон изменения		$R_{вх}$, Ом	Положение перемычек на ПК		Примечание
		номинальный	полный		снимаются	устанавливаются	
X_1	Вход измерительного устройства немасштабируемый	0...5 мА	-5... +5 мА	<250	-	-	-
X_2	Вход регулирующего устройства	0...10 В	-10...+10 В	$> 10^4$	-	-	При использовании входа перемычка 15-17 снимается
X_3	Вход задающего устройства	0...10 В	-10...+10 В	$> 10^6$	-	-	-
X_4	Вход измерительного устройства	0...10 мГн	-10...+10 мГн	$> 10^4$	-	7-8*	-
X_5	Вход устройства динамического преобразователя	0...10 В	-10... +10 В	$>4 \cdot 10^4$	-	2-5*	Вход инверсный
		0...10 В	-10...+10 В	$>4 \cdot 10^4$	2-5	2-3*	-
X_6	Вход измерительного устройства масштабируемый	0...10 мГн	-10...+10 мГн	$>2 \cdot 10^3$	-	9-12*; 7-8*	Используется масштабатор α_1
		0...1 В	-1...+1 В	$>2 \cdot 10^3$	9-12	6-9	
		0...20 мА	-20...+20 мА	<60	9-12	23-24; 6-9	
X_7		0...10 В	-10...+10 В	$>10^4$	9-12	6-9	
X_8		0...10 мГн	-10...+10 мГн	$>10^4$	-	7-8*	Используется масштабатор α_2

Таблица 3.43

Входные сигналы прибора РС-29.1.42 и РС-29.1.43

Обозначение выхода	Назначение выхода	Диапазон изменения		Параметры нагрузки	Примечание
		номинальный	полный		
ε	Сигнал рассогласования (отклонения)	0...10 В	-10...+ 10 В	≥ 10 кОм	-
$U_{оп}$	Опорное напряжение	+ 10 В	-	≥ 2 кОм	-
Y	Выход дифференцирующего преобразователя	0...10 В	-10...+10 В	≥ 10 кОм	На ПК устанавливается перемычка 13 - 16
	Выход апериодического преобразователя	0...10 В	-10... +10 В	≥ 10 кОм	На ПК устанавливается перемычка 13 - 14*
Z1	Выход регулирующего устройства трехпроводный	0...24 В	-	≥ 100 Ом; индуктивная составляющая не лимитируется	При подключении нагрузки с внутренним источником
Z2	Выход регулирующего устройства двухпроводный	0...±10 В	-	≥ 4 · 104 Ом	Сигнал для связи между приборами
Z3	Выход аналого-релейного преобразователя	Разомкнуты – замкнуты (контакты реле)		Активная цепь до 0,25 А; 36 В; активно-индуктивная цепь до 0,15 А; 36 В $\tau \le 0{,}015$ с	Срабатывание при входном сигнале более $\beta_в U_{оп}$
Z4					Срабатывание при входном сигнале менее $-\beta_н U_{оп}$
Z5	Выход преобразователя указателя положения	0...1 В	0...+1 В	≥ 2 кОм	-

Примечание. Зажим Z_6 питания дифференциально-трансформаторного преобразователя (ДТП) током 12,5 мА частотой 400 Гц; возможно подключение 1…3 преобразователей.

Таблица 3.44

Положение перемычек на коммутационном поле ПК и на контактах приборов РС-29.1.42 и РС-29.1.43 при использовании устройства динамического преобразования

Функция, выполняемая устройствами динамического преобразования	Преобразуемый сигнал	Выходной сигнал	Положение перемычек на ПК и контактах прибора			Примечание
			снимаются с ПК	устанавливаются на ПК	устанавливаются на контакты прибора	
Динамическое преобразование входного сигнала	X_5	Y	-	14-13*	-	Подключение X_6 согласно табл.3.41
			14-13	16-13	-	
Динамическое преобразование суммарного сигнала ДТП			8-7 14-13	8-5 16-13	6-16	-
			8-7	8-5 14-13*	6-16	
Введение дифференцирующей составляющей в закон регулирования	ε	-	(2-5)	16-19 2-5* (3-2)	8-17	-
Введение динамического воздействия на вход регулирующего устройства	X_5		17-18 14-13	14-17	-	Подключение X_5 согласно табл. 3.43
			17-18	16-17		
Демпфирование сигнала на входе задающего устройства	X_5	-	13-14	14-15	-	
Аналого-релейное преобразование с демпфированием входного сигнала	X_5	Z_3 Z_4	13-14 10-11	11-14	-	
Сигнализация превышения заданной скважности	Z_2	Z_3 Z_4	13-14 10-11	11-14 2-5*	5-8	-

2. К выходным контактам *7*, *11* и *9*, *11* присоединяют резисторы сопротивлением 150 Ом и мощностью не менее 4 Вт.

3. Переключатель рода управления устанавливают в положение «Автомат».

4. На панели настроек модуля Р-029 устанавливают ручки подвижных контактов потенциометров «Δ», «$\tau_{дф}$», «$\tau_{имп}$», «$\alpha_{п}$» в крайнее левое положение, подвижные контакты потенциометров «100%» и «$\tau_{и}$» - в крайнее правое положение, подвижный контакт потенциометра «0%» - примерно в среднее положение, замыкатель режима работы - в положение «Двухпозиционное», замыкатель множителя «$\tau_{и}$» - в положение «х1».

5. Подают напряжение 220 В на контакты *1* и *2* прибора. Балансируют прибор оперативным задатчиком, осуществляя контроль по индикаторам «Больше» и «Меньше». В положении баланса индикаторы выключены. Напряжение на контактах *7*, *9* относительно контакта *11* не превышает 0,5 В.

6. Ручку оперативного задатчика незначительно, всего на 0,5% относительно положения баланса, поворачивают вправо. При этом должен включаться индикатор «Больше».

В этих условиях измеряют напряжение на контактах *9*, *11*, которое должно составлять *21*...*27* В постоянного тока («плюс» на контакте *11*).

7. Ручку оперативного задатчика поворачивают влево на 0,5 % относительно положения баланса. При этом должен включиться индикатор «Меньше». Измеряют напряжение на контактах *7*, *11*, которое должно составлять *21*...*27* В постоянного тока («плюс» на контакте *11*).

8. Ручку «Δ» подвижного контакта потенциометра переводят в крайнее правое положение. В этом случае индикаторы выходов должны включаться при повороте оперативного задатчика вправо и влево примерно на 2,5% относительно положения баланса.

9. Ручку «Δ» поворачивают в крайнее левое положение, после чего осуществляют балансировку прибора оперативным задатчиком. Ручку «Δ» переводят на отметку, соответствующую 80% диапазона измерений этого органа управления.

10. Замыкатель режима устанавливают в положение «ПИ». Оперативный задатчик резко поворачивают в крайнее правое положение. Индикатор «Больше» должен включиться на *1*...*3* с, затем выключиться и в дальнейшем включаться периодически (импульсами) длительностью примерно 0,1 с; время

между импульсами должно быть 1,5...4 с. При установке замыкателя множителя «$\tau_и$» в положение «х10» время между импульсами должно возрасти в 10 раз. При установке ручки «$\alpha_п$» на отметку шкалы «*5*» и рукояти «$\tau_и$» - в крайнее правое положение длительность импульсов должна возрасти до 0,7...1,5 с.

11. Переключатель рода управления устанавливают в положение «Ручное». Измеряют напряжения в контактах *7*, *11* и *9*, *11* при нажатии органа ручного управления в сторону «Меньше» и «Больше» соответственно. Напряжение должно составлять 21...27 В («плюс» на контакте *11*).

Проверка узла указателя положения. Соединяют контакты *19* и *4* перемычкой. С помощью подвижного контакта потенциометра «0%» устанавливают указатель цифрового или стрелочного индикатора на нулевую отметку (нажата кнопка включения указателя положения). Устанавливают вместо перемычки на контакты *19* и *4* резистор сопротивлением 75 Ом ±5%. Проверяют возможность установки с помощью подвижного контакта потенциометра «100%» показаний цифрового индикатора 100% или стрелочного на 100 делений.

ГЛАВА IV.
КИП, ПРИМЕНЯЮЩИЕСЯ ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ И ГАЗА

При добыче нефти и газа необходимо измерять и контролировать большое число параметров и показателей, таких как температура, давление, расход, состав, теплотворная способность, плотность и температуры точек росы газа по воде и углеводородам, а также содержание взрывоопасных и токсичных компонентов в окружающем воздухе. Эти параметры и показатели определяют номенклатуру наиболее широко применяемых контрольно-измерительных приборов.

По характеру выполняемых функций контрольно-измерительные приборы могут быть разделены на показывающие и регистрирующие. Показывающие приборы отражают на соответствующей шкале или иным способом величины контролируемых параметров. Регистрирующие приборы помимо этого осуществляют автоматическую запись этих величин. Иногда указанные функции совмещаются с функциями сигнализации, регулирования и блокировки.

По способу применения различают стационарные и переносные контрольно-измерительные приборы. Стационарные приборы монтируют на определенном объекте. Они являются неотъемлемой частью технологического оснащении объекта. Переносные приборы используют при необходимости проведения каждого конкретного измерения.

Выпускаемые отечественной промышленностью приборы входят в государственную систему приборов (ГСП). Государственная система приборов основана на комплексе унифицированных блоков, приборов и устройств.

На промыслах применяют электрические, пневматические и гидравлические приборы, которые различаются по виду энергии, используемой для формирования сигнала. Имеются так-

же приборы и устройства, не требующие вспомогательных источников энергии. В них для образования сигналов используют энергию контролируемой среды. Все электрические и пневматические сигналы стандартизированы. Измерительные устройства приборов ГСП состоят из первичных преобразователей (датчиков) и вторичных измерительных приборов. В датчиках измеряемая величина преобразуется в электрический, пневматический или гидравлический сигнал. Во вторичном измерительном приборе поступивший от датчика сигнал преобразуется обычно в механическое перемещение указателя и пишущего пера. В приборах без вспомогательной энергии действие контролируемой среды сразу преобразовывается в перемещение стрелки или в механическое перемещение пишущего пера.

На промыслах используют как механические показывающие и самопишущие приборы (простые по конструкции и удобные при обслуживании), так и электрические. Преимущества электрических приборов: возможность передачи показаний на большие расстояния, централизация и одновременность измерения многочисленных и различных по своей природе величин. Поэтому по способу отсчета измеряемой величины приборы можно разделить на показывающие и регистрирующие (записывающие) на месте установки прибора или дистанционно в диспетчерском пункте. В автоматизированных системах управления промыслом приборы при помощи специальных устройств сигнализируют (световой или звуковой сигнал), регулируют измеряемый параметр или отключают соответствующий участок технологической линии.

4.1. Приборы для контроля и измерения параметров процесса добычи газа

На скважинах и в технологических установках операторы измеряют и контролируют давление, разряжение, перепады давлений, температуры, расходы газа и жидкостей (конденсата и воды).

Приборы для измерения избыточного давления называются манометрами. Их разновидности, служащие для измерения полного (абсолютного) давления, называются манометрами абсолютного давления: для измерения давления ниже атмос-

ферного (вакуума) - вакуумметрами, для измерения избыточного давления и вакуума - мановакуумметрами, для измерения разности давлений (перепада) - дифференциальными манометрами или дифманометрами.

Приведем единицы измерения давления: в системе СИ основная - ньютон на метр квадратный ($Н/м^2$). Общеупотребительными в промысловой практике являются также дополнительные величины: килограмм-сила на сантиметр квадратный ($кгс/см^2$), миллиметры ртутного столба и водного столба (мм рт. ст., мм вод. ст.).

По принципу действия приборы для измерения давления и разрежения подразделяются на следующие виды:

- жидкостные, давление или разрежение некоторых уравновешивается массой столба жидкости;
- поршневые - давление уравновешивается силой (грузом, противодавлением), действующей на поршень определенного сечения;
- пружинные - давление уравновешивается силой упругой деформации чувствительного элемента (мембраны, трубчатой пружины, сильфона и подобных устройств);
- комбинированные приборы, в которых применен смешанный принцип действия;
- электрические - основаны на изменении электрических

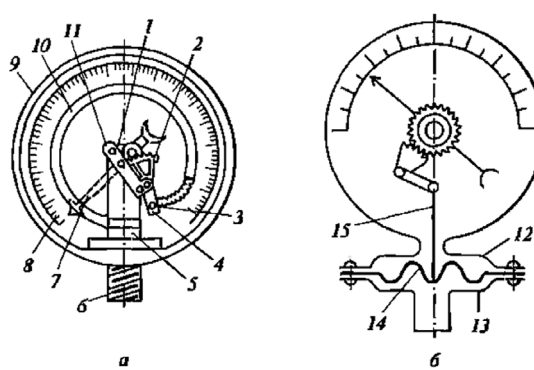


Рис. 4.1. **Конструкции пружинного (а) и мембранного (б) манометров:**
1 - спиральная пружина; 2 - зубчатый сектор; 3 - шарнир; 4 - тяга; 5 - основание; 6 - ниппель; 7 - стрелка; 8 - шкала; 9 - корпус; 10 - трубка; 11 - кронштейн; 12 - верхний фланец; 13 - нижний фланец; 14 - мембрана; 15 - стойка

свойств или преобразовании воздействия давления в электрический параметр при помощи соответствующих датчиков.

По назначению приборы разделяются на рабочие (или технические), контрольные и образцовые.

Для измерения давлений от 0,05 до 200 МПа на промыслах используют, как правило, пружинные и электрические приборы. К пружинным приборам относятся приборы с трубчатой одновитковой пружиной (пружина Бурдона). Конструкция такого манометра показана на рис. 4.1, а. Действие его основано на пользовании зависимости между упругой деформацией одновитковой трубчатой пружины и внутренним давлением.

В показывающих манометрах чувствительным элементом служит трубка 10 овального или эллиптического сечения, согнутая в кольцо. Один конец трубки 10 соединен с ниппелем 6, предназначенным для подключения к источнику давления, а второй закрыт заглушкой и заглушен.

При воздействии давления на внутреннюю полость пружины сечение трубки 10 деформируется, трубка 10 стремится к разворачиванию по направлению от центра, а ее свободный конец перемещается на величину, пропорциональную измеряемому давлению. При измерении вакуума трубка 10, наоборот, скручивается. Перемещение трубки 10 преобразуется во вращательное движение стрелки 7 при помощи передаточного механизма, состоящего из шарнира 3, тяги 4, зубчатого сектора 2 и шестерни. На оси шестерни закреплена стрелка 7. Устранение зазоров в шарнирных и зубчатых зацеплениях обеспечивается спиральной пружиной 1, укрепленной одним концом на оси, а другим на кронштейне 11. Поворот показывающей стрелки 7 отсчитывается по круговой шкале 8. Для обеспечения определенного угла поворота стрелки 7 передаточный механизм регулируют изменением положения точки крепления поворота (тяги 4) в прорези нижнего плеча зубчатого сектора. Газ под давлением подводится через ниппель 6, который имеет наружную резьбу для соединения прибора с объектом измерения. Ниппель 6 составляет одно целое с основанием 5 прибора. На основании 5 смонтирован весь измерительный механизм и в него впаяна пружина. Корпус 9 прибора круглой формы также крепится к основанию 5. На основании 5 установлена шкала 8 и вставлена застекленная крышка. Под действием давления газа трубка 10 раскручивается, тянет поводок тяги 4, вращает зубчатый сектор 2. Зубчатый

сектор 2 вращает шестерню с насаженной на ее ось стрелкой 7. Стрелка 7 указывает на шкале 8 циферблата измеряемое давление.

На шкалах технических и контрольных манометров нанесены значения давления в $Н/м^2$ (Па) или в $кгс/см^2$. Шкалы образцовых манометров разделены на 100 или 300 делений.

Манометры технические (МТ) имеют погрешность от 1 до 6% от максимального показания шкалы. Работают они в условиях тряски, вибрации при температуре окружающей среды от -50 до + 60 ^{0}С. Манометры контрольные (МК) предназначены для проверки исправности действия технических манометров. Допустимая погрешность составляет ±1 % предела измерения. Манометры образцовые (МО) служат для проверки других манометров, имеют высокий класс точности (0,16; 0,25; 0,4; 0,6%) и используются для проведения точных измерений.

Приборы с многовитковой пружиной относятся к техническим приборам и используются в качестве самопишущих. Принцип действия их основан на изменении деформации многовитковой пружины под действием давления. Применяют манометры геликсные (МГ), манометры самопишущие трубчатые многовитковые (МСТМ), манометры трубчатые самопишущие (МТС).

Манометры мембранные (ММ) применяют при измерении давлений газа, содержащего агрессивные примеси. В качестве чувствительного элемента в них используется упругая пластина - мембрана, которая одновременно выполняет функцию разделителя (рис. 4.1, б). В нижний фланец 13 ввинчен штуцер, которым манометр подключают к источнику давления. Между фланцами 12 и 13 закреплена мембрана 14. Передаточный механизм прибора со стрелкой собран в корпусе. Давление, действующее снизу, вызывает прогиб мембраны вверх, перемещение стойки 15 и всех элементов передаточного механизма, аналогичного по устройству однотрубчатым манометрам.

К электрическим приборам относятся электроконтактные манометры (ЭКМ), которые используют для сигнализации или позиционного регулирования давления. На шкале показаний давления в плоскости перемещения показывающей стрелки имеются два передвижных контакта. К контактам и стрелке подведен электрический ток. В электрическую схему вне манометра включено устройство светового или звукового пре-

дупреждения. В схему может быть включено и реле для управления задвижкой или краном с электроприводом. Когда показывающая давление стрелка не касается контактов, цепь разорвана. Если давление достигает заданного предельного, стрелка манометра сомкнется с контактом, цепь замкнется и включится либо сигнал, либо привод задвижки. В первом случае оператор должен соответствующим образом отрегулировать давление, во втором это произойдет автоматически.

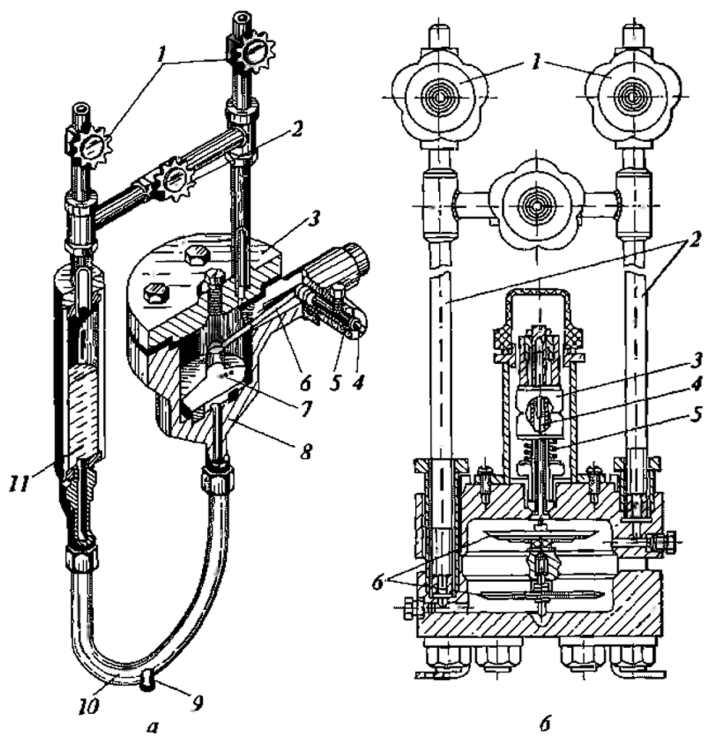


Рис. 4.2. **Конструкция дифференциальных манометров:**
а - поплавкого: 1 - запорные вентили; 2 - уравнительный вентиль; 3 и 9 - пробки; 4 - ось; 5- муфта уплотнительная; 6 - рычаг, 7 - поплавок; 8-сосуд большого диаметра (плюсовой); 10 - трубка; 11 - сосуд малого диаметра (минусовой);
б - мембранного: 1-запорные вентили; 2 - импульсные трубки; 3 - индукционные катушки; 4- плунжер; 5- стержень; 6 - мембранные коробки

Для измерения перепадов давления применяют поплавковые, мембранные и сильфонные дифференциальные манометры. Дифференциальные поплавковые манометры (ДПМ) состоят из трех основных частей: измерительной, передаточного механизма от поплавка к стрелке прибора, пневматического датчика для дистанционной передачи показания или управления процессом.

Поплавковый дифференциальный манометр (рис. 4.2, а) имеет два металлических сосуда 8 и 11, соединенных трубкой 10. В "плюсовом" сосуде 8 большого диаметра давление выше, чем в "минусовом" сосуде 11. Под действием перепада давлении ртуть из плюсового сосуда 8 вытесняется в минусовый сосуд 11. Поплавок 7 при этом опускается. Перемещение поплавка 7 механическим (пневматическим или электрическим) способом передается счетному устройству прибора. В приборе используется механический преобразователь перемещения поплавка 7 с помощью рычага 6, который поворачивает ось 4, выведенную из сосуда с давлением через уплотнителъную муфту 5. Эта ось через редуктор вращает стрелку прибора.

При электрическом способе преобразования на поплавке 7 монтируется шток из немагнитного материала и сердечника. Перемещение сердечника внутри немагнитной трубки вызывает изменение электродвижущей силы, которое регистрируется с помощью вторичного прибора. Для получения разных пределов измерения при одном и том же ходе поплавка 7 делают минусовые сосуды различного диаметра и высоты. Верхняя часть дифманометра имеет вентильную головку, состоящую из двух запорных 1 и одного уравнительного 2 вентилей. Запорные вентили 1 служат для отключения сосудов прибора от источника давления, передающегося через импульсные трубки. При открытии уравнительного вентиля 2 плюсовой и минусовой сосуды сообщаются.

На промыслах применяют поплавковые дифманометры нескольких типов. Дифманометр ДП-280 - показывающий прибор. Приборы моделей ДП-410 и ДП-610 снабжены устройствами для записи расхода на дисковой диаграмме. Привод диаграммы в модели ДП-410 осуществляется часовым механизмом, в модели ДП-610 - синхронным двигателем, работающим от сети переменного тока. Полный оборот диаграммы совершается за сутки. Поплавковые дифманометры ДП-430 и

ДП-630 обеспечивают одновременную запись расхода и статического давления. Для определения суммарного расхода поплавковые дифманометры снабжают интегрирующим устройством (модели ДП-781 и ДП-712). Пределы измерения статического давления у дифманометров ДП-430 и ДП-630 составляют 1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10,0 и 11,0 МПа.

Пределы измерения перепадов давлений - от 40 мм рт. ст. до 0,1 МПа, погрешность приборов 1,0- 1,5 %. После установки дифманометра и опрессовки импульсных трубок сбрасывают давление и через отверстие заливают ртуть. Чтобы определить, всплыл ли предохранительный клапан, расположенный под поплавком 7, и проходит ли ртуть из камеры высокого давления в сменный сосуд, открывают отверстие для слива ртути. Если ртуть будет вытекать из отверстия, значит предохранительный клапан всплыл. Ртуть, вытекающую при проверке, необходимо вновь залить в камеру высокого давления.

Дифманометр включают в следующей последовательности. Сначала открывают уравнительный вентиль 2, затем запорные вентили 1. После этого уравнительный вентиль 2 закрывают.

Отключают дифманометр следующим образом. Открывают уравнительный вентиль 2, после чего закрывают вентили на входе в прибор, а затем у источника давления.

При работе прибора необходимо периодически заполнять перья чернилами и один раз в 5 - 6 дней проверять нулевое положение стрелок. При проверке нулевого положения необходимо плотно закрыть запорные вентили, а потом открыть уравнительный вентиль 2.

Поплавковые дифманометры надежны в работе, однако их эксплуатация осложняется в связи с использованием ртути, пары которой очень токсичны. Поэтому современным решением является применение безртутных дифманометров, в основном мембранных.

Мембранные дифманометры ДМ (рис. 4.2, б) - бесшкальные приборы, преобразующие разность давлений в электрическую величину, измеряемую вторичным прибором. Чувствительный элемент - мембранный блок, состоящий из двух коробок 6, каждая из которых сварена из двух мембран одинакового профиля. Внутренние полости коробок заполнены дистиллированной водой с глицерином, они сообщаются между собой. Центр верхней мембраны через стержень 5 связан с

плунжером 4, который может перемещаться внутри индукционных катушек 3. Газ под давлением поступает в камеры прибора по импульсным трубкам 2, имеющим запорные вентили 1. Под действием разности давлений в плюсовой (нижней) и минусовой (верхней) камерах нижняя коробка сжимается, жидкость из нее перетекает в верхнюю коробку, вызывая перемещения сердечника. Измеряемая разность давлений уравновешивается силами упругой деформации мембранных коробок 6. При односторонних перегрузках коробки не повреждаются, так как обе мембраны складываются по профилю, вытесняя при этом всю жидкость во вторую коробку.

Дифманометры типа ДМПК (мембранные, пневматические, компенсационные) - первичные бесшкальные приборы, предназначенные для непрерывного измерения контролируемого перепада давления и преобразования его в пропорциональное давление сжатого воздуха. На промыслах применяют дифманометры ДМПК-100 и ДМПК-100А, рассчитанные на статическое давление до 10 МПа. Приборы состоят из измерительного узла и пневмопреобразователя. Измерительные узлы подобны приборам ДМ и состоят из двух мембранных коробок, заполненных жидкостью (раствор глицерина в дистиллированной воде). В дифманометре ДМПК-100А предусмотрена защита от агрессивной среды в помещении, где установлен прибор, путем продувки сжатого воздуха через защитный кожух.

Дифманометры унифицированной системы ГСП выполняют следующие функции: пневматические ДМ-П преобразуют перепад давления и расход газа в пневматический сигнал дистанционной передачи; электрические ДМ-Э преобразуют давление газа, а ДМ-ЭР преобразуют расход газа в пропорциональный сигнал постоянного тока; частотные ДМ-Ч преобразуют перепад давления и расход газа в частоту переменного тока дистанционной передачи. Чувствительным элементом приборов служит резинотканевая мембрана. Дифманометры построены по блочному принципу с использованием унифицированных преобразователей ДС-П(Э). Конструкция приборов позволяет настраивать их на различные пределы измерения. Дифманометры всех типов работают в комплекте с вторичными приборами.

Для измерения температуры вещества используют термометры. По принципу действия различают:

- термометры расширения, основанные на использовании свойства вещества изменять свой объем при изменении температуры;

- манометрические термометры, в которых использован эффект изменения давления вещества в замкнутом сосуде при изменении температуры; термометры сопротивления, в основу которых положено свойство вещества изменять электрическое сопротивление при изменении температуры;

- термоэлектрические пирометры, действующие по принципу регистрации величины термоэлектродвижущей силы, возникающей в термопаре при изменении температуры;

- пирометры излучения, основанные на использовании лучеиспускательной способности тел при изменении температуры.

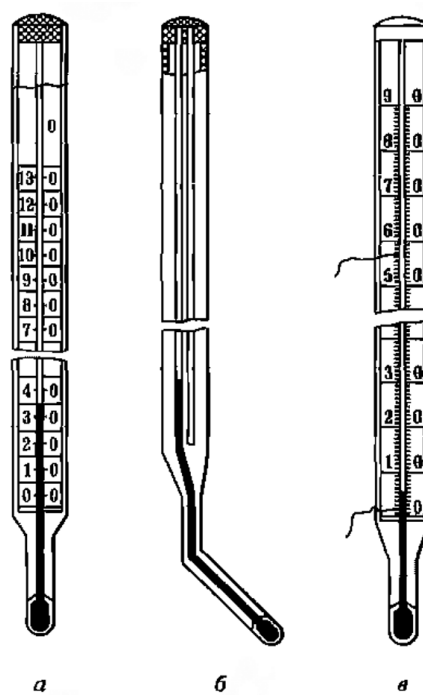


Рис. 4.3. **Жидкостные стеклянные термометры:**
а - прямой; б - угловой; в - электроконтактный

Жидкостные стеклянные термометры применяют для измерения температур от -100 до +650^{0}С. В зависимости от формы нижней части термометры расширения разделяются на прямые (тип А) и угловые (тип Б) с углом изгиба 90 или 1350 (рис. 4.3, а, б). Разновидностью стеклянных жидкостных термометров являются электроконтактные термометры (рис. 4.3, в). Они устроены так же, как обычные, но имеют два или три конца впаянной в капилляр платиновой проволоки. Один из концов впаян в нижней части капилляра, а другие - на уровнях тех значений температуры, о достижении которых требуется сигнализировать исходя из условий данного технологического процесса. При изменении температуры столбик жидкости, поднимаясь или опускаясь, замыкает контакты между концами платиновой проволоки, посылая электрический сигнал о заданной предельной температуре.

В манометрических термометрах (рис. 4.4) в качестве датчика используют устройство, состоящее из стального или латунного термобаллона 1, практически не деформирующегося под действием давления, помещенного в защитную гильзу 2 с зажимом 3. Термобаллон 1 соединен с чувствительным элементом - полой спиралью 5 вторичного прибора (манометра) стальной или медной капиллярной трубкой 4. Термобаллон 1 заполняют жидкостью или газом. Если термобаллон 1 заполнен азотом, термометр называют газовым, если спиртом или ксилолом - жидкостным; если низкокипящей жидкостью - паровым.

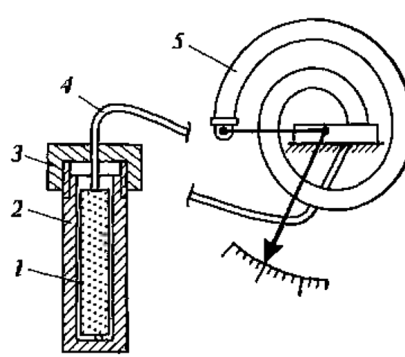


Рис. 4.4. **Конструкция манометрического термометра:**
1 - термобаллон; 2 - гильза; 3 - зажим; 4 - капиллярная трубка; 5 - полая спираль

При изменении температуры в месте установки термобаллона 1 изменяется давление находящегося в нем вещества. Это изменение давления через капиллярную трубку 4 передается чувствительному элементу вторичного прибора, шкала которого отградуирована. Манометрические термометры обладают большой инерционностью, их показания могут запаздывать на 40 - 80 с. Поэтому эти термометры можно применять для контроля температур, изменение которых происходит достаточно медленно.

Термометры сопротивления разделяются на платиновые (ТСП), медные (ТСМ) и полупроводниковые (термисторы). Медные термометры сопротивления представляют собой цилиндрический стержень из изоляционного материала, на который намотана медная эмалированная проволока диаметром 0,1 мм.

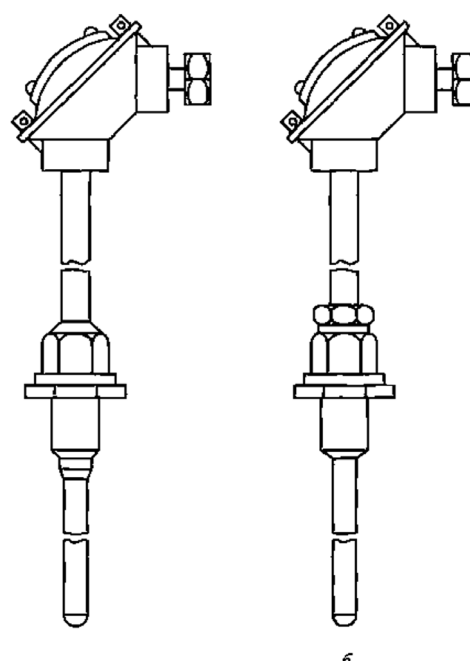


Рис. 4.5. **Термометры сопротивления:**
а - с неподвижным штуцером; б - с подвижным штуцером

К концам проволоки припаяны медные выводы, которые присоединены к контактам головки термометра. Стержень с проволокой помещен в металлическую арматуру. В платиновых термометрах в качестве чувствительного элемента используют платиновую проволоку диаметром 0,05-0,07 мм или ленту, поперечное сечение которой составляет 0,002-0,005 мм^2.

Термометры сопротивления выпускаются с неподвижными и подвижными штуцерами (рис. 4.5), с помощью которых их крепят на оборудовании. При изменении температуры в месте установки термометра изменяется сопротивление его чувствительного элемента, что фиксируется вторичным прибором (милливольтметром). Обычно термометры сопротивления используют как датчики предельных температур, заданных для контролируемого технологического процесса. Термометры сопротивления применяют для измерения температур от -200 до +650 °С.

Основной элемент термоэлектрических пирометров - термопара. Термопара - это два спаянных между собой разнородных проводника (металлических или полупроводниковых), образующих электрическую цепь, в которой при изменении температуры возникает термоэлектродвижущая сила, обусловленная диффузией свободных электронов из одного проводника в другой и от более нагретой части проводника к менее нагретой. В комплект термоэлектрического пирометра (рис. 4.6) входят термопара 4, соединительные провода 1 и элект-

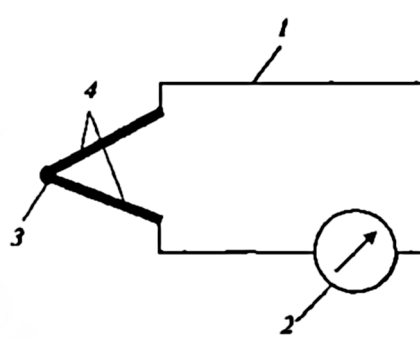


Рис. 4.6. **Схема термоэлектрического пирометра:**
1 - соединительные провода; 2- электроизмерительный прибор;
3- горячий спай: 4- термопара

роизмерительный прибор 2. Два проводника, составляющие термопару, имеют один общий спай 3, называемый горячим, или рабочим концом термопары. Двумя другими (холодными) концами термопара 4 соединительными проводами подключена к электроизмерительному прибору 2. Электроизмерительный прибор 2 (милливольтметр или магнитоэлектрический гальванометр), отградуированный в градусах Цельсия или Кельвина, воспринимает электродвижущую силу, соответствующую величине температуры в точке нахождения горячего конца термопары. Используют также аналого-цифровые преобразователи, позволяющие передавать измеряемую информацию в компьютер.

В зависимости от материалов, применяемых для термоэлектродов, с помощью термоэлектрических пирометров можно измерять температуру от -50 до +2500^{0}С.

Пирометры излучения по принципу действия разделяются на оптические (с исчезающей нитью) и радиационные. В основу оптическою пирометра положен метод сравнения яркости двух нагретых тел. Излучение нагретого тела через систему оптических элементов направляют на раскаленную нить лампы таким образом, чтобы нить лампы была видна наблюдателю через светофильтр в окуляре на фоне раскаленного тела. Изменяя реостатом напряжение, подаваемое на лампу, добиваются одинаковой яркости свечения нити лампы и раскаленного тела (нить как бы исчезает на фоне тела). При одинаковой яркости свечения нити и тела их температуры совпадают. Теперь достаточно определить температуру нити. Поскольку эта температура пропорциональна напряжению, подаваемому на лампу, ее определяют вольтметром, отградуированным в градусах Цельсия или Кельвина. Работа радиационного пирометра основана на определении температуры нагретого тела по его тепловому излучению, которое преобразуется комплектом термопар. Пирометры излучения применяют только для измерения высоких температур.

Контроль за расходом газа относится к числу наиболее важных функций операторов, обслуживающих объекты сбора, подготовки и транспортирования газа, поскольку этот показатель во многом определяет правильность и эффективность технологических процессов, а также служит одним из основных критериев выполнения планов добычи и распределения газа по потребителям. Расходом называется количество газа,

проходящего по трубопроводу в единицу времени. При этом количество газа может выражаться в единицах объема или единицах массы. В нефтегазопромысловой практике расход газа обычно выражают в единицах объема, отнесенных к единице времени.

Для измерения расхода газа применяют приборы, которые называются расходомерами. Приборы, суммирующие расход газа (т.е. определяющие количество газа, проходящего по трубопроводу за определенный отрезок времени), называются газовыми счетчиками.

По принципу действия расходомеры подразделяются на следующие разновидности:

- диафрагменные расходомеры переменного перепада давления на установленном внутри трубопровода сужающем устройстве;

- расходомеры обтекания, в которых чувствительным элементом служит какое-либо тело (поплавок, шарик, поршень); под действием напора потока поплавок перемешается на величину, зависящую от расхода;

- тахометрические расходомеры, в которых поток вращает крыльчатки или турбины, при этом скорость вращения служит мерой расхода.

Наиболее широкое применение получили диафрагменные расходомеры. Такой расходомер состоит из сужающего устройства (диафрагмы), устанавливаемого внутри трубопровода измерительного прибора (дифференциального манометра), и соединительных линий. Принцип действия прибора основан на измерении перепада давления в сужающем устройстве. Вследствие перехода части потенциальной энергии давления в кинетическую энергию средняя скорость потока газа в суженном сечении повышается, в результате чего статическое давление в данном сечении становится меньше статического давления перед сужающим устройством. Величина перепада давления тем больше, чем больше расход протекающего вещества. Перепад давления фиксируется дифференциальным манометром и характеризует расход газа в данный момент времени. Перепад давления и диафрагме измеряют через отдельные цилиндрические отверстия или через две кольцевые камеры, каждая из которых соединена с внутренней полостью трубопровода кольцевой щелью (сплошной или прерывистой) или группой равномерно распределенных по

окружности отверстий. Кольцевую камеру выполняют либо непосредственно в теле сужающего устройства, либо в каждом из фланцев, между которыми оно зажимается, либо в специальной промежуточной детали - корпусе.

Наиболее часто встречающиеся виды камер для измерения расхода газа с помощью диафрагм показаны на рис. 4.7. Стандартная диафрагма представляет собой тонкий металлический диск с круглым отверстием, имеющим со стороны входа потока острую кромку, а на выходе фаску под углом 30 - 45 ^{0}. Диафрагма камерная нормальная (ДКН) помещается между двумя кольцевыми камерами (см. рис. 4.7, а).

Каждая из камер соединена с потоком кольцевой щелью или группой равномерно распределенных но окружности отверстий. Диафрагма бескамерная дисковая нормальная (ДДН) устанавливается между фланцами трубопровода (см. рис. 4.7, б). Перепад давления измеряется через отдельные цилиндрические отверстия. ДДН применяют при давлениях и трубопроводе не более 2,5 МПа.

Диафрагмы используют в трубопроводах диаметром не менее 50 мм. Толщина диафрагмы составляет 0,1 диаметра. На диафрагмах заводского изготовления выбиты знаки "+" со стороны высокого давления, "-" - со стороны низкого, а на торце показано стрелкой направление потока.

В случае, когда необходимо уменьшить потери напора в расходомере, применяют сопла Вентури (см. рис. 4.7, в). По сравнению с диафрагмами эти устройства более износостойкие, сложнее в изготовлении и при монтаже. Неправильная

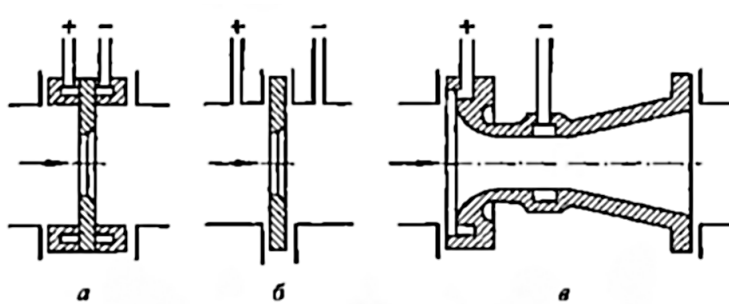


Рис. 4.7. **Виды сужающих устройств:**
а - камерная диафрагма; б - бескамерная диафрагма; в - сопло Вентури

установка сужающих устройств может привести к существенным погрешностям. Поэтому специальными правилами предусмотрена детальная регламентация всех условий монтажа. Строгие требования предъявляются к соосности отверстия и трубопровода, отклонение допускается не более 0,01 диаметра.

Особенно осторожно надо обращаться с диском диафрагмы, чтобы не повредить острую кромку отверстия (со стороны знака "+"). Оператору необходимо помнить, что после расточки входную кромку нельзя дополнительно обрабатывать ни напильником, ни наждачной бумагой. Прокладки во фланцах должны точно соответствовать размерам камер или торцевых поверхностей. Если прокладки будут выступать во внутреннее сечение трубопровода, показания приборов будут значительно искажаться. Соединительные линии должны быть герметичными и теплоизолированными для предохранения от источников теплоты и замерзания. Соединительные линии подключают к трубопроводу при измерениях расходов газа и пара сверху, при измерении расхода жидкости - снизу.

На промыслах в качестве тахометрических расходомеров применяют скоростные (с вращающимся устройством) и ротационные счетчики.

В скоростных счетчиках, в основном это глубинные дебитомеры, в поток газа помещено вращающееся устройство (турбина или вертушка), скорость вращения которого пропорциональна скорости потока газа и расходу. Значение суммарного расхода получают, связывая подвижную часть прибора через редуктор со счетным механизмом. В ротационных счетчиках (РС) газа в корпусе находятся два ротора, которые под действием потока газа вращаются и соприкасаются с боковыми поверхностями друг друга и одновременно с внутренней поверхностью корпуса. Расход проходящего газа измеряют за счет периодического отсекания определенных объемов, заключенных в серповидных полостях между роторами и корпусом. Выведенный из корпуса вал ротора связан с редуктором, а через него - со счетным механизмом.

4.2. Приборы для проведения исследований скважин

Для определения забойных давлений, температур и других параметров применяют глубинные приборы, которые могут быть установлены в любой точке скважины. Эти приборы спускают в скважину с помощью специальных лебедок на проволоке или кабеле, а также с колонной труб или со специальным инструментом. В зависимости от способа регистрации показании глубинные приборы подразделяются на следующие:

- автономные, показания которых регистрируются непосредственно в приборе, спускаемом в скважину;

- дистанционные, показания которых передаются по кабелю на поверхность, где регистрируются с помощью вторичных приборов.

Кроме приборов, предназначенных для измерения одной величины, созданы комплексные дистанционные приборы для измерения двух и более величин (давления, температуры, дебита). Комплексные глубинные приборы содержат несколько измерительных преобразователей (датчиков) и переключающее устройство, позволяющее поочередно подключать каждый датчик к общей измерительной схеме.

Конструктивно дистанционные приборы представляют собой два самостоятельных узла: глубинный прибор, спускаемый в скважину, и вторичных прибор, находящийся на поверхности. Связь между ними организована по кабелю, который часто является также тросом, несущим глубинный прибор, в котором размещены датчики и вспомогательные устройства, необходимые для процесса измерения.

Датчиком глубинного прибора является ряд измерительных преобразователей, обеспечивающих преобразование измеряемой величины в сигнал, пригодный для усиления и передачи по кабелю на поверхность. Датчик дистанционного прибора состоит из трех измерительных преобразователей: предварительного, основного и выходного.

Глубинные приборы для измерения давления по принципу действия подразделяют на следующие типы:

- пружинные приборы, в конструкции которых в качестве упругого чувствительного элемента применена многовитко-

вая геликсная пружина. Приборы этого типа называются геликсными глубинными манометрами;

- пружинно-поршневые приборы, у которых давление воспринимается уплотненным поршнем, соединенным с винтовой цилиндрической пружиной растяжения. Различают пружинно-поршневые манометры с невращающимся и вращающимся поршнями. Манометры с вращающимся поршнем имеют более высокий класс точности;
- пневматические приборы, принцип действия которых основан на уравновешивании измеряемого давления и сжатого газа, заполняющего измерительную камеру прибора. Эти приборы получили название глубинных дифманометров, так как они регистрируют приращение давления от его начального значения.

Промышленностью выпускаются два типа пружинно-поршневых манометров: с вращающимся поршнем - МГН-1 (рис. 4.8), а также геликсные МГН-2 и типа МГИ для испытателей пластов. Принципиальная схема глубинного геликсного термометра отличается от схемы геликсного манометра тем, что внутренняя полость геликса сообщается с полостью термоприемника, который может быть выполнен либо в виде цилиндра со стенкой большой толщины (термобаллон), либо в виде трубки, навитой по винтовой линии (змеевик).

Глубинные термометры, применяемые при комплексных исследованиях скважин, по типу конструкции относятся к манометрическим приборам. Термобаллоны выполнены либо в виде цилиндра со стенкой большой толщины (сильфон), либо в виде трубки, навитой по винтовой линии (геликс). Внутренняя полость термобаллона может быть заполнена жидкостью либо примерно на две трети обьема легкокипящей жидкостью.

При повышении температуры происходит тепловое расширение жидкости внутри термобаллона. Под действием этого давления перемещается или деформируется геликс. Перемещение геликса механически передается пишущему перу. Барабан с диаграммной бумагой приводится в движение часовым механизмом.

Для исследования газовых скважин применяют глубинные дистанционные приборы, спускаемые на одножильном кабеле с помощью каротажных станций. Для измерения давлений и температур в скважинах применяют дистанционные манометры-термометры ДРМТ, дебитомеры типа "Метан", а также глубинные дистанционные термометры. Манометры-термомет-

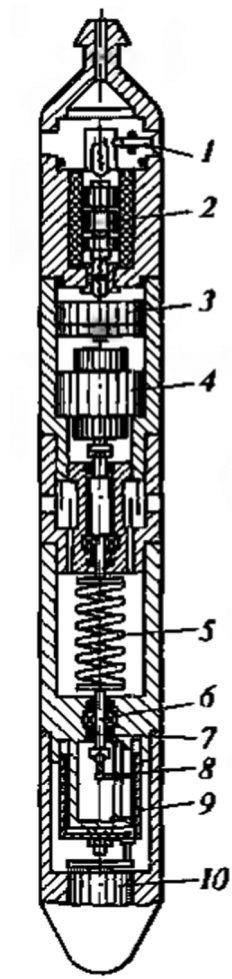


Рис. 4.8. **Конструкция автономного глубинного манометра МГН-1 с вращающимся поршнем:**
1 - гидровыключатель; 2 - блок питания; 3 - электронный прерыватель; 4 - электродвигатель; 5 - цилиндрическая пружина;
6 - поршень; 7 - уплотнительное кольцо; 8 - пишущее перо;
9 - барабан с бланком диаграммы; 10 - часовой механизм

ры ДРМТ предназначены для дистанционного измерения и регистрации давления и температуры в скважинах. Они состоят из глубинных струнных датчиков давления и температуры МТДС и наземного вторичного прибора ЦИ-1 в комплекте с устройством печати ЭУМ-23, которые регистрируют измеренные параметры в координатах времени.

Датчики давления и температуры размещены в общем герметичном корпусе глубинного прибора. Получение результатов измерения в цифровой форме упрощает их обработку. Измерение и регистрация производятся циклически; интервал времени между измерениями, равный 0,16; 0,5; 1; 2; 10; 30 или 60 мин, устанавливается переключателем.

Датчики давления и температуры обладают высокой надежностью и стабильностью, что обеспечивает возможность их длительной непрерывной эксплуатации.

Диапазоны измерения давления прибора МТДС составляют 0 - 16; 0- 25; 0 - 40 и 0-60 МП, диапазон измерения температуры 10-160 °С. Максимальная температура окружающей среды, определяемая датчиком, +160 °С.

Глубинный дебитомер типа "Метан" предназначен для регистрации профиля притока газа по стволу скважины. Он состоит из глубинного прибора с тахометрическим преобразователем расхода и вторичного показывающего прибора.

Тахометрический преобразователь скорости потока газа содержит турбину, на оси которой установлены два постоянных магнита. Дополнительный магнит служит для компенсации момента торможения в покое. Эти магниты установлены в корпусе прибора диаметром противоположно. При прохождении газа через корпус прибора турбина вращается с частотой, пропорциональной скорости потока. Магниты создают знакопеременное магнитное поле, которое взаимодействует с герметичным магнитным контактом, замыкающим электрическую цепь с частотой, пропорциональной скорости вращения.

Электрические импульсы передаются по кабелю на вторичный прибор, представляющий собой электрический счетчик. Глубинный дебитомер может эксплуатироваться при давлении до 40 МПа в диапазоне температур от -30 до +100 °С. Прибор имеет два предела измерения: 0 - 3 и 0 - 10 м/с.

Глубинный дистанционный термометр типа ТЧГ-36, также распространенный в промысловой практике, предназначен для измерения температуры по стволу скважин. Термочувствитель-

ный элемент - конденсатор - включен в колебательный контур генератора высокой частоты. При изменении температуры среды, в которой находится конденсатор, меняется его емкость, что приводит к изменению частоты генератора. На поверхности с помощью вторичного прибора (частотомера) измеряется частота выходного сигнала, пропорциональная измеренной температуре в скважине.

Исследования скважин, при помощи описанных выше глубинных приборов проводят с применением специального оборудования. Для спуска приборов в скважину на фонтанной арматуре устанавливают лубрикатор с манометром. К корпусу лубрикатора крепятся направляющие и оттяжные ролики для прохода проволоки или кабеля.

Для уменьшения опрокидывающего усилия, действующего на фонтанную арматуру при спуске приборов на большие глубины, оттяжной ролик устанавливают у основания арматуры. Устье оборудуют специальными мостками, предназначенными для выполнения операций, связанных со спуском и подъемом приборов. Верхнюю площадку мостков делают на 0,4-0,60 м ниже сальника лубрикатора, а нижнюю - немного ниже буферной задвижки. Автомашину с лебедкой устанавливают примерно в 25 -40 м от устья таким образом, чтобы вал лебедки был расположен перпендикулярно направлению движения проволоки от скважины до середины барабана лебедки.

Убедившись в герметичности лубрикатора и надежности уплотнения проволоки в сальнике и записав показания устьевого манометра, операторы начинают спускать прибор в скважину (обычно со скоростью 0,7 - 0,8 м/с). При подходе прибора к заданной глубине скорость спуска уменьшают и плавно останавливают тормозом барабан лебедки. На заданной глубине прибор выдерживают не менее 10- 15 мин для термостатирования. В случае измерения расхода время выдержки обычно определяется временем, необходимым для раскрытия пакера.

Подъем прибора из скважины проводят при работающем двигателе автомашины на второй скорости до тех пор, пока до устья скважины не останется 30 - 50 м. Затем переходят на первую скорость за 5 -7 м от устья, выключив двигатель, поднимают прибор вручную. По окончании подъема по натяжению проволоки убеждаются в том, что прибор находится в лубрикаторе и упирается в корпус сальника. После этого закрывают буферную задвижку и, открыв спускной вентиль луб-

рикатора, уменьшают в нем давление до атмосферного. Затем извлекают прибор, отсоединяют проволоку, разбирают прибор и извлекают диаграммный бланк с соответствующей записью результатов измерений.

Оператору необходимо контролировать, чтобы масса глубинных приборов при спуске в газовые скважины превышала выталкивающую силу, создаваемую давлением газа. Например, установлено, что в 148-мм эксплуатационную колонну при давлении порядка 10 МПа спуск манометра без утяжелителя возможен только при условии, когда дебит газа составляет не более 500-600 тыс. $м^3$/сут. При больших дебитах применяют утяжелитель.

Лубрикатор представляет собой цилиндр, соединенный с фонтанной арматурой. Его конструкция в принципе аналогична использующимся при эксплуатации нефтяных скважин штанговым погружным насосам. В лубрикаторе предусмотрен сальник для прохождения проволоки или кабеля. Для исследований газовых скважин обычно применяют лубрикаторы с двумя сальниками, пространство между которыми сообщается с масляным резервуаром, присоединенным к корпусу.

Под действием давления на устье масло из резервуара непрерывно поступает и камеру между сальниками, предотвращая таким образом прорыв газа через верхний сальник. Кроме того, масло служит и дополнительной смазкой для сальников.

Глубинные приборы спускают в скважину на проволоке с помощью лебедок, установленных на специализированных автомашинах. Глубину их спуска определяют с помощью счетчика числа оборотов. Лебедка имеет две скорости: при частоте вращения вала двигателя 600 об/мин скорость подъема приборов на первой и второй скоростях составляет соответственно 0,85 и 1,84 м/с, а при частоте вращения 2000 об/мин - 2,84 и 6,14 м/с.

Лебедка имеет следующие технические характеристики: диаметр барабана 145 мм; длина навиваемой проволоки диаметром 1,6 - 1,8 мм - 3500 м; масса лебедки (без проволоки) 196 кг. Разработана также лебедка, рассчитанная на глубину скважины 7000 м.

Автоматическая промысловая электронная лаборатория (АПЭЛ), изображенная на рис. 4.9, предназначена для гидродинамических исследований скважин с помощью глубинных дистанционных приборов. В АПЭЛ установлена также малога-

баритная лебедка для спуска глубинных приборов.

Лаборатория смонтирована в закрытом кузове автомобиля, который разделен перегородкой на два отделения. В одном отделении размещены стенд управления 2 и органы управления лебедкой 3. Здесь же расположены глубинные приборы 1 и малогабаритная лебедка 6. Во втором отделении смонтированы лебедка 3 с автоматическим укладчиком кабеля и коллектором, намоточное устройство 4 и электрогенератор.

В комплект АПЭЛ входят глубинные дистанционные приборы: расходомер-дебитомер РГД-2М, термометр ТЧГ-1 и влагомер ВГД-2М. Вторичные приборы смонтированы на стенде управления 2. Сигнал от глубинных приборов 1 передается по кабелю на вторичный блок соответствующего прибора (РГД-2М, ТЧГ-1 или ВГД-2М), в котором сигнал усиливается и передается на блок частотомера, а затем передается на вход само-

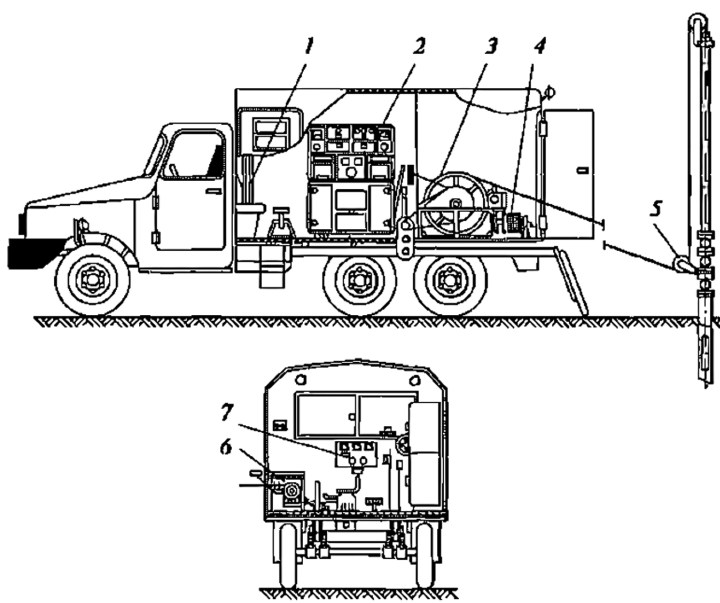


Рис. 4.9. **Автоматическая промысловая электронная лаборатория:**
1 - глубинные приборы ; 2 - стенд управления; 3 - лебедка; 4 - намоточное устройство; 5 - направляющий блок; 6 - малогабаритная лебедка; 7 - блок контроля

пишущего потенциометра. Блок контроля 7 размещен отдельно и находится непосредственно перед оператором, управляющим лебедкой 3. На передней панели этого блока смонтированы счетчик глубины спуска кабеля; приборы, показывающие скорость перемещения кабеля и его натяжение; электрический звонок и сигнальная лампа для индикации магнитной метки.

Глубинные дистанционные приборы спускают с помощью лебедки 3, состоящей из рамы, барабана, тормоза и автоматического укладчика кабеля, который имеет привод от основного вала лебедки 3 через цепную передачу. Глубинные приборы 1спускают в скважину на одножильном кабеле типа КОБДФМ-2 длиной до 3500 м. Соединение кабеля с вторичными приборами осуществляется при помощи коллектора лебедки 3, состоящего из ротора с дисками и щеткодержателей, смонтированных в корпусе.

Устройство отсчета глубины с датчиком устанавливают на устье скважины. В целях уменьшения погрешности измерения глубины на кабеле через равные расстояния наносятся магнитные метки. Момент прохождения магнитной метки регистрируется меткоуловителем и отмечается прибором на передней панели блока контроля.

4.3. Приборы для контроля за физико-химическими свойствами и качеством продукции промысла

Контроль за физико-химическими свойствами и качеством продукции скважин нефтяного и газового промысла проводят непрерывно или периодически. Определения осуществляются непосредственно на территории промыслов или в лабораторных условиях. В обоих случаях для исследования из потока отбирают только его часть - пробу.

Представительной пробой называют отобранную часть потока продукции, которая по составу и свойствам полностью соответствует всему потоку в момент отбора пробы. Совокупность представительных проб за определенный интервал времени называют средней пробой. Пробы отбирают через штуцер манометра или через пробоотборные устройства (рис. 4.10). Отбор через штуцер манометра рекомендуется проводить только при однофазном потоке. Поскольку в промысло-

вых коммуникациях, как правило, движутся двухфазные потоки (нефть-газ, нефть-вода, газ-конденсат, вода, ингибиторы), применение устройств отбора проб более предпочтительно.

Представительность пробы обеспечивает не только конструкция пробоотборного устройства, но и режим отбора. Необходимо обеспечить, чтобы скорость в пробоотборном наконечнике была равна средней скорости потока в трубопроводе. Это условие соблюдается, если соотношение расходов потока и пробы равно отношению площадей внутреннего диаметра трубопровода и наконечника.

При исследованиях, проводимых на промыслах, представительная проба направляется по соединительным линиям в прибор. Для исследований в лабораторных условиях пробы отбирают в контейнеры-пробоотборники и направляют в лабораторию. Контейнеры-пробоотборники могут быть высокого, среднего и низкого давления на избыточные давления соответственно до 30; 1,6 и 0,1 МПа, объемы контейнеров составляют от 10 см3 до 1 л и более.

Лаборатории оснащают в основном стандартизованными приборами и оборудованием: газоанализаторами, вискозиметрами, ареометрами, рефрактометрами, аппаратами для разгонки конденсата и определения его молекулярной массы, pH-

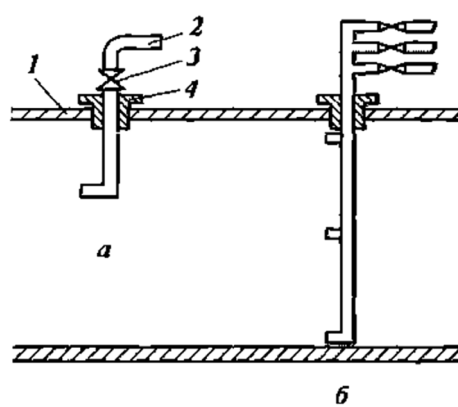


Рис. 4.10. **Схемы установки одноканального (а) и многоканального (б) изокинетических зондов:**
1 - газопровод; 2 - пробоотборная трубка; 3 - вентиль; 4 - уплотнение

метрами и т. п. В качестве газоанализаторов широко применяют отечественные хроматографы ЛХМ-8М (его современный аналог ЛХМ-2000, Цвет-800) и зарубежные Хьюлетт Паккард, Перкин Эльмер и др.

Хроматографы - приборы для качественного анализа различных газовых и жидких смесей. Принцип действия хроматографа основан на предварительном разделении анализируемой смеси на компоненты с последующей фиксацией каждого компонента при помощи детектора. Выходной электрический импульс детектора (датчика) передается на вторичный прибор, записывающий хроматограмму.

Хроматограмма состоит из пиков, каждый из которых соответствует строго определенному компоненту анализируемой смеси. Площадь каждого пика пропорциональна процентному содержанию компонентов смеси. Современные хроматографы укомплектованы аналого-цифровыми преобразователями, позволяющими передавать информацию через стандартный интерфейс к последовательному порту компьютера для обработки и архивирования хроматографической информации.

Контроль за качеством природного газа, подаваемого в магистральные газопроводы, проводится сопоставлением фактических показателей с требованиями действующих федеральных стандартов.

Температуры точек росы газа по воде и углеводородам относятся к показателям качества товарного газа и определяются в пунктах сдачи газа потребителям, а также на выходе газа с установок его подготовки. Периодичность определения этих показателей зависит от конкретных условий, в том числе применяемых методов подготовки газа, температуры окружающей среды и других факторов. Во всех случаях периодичность устанавливают исходя из условия обеспечения надежности сведений о температурах точек росы газа по воде и углеводородам.

Точку росы по влаге и тяжелым углеводородам определяют при помощи индикатора кондиционности газов типа ТТР. Для этой же цели можно использовать комплекс «Конденсат-2».

Схема прибора ТТР показана на рис. 4.11. Этот прибор предназначен как для определения температур точек росы газа по воде и углеводородам, так и температуры начала образования гидратов. Он может быть использован, кроме того, для определения фазового состояния газоконденсатных систем в промысловых аппаратах и установках. Прибор можно приме-

нять как в стационарных, так и в полевых условиях при температуре окружающего воздуха от -40 до +50 ^{0}С с относительной влажностью до 98%.

Принцип действия прибора основан на искусственном создании таких температур исследуемого газа, при которых происходит конденсация содержащихся в нем водяных паров и тяжелых углеводородов и образование гидратов. Корпус 1 прибора выполнен сборным (состоит из двух частей) и помещен в кожух. На корпусе смонтированы все узлы измерителя. Конденсационная камера 2 образована стенками корпуса 1 и смотровым стеклом 3. Отсчетная поверхность 4 конденсационной камеры 2 представляет собой зеркальную шкалу с делениями. Для охлаждения отсчетной поверхности в корпусе 1 имеется вихревая труба 5, в которую по трубопроводу 12 подается из газопровода 13 исследуемый газ. Газ в вихревую трубу 5 подается перед диафрагмой 15 тангенциально; кроме того, в вихревой трубе 5 установлен дроссель 10. Это позволяет проводить вихревое температурное разделение газа, поступающего в вихревую трубу 5. В результате часть вихре-

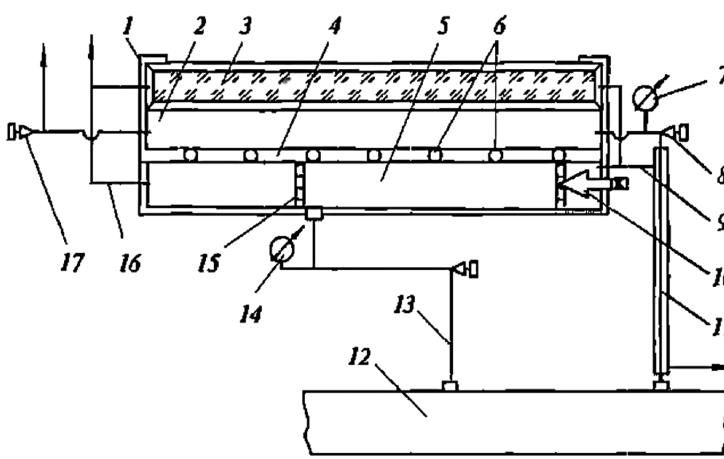


Рис. 4.11. **Принципиальная схема прибора типа ТТР:**
1 - корпус; 2 - конденсационная камера; 3 - смотровое стекло; 4 - отсчетная поверхность; 5 - вихревая труба; 6 - термометры; 7 - манометр; 8 и 17 -вентиль; 9 и 11 - трубопровод; 10 - дроссель; 12 - трубопровод; 13 - газопровод; 14 - манометр; 15 - диафрагма; 16 - трубопровод

вой трубы 5 перед дросселем 10 нагревается, а другая, начиная от диафрагмы 15, охлаждается.

Различные температуры по длине вихревой трубы 5 передаются стенке конденсационной камеры 2, в результате чего на отсчетной поверхности конденсационной камеры 2 образуется перепад температур, постоянный во времени. Величина перепада температур регулируется дросселем 10.

Прилегающий к охлажденной поверхности конденсационной камеры слой исследуемого газа также охлаждается и на отсчетной поверхности образуются пленки влаги и углеводородов, а также кристаллогидраты газа, которые растут по длине этой поверхности. Длина отсчетной поверхности рассчитана с учетом возможности получения перепада температур, который обеспечивает рост пленок до размеров, при которых через смотровое стекло четко видны их границы.

Температуры на границах пленок после прекращения их роста на отсчетной поверхности являются температурами точек росы газа по воде и углеводородам. Температура на границе кристаллогидратов газа после прекращения их роста на отсчетной поверхности есть температура начала гидратообразования газа. Соответствующий параметр кондиционности газа определяется по окраске пленок: углеводороды придают пленке радужную окраску, влага - серую; гидратная пленка, образованная из отдельных кристаллов, имеет светлую окраску.

Температура на границах пленок измеряется термометрами 6, устанавливаемыми в корпусе 1 под отсчетной зеркальной поверхностью. Если граница пленки не совпадает с осью термометра, температуру определяют по шкале, нанесенной на отсчетную поверхность, интерполяцией двух значений температур на соседних с границей пленки термометрах. Горячий газ, выходящий из трубопровода 9, используют для подогрева исследуемого газа в трубопроводе 11 и обогрева смотрового стекла; холодный газ по трубопроводу 16 отводится в атмосферу. Расход исследуемого газа регулируется вентилями 8 и 17. Из прибора газ выпускают в атмосферу. Давление исследуемого газа и газа, поступающего в вихревую трубу, контролируют термометрами 6 и манометром 14.

Прибор, термометры, комплекты инструмента и принадлежностей, запасных и монтажных частей размещены в упаковочном ящике, удобном для переноски. При эксплуатации прибора для получения достоверных результатов необходимо,

чтобы подводящие трубки были свободными от влаги, углеводородов, грязи. Конденсационная зеркальная поверхность и смотровое стекло с внутренней и наружной стороны должны быть чистыми, не иметь следов конденсата и влаги. Температура подводящей линии и зеркала в самой теплой его части у входа газа должна быть выше предполагаемой точки росы и не ниже температуры газа в газопроводе. Прибор ТТР обслуживает один оператор.

Прибор рассчитан на давление исследуемого газа 0,2 - 10 МПа, измеряемые температуры точек росы газа и начала гидратообразования от -40 до +50 0С. Погрешность измерения при этом составляет не более ±1 ^{0}С.

Прибор "Конденсат-2" (рис. 4.12) предназначен для низкотемпературной сепарации природного и нефтяного газов в целях оперативного определения интенсивности изобарической конденсации. С его помощью можно определять унос конденсата из сепараторов, изобары и изотермы конденсации, точку росы по жидкости. При использовании прибора в комплексе с пробоотборным устройством можно проводить также газоконденсатные исследования. Прибор "Конденсат-2" состоит из трех блоков (сепарации, ингибирования и низкотемпературной сепарации), счетчика, штатива и вспомогательного оборудования.

Газ охлаждается в результате дросселирования и при помощи вихревой камеры. Исследуемый газ подается в сепаратор первой ступени. Здесь от газа отделяются жидкость и твердые частицы. Если в сепараторе поддерживать давление и температуру такими же, как и в точке отбора газа, можно определить, какое количество жидкости содержится в потоке газа. Пробы для подачи в прибор отбирают из трубопроводов только через пробоотборные устройства. При отборе газа на выходе из промыслового сепаратора можно определить унос жидкости из сепаратора или эффективность сепарации. После первой ступени в поток газа впрыскивают ингибитор гидратообразования (спирт или ДЭГ).

На входе во вторую ступень установлен регулируемый вентиль, с помощью которого регулируют давление низкотемпературной сепарации. Газ охлаждается в змеевиковом теплообменнике потоком охлажденного газа от вихревой камеры.

При измерениях операторы задают 4 - 5 различных значений температур при одном и том же давлении. Через смотро-

вое стекло отмечают скорость заполнения измерительной камеры жидкостью и рассчитывают дебит жидкости. Расход отсепарированного газа измеряют газовым счетчиком. Делением расхода конденсата на расход газа определяют выделение конденсата из газа при различных температурах. По этим данным строят линейную зависимость, величина тангенса угла наклона которой к оси температур соответствует коэффициенту изобарической конденсации. Физический смысл этого коэффициента заключается в том, что он показывает, какое количество конденсата может выделиться из 1 м^3 при снижении температуры на 1 °С. Если продолжить линию до пересечения с осью температур, то можно приближенно определить точку росы исследуемого газа.

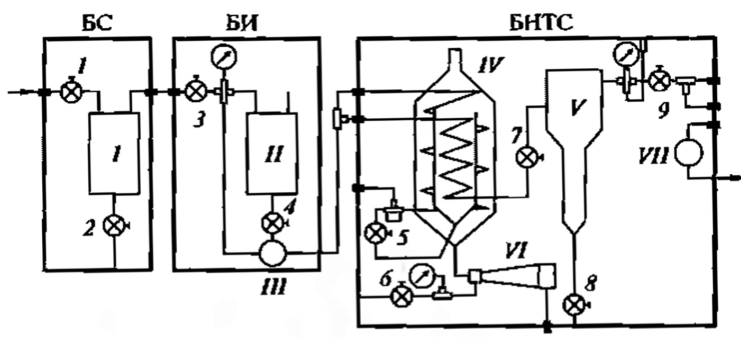


Рис. 4.12. **Схема прибора "Конденсат-2":**
1-9 - регуляторы расхода и давления; БС - блок первичной сепарации; БИ - блок ингибирования; БНТС - блок низкотемпературной сепарации; I - сепаратор первой ступени; II - емкость для ингибитора; III - змеевик; IV - холодильник; V - низкотемпературный сепаратор второй ступени; VI - вихревая трубка; VII - счетчик газовый

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Основные свойства жидкостей

Наименование	Хим. формула	Тем-ра затвердевания	Тем-ра кипения при 760 мм.рт.ст.	Температурный коэффициент объемного расширения	Теплоемкость, ккал/кг ^{0}C	Теплота плавления, ккал/кг	Теплота парообразования, ккал/кг	Критическая температура, ^{0}C	Критическое давление	Удельный вес при +20 ^{0}C
Ацетон	$(CH_3)_2CO$	-94,9	+56,6	0,00149	0,528	23,0	125	236	62	0,79+0,799
Бензол	C_6H_6	+5,5	+80,2	0,00125	0,44	30,4	93	288,6	49,6	0,875+0,880
Вода	H_2O	0	+100	0,00021	0,999	79,7	539,2	374,1	225,4	0,998
Глицерин (безводный)	$C_3H_5(OH)_3$	-20	+290	0,0005	0,58	-	-	-	-	1,257
Керосин	-	-12	+200+270	0,00092+0,001	0,50	-	-	-	-	0,79+0,82
Ртуть	H_9	-38,9	+375	0,00018	0,035	2,8	72	1460	1076	13,546
Спирт метиловый	CH_3OH	-97	+66	0,00119	0,60	24	267	240	102,3	0,80
Спирт этиловый	C_2H_5OH	-114	+78,5	0,00112	0,58	25	205	243	65,1	0,79
Толуол	C_7H_8	-94,5	+110,3	0,00109	0,40	17,2	86	320,5	43,0	0,864
Четыреххлористый углерод	CC14	-24	+76,8	0,00191	0,20	-	-	-	-	1,594
Эфир серный	$(C_2H_5)_2O$	-118	+34,6	0,00166	0,54	24	86	194	37,5	0,712
Азотная кислота	HNO_3	-41	+86	0,00124	0,41	9,5	115	-	-	1,512
Серная кислота	H_2SO_4	+10,5	+338	0,0057	0,33	26	122,1	-	-	1,834
Мазуты	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,95+1,05

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Основные физические свойства тел

Название	Удельный вес, г/см^3	Температура плавления, ^{0}C	Удельное эл. сопротивление при 20 ^{0}C ом.мм^2/м	Коэффициент теплопроводности ккал/м.час.^{0}C	Температурный коэффициент сопротивления, (0+100 ^{0}C)	Температурный коэффициент лин.расширения, (0+100 ^{0}C)*10^6	Удельная теплоемкость, ккал/кг ^{0}C	Теплота плавления, ккал/кг	Температура кипения, ^{0}C	Теплота парообразования, ккал/кг
Алюмель	8,5	1450	0,305	-	0,001	15,1	-	-	-	-
Алюминий	2,7	658	0,028	175	0,0042	23,8	0,22	85	2200	2800
Бакелит	1,2+1,4	-	10^{11}+10^{15}	-	-	-	-	-	-	-
Бронза	8,78+8,89	~900	0,18	55	0,0005	17,5	0,10	-	-	-
Вольфрам	19,1	3367	0,055	135	0,00464	3,36	0,034	135	6000	1150
Железо (сталь)	~7,8	~1500	0,10+0,15	40+50	0,004+0,006	12,0	0,115	-	-	-
Константан	8,9	~1250	0,45+0,52	20	0,00005	15,2	0,098	-	-	-
Копель	9,0	1250	0,465	-	0,0001	15,6	-	-	-	-
Латунь	8,4+8,7	~900	0,07+0,08	75+100	0,0013+0,0019	18,4	0,092	40	-	-
Манганин	8,14+8,5	910	0,42+0,48	20	0,0001+0,0003	18	0,10	-	-	-
Медь хим. чистая	8,93	1083	0,0163	340	0,00433	16,5	0,094	50	2400	1110
Медь проводниковая	8,89	-	0,0172+0,0178	300+340	0,00425	16,4	0,094	50	2400	1110
Никель	8,8	1452	0,09+0,14	50	0,0062	13,2	0,108	70	3000	1480
Никелин	8,89	1060	0,40+0,44	-	0,0002	-	-	-	-	-
Нихром	8,2	~1390	0,95+1,05	-	0,0002+0,0004	17	-	-	-	-
Олово	7,28	232	0,12+0,14	55	0,0044	26,7	0,056	14	2300	620
Платина	21,32	1764	0,098+0,106	59	0,0039	9	0,032	24	3800	600
Свинец	11,34	327,3	0,21	30	0,0041	29,5	0,031	5,7	1700	220
Серебро	10,5	960,5	0,0158	360	0,004	19,5	0,057	25	2000	520
Слюда	~2,8	-	10^{12}+10^{15}	0,31	-	-	-	-	-	-
Стекло	2,4+2,7	~1200	10^{11}+10^{15}	0,5+0,9	-	7,7+9,2	0,20	-	-	-
Фарфор	2,3+2,7	1550	10^{14}+10^{15}	0,9	-	4	-	-	-	-
Фибра	1,2+1,4	-	10^{10}	0,24+0,43	-	-	-	-	-	-
Хромель	8,7	1450	0,66	11,5	0,0005	16,1	-	-	-	-
Цинк	7,14	419,5	0,06	95	0,039	28,3	0,096	26,8	907	430
Эбонит	1,15+1,3	-	10^{17}	0,133	-	77	-	-	-	-

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Основные свойства газов

Название газа	Химическая формула	Удельный вес в кг/м³ при 760 мм.рт.ст.		Температура затвердевания, ^{0}C	Температура кипения, ^{0}C	Теплоемкость для 1 м³ при постоянном давлении и температуре 15^{0}C	Теплота плавления, ккал/кг	Теплота испарения, ккал/кг	Критическая температура, ^{0}C	Критическое давление
		при 0 ^{0}C	при 20 ^{0}C							
Воздух	-	1,293	1,204	-	-192	0,286	-	47	-140,7	38,4
Кислород	O_2	1,429	1,330	-218,5	-183	0,286	3,3	51	-118,8	51,4
Азот	N_2	1,250	1,164	-210,5	-195,7	0,286	6,15	47,6	-147,1	34,6
Водород	H_2	0,0899	0,084	-259,1	-252,8	0,282	14	110	-239,9	13,2
Окись углерода	CO	1,250	1,164	-200	-190	0,287	7,2	51,6	-140,2	35,6
Углекислый газ	CO_2	1,977	1,842	-56	-78,5	0,38	44	137	31,0	75
Сероводород	H_2S	1,539	1,433	-83	-52	0,36	16,6	131	100,4	92
Сернистый газ	SO_2	2,927	2,725	-72,7	-10	0,40	27,9	96	157,3	80,4
Метан	CH_4	0,717	0,668	-184	-164,7	0,39	14,0	131	-82,5	47,2
Этилен	C_2H_4	1,260	1,173	-169,4	-104	0,46	25,0	125	9,5	52,4
Ацетилен	C_2H_2	1,171	1,090	-81	-84	0,39	-	198	35,7	64,7
Аммиак	NH_3	0,771	0,716	-77	-33,5	0,37	81	327	132,4	115,2

Единицы международной системы СИ

Наименование и условное обозначение физической величины	Наименование единицы физической величины	Обозначение единицы				Соотношение с единицей СИ
		СИ		Не входящей в СИ		
		Международное	Русское	Международное	Русское	
Основные единицы СИ						
Длина (L)	метр	m	м			
Масса (m)	килограмм	kg	кг			
Время (τ)	секунда	s	с			
Термодинамическая температура (T)	кельвин	K	К			
Температура Цельсия (t)	Градус Цельсия (^{0}C) t=T-273,15K			(^{0}C)*	(^{0}C)	
*Производная единица СИ, имеющая специальное наименование и обозначение						
Единицы механических величин						
Давление, вакуум (P)	паскаль	Pa **	Па 1Па=1Н/м^2			
**Соотношение с другими единицами приведены в прил. 5						
Сила, вес (F)	ньютон	N	Н 1Н=1кгм/с^2	kgf	кгс	9,80665 Н
Момент силы	ньютон-метр	N·m	Н·м	kgf·m	кгс·м	
Объем, вместимость (υ)	кубический метр	m^3 ***	м^3			
	литр (кубический дециметр)	*l* (dm^3)	л (дм^3)			1·10^3 кг
	галлон жидк. (США)			gal (us)		3,78541·10^{-3} м^3
	баррель нефтяной (США)			bbl (oil)		0,158988 м^3
*** Соотношение с другими единицами приведены в прил. 5						

Продолжение прил. 4

Наименование и условное обозначение физической величины	Наименование единицы физической величины	Обозначение единицы				Соотношение с единицей СИ
		СИ		Не входящей в СИ		
		Международное	Русское	Международное	Русское	
Объем, приведенный к стандартным условиям – только для газов (υсу)				-	$нм^3$	
Скорость (V)	метр в секунду	m/s	м/с			
	километр в час			km/h	км/ч	0,27777 м/с
Ускорение (a)	метр на секунду в квадрате	m/s^2	$м/с^2$			
Частота парнодического процесса (f)	герц	Hz	Гц			
Частота вращения (n)	Оборот в секунду			r/s	об/с	$1\ s^{-1}$
	Оборот в минуту			r/min	об/мин	$1/60\ s^{-1}$
Работа (A), энергия (W)	джоуль	J ****	Дж 1Дж=1Н·м	kgf·m	кгс·м	9,80665 Дж
				W·h	Вт·ч	3600 Дж
				eV	эВ	$1{,}60219 \cdot 10^{-19}$ Дж
**** Соотношение с другими единицами приведены в прил. 5						
Мощность	ватт	W *****	Вт 1Вт=Дж/с	kgf·m/s	кгс·м/с л.с.	9,80665 Вт 735,499 Вт
				erg/s	ерг/с	$1 \cdot 10^{-7}$
*****Соотношение с другими единицами приведены в прил. 5						
Количество теплоты (Q)	джоуль	J	Дж	cal	кал	4,1868 Дж
Динамическая вязкость (μ)	паскаль-секунда	Pa·s	Па·с	$kgf \cdot s/m^2$	$кгс \cdot с/м^2$	-
	пуаз			P	П	-
Кинематическая вязкость (υ)	стокс			St	Ст	-
Теплопроводность (λ)	ватт на метр-кельвин	W/(m·K)	Вт/(м·К)			-

Наименование и условное обозначение физической величины	Наименование единицы физической величины	Обозначение единицы				Соотношение с единицей СИ
		СИ		Не входящей в СИ		
		Международное	Русское	Международное	Русское	
Расход объемный (Q, Qv)	кубический метр в секунду	m^3/s ******	$м^3/с$			
****** Соотношение с другими единицами приведены в прил. 5						
Расход массовый (Qm)	килограмм в секунду	kg/s	кг/с			
Плотность (ρ)	килограмм на кубический метр	kg/m^3	$кг/м^3$			
Площадь (S)	квадратный метр	m^2	$м^2$			
Единицы электрических и магнитных величин						
Электрический ток (сила эл. тока) I	ампер	A	А	Основная единица СИ		
Эл. напряжение (U), эл. потенциал (V), электродвижущая сила (E)	вольт	V	В	Единицы, применяемые в электротехнике		
Мощность электрической цепи - активная (P)	ватт	W	Вт			
- реактивная (Pq)	вольт-ампер реактивный	var	вар			
- полная (Ps)	вольт-ампер	V·A	В·А			
Эл. заряд, количество электричества (Q)	кулон	C	Кл			
	ампер-час	A·h	А·ч			$1 А·ч = 3{,}6·10^3$ Кл
Электрическая емкость (C)	фарад	F	Ф			
Электрическое сопротивление (R)	ом	Ω	Ом			
Удельное электрическое сопротивление (ρ)	ом-метр	Ω·m	Ом·м			
Индуктивность, взаимная индуктивность (L)	генри	H	Гн			
Напряженность электрического поля (E)	вольт на метр	V/m	В/м			
Напряженность магнитного поля (H)	ампер на метр	A/m	А/м			

Соотношение между единицами СИ и единицами, не входящими в СИ

Соотношение между единицами давления

Обозначение единицы		кПа	бар	кгс/см^2	мм вод.ст	мм рт. ст	psi	атм
международное	русское							
kPa	кПа	1	10^{-2}	$1{,}01972\cdot10^{-2}$	$1{,}01972\cdot10^{2}$	7,50062	$14{,}5038\cdot10^{-2}$	$0{,}98692\cdot10^{-2}$
bar	бар	10^{2}	1	1,01972	$1{,}01972\cdot10^{4}$	$7{,}50062\cdot10^{2}$	14,5038	0,98692
kgf/cm^2	кгс/см^2	$0{,}980665\cdot10^{2}$	0,980665	1	10^{4}	$7{,}35559\cdot10^{2}$	14,2233	0,96784
mmH$_2$O (при t=4°C)	мм вод.ст. (при t=4°C)	$0{,}980665\cdot10^{-2}$	$0{,}980665\cdot10^{-4}$	10^{-4}	1	$7{,}35559\cdot10^{-2}$	$14{,}2233\cdot10^{-3}$	$9{,}67841\cdot10^{-5}$
mmHg	мм рт.ст	0,133322	$1{,}33322\cdot10^{-3}$	$1{,}35951\cdot10^{-3}$	13,5951	1	$1{,}93368\cdot10^{-2}$	$1{,}31579\cdot10^{-3}$
psi	-	6,89476	$6{,}89476\cdot10^{-2}$	$7{,}0307\cdot10^{-2}$	$7{,}0307\cdot10^{2}$	51,7149	1	$6{,}8046\cdot10^{-2}$
atm	атм	$1{,}01325\cdot10^{2}$	1,01325	1,0332	$1{,}03508\cdot10^{4}$	760	14,6959	1

psi – фунт-сила кв. дюйм

Соотношение между единицами объема

Обозначение единицы		м^3	см^3	л (дм^3)	ft^3	in^3	gal
международное	русское						
m^3	м^3	1	10^{6}	10^{3}	35,3	$6{,}1\cdot10^{4}$	$2{,}2\cdot10^{2}$
cm^3	см^3	10^{-6}	1	10^{-3}	$3{,}53\cdot10^{-5}$	$6{,}1\cdot10^{-2}$	$2{,}2\cdot10^{-4}$
ℓ (dm^3)	л (дм^3)	10^{-3}	10^{3}	1	$3{,}53\cdot10^{-2}$	61	0,22
ft^3	-	$2{,}83\cdot10^{-2}$	$2{,}83\cdot10^{4}$	2,83	1	$1{,}73\cdot10^{3}$	6,229
in^3	-	$1{,}639\cdot10^{-5}$	16,39	$1{,}639\cdot10^{-2}$	$5{,}79\cdot10^{-4}$	1	$3{,}6\cdot10^{-3}$
gal	-	$4{,}546\cdot10^{-3}$	$4{,}546\cdot10^{3}$	4,546	0,1605	$2{,}774\cdot10^{2}$	1

ft – фут, in – дюйм, gal – галлон (английский)

Соотношение между единицами энергии, работы

Обозначение единицы		Дж	эрг	кгс·м	кал	кВт·ч
международное	русское					
J	Дж	1	10^{7}	0,102	0,239	$2{,}78\cdot10^{-7}$
erg	эрг	10^{-7}	1	$1{,}02\cdot10^{-8}$	$2{,}39\cdot10^{-8}$	$2{,}78\cdot10^{-14}$
kgf·m	кгс·м	9,8067	$9{,}8067\cdot10^{7}$	1	2,343	$2{,}72\cdot10^{-6}$
cal	кал	4,1868	$4{,}1868\cdot10^{7}$	0,42686	1	$1{,}16\cdot10^{-6}$
kW·h	кВт·ч	$3{,}6\cdot10^{6}$	$3{,}6\cdot10^{13}$	$3{,}67\cdot10^{5}$	$8{,}6\cdot10^{5}$	1

Соотношение между единицами мощности

Обозначение единицы		Вт	эрг/с	кгс·м/с	кал/с	л.с.
международное	русское					
W	Вт	1	10^7	0,102	0,239	$1{,}36\cdot10^{-3}$
erg/s	эрг/с	10^{-7}	1	$1{,}02\cdot10^{-8}$	$2{,}39\cdot10^{-8}$	$1{,}36\cdot10^{-10}$
kgf·m/s	кгс·м/с	9,8067	$9{,}8067\cdot10^{-7}$	1	2,343	$1{,}33\cdot10^{-2}$
cal/s	кал/с	4,1868	$4{,}1868\cdot10^7$	0,427	1	$5{,}69\cdot10^{-3}$
-	л.с.	736	$7{,}36\cdot10^9$	75	175,5	1

Соотношение между единицами объемного расхода

Обозначение единицы		$м^3/с$	$дм^3/с$ (л/с)	л/мин	$м^3/ч$	л/ч	$см^3/с$	ft^3/s	in^3/s
международное	русское								
m^3/s	$м^3/с$	1	10^3	$6\cdot10^4$	$3{,}6\cdot10^6$	$3{,}6\cdot10^6$	10^6	35,3	$6{,}1\cdot10^4$
dm^3/s (ℓ /s)	$дм^3/с$ (л/с)	10^{-3}	1	60	3,6	$3{,}6\cdot10^3$	10^3	$3{,}53\cdot10^{-2}$	61
ℓ /min	л/мин	$1{,}67\cdot10^{-5}$	$1{,}67\cdot10^{-2}$	1	$6\cdot10^{-2}$	60	16,7	$5{,}89\cdot10^{-4}$	1,02
m^3/h	$м^3/ч$	$2{,}78\cdot10^{-4}$	0,278	16,7	1	10^3	$2{,}78\cdot10^2$	$9{,}8\cdot10^{-3}$	16,9
ℓ /ч	л/ч	$2{,}78\cdot10^{-7}$	$2{,}78\cdot10^{-4}$	$1{,}67\cdot10^{-2}$	10^{-3}	1	0,278	$9{,}8\cdot10^{-6}$	$1{,}69\cdot10^{-2}$
cm^3/s	$см^3/с$	10^{-6}	10^{-3}	$6\cdot10^{-2}$	$3{,}6\cdot10^{-3}$	3,6	1	$3{,}53\cdot10^{-5}$	$6{,}1\cdot10^{-2}$
ft^3/s	-	$2{,}83\cdot10^{-2}$	28,3	$1{,}7\cdot10^3$	$1{,}02\cdot10^2$	$1{,}02\cdot10^5$	$2{,}83\cdot10^4$	1	$1{,}728\cdot10^3$
in^3/s	-	$1{,}64\cdot10^{-5}$	$1{,}64\cdot10^{-2}$	0,984	$5{,}9\cdot10^{-2}$	59	16,4	$5{,}8\cdot10^{-4}$	1

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Приставки и их обозначение

Наименование приставки	Сокращенное обозначение		Кратность и дольность
	русское	международное	
Тера	Т	T	10^{12}
Гига	Г	G	10^{9}
Мега	М	M	10^{6}
Кило	к	k	10^{3}
Гекто	г	h	10^{2}
Дека	да	da	10^{1}
Деци	д	d	10^{-1}
Санти	с	c	10^{-2}
Милли	м	m	10^{-3}
Макро	мк	μ	10^{-6}
Нано	н	n	10^{-9}
Пико	п	p	10^{-12}

П Р И Л О Ж Е Н И Е 7

Соотношения с единицами СИ некоторых ранее широко применявшихся единиц

Наименование величины	Русское обозначение	Значение в единицах СИ
Тонна	т	10^3 = 1000
Минута	мин	60с
Час	ч	3600с
Сутки	сут	86400с
Неделя	нед	7сут
Месяц	мес	28…31сут
Год	год	12мес
Литр	л	10^{-3} $м^3$ = 0.001$м^3$
Километр в час	км / ч	0,277778м/с
Оборот в секунду	об / сек	$с^{-1}$
Оборот в минуту	об / мин	0,1666667$с^{-1}$
Килограмм - час	кВт · ч	3,6 · 10^6 Дж
Килограмм - сила	кгс	9,81 Н = 10Н
Атмосфера	ат	98,1 кПа
-	кгс / $см^2$	98,1 кПа
-	кгс / $мм^2$	9,81 · 10^6 Па = 10 МПа
-	мм.рт.ст.	133 Па
-	мм.вод.ст.	9,81 Па = 10 Па
-	кгс · м	9,81 Дж = 10 Дж
Лошадиная сила	л. с.	735,5 Вт
Сантипуаз	сПз	1 мПа · сек
Сантистокс	сСт	1 $мм^2$ / сек
Калория	кал	4,19 Дж
Килокалория	Ккал	4,19 кДж
Мегакалория	Мкал	4,19 МДж
Гигакалория	Гкал	4,19ГДж
-	ккал (кг · ^{0}С)	4,19кДж / (кг · К)
-	ккал / ч	1,163 Вт /
-	ккал / (ч· $м^2$ · С)	1,163 Вт/ ($м^2$ · К)

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

НОРМЫ ВРЕМЕНИ НА НАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ, МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И РЕМОНТ СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА НЕФТИ, СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ И АВТОМАТИКИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Общая часть

1. Нормы времени на наладочные работы, техническое обслуживание, метрологическое обеспечение к ремонт систем измерения количества нефти, средств измерений и автоматики, применяемых в нефтяной промышленности (далее - нормы времени), предназначены для использования предприятиями нефтяной промышленности при определении трудоемкости работ, численности производственного персонала, договорных цен и других технико-экономических расчетов.

2. При разработке норм времени использованы:

- нормы времени на наладочные работы средств измерений, автоматики и телемеханики. Уфа, 1992;
- нормы времени на наладку на действующем оборудовании средств измерений, автоматики, телемеханики, энергетического, нефтепромыслового оборудования и контрольно-измерительных приборов, применяемых в бурении. М., ВНИИОЭНГ, 1991;
- нормы времени на техническое обслуживание средств измерений, автоматики и телемеханики. Уфа, 1989;
- нормы времени на техническое обслуживание средств измерений, автоматики и телемеханики. М., ВНИИОЭНГ, 1989;
- типовые нормы времени на техническое обслуживание средств измерений, автоматики и телемеханики объектов нефтедобычи Западной Сибири. Уфа, 1990;
- нормы времени на ремонт средств измерений и автоматики. М, ВНИИОЭНГ, 1989;
- типовые нормы времени на ремонт контрольно-измерительных приборов в нефтяной промышленности. М., НПХА «Инжэнергоавтоматика», 1991;
- типовые нормы времени на монтаж, наладку, техническое обслуживание и ремонт средств измерений, автоматики и

телемеханики в нефтяной промышленности. М., НПХА «Инжэнергоавтоматика», 1992;

- отраслевые нормативы времени на подготовительно-заключительные работы, обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности. М., ВНИИОЭНГ, 1988;

- технические характеристики и паспортные данные на системы измерения количества нефти, средства измерения и автоматики;

- результаты анализа статистических данных по ОАО «Нефтеавтоматика».

3. Нормы времени разработаны с учетом выполнения работ исполнителями соответствующей квалификации, оснащения рабочих мест необходимым инструментом, приспособлениями, контрольными и образцовыми средствами измерений, выполнения полного комплекса наладочных работ, работ по техническому обслуживанию, метрологическому обеспечению и ремонту систем и средств измерений и автоматики в соответствии с действующими методическими и инструктивными указаниями.

Нормами учтены также необходимые затраты времени на работу с чертежами, схемами, программно-техническими средствами при выполнении расчетов и оформлении технической документации, подготовительно-заключительные работы, обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности.

4. Нормами времени не учтены следующие затраты труда:

- на работы, связанные с устранением заводских дефектов и ремонтом отдельных деталей и узлов при выполнении наладки, технического обслуживания и метрологического обеспечения средств измерений и автоматики;

- на ревизию оборудования, вызванную длительным или неправильным его хранением и консервацией;

- на переезды исполнителей от производственных баз до объектом выполнения работ и между объектами;

- дополнительные затраты труда, связанные со снижением его производительности при выполнении работ в условиях, отличных от нормальных.

При проведении работ по наладке и техническому обслуживанию оборудования в производствах с вредными и особо вредными условиями труда, к нормам времени применяется поправочный коэффициент 1,2. Отклонения условий труда от нормальных должны подтверждаться справкой заказчика.

При выполнении наладочных работ и работ по техническому обслуживанию одновременно с производством строительно-монтажных работ, к нормам времени применяется поправочный коэффициент 1,15.

При выполнении наладочных работ в устройствах, находящихся под напряжением, с оформлением при этом нарядов или другой формы допуска, к нормам времени следует применять поправочный коэффициент 1,3.

5. Приведенные в настоящем сборнике норм времени пределы числовых показателей (напряжение, сопротивление, масса, длина и т.п.), в которых указано «до», следует понимать «включительно».

6. Нормами времени предусмотрено выполнение работ: по наладке - наладчиками приборов, аппаратуры и систем автоматического контроля, регулирования и управления (наладчик КИПиА), по техническому обслуживанию, метрологическому обеспечению и ремонту - слесарями по контрольно-измерительным приборам и автоматике (слесарь КИПиА). В необходимых случаях предусмотрено также участие в производстве работ инженеров по наладке и испытаниям, инженеров-электроников, инженеров-программистов и инженеров-метрологов. В нормативной части сборника норм времени вместо полного наименования профессий рабочих принято сокращенное название «рабочий», а вместо полного наименования специальности инженеров -«инженер». Квалификационный состав исполнителей работ приведен непосредственно в таблицах нормативной части сборника.

7. Все нормы времени сборника выражены в человеко-часах (чел-ч) на принятую единицу измерения.

Организация труда

1. Нормы времени разработаны для наиболее распространенных организационно-технических условий выполнения работ, которые характеризуются следующим:

- работы по наладке и техническому обслуживанию систем измерения количества нефти, средств измерений и автоматики производятся на объектах, удаленных от производственных баз и друг от друга, в связи с чем, для доставки персонала на рабочие места должен применяться специализированный автотранспорт;

- наладка и техническое обслуживание производится, в

основном, на открытом воздухе, кроме того, наладка и техническое обслуживание выполняются, как правило, на действующем оборудовании;

- метрологическое обеспечение и ремонт средств измерений и автоматики производятся, в основном, в закрытых помещениях, соответствующих нормам и правилам проектирования промышленных зданий и сооружений. Исключение составляют случаи, когда оборудование не может быть демонтировано и транспортировано к месту выполнения работ (градуировка резервуаров и т.п.).

2. Предприятия, производящие наладку, техническое обслуживание, метрологическое обеспечение и ремонт систем и средств измерений и автоматики имеют в своем составе специализированные участки (наладочный, по техническому обслуживанию, ремонтный и т.д.). При большом объеме работ участки могут состоять из нескольких подразделений (отделений). Например, участок по техническому обслуживанию может иметь в своем составе отделение по обслуживанию узлов учета нефти, теплоэнергетического оборудования, средств измерений и автоматики в бурении и т.п.

3. Форма организации труда на участках бригадная. Количественный и квалификационный состав бригад определяется объемом и сложностью выполняемых работ. Работа бригады осуществляется на основе разделения труда по квалификации и взаимозаменяемости внутри бригады.

ГЛАВА 1.
НАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ

Содержание работ к разделу 1 «Наладочные работы электротехнических устройств» и разделу 3 «Наладочные работы на действующем оборудовании средств измерений, автоматики, телемеханики, энергетического, нефтепромыслового оборудования и контрольно-измерительных приборов»

Оформление наряда на производство работ.

Подготовка рабочего места согласно ПТБ (производство необходимых отключений, наложение заземления, вывешивание предупредительных плакатов). Инструктаж членов бригады на рабочем месте. Допуск к работе. Оформление переходов на новое рабочее место и перерывов в работе. Подготовка парка приборов и приспособлений.

Работы, проводимые до автономной наладки оборудова-

ния - внешний осмотр электрооборудования, проверка надежности креплений механических соединений, проверка схем и маркировки элементов. Средний ремонт отдельных узлов оборудования с частичной заменой изношенных деталей. Проверка и настройка отдельных элементов и функциональных групп, сборка испытательных схем, проверка параметров и снятие характеристик отдельных устройств, измерение сопротивления изоляции, проверка соединения обмоток, регулировка релейной аппаратуры.

Автономная наладка - проверка состояния аппаратуры и цепей управлении, проверка электрических характеристик релейной аппаратуры, вспомогательных устройств, наладка электрооборудования под напряжением, включая силовые цепи, снятие и настройка необходимых характеристик и сопоставление их с паспортными данными, испытание и наладка оборудования вхолостую и под нагрузкой совместно с технологическим оборудованием.

Комплексная наладка оборудования - обеспечение взаимных связей устройств в составе всей установки и механизмов в составе агрегата; согласование входных и выходных параметров и характеристик отдельных механизмов в составе агрегата; обеспечение на электроустановках и агрегатах электрических параметров и режимов, предусмотренных проектов, а также их устойчивой работы в эксплуатационных режимах.

Разработка вспомогательных схем. Математическая обработка данных. Оформление документации, составление протоколов испытаний на наладочные работы.

Содержание работ к разделу 2 «Наладка блочной кустовой насосной станции» и разделу 4 «Наладка дожимной насосной станции»

1. Изучение технической документации.
2. Подготовка рабочего места.
3. Определение сопротивления изоляции коммутирующих цепей.
4. Наладка щита управления и сигнализации насосными агрегатами.
5. Наладка системы контроля и защиты насосными агрегатами.
6. Комплексное опробование работы БКНС (ДНС).
7. Оформление технической документации.

Таблица 1

Нормы времени на наладку на действующем оборудовании средств измерений, систем автоматики, телемеханики, энергетического, нефтепромыслового оборудования и контрольно-измерительных приборов

№ п/п	Наименование средств, тип	Нормы времени (чел.час)									
		Нормы времени ВСЕГО	Ведущий инженер	Инженер I кат.	Инженер II кат.	Инженер III кат.	Инженер	Рабочий VI разряда	Рабочий V разряда	Рабочий IV разряда	Рабочий III разряда
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Раздел 1. Наладочные работы электротехнических работ											
Часть 1. Трансформаторы силовые											
Группа 1	*Трансформаторы трехфазные масляные*										
1.1.1.1	трансформатор напряжением до 1 кВ	2,52			1,26			1,26			
	трансформатор двухобмоточный напряжением до 2 кВ мощностью МВА:										
1.1.1.2	до 0,32	3,50			1,75			1,75			
1.1.1.3	до 1,6	10,8			5,38			5,38			
1.1.1.4	свыше 1,6	13,6			6,70			6,89			
	трансформатор двухобмоточный напряжением до 35 кВ мощностью МВА:										
1.1.1.5	до 1,6	22,6			11,3			11,3			
1.1.1.6	свыше 1,6	35,4		17,7					17,7		
1.1.1.7	до 110 кв мощностью до 80 МВА	62,8		31,4					31,4		
	трансформатор трехобмоточный напряжением до 2 кВ мощностью МВА:										
1.1.1.8	до 1,6	14,3		7,15				7,16			
1.1.1.9	свыше 1,6	19,6		9,81					9,81		
	трансформатор трехобмоточный напряжением до 35 кВ мощностью МВА:										
1.1.1.10	до 1,6	20,0		9,98				9,98			
1.1.1.11	свыше 1,6	47,8		23,9				23,9			
1.1.1.12	до 110 кв мощностью до 80 МВА	88,8		44,4				44,4			
Группа 2	*Трансформаторы однофазные масляные*										
1.1.2.1	до 1	1,53			0,76			0,77			
1.1.2.2	до 11	6,92			3,46			3,46			
1.1.2.3	до 35	14,9			7,42			7,43			
1.1.2.4	генератор синхронный напряжением до 1 кВ	43,8		21,9				21,9			
1.1.2.5	трансформатор сухой напряжением до 1 кВ	2,07		1,03				1,04			
Часть 2.	***Трансформаторы измерительные***										
Группа 1	*Трансформаторы напряжения*										
	трансформатор однофазный напряжением кВ:										
1.2.1.1	до 1	4,14			2,07				2,07		
1.2.1.2	до 12	6,03			3,01				3,02		
1.2.1.3	трансформатор трехфазный напряжением до 11 кВ	10,2			5,08				5,09		

Продолжение табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Группа 2	*Трансформаторы тока*										
1.2.2.1	трансформатор выносной напряжением до 1 кВ	0,27			0,13				0,14		
1.2.2.2	трансформатор встроенный	4,14			2,07				2,07		
1.2.2.3	трансформатор выносной с твердой изоляцией напряжением до 35 кВ	5,04			2,52				2,52		
Часть 3.	***Аппараты***										
Группа 1	*Аппараты напряжением до 1 кВ*										
	Автоматические воздушные выключатели:										
1.3.1.1	Выключатель однополюсный с электромагнитным тепловым или комбинированным расцепителем	0,27			0,13				0,14		
	Выключатель однополюсный с электромагнитным тепловым или комбинированным расцепителем, номинальный ток, А:										
1.3.1.2	до 50	0,63			0,31			0,32			
1.3.1.3	до 200	0,90			0,45			0,45			
1.3.1.4	до 300	1,35			0,67			0,68			
1.3.1.5	Выключатель трехполюсный с полупроводниковым расцепителем максимального тока, номинальный ток до 360 А	12,1			6,04				6,04		
Группа 2	*Аппараты напряжением свыше 1 кВ*										
	Выключатель автоматический пост. тока быстродействующий, номинальный ток, А:										
1.3.2.1	до 1000	8,91		4,45				4,46			
	Разъединитель трехполюсный напряжением кВ:										
1.3.2.2	до 20	1,98			0,99			0,99			
1.3.2.3	до 110	2,88			1,44			1,44			
	Отделитель трехполюсный напряжением кВ:										
1.3.2.4	до 35	1,98		0,99				0,99			
1.3.2.5	до 110	4,41		2,20				2,21			
1.3.2.6	Короткозамыкатель однополюсный напряжением до 220 кВ	3,78		1,89				1,89			
1.3.2.7	Выключатель нагрузки напряжением до 11 кВ	3,15		1,57				1,58			
	Выключатель масляный напряжением кВ:										
1.3.2.8	до 20	6,93		3,46				3,47			
1.3.2.9	до 110	9,27		4,63				4,64			
1.3.2.10	Выключатель воздушный с гасительными камерами напряжением до 110 кВ	43,2		21,6				21,6			
Часть 4.	***Схемы вторичной коммутации***										
Группа 1	*Масляные выключатели*										
	Схема вторичной коммутации выключателя:										
1.4.1.1	С общим электромагнитным приводом и местным управлением напряжением до 11 кВ	9,18		4,59				4,59			

Продолжение табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.4.1.2	С общим пружинно-моторным или грузовым приводом и местным управлением до 11 кВ	9,81		4,90				4,91			
	С общим электромагнитным, пружинно-моторным или грузовым приводом и дистанционным управлением напряжением кВ:										
1.4.1.3	до 11	10,4		5,22				5,22			
1.4.1.4	до 35	15,2		7,60				7,61			
1.4.1.5	Схема вторичной коммутации устройства подогрева выключателя	4,06		2,03					2,03		
1.4.1.6	Схема вторичной коммутации выключателя с местным управлением до 1 кВ	6,12		3,06					3,06		
1.4.1.7	Схема вторичной коммутации выключателя с дистанционным управлением до 1 кВ	11,4		5,71				5,72			
1.4.1.8	Схема вторичной коммутации 0.0 и К.3	20,4		10,2				10,2			
Часть 5.	***Максимальные токовые и дифференциальные защиты***										
Группа 1	*Максимальные токовые защиты (МТЗ)*										
	МТЗ на постоянном оперативном токе:										
1.5.1.1	с одним реле РТ-40	2,16		1,08					1,08		
1.5.1.2	с двумя реле РТ-40	3,14			1,57			1,57			
1.5.1.3	с реле прямого действия	4,41			2,20			2,21			
1.5.1.4	с одним реле индуктивного действия	3,51			1,75			1,76			
1.5.1.5	с двумя реле индуктивного действия	5,67			2,83			2,84			
1.5.1.6	с реле РТЗ-60	5,94			2,97			2,97			
1.5.1.7	с реле МТЗ-М	14,0		6,97					6,98		
	МТЗ на переменном оперативном токе:										
1.5.1.8	с двумя реле РТ-40	5,67		2,83				2,84			
1.5.1.9	с двумя реле индуктивного действия	6,93		3,46				3,47			
	Защиты:										
1.5.1.10	Двухфазовая токовая отсечка (комплект типа КЗ-9) и максимальная токовая защита МТЗ с независимой выдержкой времени (комплект типа КЗ-12)	4,79		2,39				2,40			
1.5.1.11	Двухфазовая токовая отсечка и МТЗ с независимой выдержкой времени (комплект типа КЗ-13), на одном реле (комплект типа КЗ-36), на трех реле (комплект типа КЗ-17)	5,94		2,97				2,97			
1.5.1.12	Двухфазовая токовая отсечка и МТЗ с выдержкой времени (комплект типа КЗ-17), МИЗ направленная с выдержкой времени (комплект типа КЗ-38)	10,4		5,22				5,22			

Продолжение табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Группа 2	*Дифференциальные защиты*										
	Защита дифференциальная токовая:										
1.5.2.1	с одним реле РТ-40	8,28		4,14					4,14		
1.5.2.2	с двумя реле РНТ	10,2		5,08					5,09		
1.5.2.3	с тремя реле РНТ (с выравниванием плеч)	11,2		5,47					5,72		
1.5.2.4	с двумя реле ДЗТ-11+ДЗТ-14	12,7		6,34					6,35		
1.5.2.5	с тремя реле РТЗ-11	17,9		8,95				8,96			
1.5.2.6	Защита номинального напряжения	10,6		5,32				5,32			
1.5.2.7	Устройство автоматического регулирования возбуждения на магнитных усилителях	17,8		88,9				88,9			
Группа 3	*Устройства автоматического повторного включения (АПВ) и автоматического ввода резервного питания (АВР)*										
1.5.3.1	АВР с использованием механических систем, встроенных в привод	6,39		1,39				3,20			
	Устройство АВР трансформаторов и линий с резервированием секций:										
1.5.3.2	1	3,51		1,75				1,76			
1.5.3.3	2	8,46		4,23				4,23			
1.5.3.4	Трехфазное АПВ однократного действия	8,28		4,14				4,14			
Часть 4	*Устройство питания*										
1.5.4.1	Устройство зарядное с блоком конденсаторов для питания цепей защиты мощностью до 0,25 кВА	5,04		2,52				2,52			
	Выпрямительный блок питания (токовый или напряжения) для питания цепей защиты, управления и сигнализации мощностью до 1 кВА:										
1.5.4.2	без стабилизации выходного напряжения	9,54		4,77				4,77			
1.5.4.3	со стабилизацией напряжения	20,0		9,99				9,99			
1.5.4.4	Устройство комплексное для питания цепей защиты, управления и сигнализации от встроенной аккумуляторной батареи с устройством автоматического подзаряда и питания электромагнитных приводов от выпрямителей	70,2		35,1				35,1			
Группа 5	*Системы напряжения оперативного тока*										
	Схемы разводки проводной системы с количеством панелей:										
1.5.5.1	до 10	5,40			2,70			2,70			
1.5.5.2	до 20	6,30			3,15			3,15			
Группа 6	*Асинхронные электродвигатели*										
1.5.6.1	Эл. двигатель с короткозамкнутым ротором напряжением до 1 кВ	1,18			0,59			0,59			
	Эл. двигатель с короткозамкнутым ротором напряжением свыше 1 кВ, мощностью кВт:										
1.5.6.2	до 300	2,25		1,12					1,13		

Продолжение табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.5.6.3	свыше 300	3,87		1,93					1,94		
	Синхронный эл. двигатель напряжением свыше 1 кВ, мощностью кВт:										
1.5.6.4	до 300	2,30		1,15					1,15		
1.5.6.5	свыше 300	6,60		3,30					3,30		
Группа 7	*Диодные преобразователи*										
	Преобразователь, ток, А:										
1.5.7.1	до 10	1,26			0,63				0,63		
1.5.7.2	до 100	2,61			1,30				1,31		
1.5.7.3	до 1000	13,9		6,93				6,93			
Группа 8	*Тиристорные устройства коммутаций силовых цепей*										
1.5.8.1	Устройство трехфазное напряжением до 1 кВ отключающее с общей коммутацией	53,0		26,5				26,5			
Группа 9	*Конденсаторы статические (КС)*										
	КС однофазные напряжением, кВ:										
1.5.9.1	до 1	0,45		0,22				0,23			
1.5.9.2	до 10	1,26		0,63				0,63			
1.5.9.3	КС однофазные напряжением до 1 кВ	1,17		0,58				0,59			
Группа 10	*Схемы сигнализации*										
1.5.10.1	Схемы с применением релейно-контактной аппаратуры с количеством входных сигналов до 30	18,2		9,09				9,09			
1.5.10.2	Элемент усиления преобразования «вход-выход» до 10 без органов настройки	7,20			3,60			3,60			
1.5.10.3	Функциональная группа с общим числом элементов и органов настройки до 20	69,8			34,9			34,9			
1.5.10.4	Контур регулирования одного параметра с числом органов настройки до 10	74,4			37,2			37,2			
	Элемент усиления преобразования с числом:										
1.5.10.5	вход-выход до 5 без органов настройки	2,16		1,08				1,08			
1.5.10.6	до 3 органов настройки	5,67		2,83				2,84			
1.5.10.7	до 10 органов настройки	18,2		9,09				3,09			
	Схема сигнализации с применением полупроводниковых элементов с кол-вом входных сигналов:										
1.5.10.8	до 10	17,8		8,91					8,91		
1.5.10.9	до 30	38,2		19,1					19,1		
Группа 11	*Схемы контроля изоляции электрической сети*										
1.5.11.1	Схема контроля с помощью электромагнитных и магнитных приборов	1,80			0,90			0,90			
1.5.11.2	с применением электроконтактной аппаратуры	7,38			3,69			3,69			
Группа 12	*Кабельные работы*										
1.5.12.1	Поиск и определение места повреждения кабеля с производством прожига	9,18			4,59				4,59		

Продолжение табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.5.12.2	Определение активного сопротивления или рабочей электрической емкости жилы кабеля на напряжение 35 кВ	0,90			0,45				0,45		
Группа 13	*Заземляющие устройства*										
1.5.13.1	Измерение сопротивления растеканию тока заземляющего устройства	0,45			0,22			0,23			
	Измерение сопротивления растеканию тока контура заземления с диагональю М:										
1.5.13.2	до 20	1,35			0,67			0,68			
1.5.13.3	до 200	2,52			1,26			1,26			
1.5.13.4	Проверка наличия цепи между заземлениями и заземленными элементами	3,51			1,75			1,76			
1.5.13.5	Определение удельного сопротивления грунта	1,26			0,63			0,63			
1.5.13.6	Замер полного сопротивления цепи фаза - нуль	1,80			0,90			0,90			
Группа 14	*Прочие измерения*										
1.5.14.1	Измерение тангенса угла диэлектрических потерь	1,89			0,94			0,95			
1.5.14.2	Измерение переходных сопротивлений постоянному току контактов шин распределительных устройств напряжением до 10 кВ	0,36			0,18			0,18			
1.5.14.3	Измерение активного индуктивного сопротивлений и емкости электрических машин и аппаратов	0,18			0,09			0,09			
1.5.14.4	Снятие временных характеристик	0,63			0,31			0,32			
1.5.14.5	Снятие скоростных характеристик коммутационных аппаратов	1,44			0,72			0,72			
	Фазировка электрической линии или трансформатора с сетью напряжением, кВ										
1.5.14.6	до 1	0,18			0,09			0,09			
1.5.14.7	свыше 1	0,90			0,45			0,45			
1.5.14.8	Определение увлажненности изоляции обмоток трансформатора	0,90			0,45			0,45			
1.5.14.9	Снятие и анализ векторных диаграмм	0,90			0,45			0,45			
1.5.14.10	Измерение токов утечки или пробивного напряжения разрядника	0,63			0,31			0,32			
1.5.14.11	Измерение сопротивления изоляции мегомметром кабельных и других линий напряжением до 1 кВ, предназначенных для передачи электроэнергии к распределительным устройствам, щитам, шкафам	0,18		0,09				0,09			
1.5.14.12	Измерение сопротивления изоляции мегомметром обмоток машин и аппаратов	0,27		0,13				0,14			
1.5.14.13	Определение увлажненности изоляции обмоток электрических машин	0,45		0,22				0,23			

Продолжение табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.5.14.14	Схема резервирования питания 3-х проводной системы от другого источника питания	9,18		4,59				4,59			
1.5.14.15	Функциональная группа бесконтактная с общим числом элементов и органов настройки до 5	14,8		7,38				7,38			
Часть 6.	***Электрические машины напряжением 1 кВ и выше***										
Группа 1	*Обмотка статора*										
1.6.1.1	Обмотка статоров генератора напряжением до 11 кВ и мощностью 1000 МВт	2,88		1,44				1,44			
1.6.1.2	Обмотка статоров генератора напряжением до 30 кВ и мощностью 1000 МВт	14,3		7,15				7,16			
Группа 2	*Обмотка в цепи возбуждения*										
	Обмотка возбуждения машины:										
1.6.2.1	неявнополюсная	2,88		1,44				1,44			
1.6.2.2	явнополюсная	1,98		0,99				0,99			
1.6.2.3	цели возбуждения в сборе	3,15		1,57				1,58			
1.6.2.4	Испытание вторичных цепей статистического преобразования	3,24		1,62				1,62			
Часть 7.	***Трансформаторы (автотрансформаторы), ректоры и дугогасительные катушки напряжением до 30 кВ***										
1.7.1	Испытание обмотки силового трансформатора	2,52		1,26				1,26			
1.7.2	Испытание первичной обмотки измерительного трансформатора	2,16		1,08				1,08			
Часть 8.	***Распределительные устройства и кабели***										
Группа 1	*Сборные и соединительные шины*										
	Шины напряжением, кВ:										
1.8.1.1	до 11	1,98		0,99				0,99			
1.8.1.2	до 35	2,88		1,44				1,44			
Группа 2	*Аппараты*										
	Аппарат коммутационный напряжением, кВ:										
1.8.2.1	до 11	1,62		0,81				0,81			
1.8.2.2	до 35	2,88		1,44				1,44			
1.8.2.3	Конденсатор напряжением до 10 кВ	0,90			0,45			0,45			
Группа 3	*Вводы, изоляторы и экранированные токопроводы*										
1.8.3.1	Ввод и проходной изолятор с фарфоровой, жидкой или бумажной изоляцией (до установки на оборудование)	0,90			0,45			0,45			
1.8.3.2	Изолятор отдельный опорный одноэлементный	0,63			0,31			0,32			
1.8.3.3	Токопровод комплектный экранный напряжением 6 кВ и выше	6,93			3,46			3,47			
Группа 4	*Кабели*										
	Кабели напряжением, кВ:										
1.8.4.1	до 1	0,27			0,13			0,14			
1.8.4.2	до 10	2,16			1,08			1,08			
Группа 5	*Вторичные цепи, электрические машины и аппараты напряжением до 1 кВ*										
1.8.5.1	Цепи вторичной коммутации	0,18			0,09			0,09			
Группа 6	*Системы автоматического управления и регулирования*										

Продолжение табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Функциональная группа релейно-контактная с общим числом аппаратов управления и внешних блокировочных связей:										
1.8.6.1	до 20	23,4		11,7				11,7			
1.8.6.2	до 50	55,4		27,7				27,7			
Раздел 2.	***Наладка блочной кустовой насосной станции (БКНС)***										
2.1	Наладка БКНС	171			94,9				76,4		
Раздел 3.	***Наладочные работы на действующем оборудовании средств измерений, автоматики, телемеханики, энергетического, нефтепромыслового, оборудования и контрольно-измерительных приборов***										
Часть 1.	***Наладка приборов для измерения, регистрации и регулирования температуры***										
3.1.1	Термометры манометрические самопишущие однозаписные с дисковой диаграммой типов ТГС-712, ТЖ-711, ТЖС-712	6,09							3,05	3,04	
3.1.2	Термометры манометрические показывающие сигнализирующие электроконтактные типов ТГ2С-712, ТЖ2С-711, ТГ2С-712, ТЖ2С-712	5,93							2,96	2,97	
3.1.3	Термометры манометрические показывающие сигнализирующие электроконтактные типов ТПП-4-Ш, ТПП-4-1У, ТПП-СК, ТПГ-СК.	5,63							2,82	2,81	
3.1.4	Термометры манометрические электроконтактные сигнализирующие типов ЭКТ-1, ЭКТ-1М, ТСМ-100, ТСМ-200, ЭКТ-1.	5,63							2,82	2,81	
3.1.5	Аппаратура контроля температуры АКТ, АКТТ-1, АКТТ-3	7,32							3,82	3,50	
3.1.6	Регуляторы температуры прямого действия типов РТ-25, РТ-40, РТ-50, РТ, РТ-П-50	6,84							3,42	3,42	
3.1.7	Термометры сопротивления типов ТС, ТСП, ТСП-284, ТСП-395, ТЭСП-1, ТСП-5041, ТСП-5071, ТСП-175, ТСМ-6095, ТСП-309	1,27					0,64		0,63		
3.1.8	Преобразователи термоэлектрические типов ТХА, ТХК, ТПП, ТПР	1,10								1,10	
3.1.9	Преобразователи температуры типов ПТ-ТП, ПТ-ТС, ПЭ-53м, Ш-78, Ш-79, П282, Ш703, Ш705	6,33							3,16	3,17	
3.1.10	Термометры технические РТ-200, (ТТ, РУ4)	0,34								0,34	
3.1.11	СТС-136	5,70							2,85	2,85	
Часть 2.	***Наладка приборов***										
3.2.1	Манометры, мановакуумметры показывающие пружинные типов МТ, МТС-16, МТП-160, МТП, ОБМ, ОБМ11-100, ОБМ1-160, МТП-100, МП-3, МП-5, ГМ, ОБМВ, ОБВ, МВП, МТИ, МТ-60, АМУ-1, АМУ-2	0,54							0,23	0,31	

Продолжение табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3.2.2	Манометры, мановакуумметры пружинные показывающие сигнализирующие двухпозиционные типов ЭКМ-1У, ЭКМ-2У, ЭКВМ-1У, ЭКВ-1У	2,13							1,05	1,08	
3.2.3	Манометр, вакуумметр, мановакуумметр пружинный показывающий сигнализирующий двухпозиционный типа ВЭ-15РБ во взрывонепроницаемом корпусе	2,38							2,38		
3.2.4	Манометры, вакуумметры, мановакуумметры показывающие с электрической и пневматической дистанционной передачей типов МП-4-Ш, МП4-1У, МП4-У1, МПВ-4, БДС	2,76					0,98		1,78		
3.2.5	Манометры самопишущие однозаписные, двухзаписные с трубчатой пружиной типов МТС, МТС-711, МТС-712, МСС-716, МТ2С-711, МТ2С-712, МСС-711, МСС-712	5,02							2,2	2,82	
3.2.6	Манометры сильфонные, тягомеры, напоромеры сильфонные и мембранные с электрическим и пневматическим выходом типов МС-Э, ТС-Э, ТНС-Э, МС-П2, МВС-П, МСП-ТС-П, НС-П, ТНС-П, НС, ТМС-718П, НС-718П	5,61							4,74	0,87	
3.2.7	Манометр электрический с дистанционной передачей МЭД	4,56							2,99	1,57	
3.2.8	Манометры дифференциальные сильфонные показывающие с пневматическим выходом сигналов типов ДС-П3, ДС-П4, ДС-П5, ДСП, ДСП-780, ДСП-780Н, ДСП-781Н, ДСП-786В, ДСП-778Н, ДСП-778В, ДСП-778, ДСП-750Н, ДПД, ДП4, ДСП-787, ДСП-787Н, ДСП-787В, ДСКП-787-3, ДСКП	10,4							5,03	5,37	
3.2.9	Манометры дифференциальные мембранные с электрическим выходом сигналов типов ДМ-3583, ДМ-3583ф, ДМ-3583М, ДМ-3574, ДМ-3537ф, ДМ, ДМ-25573, ДС-Э, ДМПК-100, ДМПК-100А, 13ДД1, ДМ-2357	7,24					2,84		4,40		
3.2.10	Манометры дифференциальные сильфонные, самопишущие с пневматическим регулирующим устройством типов ДСС-710, ДСС-712, ДСС-732, ДСС-734, ДСС-710Н, ДСС-710В, ДСС-12Н, ДСС-712В, ДСС-732, ДСС-732В, ДСС-734Н, ДСС-7104В, ДСС-734В, ДСС-7344Н, ДСС-7344В, ДСС-730, УРАЛ	9,14							8,30	0,84	

Продолжение табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3.2.11	Манометры дифференциальные поплавковые самопишущие типов ДП-410, ДП-780, ДП, ДП-710, ДП-712, ДПС-710Н, ДПМ, ДП-720, ДП-787, ДП-430, ДТ-50, ДС-1-05	10,8							4,65	6,10	
3.2.12	Регулятор давления типов РД, РД-6, РД-12, РД-25, РД-32, РД-40, РД-64	2,03								2,03	
3.2.13	Датчики-реле давления ДЛ-06, датчики напора ДН, датчики-реле напора и тяги ДНТ-100	5,00							5,00		
3.2.14	Регулятор давления прямого действия РЛУК-2, РЛУК-2Н, РЛУК-2	3,71							1,35	2,38	
3.2.15	Регулятор перепада давления РПД	3,08								3,08	
3.2.16	Тягонапоромер дифференциальный жидкостной типа ТДЖ, ТНЖ	2,41								2,41	
3.2.17	Тягонапоромеры, напоромеры, тягонапоромеры мембранные показывающие НМП-52, ТНМП-52, ТНМ-5	4,50							0,68	3,82	
3.2.18	Сигнализатор падения давления типа СПДМ-500, ДМ-300	4,46							2,23	2,23	
3.2.19	Фильтры воздуха типов ФВ-1, ФВ-2, ФВ-2М, ФВ-1, ФВ-6, ФВ-25	0,84								0,84	
Часть 3.	***Наладка приборов для измерения, регистрации и регулирования уровня жидкости***										
3.3.1	Уровнемеры поплавковые с пружинным уравновешиванием (без приставки) типов УДУ-5П, УДУ-10, УДУ-10П	9,30								9,30	
3.3.2	Уровнемеры поплавковые с пружинным уравновешиванием (без приставки) типов УДУ-5П, УДУ-10, УДУ-10П (приставкой УДУ-16 с дистанционной потенциометрической)	12,4								12,4	
3.3.3	Уровнемеры буйковые электрические и пневматические типов УБ-Э, УБ-П, УБ-ПВ, УБМ-83-Г, (ДПУ-М, ДПЭ-1Э)	6,54								6,54	
3.3.4	Регуляторы-сигнализаторы уровня типов ЭРСУ, ЭРСУ-2, ЭРСУ-3	4,13						3,75		0,38	
3.3.5	Электрический сигнализатор уровня типа ЭСУ (МЭСУ)	5,12						1,80	2,94	0,38	
3.3.6	Регуляторы уровня типов РУПФ, РУПК, РУПШ-16, РУПШ-64, РУКЦ	8,68							7,32	1,36	
3.3.7	Регулятор уровня РУ (ГДР)	5,05							4,53	0,52	
3.3.8	Регулятор уровня буйковый типа РУБ-1, 2, 3	9,44					2,80		6,12	0,52	
3.3.9	Сигнализатор уровня типов СУ-1, СУ-2, СУЖ, СУЖ-4С, СУЖ-11Н, СУЖ-3, СУЖ-14, СУЖ-1, СУС, СУС-15, СУС-16	3,79					1,71			2,08	
3.3.10	Автомат откачки типов АО, АО-4, АО-5, АО-6, ДУБ	5,09							5,09		
3.3.11	Датчик уровня жидкости ДУЖ-1М	5,36						5,36			
3.3.12	Пульт контроля и сигнализации типа ПКС-1 (ПКС-2, ПКС-2М)	7,20							4,07	2,71	0,42

Продолжение табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Часть 4.	***Наладка газоанализаторов и сигнализаторов***										
3.4.1	Сигнализатор взрывоопасных концентраций в комплекте с датчиком и блоком питания СВК-3М (СТХ-4-1У)	15,7						9,30	6,42		
3.4.2	Наладка газоанализатора «Анкат»	137			70,5				66,2		
3.4.3	Наладка сигнализатора газа «СТМ-10»	127			66,0				61,0		
Часть 5.	***Наладка электронных автоматических мостов и потенциометров***										
3.5.1	Мосты уравновешенные электронные автоматические показывающие самопишущие с записью на ленточной диаграмме типов КСМ-1, КСМ-2, КСМ-3П, КСМ-4, ЭПМ-109	21,0						14,4	6,60		
3.5.2	Потенциометры электронные автоматические показывающие самопишущие с записью на ленточной диаграмме типов КСП1, КСУ, КСП4, КСП3-П, КСП	14,6						3,98	7,32	3,34	
3.5.3	Мост уравновешенный электронный автоматический показывающий самопишущий с записью на ленточной диаграмме МСР (МСР-1-117, МСР-2)	11,2			3,99		5,99	0,62		0,62	
Часть 6.	***Наладка электронных автоматических дифференциально-трансформаторных приборов***										
3.6.1	Прибор электронный автоматический показывающий самопишущий с дифференциально-трансформаторной схемой типа КСД (КСД-2, КСД-3, КСД-4)	12,3						7,74	4,16	0,42	
Часть 7.	***Наладка логометров и милливольтметров***										
3.7.1	Логометры показывающие с регулирующим (сигнализирующим) устройством типов Л-64, Л-64Н, ЛР-64-02, (Ш69000, Ш690006). Милливольтметр типа Ш4500	6,63							4,63	2,00	
Часть 8.	***Наладка вторичных приборов пневматических***										
3.8.1	Приборы контроля пневматические показывающие самопишущие компенсационные типов ПВ4, ПВ2Э, ПВ4.2П, ПВ4.3Э, ПВ4.4,Э, ПВ4.4П	9,88							7,99	1,89	
Часть 9.	***Наладка устройств пропорционально-интегральных***										
3.9.1	Устройства пропорционально-интегральные типов ПР3Ю.31, ПР3.24, ПР1.2, РРПВ3-1, ПР3.33, ПР3.21	8,96					1,00			7,96	
Часть 10.	***Наладка электронного регулирующего прибора Р-25-1-2, РПИБ-С, РПИБ-Т***										
3.10.1	Электронный регулирующий прибор типа Р-25-1-2, РПИБ-С, РПИБ-Т	17,8						5,00	12,8		
Часть 11.	***Наладка исполнительных механизмов***										
3.11.1	Гидравлические исполнительные механизмы типов ГИМ, ГИМ-2, ГИМ-2Д	8,45							4,76	1,69	

Продолжение табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3.11.2	Однооборотный электрический исполнительный механизм типов МЭО, МЭОК	5,90								5,90	
3.11.3	Устройство электроисполнительное регулирующее взрывозащищенное УЭРВ-2	8,79							8,79		
3.11.4	Индикатор положения типа ИДУ (позиционер)	2,36								2,36	
Часть 12.	***Наладка клапанов и задвижек***										
3.12.1	Клапаны предохранительные типов ППК, ПКС, ПКН	4,05								4,05	
3.12.2	Клапан электромагнитный типа КЭ	2,49								2,49	
3.12.3	Клапаны соленоидные типов КПС-4, КПР-1	3,52							1,17	2,35	
3.12.4	Электрическая задвижка	4,83							3,62	1,21	
Часть 13.	***Наладка реле, кнопок, пускателей и переключателей, табло сигнальных***										
3.13.1	Реле времени типов ВС-10-64, ЭВ-132, ЭВ-235, 2РВМ	2,40							2,20	0,20	
3.13.2	Реле импульсивной сигнализации типа РИС-3	2,99							1,06	1,93	
3.13.3	Реле пневматические типов ФРПВ, РПУ-0-911, ПР-7, ПР-7-2М	1,77							1,57	0,20	
3.13.4	Реле промежуточное типа РПУ-24, РП-256	1,19								1,19	
3.13.5	Реле температурное типа ТУДЭ	1,60								1,60	
3.13.6	Блок реле типов БР-101, БР-01, БР-02	3,63						0,74		2,89	
3.13.7	Кнопка типа КЕ-011УЗ	0,19								0,19	
3.13.8	Кнопка 4-х полюсная типа К, КУ	0,44								0,44	
3.13.9	Лампа сигнальная типа КМ 24х90	0,12								0,12	
3.13.10	Табло сигнальное	0,34								0,34	
3.13.11	Электрическое сигнальное устройство типа «РЕВУН-48»	1,37							0,91	0,46	
3.13.12	Переключатель универсальный типа УП, ПМЕ, АП-50	0,72								0,72	
3.13.13	Панели дистанционного управления типа БПДУ, МБПДУ, МБПДУА	1,71							0,38	1,33	
Часть 14.	***Наладка блоков питания***										
3.14.1	Блок питания типа БП (нестабилизированный)	2,63							0,74	1,89	
3.14.2	Блок питания стабилизированный типа БПС	4,08							3,98	0,10	
Часть 15.	***Наладка прибора контроля факела «ПЛАМЯ»***										
3.15.1	Прибор контроля факела «ПЛАМЯ»	6,24								6,24	
Часть 16.	***Наладка запально-защитного устройства (ЗЗУ)***										
3.16.1	Запально-защитное устройство ЗЗУ	8,26								8,26	
Часть 17.	***Наладка фотодатчика Ф-242***										
3.17.1	ФОТОДАТЧИК Ф-242	1,57								1,57	
Часть 18.	***Наладка щитов автоматики насосных агрегатов***										
3.18.1	Щит общестанционный автоматики (ОСА)	12,7					6,30			6,44	

Продолжение табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3.18.2	Щит управления и защиты насосным агрегатом	40,1					10,1	20,0		10,0	
Часть 19.	***Наладка автоматизированной групповой замерной установки типа «СПУТНИК»***										
	АГЗУ «СПУТНИК»										
3.19.1	Предохранительный клапан ППК	4,85							2,25	2,60	
3.19.2	Гидропровод ГП-1	14,0							7,00	7,00	
3.19.3	Счетчик нефти тахометрический ТОР-1-50	1,04							2,00	2,04	
3.19.4	Переключатель скважин многоходовой ПСМ	33,0							13,1	19,9	
3.19.5	Замерный сепаратор	10,3							5,15	5,15	
3.19.6	Вентилятор Ц-13-50	5,17							2,10	3,07	
3.19.7	Обогреватель электрический ТЭН-280	2,39							1,17	1,22	
3.19.8	Блок управления и индикации	10,5					6,10		4,40		
3.19.9	Блок питания БПА	3,94					1,10		1,42	1,42	
3.19.10	Регулятор расхода РР-1	5,60							2,44	3,16	
3.19.11	Манометр показывающий ОБМ	0,85							0,42	0,43	
3.19.12	Манометр электроконтактный во взрывонепроницаемом корпусе ВЭ-16 РБ (2 шт.)	6,22							3,11	3,11	
3.19.13	Проверка схемы освещения герметичности трубной проводки, подтяжка сальниковых уплотнений вентилей, комплексное опробование АГЗ	50,3					10,1		20,1	20,1	
3.19.14	Подготовка технического и щитового помещения к работе	0,20							0,10	0,10	
3.19.15	Оформление технической документации	1,04					1,04				
Часть 20.	***Наладка системы автоматики компрессионных станций, узла осушки воздуха***										
3.20.1	Компрессорная станция ОВГ-3М	227			75,6				75,6	75,6	
3.20.2	Система пуск-71	165			82,5					82,5	
Часть 21.	***Наладка СИиА котлоагрегатов, парогенераторов, печей***										
3.21.1	Система автоматики котлоагрегатов типа КСУ-1	265			88,1			88,3	88,4		
3.21.2	Система автоматики котлоагрегатов типа КСУМ-1	278			92,5			92,5	92,5		
3.21.3	Система автоматики котлоагрегатов АМКО (АКМ-У)	149			49,8			49,8	49,8		
3.21.4	Система автоматики котлоагрегатов типа АРГУС	257			81,7			87,7	87,7		
3.21.5	КИПиА к котлоагрегату типа СЛК (ФИНЛЯНДИЯ)	462			154			154	154		
3.21.6	КИПиА к котлоагрегату ПКГМ, ВКГМ (БОЛГАРИЯ)	284			94,8			94,8	94,8		
3.21.7	КИПиА к котлоагрегату ТЕР-МАКС (ИНДИЯ)	432			144			144	144		
3.21.8	КИПиА к котлоагрегату ИМПАК (РУМЫНИЯ)	477			159			159	159		
3.21.9	КИПиА к котлоагрегату «ВУЛКАН»	81,9			27,3			27,3	27,3		
3.21.10	КИПиА к котлоагрегату типа ТВГ-8	447			149			149	149		
3.21.11	КИПиА к котлоагрегату типа ДКВР, КВГМ, ДЕ, ДТВР	354			118			118	118		

Продолжение табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3.21.12	Система автоматики парогенераторной установки типа «ДРАКОН»	159			53,0				53,0	53,0	
3.21.13	Система автоматики теплогенератора типа ТОК-1А	188			94,0				94,0		
3.21.14	Система автоматики типа «САТУРН» печи ПТБ-10	192			91,2				101		
3.21.15	Система автоматики котлоагрегата типа Р производства США, Испании, Германии, Швеции	75,3			75,3						
Часть 22.	***Наладка топливораздаточной колонки***										
	Топливораздаточная колонка										
3.22.1	Моноблок	7,00						2,20		4,80	
3.22.2	Расходное устройство	5,00						2,50		2,50	
3.22.3	Счетчик	13,0						6,40		6,60	
3.22.4	Электродвигатель	7,00						3,50		3,50	
3.22.5	Пульт управления	25,0			15,0			5,00		5,00	
3.22.6	Комплексная наладка ТРК	11,0			3,00			4,80		3,20	
3.22.7	ИТОГО:										
Часть 23.	***Наладка систем телемеханики типов ТМ-600М, ТМ-620, ТМ-620-01, М-120-1***										
	Система телемеханики ТМ620										
3.23.1	Аппаратура диспетчерского пункта ДП	1247			469			467	311		
3.23.2	Контролируемый пункт КП-1-18	146			30,0				70,0	46,0	
	Система телемеханики ТМ-620-01										
3.23.3	Аппаратура диспетчерского пункта ДП	1434			456				599	379	
3.23.4	Контролируемый пункт КП-5	178			43,0			79,0	38,0	18,0	
Часть 24.	***Наладка систем телемеханики типа ТМ-600 «МИКРО»***										
	Система телемеханики ТМ-600 «МИКРО»										
3.24.1	«МИКРО-ЭВМ»	855		240	429			166	10,0	10,0	
3.24.2	АЦПУ	48,9		7,67	25,9			7,67	7,67		
3.24.3	Устройства ввода-вывода	14,8			4,41					10,4	
3.24.4	Дисплей	65,4			22,8				21,3	21,3	
3.24.5	Аппаратура ПУ	1237			969				137	131	
3.24.6	КП (К)	448			128				184	136	
3.24.7	КП (А)	110			40,0				40,0	30,0	
Часть 25.	***Наладка систем измерения уровня КОР-ВОЛ***										
3.25.1	Уровнемер жидкости	114					19,9		77,0	17,5	
3.25.2	Цифровой селектор	21,7					7,59			14,1	
3.25.3	Щиты диспетчерского управления и сигнализации (нормы времени на 1 щит)	16,9					7,04		4,26	5,63	
3.25.4	Вторичная аппаратура (ЦБИ, БП, ДП, ЦПУ)	201			100				90,9	9,98	
3.25.5	Дигинальный блок с процессором SAM-85	29,7					15,5		13,1	1,07	
3.25.6	Аппаратура «ПОДЦЕНТР» с процессором SAM-85	1056		341			300	36,0	340	39,3	
3.25.7	Аппаратура «ЦЕНТР» с процессором SAM-85	1587		320			360	317	301	289	
3.25.8	Сигнализаторы уровня жидкости OMIV	6,89							3,45	3,44	
3.25.9	Кабели	11,7							5,84	5,85	
3.25.10	МАК-100 системы «Кор-Вол»	418			416			99,7	86,0	86,0	
Часть 26.	***Наладка комплекса контроля процессов бурения ПКБ-2, СКУБ, Б-7***										

Окончание табл.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3.26.1	Пульт контроля процессоров бурения типа ПБК-2	21,1					10,6		10,5		
3.26.2	Система контроля и управления процессором бурения типа СКУБ	72,9					24,3		24,3	24,3	
3.26.3	Комплект приборов контроля процессором бурения Б-7	28,3					14,0		14,3		
3.26.4	Производственная громкоговорящая связь ПГС	18,0						6,00	12,0		
3.26.5	Автоматический выключатель привода буровой лебедки ОБЛ	14,4						4,60	9,80		
Часть 27.	***Наладка автоматического регулятора нагрузки на долото АРНД-1***										
3.27.1	Автоматический регулятор нагрузки на ДОЛОТО АРНД-1	25,8					8,00			17,8	
Часть 28.	***Наладка щитов автоматики котлоагрегатов***										
3.28.1	Щит автоматики котлоагрегата типа «Вулкан» (ПКН-2с)	30,1							30,1		
3.28.2	Щит автоматики котлоагрегата типа ДКВР, ДЕ	37,2							20,9	16,3	
3.28.3	Щит автоматики котлоагрегата типа ТВГ-8	40,6							18,8	21,8	
3.28.4	Щит автоматики деаэратора	37,5							19,7	17,8	
3.28.5	Щит автоматики сетевой установки котельной	33,8							18,4	15,4	
3.28.6	Щит автоматики котлоагрегата типа «АРГУС»	42,0					13,8		14,2	14,0	
3.28.7	Технологическая линия производства пластмассовых труб	250					83,2		83,2	83,2	
3.28.8	ТЩУ эл. печей остеклования труб	282					141			141	
3.28.9	Технологическая линия цеха остеклования труб	582					291			291	
3.28.10	Система автоматики на линиях станции диагностики	180			90,0				90,0		
Раздел 4.	***Наладка дожимной насосной станции***										
4.1	Наладка ДНС – защита насосной станции	120		30,0				30,0	30,0	30,0	
4.2	Наладка ДНС – операторная площадка	360		91,6				91,6	91,6	91,6	
4.3	Всего	486									

ГЛАВА 2.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Техническое обслуживание систем и средств измерений и автоматики представляет собой комплекс работ профилактического характера по поддержанию этих систем и средств в рабочем состоянии. Характерной особенностью этого вида работ является строгая периодичность их проведения. В зависимости от объема работ, выполняемого при проведении технического обслуживания (ТО), в нефтяной промышленности применяются, в основном, три вида обслуживания: ТО-1, ТО-2, ТО-3.

Наиболее простой вид обслуживания ТО-1 может выполняться ежедневно, раз в две недели или ежемесячно, ТО-2 — ежеквартально, а ТО-3 — раз в полугодие или раз в год. Периодичность проведения ТО определяется спецификой конкретных систем и средств измерений и автоматики и условиями их эксплуатации и может изменяться.

Годовая трудоемкость работ по ТО для каждого вида оборудования определяется по формуле:

$$T_г = a \cdot H_1 + в \cdot H_2 + c \cdot H_3$$

где, $T_г$ - годовая трудоемкость ТО, чел-ч.;

H_1, H_2, H_3 - нормы времени на выполнение каждого вида обслуживания, соответственно, ТО-1, ТО-2, ТО-3.

а, в, с - количество проводимых в году обслуживаний, соответственно, ТО-1, ТО-2, ТО-3.

По существу ТО -3 представляет собой комплекс работ по профилактике, настройке, комплексному опробованию и пуску в эксплуатацию оборудования, что соответствует по составу требованиям, предъявляемым к наладке действующих объектов.

В таблицах нормативной части данной главы приведены нормы времени по каждому виду ТО, типовая периодичность выполнения ТО каждого вида в год и суммарная годовая трудоемкость каждого вида и всего комплекса обслуживания.

Содержание работ к разделу 1 «Техническое обслуживание оборудования средств измерения количества нефти»

ТО-1

Анализ журнала регистрации показателей средств измерений СИКН и ТПУ:

Внешний осмотр.

1.1. Приборный щит.

Проверка целостности заземления, функционирования блоков питания приборов и светового табло по световой сигнализации, исправности ламп световой сигнализации, функционирования звуковой сигнализации, наличия напряжения питания на вторичных блоках вискозиметров, блока плотномера по световой сигнализации, работоспособности датчиков загазованности, состояния монтажных проводов и внутришкафных соединений, проверка наличия маркировок, надписей внутри шкафа, дистанционного управления.

1.2. Вторичная аппаратура вычислителя расхода.

Внешний осмотр и устранение обнаруженных неисправностей. Проверка целостности заземления шкафов и приборов, наличия и целостности пломб, действующих клейм. Проверка чистоты поверхностей, целостности шкафов и приборов, электромеханических счетчиков. Проверка состояния монтажных проводов, внутри шкафных и межшкафных соединений, целостности жгутов.

Проверка работоспособности источника бесперебойного питания (проверка входных и выходных напряжений). Проверка эпюр напряжений на входном клеммнике шкафа. Проверка внутришкафных напряжений питания. Проверка контролируемых параметров и проверка пределов сигнализации. Проверка каналов преобразователей.

1.3. Датчик массомера с преобразователем расхода.

Внешний осмотр, проверка наличия и целостности заземления, пломб, действующих клейм, проверка состояния кабельных вводов на клеммных коробках.

Проверка дрейфа «0».

Совместная проверка запорной арматуры на герметичность с оформлением двустороннего акта.

Контроль метрологических характеристик рабочих МПР по ТПУ, либо по контрольному МПР (при наличии).

1.4. АРМ (автоматизированное рабочее место).

Резервное сохранение информации, сканирование накопителей НЖМД (жесткий магнитный диск) с целью выявления физических дефектов, профилактический осмотр и удаление загрязнений, профилактическая проверка программ и данных на вирусное заражение, сканирование накопителей НЖМД с целью выявления физических дефектов, оптимизация накопителей НЖМД, тестирование компьютера, резервное сохра-

нение информации (с последующем восстановлением), анализ журнала событий ОС NT4, оптимизация реестра, чистка фильтра вентилятора, замена картриджа, ревизия принтера (чистка и смазка).

1.5. ТПР измерительная линия.

Получение задания. Подготовка рабочего места. Ведомственный контроль метрологических характеристик ТПР. Установление межконтрольного интервала ТПР. Уборка рабочего места. Оформление документов.

1.6. Плотномер поточный (денсиметр).

Проверка состояния корпуса плотномера и кронштейна для его крепления, проверка надежности крепления, проверка герметичности соединений, целостности разрывных мембран. Промывка плотномера.

1.7. Индикатор фазного состояния ИФС.

Проверка чистоты поверхности, надежности крепления датчика, отсутствия механических повреждений и дефектов. Проверка целостности заземляющих проводов, состояния предохранителей, разъемных соединений, наличия пломб, наличия маркировки взрывозащиты и предупредительных надписей. Проверка герметичности соединений, отсутствия течей. Проверка исправности электронного блока, датчика,самопишущего прибора, гальванометра и индикатора.

1.9. ТПР (узел качества).

Проверка наличия и целостности пломб и даты очередной поверки ТПР.

1.10. Вторичная аппаратура ТРП (узел качества).

Внешний осмотр, проверка наличия и целостности заземления, пломб и даты очередной калибровки. Проверка сопротивления заземления, чистоты и отсутствия механических повреждений, проверка состояния монтажных проводов, соединений. Проверка напряжения питания, проверка формы и амплитуды выходного сигнала с ТПР.

1.11. Влагомер.

Внешний осмотр. Проверка целостности и герметичности кабельных вводов, действующих пломб и клейм. Проверка состояния монтажных проводов, целостности жгутов. Проверка герметичности резьбовых соединений, надежности крепления крышек, коробок и приборов. Проверка чистоты внешних поверхностей.

1.12. Вискозиметр поточный.

Получение сообщения - наряда, предварительное оформление, регистрация в журнале, инструктаж по ТБ. Комплектование группы инструментов приборами, материалами и ЗИП. Получение приборов, свидетельства на приборы, проверка работоспособности. Анализ журнала ежедневного обслуживания на объекте. Согласование времени проведения работ с заказчиком, получение допуска к работе. Проверка правильности заполнения формуляра на СИ за прошедший месяц. Расстановка исполнителей по местам. Внешний осмотр. Проверка целостности, герметичности кабельных вводов, действующих пломб и клейм. Проверка состояния монтажных проводов, целостности жгутов. Проверка герметичности резьбовых соединений, надежности креплений крышек, коробок и приборов. Проверка чистоты внешних поверхностей. Промывка датчиков и фильтров платформы приборов качества. Электрические измерения. Проверка напряжения питания ВА. Заключительные работы.

1.13. Пробоотборник автоматический.

Проверка целостности корпуса пробоотборника и емкости пробы, проверка надежности крепления механических соединений, работоспособности пробоотборника, автоматического включения пробоотборника по сигналу «отобрать пробу», автоматического переключения с первого на второй пробоотборник и включения второго пробоотборника при срабатывании конечного микровыключателя первого.

1.14. Преобразователь давления с унифицированным выходным сигналом.

Подготовительные работы. Внешний осмотр: проверка надежности крепления, чистка от пыли и грязи. Проверка герметичности, целостности электрических соединений и заземления. Продувка импульсных линий, проверка нулевой отметки шкалы. Чистка контактов, проверка значения выходного сигнала.

1.15. Преобразователь перепада давления.

Подготовительные работы. Внешний осмотр: проверка надежности крепления, чистка от пыли и грязи. Проверка герметичности, целостности электрических соединений и заземления. Продувка импульсных линий, проверка нулевой отметки шкалы. Чистка контактов, проверка значения выходного сигнала.

1.16. Преобразователь температуры с унифицированным выходным сигналом.

Подготовительные работы. Внешний осмотр: проверка надежности крепления, чистка от пыли и грязи. Проверка герметичности, проверка показаний, проверка целостности электрических соединений и заземления. Проверка нулевой отметки шкалы. Чистка контактов, проверка значения выходного сигнала.

1.17. Панель пожарной сигнализации.

Проверка наличия питания, наличия вспомогательного (аварийного) питания от блока гарантийного питания.

1.18. Реле перепада давления.

Проверка отсутствия механических повреждений, состояния заземления и состояния крепежных соединений, герметичности фланцевых соединений и отсутствия механических повреждений импульсных линий.

1.19. Регулятор давления с позиционером.

Внешний осмотр: проверка надежности крепления, чистка от пыли и грязи. Проверка герметичности, целостности электрических соединений и заземления, проверка регулирования в ручном или автоматическом режиме. Чистка контактов, корректировка и проверка настроечных параметров. Проверка изоляции кабельных линий и замер изоляции. Проверка соответствия входного сигнала давления с измеряемой величиной.

1.20. Реле расхода.

Проверка герметичности фланцевых соединений, подтяжка болтов, чистка от пыли и грязи, установка нуля реле расхода. При необходимости разборка реле, прочистка конической трубки, замена изношенных прокладок и сборка, проверка срабатывания реле.

1.21. Ротаметр.

Проверка отсутствия механических повреждений, резьбовых соединений, плавности передвижения и отсутствия заеданий стрелки при изменении расхода, установки нуля. При необходимости (не устанавливается нуль) разборка ротаметра, прочистка конической трубки, сборка ротаметра.

1.22. Термореле (в системе отопления блок бокса).

Проверка отсутствия механических повреждений, установки работоспособности термореле.

1.23. Датчик контроля загазованности с вторичным прибором.

Проверка надежности крепления, наличия маркировки и состояния герметичности кабельных вводов, проверка целостности заземления, отсутствия механических поврежде-

ний, контроль наличия и целостности пломб и клейм.

1.24. Пожарный извещатель.

Проверка состояния корпуса извещателя на отсутствие загрязнений и механических повреждений. Очистка датчиков, затяжка крепления. Проверка срабатывания пожарного извещателя, вырабатывания электрического сигнала датчиком загазованности при контакте с газовой средой.

1.25. Силовой шкаф.

Проверка чистоты внешней поверхности шкафов, функционирования стабилизатора напряжения по световой сигнализации, исправности сигнальных ламп, состояния внутришкафных соединений и монтажных проводов, наличия питания по световой сигнализации, надежности заземления, зажимов заземления на шкафах, температуры наружного кожуха стабилизатора напряжения на перегрев, стабилизатора напряжения на отсутствие аномальных шумов и запахов изоляции.

1.26. Шкаф управления блок боксом.

Проверка чистоты внешней поверхности шкафов, функционирования стабилизатора напряжения по световой сигнализации, исправности сигнальных ламп, состояния внутришкафных соединений и монтажных проводов, наличия питания по световой сигнализации, надежности заземления, зажимов заземления на шкафах, температуры наружного кожуха стабилизатора напряжения на перегрев, стабилизатора напряжения на отсутствие аномальных шумов и запахов изоляции.

1.27. Стабилизатор напряжения (в блок боксе).

Проверка внешней поверхности стабилизатора на отсутствие механических повреждений. Удаление пыли, грязи. Проверка температуры окружающего воздуха. Проверка по вольтметру на лицевой панели выходного напряжения стабилизатора и, при необходимости, его регулировка. Проверка входного напряжения. Проверка креплений входного и выходного выводов.

1.28. Соленоидный клапан.

Проверка надежности крепления, наличия маркировки и состояния герметичности кабельных вводов, проверка целостности заземления, отсутствия механических повреждений, контроль наличия и целостности пломб и клейм.

1.29. Блок гарантийного питания.

Проверка выходного напряжения инвертора, выходной частоты инвертора по частотомеру, силы выходного тока инвер-

тора и выпрямителя, исправности контрольных ламп и, при необходимости, замена перегоревших ламп, наличия надписей и маркировок на тумблерах, переключателях.

1.30. Кабельные линии.

Осмотр трассы, устранение повреждений, восстановление нарушенной маркировки, проверка состояния кабельных вводов: на клеммных коробках, датчиках, ВА.

1.31. Стабилизатор напряжения ВА регулирующей заслонки.

Проверка внешней поверхности стабилизатора на отсутствие механических повреждений. Удаление пыли, грязи. Проверка температуры окружающего воздуха. Проверка по вольтметру на лицевой панели выходного напряжения стабилизатора и, при необходимости, его регулировка. Проверка входного напряжения. Проверка креплений входного и выходного выводов.

1.32. Клеммная коробка.

Внешний осмотр. Проверка надежности креплений кабелей, состояния разъемных соединений и замеры сопротивлений изоляции, согласно кабельному журналу.

1.33. Устройство определения содержания свободного газа в нефти.

Проверка чистоты поверхностей, надежности креплений, соединения, отсутствия механических повреждений и дефектов, проверка исправности вентилей высокого давления, заполнения манометрического узла жидкостью, хода плунжера пресса, герметичности пробоотборной камеры и состояния уплотнительных колец.

ТО-2

Выполнение работ в объеме ТО-1.

1.1. Приборный щит.

Обслуживание контактных соединений. Внешний осмотр на целостность, чистка разъемов, контактов, подтяжка ослабленных соединений, чистка плат.

1.2. Вторичная аппаратура вычислителя расхода.

Обслуживание контактных соединений. Проверка целостности разъемов и клеммников, наличие маркировки разъемов, наконечников проводов, клеммников, затяжка крепежных соединений, наличия изоляции на концах проводов. Чистка разъемов.

1.3. Вторичная аппаратура ТПР (узел качества).

Осмотр на целостность, чистка разъемов, контактов, клемм-ников. Проверка технического состояния рабочих поверхностей контактов, промывка контактов и разъемов спиртом, затяжка крепежных соединений.

1.4. Влагомер.

Электрические измерения. Проверка напряжения питания ВА. Тестовая проверка ВА. Подготовка к проведению тестовой проверки ВА. Проведение тестовой проверки ВА. Заключительные работы. Восстановление рабочей схемы. Восстановление нарушенных при обслуживании контрольных клейм. Проверка работоспособности схем.

1.5. Вискозиметр поточный.

Обслуживание контактных соединений, отключение питания, отсоединение контрольных кабелей, чистка разъемов от пыли, проверка целостности разъемов и клеммников, восстановление маркировок, подсоединение кабелей. Извлечение плат из разъемов, чистка от пыли, промывка контактов спиртом, сушка, установка плат на место. Ревизия. Проверка работы. Подготовка к КМХ. Согласование работ с заказчиком. Проведение КМХ. Оформление протоколов КМХ.

1.6. Пробоотборник автоматический.

Демонтаж, разборка, промывка деталей узлов, проверка целостности уплотнительных колец и манжет. Сборка, замена негодных, при необходимости смазка трущихся частей. Сборка, установка пробоотборника. Подсоединение контрольных кабелей. Проверка правильности монтажа. Закрытие дренажного вентиля, открытие задвижек на входе и выходе блока качества. Проверка герметичности фланцевых соединений. Стравливание воздуха из системы. Включение питания ВА. Проверка работоспособности пробоотборника.

1.7. Силовой шкаф.

Отвинчивание болтов и открытие крышки шкафов. Обслуживание контактных соединений. Отключение питания блок бокса, проверка отсутствия напряжения питания. Чистка клеммников. Проверка наличия маркировки разъемов, наконечников проводов, клеммников, при необходимости восстановление маркировок. Проверка целостности разъемов, клеммников, магнитных пускателей (отсутствие трещин, деформации). Проверка затяжки крепежных соединений. Проверка наличия изоляции (манжеток) на концах проводов. Очистка от пыли реле, проверка технического состояния рабочих поверхнос-

тей контактов. Промывка контактов спиртом.

1.8. Шкаф управления блок боксом.

Отвинчивание болтов и открытие крышки шкафов. Обслуживание контактных соединений. Отключение питания блок бокса, проверка отсутствия напряжения питания. Чистка клеммников. Проверка наличия маркировки разъемов, наконечников проводов, клеммников, при необходимости восстановление маркировок. Проверка целостности разъемов, клеммников, магнитных пускателей (отсутствие трещин, деформации). Проверка затяжки крепежных соединений. Проверка наличия изоляции (манжеток) на концах проводов. Очистка от пыли реле, проверка технического состояния рабочих поверхностей контактов. Промывка контактов спиртом.

1.9. Блок гарантийного питания.

Перевод работы БГП на подключение нагрузки к сети в обход. Отключение выключателя инвертора. Включение выключателя обхода ручного подключения. Отключение выключателя автоматического подключения и выключателя на входе блока переключения питания. Выпрямитель: очистка внутренней части шкафа от пыли. Проверка целостности разъемов клеммников, отсутствия перегрева тиристоров, обмоток трансформатора, технического состояния рабочих поверхностей контактов на отсутствие деформации, окислов, подгорания. Протирка контактов спиртом, проверка затяжки крепежных соединений на ослабление контактов и соединений реостата цепи управления, исправности и состояния контактов выключателей и переключателей, механической и электрической работоспособности реле и магнитного контактора, соответствия напряжения срабатывания реле максимальному и минимальному напряжению с установками.

ТО-3

Выполнение работ в объеме ТО-2.

1.1. Приборный щит.

Ревизия щитков с выключателями (проверка исправности переключателя и целостности предохранителей, при необходимости замена). Ревизия цепей светового табло: ревизия релейных цепей, подтяжка контактных соединений. Восстановление изоляции на концах проводов и маркировок: проверка работы цепей аварийной сигнализации имитацией сигналов аварийной сигнализации подключением тестера к блоку. Про-

верка работоспособности преобразователя сигнала плотномера: проверка плавких вставок, проверка двоичного выходного сигнала, проверка сигналов температур, проверка разности между двумя двоичными выходными сигналами каналов 1 и 2. Проверка разности между частотами стандартной частоты и двоичного выходного сигнала.

1.2. Вторичная аппаратура вычислителя расхода.

Выполнение работ в объеме ТО-2. Ревизия и наладка искробезопасных блоков, реле управления, внутренних блоков питания, предусилителей, источника бесперебойного питания, аккумуляторных батарей. Ревизия наладка и подготовка к поверке шкафа ВА.

Комплексная проверка работоспособности СИКН.

1.3. Датчик массомера с преобразователем расхода.

Выполнение работ в объеме ТО-1.

Обслуживание контактных соединений:

- осмотр на целостность, чистка контактов, разъемов, соединений;
- проверка наличия маркировки разъемов, наконечников проводов, клеммников;
- промывка контактов спиртом;
- отсоединение контрольных кабелей, измерение сопротивления изоляции кабелей, их разрядка, подсоединение, оформление результатов работ, оформление соответствующих документов согласно ПТБ и ПУЭ;
- ревизия, промывка МПР, подготовка и предъявление на госповерку МПР и преобразователя расхода;
- руководство и участие в установке МПР, подключение к контрольному кабелю;
- проверка дрейфа «0»;
- комплексная проверка работоспособности УУН;
- совместная проверка запорной арматуры на герметичность с оформлением двустороннего акта;
- поверка рабочего МПР по ТПУ, либо по образцовому МПР, оформление протокола поверки, ввод полученного коэффициента преобразования в ВА;
- для поверки контрольного МПР проводят все вышеуказанные работы.

1.4. ТПР измерительная линия.

Ревизия и предъявление на поверку ТПР. Отсоединение контрольных кабелей, снятие магнитоиндукционного датчи-

ка, контроль за демонтажом ТПР. Разборка, мойка, замена дефектных деталей, сборка, проверка работоспособности. Установка МИД, подключение к контрольному кабелю, проверка сигнала МИД. Контроль за монтажом ТПР. Подготовка к поверке.

1.5. Плотномер поточный (densиметр).

Транспортировка подготовленного плотномера на поверку (упаковка в специальные тары). Подготовка плотномера к госповерке (проводится согласно действующим методикам без госповерителя в специальных лабораториях). Проведение госповерки плотномера согласно действующим методикам в присутствии госповерителя. Установка и подключение плотномера.

1.6. Индикатор фазного состояния ИФС.

Ревизия, наладка ИФС: отключение питания, отсоединения заземления, демонтаж самопишущего прибора и электронного блока, разборка, дефектация, чистка, ревизия, замена неисправных элементов, сборка, проверка и регулировка электронного блока на стенде, регулировка, настройка самопишущего прибора, предъявление на ведомственную поверку. Установка. Подключение заземления, питания. Отключение и отсоединение от кабеля датчика. Демонтаж. Разборка. Дефектация, чистка, ревизия. Замена изношенных элементов. Проверка исправности пьезоэлементов. Сборка датчика. Установка. Настройка, регулировка. Проверка устойчивости показаний.

1.7. ТПР (узел качества).

Ревизия и предъявление на поверку ТПР. Отсоединение контрольных кабелей, снятие магнитоиндукционного датчика, контроль за демонтажом ТПР. Разборка, мойка, замена дефектных деталей, сборка, проверка работоспособности. Установка МИД, подключение к контрольному кабелю, проверка сигнала МИД. Контроль за монтажом ТПР. Подготовка к поверке.

1.8. Вторичная аппаратура ТПР (узел качества).

Выполнение работ в объёме ТО-2.

Отсоединение контрольных кабелей, измерение сопротивления изоляции кабелей, разрядка кабелей, оформление результатов работ и соответствующих документов согласно ПТБ и ПУЭ. Проверка работоспособности искробезопасного блока. Ревизия ВА, транспортировка ВА к месту калибровки прибора, калибровка, оформление результатов калибровки, транс-

портировка на УУН, установка на штатное место, подключение кабелей, проверка работоспособности ВА в комплексе с ТПР.

1.9. Влагомер.

Испытание кабельных линий и проводов. Прозвонка контрольных кабелей. Измерение сопротивления изоляции и жил. Оформление протоколов испытаний. Стендовая наладка приборов. Подготовка к стендовой наладке, демонтаж, подключение к стенду. Настройка и регулировка в соответствии с инструкцией. Подготовка к проведению поверки.

1.10. Вискозиметр поточный.

Выполнение работ, предусмотренных в ТО-2.

Испытание кабельных линий и проводов. Разрядка, прозвонка контрольных кабелей. Измерение сопротивления изоляции и жил. Оформление протоколов испытаний. Стендовая наладка приборов. Подготовка к стендовой наладке, демонтаж, подключение к стенду. Настройка и регулировка в соответствии с инструкцией. Монтаж вторичного блока и проверка работоспособности.

1.11. Пробоотборник автоматический.

Демонтаж и ревизия пробоотборника. Транспортировка подготовленного прибора на ремонт и поверку. Подготовка к госповерке. Госповерка согласно действующим методическим указаниям. Установка, подключение. Проверка работоспособности.

1.12, 1.13. Преобразователь давления с унифицированным выходным сигналом и преобразователь перепада давления.

Снятие и установка прибора из обменного фонда. Пуск, регулировка по месту. Частичная разработка, ревизия сигнализирующего устройства, замена изношенных деталей, чистка, смазка. Подготовка и отправка приборов на поверку.

1.14. Преобразователь температуры с унифицированным выходным сигналом.

Снятие и установка прибора из обменного фонда. Пуск, регулировка по месту. Частичная разработка, ревизия сигнализирующего устройства, замена изношенных деталей, чистка. Подготовка и отправка приборов на поверку.

1.15. Панель пожарной сигнализации.

Ревизия: отвинтить винт, отключить питание. Проверить состояние монтажных проводов. Проверить состояние предохранителей. Очистить плату и контакты разъемов от пыли. Включить питание, закрыть панель, проверить работоспособность.

1.16. Реле перепада давления.

Замер сопротивления изоляции кабеля. Проверка срабатывания индикации перепада давления. Ревизия реле, регулировка.

1.17. Регулятор давления с позиционером.

Ревизия. Стендовая настройка и регулировка по эталонным параметрам 0 мА и 20 мА. Проверка переключения автоматического и ручного режима регулирования. Проверка и настройка концевых выключателей позиционера «открыто» и «закрыто», совместно с индикацией на ВА. Настройка зон чувствительности диапазона хода регулятора 30% и 70%.

1.18, 1.19. Манометр и термометр.

Демонтаж, промывка моющими средствами и протирка, упаковка в специальные тары и транспортировка подготовленных манометров в ремонтную мастерскую. Ревизия, дефектация, замена изношенных элементов, сборка, регулировка. Подготовка к госповерке и проведение госповерки согласно действующим методическим указаниям в присутствии госповерителя.

1.20. Реле расхода.

Ревизия реле расхода. Проверка правильности включения резервного насоса при уменьшении расхода через реле менее 20 литров в минуту. Проверка цепи сигнализации реле расхода и замер изоляции.

1.21. Ротаметр.

Демонтаж, ревизия, подготовка к калибровке и проведение калибровки. Установка на месте, регулировка по месту, установка нуля.

1.22. Термореле (в системе отопления блок бокса).

Ревизия, регулировка. Проверка термореле на включение обогревательных элементов. Измерение сопротивления изоляции кабеля и сопротивления обогревательного элемента.

1.23. Пожарный извещатель.

Проверка срабатывания калибровочной смесью и путем нагрева датчика.

1.24, 1.25. Силовой шкаф и шкаф управления блок боксом.

Отключение шкафов. Ревизия автоматических выключателей, электромагнитных выключателей, переключателей с заменой неисправных элементов. Подключение. Комплексная проверка работоспособности шкафов.

1.26. Стабилизатор напряжения (в блок боксе).

Отключение питания. Проверка состояния фланцевых соединений крышки (отсутствие ржавчины, при необходимости чистка). Дефектация узлов (проверка наличия и состояния всех узлов деталей). Проверка надежности крепежных соединений. Чистка от пыли внутренней поверхности стабилизатора, клеммных разъемов. Протирка печатных плат спиртом. Измерение сопротивления изоляции корпуса стабилизатора.

1.27. Соленоидный клапан.

Ревизия (разборка, чистка, замена изношенных деталей, сборка).

1.28. Блок гарантийного питания.

Ревизия БГП: отключение БГП, перевод на питание в обход (отключение инвертора от источника питания, отключение выпрямителя от сети, размыкание выходной цепи выпрямителя, отключение нагрузки от БГП, отключение цепи питания блока управления. Проверка степени затяжки всех зажимов клеммников: проверка правильности показания вольтметров и амперметров. Подготовка к госповерке. Ревизия блока выпрямителя, блока управления и инвертора. (Демонтаж, дефектация, при необходимости замена элементов, узлов и деталей). Регулировка устройства управления тиристоров.

1.29. Кабельные линии.

Выполнение работ, предусмотренных в ТО-1. Подтяжка хомутов, бандажей, креплений. Чистка контактов, восстановление соединительных муфт. Восстановление антикоррозионного покрытия соединительных коробок. Измерение сопротивления изоляции кабеля, сопротивления заземления. Составления протокола измерения сопротивления изоляции.

1.30. Стабилизатор напряжения ВА регулирующей заслонки.

Отключение питания. Проверка состояния фланцевых соединений крышки (отсутствие ржавчины, при необходимости чистка). Дефектация узлов (проверка наличия и состояния всех узлов деталей). Проверка надежности крепежных соединений. Чистка от пыли внутренней поверхности стабилизатора, клеммных разъемов. Протирка печатных плат спиртом. Измерение сопротивления изоляции корпуса стабилизатора.

1.31. Клеммная коробка.

Выполнение работ, предусмотренных в ТО-1. Частичная разборка, проверка отсутствия механических повреждений, установка коробки, подключение и проверка работоспособности.

1.32. Устройство определения содержания свободного газа в нефти.

Ревизия и наладка УОСГ. Сброс давления, слив жидкости из системы, демонтаж, разборка, дефектация, чистка. Промывка термостатирующей рубашки, камеры. Сушка, ревизия, замена неисправных узлов. Проверка герметичности уплотнительных колец. Сборка, установка. Проверка герметичности пробоотборной камеры.

Содержание работ к разделу 4 «Техническое обслуживание трубо-поршневых установок»

ТО-1

Получение сообщения-наряда, предварительное оформление, регистрация в журнале производства работ. Инструктаж по ТБ.

Комплектование групп инструментом приборами, материалами и запасными частями. Получение приборов, свидетельств о поверке приборов, проверка работоспособности.

Анализ журнала обслуживания на объекте. Согласование времени проведения обслуживания и ремонтных работ с заказчиком, получение допуска к работе. Проверка правильности заполнения формуляров, выборка и анализ отказов за прошедший месяц. Проверка наличия свидетельств об аттестации ТПУ.

Инструктаж на рабочем месте, расстановка исполнителей по рабочим местам.

Внешний осмотр технологического оборудования.

Проверка целостности защитного заземления оборудования, клеммных коробок, механизмов. Проверка наличия и исправности КИП согласно технологической схеме. Проверка надежности крепления и целостности приборов, детекторов, гидросистемы и крышек клеммных коробок. Проверка герметичности гидросистемы.

Проверка наличия знаков взрывозащиты и табличек на детекторах. Проверка целостности теплоизоляционного кожуха (ТПУ производства ВНР и СФРЮ).

Внешний осмотр кабельных линий.Осмотр трассы контрольных кабельных линий. Проверка состояния кабельных вводов, концевых заделок, клеммных коробок, уплотнения защитных труб.

Контроль наличия и целостности клейм и пломб на вторич-

ной аппаратуре и детекторах калиброванного участка.

Проверка наличия и уровня масла в гидросистеме.

Внешний осмотр на целостность и комплектность вторичной аппаратуры и шкафа управления.

Проверка целостности заземления, вторичных приборов, шкафа управления и наличие надписей.

Проверка состояния монтажных проводов и чистоты внешней поверхности вторичной аппаратуры и шкафа управления.

Проверка надежности крепления вторичных приборов и шкафа управления.

Наполнение ТПУ нефтью.

Открытие задвижек на входе и выходе, закрытие дренажных вентилей, открытие и закрытие воздушного вентиля на верхней точке ТПУ.

Проверка правильности положения запорной арматуры.

Проверка герметичности запорной арматуры, резьбовых и фланцевых соединений.

Установка термометров и проверка их исправности на входе и выходе ТПУ.

Проверка исправности манометров и соответствие давления в ТПУ техническим требованиям.

Контроль работы механизма переключения потока.

Контроль работы четырехходового крана ТПУ производства ВНР, СФРЮ (производительность 500, 1000 м.куб/час). Проверка работоспособности, герметичности крана и работоспособности электропривода типа «Роторк».

Контроль работы системы из четырех задвижек РНРГ-1М (ТПУ производства ВНР производительностью 1900, 4000 м. куб/час). Проверка открытого и закрытого, положения задвижек, работоспособности и герметичности задвижек.

Контроль работы четырехходового крана (ТПУ производства СФРЮ).

Проверка работоспособности и герметичности крана, уплотняющих сегментов, ревизия коробки передачи.

Проверка работоспособности электропривода крана типа РОТОРК SYN-CROPAK и SYNCROSET. Проверка наличия и уровня масла в коробке привода, правильности настройки предельных выключателей и выключателей крутящего момента, исправности настройки привода и чередование фаз, проверка световой сигнализации.

Отключение ТПУ.

Открытие байпасных задвижек, закрытие входной и выходной задвижек ТПУ. Дренирование нефти с ТПУ. Закрытие дренажных и воздушных вентилей.

Отключение вторичной аппаратуры, силовых цепей.

Установка переключателей режима управления электроприводов задвижек, механизма запуска шара в нейтральное положение.

Оформление документации по техническому обслуживанию.

Оформление сообщения-наряда (при необходимости донесения об отказе), формуляра на ТПУ, графика ТО ТПУ и другой нормативно-технической документации по обслуживанию.

ТО-2

Выполнение работ в объеме ТО-1.

Участие в работе по вскрытию люков и проверка состояния узлов ТПУ.

Техническое руководство по вскрытию люков и проверка состояния узлов ТПУ.

Участие в гидравлических испытаниях ТПУ, контроль соблюдения технических требований при испытаниях.

Внешний осмотр старто-приемной камеры.

Внешний осмотр крышки, открытие крышки приемной камеры, разборка, чистка уплотнительных колец, шайб и колец запирания, смазка резьбовых соединений и впадин уплотнительных колец. Проверка отсутствия течи из выпускаемого болта (ТПУ производства СФРЮ).

Внешний осмотр приемной и пусковой камер.

Проверка герметичности фланцевых соединений камер, вентиля для сброса газа, выпускаемых клапанов, отдушин и состояния уплотнений.

Профилактический осмотр и контроль геометрических размеров шаровых поршней. Замена шаровых поршней.

Подготовка резервных шаров. Осмотр состояния наружных поверхностей и швов шаровых поршней. Заполнение шаров согласно инструкции завода-изготовителя. Контроль геометрических размеров шаров, оформление результатов измерения.

Замена рабочих шаров на резервные.

Хранение шаров.

Осмотр наружных поверхностей снятых шаров, контроль овальности шара и геометрических размеров. Снятие давле-

ния и слив жидкости из шара. Оформление результатов измерения.

Ревизия и наладка концевых выключателей механизма переключения потока.

Контроль электрических соединений. Демонтаж выключателя, чистка, смазка кольцевых уплотнений стержня, установка, проверка работоспособности.

Настройка концевых выключателей (привод «роторк»).

Настройка срабатывания выключателей на обоих концах хода крана и настройка величины крутящего момента. Выбор правильного крутящего момента.

ТПУ «Brooks».

Настройка гидравлической системы.

Ревизия фильтров, демонтаж, промывка, установка заполнения масла, проверка работоспособности гидравлики.

Ревизия и настройка пневмосистемы. Демонтаж, промывка, замена изношенных деталей, установка на место, проверка работоспособности.

Заполнение нормативно-технической документации.

ТО-3

Выполнение работ в объеме ТО-2.

Ревизия детектора и контроль их геометрических размеров.

Демонтаж, внешний осмотр, разборка, замена неисправных деталей, внутренняя чистка и замена смазки. Чистка контактов микропереключателя.

Сушка, подтяжка контактных соединений; покрытие внутренних несопрягаемых поверхностей корпуса, крышки. Замена сальников. Сборка, установка, проверка работоспособности.

Регулировка момента включения контактов микропереключателя. Контроль геометрических размеров детекторов (ТПУ производства ВНР, СФРЮ).

Ревизия гидросистемы.

1. ТПУ типа «Сапфир-100».

Проверка герметичности уплотнений крана-манипулятора.

2. ТПУ типа «Сапфир-500».

Ревизия пускового гидроцилиндра. Демонтаж, ревизия, контроль износа латунной втулки штока гидроцилиндра, фетрового уплотнения, замена, смазка, сборка, установка, проверка работоспособности.

Ревизия фильтра. Демонтаж, промывка, установка, проверка работоспособности.

Ревизия маслонасосов. Чистка и промывка масляного бака и масляных магистралей.

Контроль рабочего давления.

Ревизия цилиндра задержки и золотника. Демонтаж, ревизия, смазка, сборка, установка, проверка работоспособности.

3. ТПУ типа «Смит».

Проверка герметичности надувных уплотнений.

Ревизия фильтра. Демонтаж, дефектация, промывка, установка, проверка работоспособности.

Ревизия маслонасоса. Очистка, промывка масляного бака и магистралей, проверка работоспособности.

Проверка работы клапанов гидросистемы.

Настройка вентилей сброса давления.

Ревизия гидросистемы.

4. ТПУ типа «СФРЮ» «Daniel».

Смена масла, промывка масляного бака, ревизия пускателей насоса гидросистемы и обогрева масла. Проверка сопротивления изоляции цепей насоса, ревизия масляного насоса. Проверка состояния клапанов, фильтров, запорной арматуры, ревизия датчика давления масла, проверка указателя температуры, регулировка и контроль срабатывания схемы автоматического управления электроприводом насоса, контроль давления азота в баллоне (при необходимости, заполнение). Ревизия четырехходового крана с электроприводом. (ТПУ типа СФРЮ). Разборка крана, проверка уплотнений (замена при необходимости), сборка, проверка работоспособности.

5. ТПУ «Brooks».

Выполнение работ в объеме ТО-1 и ТО-2.

5.1. Ревизия гидроцилиндра и соленоидного клапана. Демонтаж, ревизия, замена неисправных деталей, смазка, сборка, установка, проверка на работоспособность.

5.2. Ревизия маслонасоса. Демонтаж, ревизия, замена неисправных деталей масляного насоса и масляных магистралей, проверка работы распределительных клапанов, смазка, сборка, установка, проверка на работоспособность.

5.3. Отсоединение контрольных и силовых кабелей, разрядка, прозвонка, измерение сопротивления изоляции.

5.4. Ревизия и наладка ВА компакт-прувера:

- отключение питания,

- демонтаж,
- дефектовка;
- замена;
- сборка;
- подключение кабеля питания;
- проверка параметров питания и работоспособности ВА компакт-прувера.

5.5. Ревизия блока управления компакт-прувером (консоль):
- отключение питания;
- демонтаж;
- дефектовка;
- замена;
- сборка;
- подключение кабеля питания;
- обслуживание контактных соединений, реле, разъемов, чистка контактов от пыли, восстановление изоляции и маркировок на конце проводов;
- подключение питания, проверка параметров сетевого напряжения и исправности предохранителей.

5.6. Подготовка к поверке датчиков температуры, давления. Поверка датчиков температуры, давления.

5.7. Поверка образцового мерника.

5.8. Поверка компакт-прувера против потока и по потоку:
- подготовка к поверке, промывка ТПУ;
- подключение к образцовому мернику;
- проверка герметичности систем, настройка температурного режима;
- расчет и настройка давления пневмосистемы;
- ревизия водяного насоса;
- опробование компакт-прувера на воде в различных режимах;
- определение объема калиброванного участка, измерение объема жидкости;
- определение отсутствия протечек и обработка результатов измерения;
- оформление результатов поверки;
- отключение системы поверки на воде;
- восстановление рабочей схемы компакт-прувера для транспортировки.

Ревизия, наладка вторичной аппаратуры, блока управления ВА (типа СФРЮ, Brooks).

Отключение питания, демонтаж, замена, сборка, установка, подключение кабеля, питания. Проверка параметров сетевого напряжения и исправности предохранителей.

Ревизия блока управления.

Отключение питания, демонтаж, замена, проверка состояния жгутовки, сборка, установка, подключение кабелей.

Обслуживание контактных соединений, чистка контактов реле, разъемов от пыли, восстановление изоляции на концах проводов и маркировок, подтяжка контактных соединений. Подключение питания, проверка параметров сетевого напряжения и исправности предохранителей.

6. Вторичная аппаратура ТПУ.

Вторичная аппаратура ТПУ фирмы «Смит».

Проверка исправности пускового переключателя, чистка контактов, подтяжка контактных соединений.

Проверка исправности индикатора и работоспособности сумматора.

Блок управления ТПУ фирмы «Смит».

Ревизия реле давления. Ревизия балансового цилиндра, демонтаж, смазка, сборка, установка, проверка работоспособности. Регулировка обогревателя шкафа управления.

Вторичная аппаратура ТПУ производства BHP.

Проверка работы индикаторов суммирования, измерения времени, положения шара, фазы измерения.

Проверка электрических цепей электронного блока, блока питания и блока кварцевого тактового генератора, проверка исправности кнопок.

Ревизия стрелочного прибора контроля нагрузки. Разборка, смазка, сборка, установка.

ТПУ типа «Сапфир-500».

Ревизия вторичной аппаратуры. Ревизия цифрового индикатора, схем управления, сигнализации, проверка работоспособности прибора.

ТПУ типа «Сапфир-1000».

Ревизия блока управления. Ревизия магнитного пускателя.

ТПУ типа СФРЮ, BHP, Brooks, Daniel.

Ревизия вторичной аппаратуры. Проверка соединения входа детекторов шара, соединения входа ТПР, соединения выхода печатающего устройства, присоединения цифровых входов, работы сигнальной лампы, работоспособности реле привода крана, напряжения батареи. Контроль работы уст-

ройства памяти. Проверка дисплея и клавиатуры.

Подготовка вторичной аппаратуры всех видов ТПУ к госповерке согласно методическим указаниям. Предъявление вторичной аппаратуры на госповерку согласно методическим указаниям. Комплексная проверка работоспособности ТПУ.

Установка необходимого расхода через ТПУ. Контроль показаний частотомера с расчетными данными. Прогрев ТПУ потоком нефти. Прогонка нефти по ТПУ до стабилизации температуры.

Проверка гидросистемы и механизма запуска шара в режиме местного управления.

Включение вторичной аппаратуры, проверка работоспособности. Проверка работоспособности ТПУ в автоматическом режиме. Настройка блоков, отработка программ закрытия и открытия задвижек, поиска шара.

Предъявление на госповерку ТПУ.

Госповерка ТПУ. Подготовка к госповерке и проведение госповерки согласно действующим методическим указаниям. Оформление результатов госповерки.

Ревизия и проверка ТПР и его ВА, предназначенного для контроля расхода воды через ТПУ по мернику. Подключение ТПР и ВА типа «Импульс» (ТПУ СФРЮ). Ревизия, проверка на герметичность и подключение электромагнитного клапана.

Подготовка к опломбированию ТПУ, мерника, электронных весов.

Содержание работ к разделу 5 «Техническое обслуживание электронных весов»

ТО-3

Подготовительные работы. Получение сообщения-наряда, оформление. Комплектование группы приборами, материалами. Внешний осмотр. Проверка заземления, состояния монтажных проводов, кабельных соединений. Опробование. Проверка работоспособности электронных весов. Проверка напряжения питания, электронного индикатора весов, датчиков усилия. Проведение госповерки. Получение набора гирь. Регулировка датчиков усилия, настройка электронного блока весов. Определение погрешности весов, чувствительности вариации, стабильности нуля весов. Госповерка весов. Оформление работ. Заключительные работы. Отключение питания. Сдача набора гирь на хранение.

Содержание работ к разделу 6 «Техническое обслуживание образцового мерника»

ТО-3

Подготовительные работы.

Получение сообщения-наряда, оформление, комплектование группы приборами и материалами, установка мерника по уровню, промывка внутренних стенок мерника. Установка температурного режима мерника. Опробование. Проверка работоспособности насоса, подключение шлангов, проверка разгрузочных опор датчиков усилия. Очистка шкалы и мерного стекла мерника. Промывка мерника. Проверка срабатывания и герметичности электромагнитного клапана шаровых вентилей. Снятие опор датчиков усилия. Определение вместимости мерника. Проверка правильности показаний электронных весов стабильности нуля методом нагружения гирями до 1000 кг и разгружения до 0. Определение объема мерника по номинальному уровню. Проверка и корректировка шкалы мерника. Госповерка мерника. Установка пломб на шкале мерника, крышке люка, запорной арматуре. Оформление результатов работ.

Содержание работ к разделу 7 «Отдельные виды работ, входящие в состав ТО»

Проверка ТПУ по образцовому ТПУ.

Подготовительные работы. Комплектование группы приборами, материалами. Расстановка исполнителей по местам.

Монтаж схемы и проверка правильности монтажа СИ поверяемой ТПУ.

Проверка размеров и состояния поверхности шаровых поршней.

Заполнение шаровых поршней жидкостью и установка в ТПУ.

Заполнение ТПУ.

Проверка отсутствия воздуха в трубопроводах, проверка герметичности, удаление воздуха из ТПУ, стабилизация температуры жидкости и стенок ТПУ.

Проведение поверки.

Внешний осмотр. Проверка комплектности, отсутствия механических повреждений и дефектов ТПУ.

Опробование. Пуск шарового поршня в прямом и обрат-

ном направлении, проверка срабатывания детекторов, установка необходимого расхода.

Определение метрологических характеристик.

Оформление результатов поверки.

Поверка ТПУ поверочной установкой на базе весов ОГВ.

Подготовка к поверке. Промывка ТПУ.

Подключение ТПУ к поверочной установке.

Монтаж схемы поверки, проверки правильности монтажа средств поверки, герметичности соединений оборудования средств измерений.

Проверка шаровых поршней.

Проверка гидросистемы.

Стабилизация температуры в системе.

Проведение поверки.

Опробование.

Определение метрологических характеристик.

Для ТПУ с объемом калибровочного участка до 1,0 м^3.

Для ТПУ с объемом калибровочного участка до 6,0 м^3.

Проверка отсутствия протечек.

Для ТПУ с объемом калибровочного участка до 1,0 м^3.

Для ТПУ с объемом калибровочного участка до 6,0 м^3.

Оформление результатов поверки.

Отключение ТПУ.

Поверка ТПУ мерником.

Подготовительные работы.

Комплектование группы приборами, материалами. Расстановка исполнителей по местам. Монтаж схемы и проверка правильности монтажа СИ поверяемой ТПУ. Приготовление жидкости для промывки ТПУ. Промывка ТПУ. Промывка шаровых поршней. Извлечение шаровых поршней. Проверка размеров и состояния поверхности шаровых поршней. Заполнение шаровых поршней жидкостью и установка в ТПУ. Заполнение ТПУ водой. Проверка отсутствия воздуха в трубопроводах, проверка герметичности, смачивание мерника.

Проведение поверки. Внешний осмотр. Проверка комплектности, отсутствие механических повреждений и дефектов ТПУ. Опробование. Пуск шарового поршня в прямом и обратном направлении, проверка срабатывания детекторов, установка необходимого расхода. Определение метрологических характеристик. Оформление результатов поверки.

Содержание работ к разделу 9 «Техническое обслуживание оборудования, входящего в состав анализатора серы»

9.1, 9.2. ВА с принтером и дисплеем, «Самплерс» - проточная кювета с радиационной головкой.

ТО-1

Внешний осмотр: проверка надежности крепежа блоков, целостности электрических соединений, заземления, пломб, заправка принтера бумагой, проверка правильности индуктируемых сигналов с первичных приборов, регулировка расхода через проточную кювету.

ТО-2

Ревизия ротаметра, фильтра, прокачивающего насоса, соленоидных клапанов, контроля срабатывания: сигнализации загазованности, пожарной сигнализации, соленоидных клапанов. Контроль показаний серы, плотности, температуры, давления, работоспособности многофункционального анализатора.

ТО-3

Замер сопротивления изоляции: кабельных линий, электродвигателя насоса, электрических катушек соленоидных клапанов, и т.д. Поверка приборов загазованности, пожарной сигнализации, срабатывания «закрытия» и «открытия» соленоидных клапанов, управление всеми функциями ВА и «Самплера» анализатора серы по стандартной программе на соответствие появляющихся сообщений на ЖК, участие в поверке всего комплекса с реальным продуктом (прокачиваемой нефтью) и получение результатов согласно методическим указаниям.

Ввод полученного результата и пуск в работу комплекса анализатора серы.

9.3. Компьютер потока ТО-1.

Ознакомление с технической документацией. Внешний осмотр, проверка целостности заземления, наличие и целостность пломб, действующий клейм. Проверка работоспособности и функционирования показателей первичных приборов (плотномера, преобразователя давления и температуры, преобразователя расхода). Проверка предельных значений температуры, давления и расхода и коэффициентов преобразователей расхода и датчиков плотности.

ТО-2

Выполнение работ в объеме ТО-1.

Проверка величины напряжения питания вторичной аппаратуры и питающих напряжений ВА для первичных приборов.

Проверка частоты, формы и амплитуды входных сигналов первичных приборов (плотномера, преобразователя давления и температуры, преобразователя расхода). Проверка правильности подключения первичных приборов. Проверка контактов.

ТО-3

Ревизия, наладка, подготовка к поверке вторичной аппаратуры. Разборка на узлы, чистка, проверка узлов и деталей и замена неисправных. Сборка, настройка и регулировка ВА. Проверка всех каналов ВА (аналоговых, частотных). Представление ВА к поверке и участие в поверке согласно действующим методическим указаниям.

Заложение в ВА всех констант по температуре, давлению, плотности, ТПР. Установка и подключение ВА.

9.4. Температурный сигнализатор ТПК-16.

Проверка отсутствия механических повреждений, установки работоспособности сигнализатора.

Ревизия, регулировка. Проверка сигнализатора на включение обогревательных элементов. Измерение сопротивления изоляции кабеля и сопротивления обогревательного элемента.

9.5. Кабели контрольные.

ТО-1

Визуальный осмотр мест пересечения трассы. Проверка наличия и состояния замерных столбиков, состояния контактных соединений на опорах, в соединительных коробках и шкафах, удаление загрязнений. Проверка исправности разрядников, предохранителей.

ТО-3

Восстановление антикоррозионного покрытия соединительных коробок. Измерение сопротивления изоляции кабелей, сопротивления заземления. Испытание разрядников. Составление протокола измерения сопротивления изоляции.

Содержание работ к разделу 10 «Техническое обслуживание сигнализаторов газа и газоанализаторов»

10.1. Техническое обслуживание сигнализаторов газа типа СВК-ЗМ, СТХ-4-1V, ЭССА.

Нормы времени для расчета отпускных цен взяты с «Норм времени на техническое обслуживание средств измерений, автоматики и телемеханики» (1989 г.).

10.2. Газоанализатор сероводорода «Анкат», в комплекте до 4-х датчиков.

ТО-1

Подготовительные работы. Ознакомление с технической документацией, подготовка приборов и инструмента.

Внешний осмотр. Проверка надежности крепления кабелей, датчика, батареи, целостности электрических соединений. Приготовление ПГС-10 мг/м^3 ПГС-30 мг/м^3 для градуировки и поверки. Опробование.

Контроль метрологических характеристик. Продувка датчиков воздухом, установка нуля. Определение погрешности и времени выдачи сигнала. Оформление результатов работ.

ТО-3

Выполнение комплекса работ по ТО-1.

Приготовление смеси ПГС. Проверка установки срабатывания в точках 30 мг/м^3 и 10 мг/м^3. Градуировка газоанализатора. Контроль метрологических параметров. Продувка воздухом, установка нуля. Определение погрешности. Оформление результатов поверки. Включение прибора в работу.

10.3. ТО газоанализатора «СТМ-10», в комплекте до 4-х датчиков.

ТО-1

Подготовительные работы. Ознакомление с технической документацией, подготовка приборов и инструмента.

Внешний осмотр. Проверка надежности крепления кабелей, датчика, батареи, целостности электрических соединений.

Опробование. Контроль метрологических характеристик. Продувка датчиков воздухом, установка нуля. Определение погрешности и времени выдачи сигнала. Оформление результатов работ.

ТО-3

Выполнение комплекса работ по ТО-1.

Градуировка газосигнализатора.

Проверка градуировки контрольными газовыми смесями.

Контроль метрологических характеристик. Продувка датчиков воздухом, установка нуля. Определение погрешности и времени выдачи сигнала. Оформление результатов поверки. Включение прибора в работу.

Содержание работ к разделу 11 «Отдельные виды работ, входящие в состав ТО, выполняемые дополнительно»

11.1, 11.2. Вискозиметр поточный.

Подготовка к проведению поверки прибора:

1. Прием прибора на поверку, оформление документов, внешний осмотр.

2. Подготовка вискозиметра к снятию метрологических характеристик: промывка, сушка, проверка крепежных соединений, клеммников, контактов.

3. Ознакомление с паспортными данными на вискозиметр.

4. Монтаж прибора на калибровочной установке.

5. Подключение КИП и их прогрев.

6. Проверка на воздушной точке.

7. Подготовка калибровочных жидкостей.

8. Снятие метрологических характеристик вискозиметра на нескольких калибровочных жидкостях в режиме термостатирования для его последующей калибровки.

9. Калибровка вискозиметра по полученным результатам и установка новых коэффициентов.

10. Снятие метрологических характеристик вискозиметра на нескольких калибровочных жидкостях в режиме термостатирования для его последующей калибровки.

11. Расчеты погрешности и оформление документов для госповерителя.

12. Отключение КИП, снятие вискозиметра с установки, промывка, сушка.

13. Уборка рабочего места.

Выдача вискозиметра из госповерки, оформление документов.

11.3. Датчик загазованности.

Внешний осмотр.

Проверка исправности цепи контрольной лампы.

Проверка исправности сигнальных цепей.

Проверка основной абсолютной погрешности, проверка выдачи предупредительной и аварийной сигнальной концентрации и времени установления показаний. Оформление результатов поверки.

11.4, 11.5. Влагомер.

Подготовка к поверке.

Промывка, сушка влагомера, установка влагомера в стенд и подключение к электронному блоку с учетом требований эксплуатационной документации. Подготовка средств поверки и влагомера к работе с учетом требований эксплуатационной документации.

Приготовление поверочных жидкостей (стандартных образцов) объемной доли воды в нефтепродукте в соответствии с методикой.

Проведение поверки.

Внешний осмотр. Опробование. Определение метрологических характеристик. Обработка результатов поверки. Оформление результатов поверки.

11.6. Подготовка к поверке газоанализатора «Анкат».

Внешний осмотр.

Опробование: проверка электрического сопротивления изоляции. Определение метрологических характеристик. Определение основной погрешности и функций преобразования. Определение погрешности срабатывания сигнализации о превышении заданного уровня концентрации. Определение вариации показателей. Оформление результатов поверки.

11.7. Подготовка к поверке газосигнализатора «СТМ-10».

Внешний осмотр.

Проверка электрического сопротивления изоляции. Опробование. Проверка основной абсолютной погрешности и определение времени срабатывания сигнализации. Оформление результатов поверки.

Содержание работ к разделу 12 «Отдельные виды работ»

12.1. Выполнение работ передвижной трубопоршневой установкой (ТПУ).

Подготовительные работы.

Изучение условий аттестации и поверок. Разработка мероприятий с заказчиком по видам работ и их согласование. Утверждение двустороннего плана графика. Транспортировка к месту работ (зацепление тягача).

Подключение ТПУ.

Подъезд, установка на площадке, отцепление тягача, регулировка уровня установки, заземление, проверка дренажной системы поверяемой СИКН совместно с заказчиком и ТПУ. Разворачивание установки, снятие с транспортных положений рукавов, кабелей (силовых, контрольных), прокладка кабеля. Подключение рукавов, установка снятых термометров, манометров, подключение ТПУ к поверяемому СИКН, ТПУ, подключение силовых и контрольных кабелей и проверка целостности их цепей. Организация связи между ТПУ и операторной.Опробование работы устройства запуска шарового поршня. Заполнение ТПУ нефтью, участие в гидравлических испытаниях. Проверка работы ТПУ в комплексе. Исследование результатов по вязкости рабочей жидкости на

конкретном объекте. Набор статистики и оформление результатов.

Отключение ТПУ.

Снятие давления, слив нефти, отключение и укладка кабелей.

Снятие установленных термометров и манометров, демонтаж рукавов.

Укладка по штатным местам, подготовка к транспортировке.

Подключение тягача, снятие заземления.

12.2. Выполнение работ переносным рабочим эталоном плотномера.

1. Инструктаж работников перед проведением работ.

2. Комплектование работников инструментом, промывочными жидкостями, протирочным материалом.

3. Подготовка плотномера МДЛ к выполняемым измерениям путем его промывки и просушки.

4. Опробование МДЛ с подключением к контроллеру и компьютеру.

5. Прогонка МДЛ путем запуска программы «Тест».

6. Укомплектование и упаковка МДЛ для доставки на место работ для выполнения измерений.

7. Доставка МДЛ на место работ.

8. Подключение МДЛ к технологической схеме БИК СИКН.

9. Включение МДЛ и выдержка МДЛ до режима стабилизации.

10. Отбор пробы нефти в МДЛ.

11. Отключение МДЛ от технологической схемы БИК СИКН и перенос его в операторную СИКН.

12. Выполнение цикла измерений отобранной пробы МДЛ.

13. Слив пробы нефти с МДЛ и его промывка.

14. Выполнение цикла работ согласно пунктов 8-13 в количестве 5 раз.

15. Обработка полученных измерений.

16. Оформление документации.

17. Окончание работ, уборка и приведение в порядок рабочего места.

12.3. Разработка и согласование входных и выходных сигналов при резервировании ВА в приборном шкафу.

1. Изучение технической документации. Настройка на ведомой и ведущей ВА, изменение их конфигурации программного обеспечения.

2. Электрические измерения, напряжение питания, нагрузочные характеристики подключаемых к ним приборов, формы и амплитуды входных и выходных сигналов и разделение их на два и более ВА.

3. Чертеж схемы разводки кабелей в приборном шкафу, с учетом их вычислителей расхода, принимающих сигналы как токовые, так и частотные со всех приборов СИКН.

4. Разработка и испытание автоматических переходов на резервные ВА и с резервных на рабочий ВА сигналов пробоотборников, плотномеров, вискозиметров, влагомеров, датчиков температуры и давления, датчиков перепада давления с преобразователем расхода и ПТУ, без потерь данных на ранее учтенной нефти.

5. Монтаж необходимых дополнительных приборов в шкафу.

12.4. Адаптация программного обеспечения на конкретный объект (СИКН).

1. Подготовительные работы, ознакомление с технической документацией на данный объект СИКН.

2. Согласование и утверждение мнемосхемы СИКН, технологическую карту работы СИКН, двухчасовые, сменные, суточные отчеты, акты приема-сдачи нефти по весу, по партиям, «Журнал аварийных сообщений».

3. Загрузка базовой программы в вычислитель расхода.

4. Загрузка базовой программы верхнего уровня в персональный компьютер.

5. Конфигурация базовой программы нижнего уровня на данный СИКН.

6. Конфигурация базовой программы верхнего уровня на данный СИКН.

7. Приведение всех заголовков, надписей на мнемосхемах, номеров задвижек, актов, протоколов в соответствие с данным объектом.

8. Запись согласно протоколам поверки коэффициентов преобразователей расхода, плотномера, вискозиметра, влагомера, датчиков температуры и давления, установка пределов аварийных сигнализации, установка данных ТПУ.

9. Анализ работы и достоверность расчетов по объему и массе брутто, по протоколам поверки ТПР и КМХ ТПР по ТПУ на данном объекте.

10. Комплексная проверка связей между нижним и верх-

ним уровнем программы и выполнение программой всех задач, необходимых для работы данного объекта (СИКН).

Содержание работ к разделам 14, 15, 16 «Техническое обслуживание щитов контроля, управления, регулирования и сигнализации агрегатами, блоками, установками», «ТО системы автоматики теплогенератора» и «ТО котлоагрегатов»

ТО-1

Внешний осмотр.

Проверка целостности, исправности сигнальных ламп, звуковой сигнализации. Проверка номиналов предохранителей. Проверка надежности крепления аппаратуры, приборов, электрических соединений, целостности изоляции, проводов, кабелей. Проверка состояния реле, переключателей, кнопок, сигнальной аппаратуры, световых табло. Проверка герметичности импульсных линий, выдача выходных сигналов от датчиков на щит. Проверка срабатывания устройств защиты, блокировки и сигнализации.

ТО-2

Выполнение комплекса работ в объеме ТО-1.

Проверка исправности схемы управления, защиты блокировки, регулирования. Измерение параметров линии связи с датчиками (при необходимости, подгонка сопротивлений). Подтяжка электрических соединений.

ТО-3

Выполнение комплекса работ в объеме ТО-2.

Обслуживание контактных соединений, чистка контактных соединений, разъемов от пыли, восстановление изоляции на концах проводов, подтяжка контактных соединений. Ревизия схемы защиты, управления и сигнализации, замена неисправных реле, кнопок, сигнальных ламп, проверка состояния жгутов. Пуск и регулировка автономных каналов защиты, регулирования. Покраска и возобновление надписей щита. Полная проверка цепей, защиты, управления, регулирования, сигнализации, комплексное опробование.

Содержание работ к разделу 17 «Техническое обслуживание средств измерений и автоматики»

17.1. Техническое обслуживание средств измерений, автоматики.

ТО-1

Внешний осмотр СИ, А.

Проверка состояния заземления, крепежа, целостности кожухов, стекол. Проверка механической части аппаратуры (датчиков, измерительных приборов, регуляторов, реле, вспомогательных и исполнительных механизмов). Чистка, смазка узлов СИ, А, исполнительных механизмов. Осмотр трущихся частей элементов автоматики и измерительных приборов, датчиков, проверка и регулировка их. Проверка герметичности подсоединительных узлов гидро- и пневмоавтоматики, устранение неплотностей. Проверка чувствительности элементов датчиков (термопар, капилляров, ртутно-монтажных термосигнализаторов). Восстановление надписей, маркировки. Осмотр взрывонепроницаемых оболочек. Продувка импульсных линий. Осмотр контрольных кабелей.

ТО-2

Выполнение работ в объеме ТО-1.

Обслуживание контактных соединений. Проверка правильности установки подвижных систем, электрического, механического нуля. Проверка значений выходных сигналов. Проверка характеристик датчиков, измерительных приборов, регуляторов, реле исполнительных механизмов. Замена прокладок, уплотнителей, сальниковых набивок (при необходимости). Контроль уклонов для стока конденсата, герметичности сети, состояния утепления и подогрева в местах сбора и спуска конденсата. Регулировка концевых выключателей электроприводов.

ТО-3

Выполнение работ в объеме ТО-2.

Снятие и установка прибора, датчика, реле, механизма из обменного фонда. Пуск и регулировка по месту. Частичная разборка, замена узлов и элементов, датчиков, измерительных приборов, регуляторов, исполнительных механизмов. Измерение сопротивления изоляции контрольных кабелей.

17.2. Техническое обслуживание щитов автоматики, управления, защиты.

ТО-1

Внешний осмотр.

Проверка целостности заземления, исправности сигнальных ламп, звуковой сигнализации. Проверка номиналов предохранителей. Проверка надежности крепления аппаратуры, приборов, электрических соединений, целостности изоляции про-

водов, кабелей. Проверка состояния реле, переключателей кнопок, сигнальной арматуры, световых табло. Проверка герметичности импульсных линий, выдача выходных сигналов от датчиков на щит.

ТО-2

Выполнение работ в объеме ТО-1.

Проверка исправности схемы управления, защиты блокировки, регулирования. Измерения параметров линии связи с датчиками (при необходимости подгонка сопротивлений). Подтяжка электрических соединений.

ТО-3

Выполнение работ в объеме ТО-2.

Обслуживание контактных соединений. Чистка контактных соединений, разъемов от пыли, восстановление изоляции на концах проводов, подтяжка контактных соединений. Ревизия схемы защиты, управления и сигнализации, замена неисправных реле, кнопок, сигнальных ламп, проверка состояния жгутов. Пуск и регулировка автономных каналов защиты, регулирования. Покраска и возобновление надписей щита. Полная проверка цепей защиты управления, сигнализации, комплексное опробование.

17.3. Техническое обслуживание автоматизированной групповой замерной установки АГЗУ типа «Спутник».

ТО-1

Внешний осмотр средств измерений и технологического оборудования: проверка целостности заземления, элементов крепежа, корпусных деталей, пломб. Устранение мелких неисправностей. Проверка герметичности фланцевых, резьбовых соединений, состояния замерного сепаратора. Проверка состояния, работоспособности СИ, технологического оборудования. Проверка состояния контрольных кабелей, импульсных линий, клеммных коробок, системы отопления, освещения.

ТО-2

Выполнение комплекса работ, предусмотренных ТО-1. Чистка шестеренчатого насоса от грязи (разборка, чистка, сборка насоса, замена изношенных деталей). Разборка датчика положения, ревизия, устранение неисправностей, регулировка микровыключателя. Проверка работы заслонки и рычажного привода вала заслонки. Обслуживание контактных соединений: чистка разъемов от пыли, проверка целостности разъе-

мов и клеммников, восстановление маркировки, изоляции, подтяжка контактных соединений. Аппаратный контроль работоспособности цепей управления гидроприводом, питания реле, записи импульсов в блок счетчиков от турбинного счетчика жидкости. Регулировка четкости фиксации фиксаторной втулки регулятора расхода. Создание перепадов положительного и отрицательного давления проверки герметичности переключателя скважин многоходового на всех рабочих отводах. Комплексное опробование ГЗУ.

ТО-3

Комплекс работ, предусмотренных ТО-2.

Разборка СИ, технологического оборудования. Ревизия, чистка, промывка, смазка трущихся частей, заливка масла, замена изношенных прокладок и деталей. Сборка, установка на место. Демонтаж отдельных СИ, замена на поверенные. Проверка состояния клеммных коробок, проверка герметичности вводов и взрывозащиты. Комплексная проверка работоспособности. Оформление результатов работ.

Содержание работ к разделу 18 «Техническое обслуживание электротехнического оборудования»

ТО-3

Подготовка, внешний осмотр, проверка комплексности, чистка, ревизия, наладка, оформление документации. Двухфазная токовая отсечка и максимальная токовая защита с независимой выдержкой времени. Максимальная токовая защита на оперативном постоянном токе с двумя реле Рт-40. Максимальная токовая защита с реле прямого действия. Двухфазная токовая отсечка с выдержкой времени. Автоматическое повторное включение АПВ однократного действия. Нестабильный блок питания цепей защиты и управление 1 ква. Схема сигнализации с применением релейно-контакторной аппаратуры с количеством входных сигналов до 30. Схема контроля изоляции с применение релейно-контакторной аппаратуры.

Состав работ только для электротехнического оборудования (30) п/ст 35/6 кВ. Схема вторичной коммутации масляного выключателя с пружинно-моторным или грузовым приводом до 11 кВ. Трансформатор силовой двухобмоточный до 35 кВ свыше 1,6 мВА. Силовой трансформатор напряжения до 11 кВ, мощностью до 0,32 мВА. Трансформатор однофазный напряжением до 35 кВ. Выключатель масляный до 110 кВ. Схе-

ма вторичной коммутации выключателя с пружинно-моторным приводом. Схема вторичной коммутации устройства подогрева выключателя. Устройство переключения ответвлений обмоток трансформатора под нагрузкой. Элемент «усиления-преобразования».

Состав работ только для 30 п/ст 35/6 кВ, ЭО водоподъема. Выключатель масляный до 20 кВ. Схема вторичной коммутации масляного выключателя с общим электромагнитным приводом с местным управлением до 11 кВ. Трансформатор напряжения трехфазный до 11 кВ. Электродвигатель с короткозамкнутым ротором напряжением до 1 кВ. Устройство комплексное для питания цепей электромагнитных приводов с аппаратурой контроля и регулирования. Устройство зарядное с БК до 0,25 кВА. Асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором напряжением более 1 кВ до 300 кВт. Цепи вторичной коммутации испытания цепей и электрооборудования.

Состав работ только для водоподъема. КПП водоподъема. Датчики и приборы температуры, давления, уровня, щиты управления, приборы сигнализации.

18.1. Техническое обслуживание комплексной трансформаторной подстанции.

ТО-1

Подготовительные работы, оформление наряда-допуска, инструктаж по ТО, подготовка вспомогательной аппаратуры. Внешний осмотр, проверка надежности креплений механических соединений. Проверка аппаратуры, цепей управления и изоляции. Проверка устройства в целом с питанием от постороннего источника, проверка трансформатора рабочим напряжением. Подготовка устройства и включение в работу.

ТО-2

Выполнение работ по ТО-1. Снятие электрических характеристик, проверка взаимодействия всех элементов схемы. Подача высокого напряжения на обмотки силового трансформатора, контроль тока утечек, снятие напряжением и повторное заземление установки.

ТО-3

Выполнение объема работ по ТО-2. Проверка выключателя трехфазного с комбинированным расщепителем до 600А. Испытание кабеля до 1 кВ. Измерение сопротивления изоляции и контура заземления. Оформление документации.

Содержание работ к разделу 19 «Техническое обслуживание систем автоматики объектов нефтедобычи»

19.1. Техническое обслуживание узла осушки воздуха.

ТО-1

Подготовительные работы, внешний осмотр, проверка надежности креплений, электрических соединений, заземления, проверка герметичности соединений, проверка работоспособности. Автоматический блок фильтров. Термометр манометрический электроконтактный показывающий. Вентиль электромагнитный СВВ (применительно к клапану электромагнитному КЭ). Блок фильтров. Термометр манометрический показывающий сигнализирующий. Командный электропневматический прибор. Прибор контроля пневматический самопишущий со станцией управления. Устройство пропорционально-интегральное. Однооборотный электрический механизм. Влагомер поточный. Щит управления и защиты. Линия телемеханики кабельная, проложенная в траншее - 0,5 км.

ТО-2

Выполнение комплекса работ по ТО-1.

Обслуживание контактных соединений, смазка трущихся частей, проверка правильности показаний, устранение неисправностей. Госповерка контрольного ТПР. Проверка работоспособности линии телемеханики.

ТО-3

Снятие и установка прибора из обменного фонда. Выполнение комплекса работ по ТО-2 на вновь установленном приборе. Пуск, регулировка по месту. Частичная разборка, чистка, смазка, замена изношенных деталей, сборка, проверка работоспособности (для снятого прибора). Подготовка и отправка прибора на поверку. Замена КИП поверенными приборами. Градуировка и госповерка приборов качества, регулировка. Восстановление антикоррозионного покрытия, изменение сопротивления изоляции кабеля, заземления.

19.2. Техническое обслуживание установки низкотемпературной сепарации.

ТО-1

Подготовительные работы, внешний осмотр, проверка надежности электрических подсоединений и заземления, проверка герметичности соединений, устранение неплотностей, прочистка пера, заправка чернил, проверка правильности показаний, корректировка. Сепаратор I и II степени. Манометр

сильфонный пневматический. Манометр электроконтактный. Уровнемер буйковый пневматический. Прибор контроля пневматический самопишущий со станцией управления. Устройство пропорционально-интегральное. Клапан регулирующий с мембранным пневмоприводом. Технологическая емкость. Автомат откачки. Сигнализатор уровня.

ТО-2

Выполнение комплекса работ по ТО-1.

Чистка дросселей, контактов, проверка срабатывания, регулировка, проверка состояния электрического привода диаграммы, смазка редуктора, проверка герметичности сальникового уплотнения, проверка правильности показаний.

ТО-3

Снятие и установка приборов из обменного фонда. Выполнение комплекса работ по ТО-2 на вновь установленном приборе. Пуск, регулировка по месту. Частичная разборка, устранение заеданий и люфтов, замена изношенных деталей, чистка, сборка, смазка, регулировка (для снятого прибора). Подготовка и отправка приборов на поверку.

19.3. Техническое обслуживание установки распределения газа с локальной автоматикой.

ТО-1

Подготовительные работы, внешний осмотр, проверка герметичности, надежности, крепления электрических соединений и заземления, устранение обнаруженных недостатков, проверка правильности показаний, оформление технической документации. Термометр манометрический показывающий сигнализирующий электроконтактный. Датчик температурный камерный биметаллический. Преобразователь температуры. Термометр показывающий ртутный. Манометр пружинный. Преобразователь давления. Преобразователь перепада давления. Диафрагма камерная. Вентиль регулирующий. Задвижки. Светильник. Щит контроля давления. Щит управления и контроля расхода газа. Щит питания. Отопитель ОЭВ.

ТО-2

Выполнение комплекса работ по ТО-1. Чистка контактов, смазка трущихся частей, проверка исправности схем управления, проверка срабатывания сигнализации, подтяжка электрических соединений, проверка правильности показаний, корректировка.

ТО-3

Снятие и установка приборов из обменного фонда. Выполнение комплекса работ по ТО-2. Пуск и регулировка по месту, частичная разборка, проверка измерительной и механической части, замена изношенных деталей, сборка, смазка (для снятого прибора), подготовка и отправка прибора на поверку.

19.4. Техническое обслуживание компрессорной станции с компрессором типа ГК.

ТО-1

Подготовительные работы, внешний осмотр, проверка герметичности, устранение дефектов, проверка надежности электрических соединений и заземления, обслуживание пишущего узла, проверка состояния контрольного кабеля, проверка работоспособности приборов, оформление технической документации. Термометр манометрический показывающий сигнализирующий электроконтактный. Сигнализатор температуры. Манометр сигнализирующий двухпозиционный во взрывонепроницаемом корпусе. Сигнализатор напора СНСВ. Регулятор давления прямого действия. Сигнализатор уровня. Сигнализатор взрывоопасных концентраций в комплексе с датчиком и блоком питания. Мост уравновешенный электронный автоматический самопишущий с записью на ленточной диаграмме. Кабель контрольный. Датчик уровня жидкости. Щит управления и защиты. Щит питания.

ТО-2

Выполнение комплекса работ по ТО-1. Чистка контактов, проверка срабатывания, регулировка, смазка трущихся частей, замена неисправных деталей, восстановление соединительных муфт, проверка исправности схем, проверка правильности работы, корректировка.

ТО-3

Снятие и установка прибора из обменного фонда. Выполнение комплекса работ по ТО-2. Частичная разборка, проверка герметичности, устранение люфтов и заеданий механической части, замена изношенных деталей, чистка, смазка, регулировка, проверка срабатывания, измерение сопротивления изоляции, подготовка и отправка на поверку.

19.5. Техническое обслуживание блочной компрессорной станции при ГПЗ (компрессоры КС).

ТО-1

Подготовительные работы, внешний осмотр, проверка на-

дежности электрических соединений и заземления, проверка герметичности, устранение неплотностей, проверка состояния контрольного кабеля, проверка правильности показаний, корректировка. Термометр манометрический показывающий сигнализирующий электроконтактный. Манометр сигнализирующий двухпозиционный во взрывонепроницаемом корпусе. Манометр сильфонный с пневматическим выходом. Датчики реле давления. Реле уровня. Прибор контроля пневматический самопишущий. Кабель контрольный. Датчик уровня. Щит управления и защиты. Щит питания.

ТО-2

Выполнение комплекса работ по ТО-1. Чистка контактов, проверка срабатывания, восстановление соединительных муфт, разборка (частичная) датчика, устранение неисправностей, сборка, проверка исправности схем управления, проверка правильности работы, корректировка.

ТО-3

Снятие и установка приборов из обменного фонда. Выполнение комплекса работ по ТО-2. Пуск, регулировка по месту. Частичная разборка герметичности, замена изношенных деталей, измерение сопротивления изоляции кабеля и заземления, обслуживание монтажных соединений, сборка, регулировка, обеспечение взрывозащищенности (для снятого прибора), подготовка и отправка на поверку.

19.6. Техническое обслуживание воздушной компрессорной станции.

ТО-1

Подготовительные работы, внешний осмотр, проверка надежности электрических соединений и заземления, проверка герметичности, устранение неплотностей, проверка работоспособности, оформление документации. Манометр электроконтактный показывающий. Регулятор давления прямого действия. Щит управления и защиты.

ТО-2

Выполнение комплекса работ по ТО-1.

Чистка контактов, проверка исправности схем, качества регулирования, работоспособности масляного выключателя, проверка правильности показаний.

ТО-3

Снятие и установка приборов из обменного фонда. Выполнение комплекса работ по ТО-2 на вновь установленном при-

боре. Пуск, регулировка по месту. Частичная разборка, проверка герметичности, устранение неплотностей, замена изношенных деталей, чистка, смазка, сборка, регулировка, измерение сопротивления тока, срабатывания и возврата реле, ревизия и проверка схем защиты, управления и сигнализации.

Содержание работ к разделу 20 «Техническое обслуживание системы телемеханики и системы измерения уровня Кор-Вол»

ТО-2

Подготовительные работы. Ознакомление с технической документацией, подготовка приборов и инструмента. Внешний осмотр. Проверка наличия надписей, маркировок клейм, пломб. Чистка внешней поверхности аппаратуры. Визуальный контроль состояния мнемощитов. Замена неисправных элементов и индикаторов состояния. Проверка работы устройства вывода ТС на мнемощит (ТМ-620-01). Проверка состояния элементов световой индикации. Проверка состояния заземляющих устройств аппаратуры ДП. Проверка плавких предохранителей. Проверка состояния проводников в жгутах, наличия изоляции, адресной маркировки. Восстановление предупредительных надписей. Подтяжка креплений аппаратуры. Проверка величин питающих напряжений и напряжений в контрольных точках. Проверка работы мнемощитов по циклическому опросу или по имитативной команде (ТМ-620-01). Проверка работы устройства вывода телесигнализации ТС на диспетчерский щит (ТМ-120-01). Обслуживание контактных соединений. Чистка разъемов, проверка целостности разъемов и клеммников. Извлечение субблоков из разъемов, осмотр, чистка от пыли, проверка состояния радиоэлементов, замена неисправных, промывка контактов, установка субблоков на место. Анализ прохождения команд с УП-ПУ на УП-КП по команде диспетчера и сигналом от ЭВМ (ТМ-120-01). Анализ прохождения информации в устройствах ЛУВИ и в ЭВМ через интерфейсный блок (ТМ-120-01). Проверка передачи сигналов по каналу связи. Регулировка уровня устройств печати и чувствительности приемника. Анализ прохождения сигналов и индикации параметров, контроль работы устройств печати и информации (кроме ТМ-120-01). Проверка частоты модемов, передающих сигналов 0 и 1, настройки (ТМ-120-01). Проверка работоспособности системы в ручном и автоматическом режимах в циклах

ТС, ТИ (ТМ 600М). Аппаратурная проверка параметров шкафа УПП, УП величины напряжения, частоты, генерации, резонансных частот, длительности выдержки времени (ТМ 600М).

ТО-3

Выполнение комплекса работ по ТО-2.

Ревизия и измерение сопротивления изоляции электрических цепей и сопротивления заземления. Оформление документов. Смазка шарниров и замковых устройств поворотных рам и шкафов. Ревизия печатающего устройства и перфоратора. Чистка, смазка основных узлов. Замена неисправных деталей. Регулировка печатающего устройства. Контроль перфорации (кроме ТМ-120-01). Проверка работоспособности всех блоков аппаратуры ДП (кроме ТМ-120-01). Демонтаж блока питания каркаса, осмотр, чистка, промывка разъемов, настройка, установка на место (ТМ-120-01). Контроль работоспособности всех блоков аппаратуры УП-ПУ, ЛУВИ (ТМ-120-01). Проверка работоспособности системы в циклическом автоматическом (по местной или центральной программе) и ручном режимах. Аппаратурная проверка параметров шкафа УПП, УП, длительность выдержек, скважность сигналов, сигнала блока времени и печати, счетчиков умножения (ТМ-600М). Оформление документации.

20.1, 20.2, 20.3. Аппаратура контролируемого пункта.

ТО-2

Подготовительные работы. Ознакомление с технической документацией, подготовка приборов и инструмента. Внешний осмотр, чистка от пыли внутреннего монтажа. Проверка состояния кабелей жгутов, проводов, заземления, крепежа блоков, наличия изоляционных трубок, проверка предохранителей. Проверка величины питающего напряжения и напряжений в контрольных точках, проверка амплитуды выходных и входных импульсов. Проверка работоспособности КП в целом. Обслуживание контактных соединений, чистка и промывка плат. Проверка работы линейных блоков, регулировка уровня передачи и чувствительности приемника. Проверка канала телеизмерения текущих значений с регулировкой, настройкой элементов. Замена неисправных субблоков. Проверка канала телеизоляции интегральных параметров и канала телесигнализации. Проверка прохождения и исполнения команд с ДП, проверка каналов ТИ и ТС. Замена неисправных субблоков, регулировка. Проверка амплитуды выходных импульсов, провер-

ка работы в целом. Проверка канала статической информации. Контроль прохождения информации на пункт ввода СИ. Проверка частоты модемов, передающих сигналов 0 и 1, регулировка. Проверка величины выходных сигналов интерфейсов. Проверка записи со счетчика жидкости. Измерение сигнала вызова, напряжения полярных сигналов, измерение напряжения сигнала ответа на линию.

ТО-3

Выполнение комплекса работ по ТО-2.

Демонтаж блока питания, проверка, чистка, промывка разъемов, настройка, установка на месте. Ревизия и измерение сопротивления изоляции электрических цепей, сопротивления заземления. Оформление документов. Смазка замковых устройств, шарниров и поворотных рам. Проверка блоков на стенде. Комплексная проверка работы, регулировка и настройка. Оформление документов.

20.4. Техническое обслуживание системы телемеханики ТМ-620 «Микро».

ТО-2

Подготовительные работы. Ознакомление с технической документацией, подготовка приборов и инструмента. Внешний осмотр, чистка внешней поверхности аппаратуры, проверка работоспособности узлов визуально или с помощью тестов. Проверка наличия надписей и маркировок. Проверка наличия и целостности заземления. Промывка и смазка деталей механизма, удаление пыли и остатков бумаги, проверка качества печати с помощью автотестов. Визуальный контроль состояния пульта диспетчера, проверка работы переключателей и индикаторов. Контроль и профилактика вентиляторов, проверка и восстановление надписей. Смазка подшипников. Проверка состояния и надежности крепления кабелей, жгутов, соединительных линий, наличия и состояния предохранителей, проверка и подтяжка крепления аппаратуры, элементов, клейм. Проверка величин напряжений в контрольных точках, амплитуда входных и выходных импульсов со стороны КПк. Контрольная проверка режимов работы системы. Чистка и промывка синхронных датчиков. Проверка технического состояния троса, возвратной пружины, замена. Проверка и регулировка фрикционной муфты красящей ленты. Обслуживание контактных соединений, проверка, чистка контактов разъемов, проверка и восстановление их целостности. Извлечение суб-

блоков, осмотр, чистка, промывка контактов, проверка целостности радиоэлементов, замена неисправных, установка субблоков на место. Проверка тракта приемо-передачи, регулировка уровня передачи и чувствительности приемника. Анализ прохождения информации с ПУ в ЭВМ, проверка ее обработки и вывода на АЦПУ и дисплей. Проверка обмена информацией между ПУ и КПк. Проверка шин интерфейса с помощью устройства УЛД. Проверка обмена информацией между ЭВМ через модуль И2. Оформление документов.

ТО-3

Выполнение комплекса работ по ТО-2.

Проверка состояния монтажа, паек, жгутов, разъемов, надежности крепления. Обслуживание контактных соединений, разборка блоков, проверка, чистка, сборка блоков. Контроль и профилактика вентиляторов. Смазка подшипников. Осмотр, чистка и смазка всей механической части, проверка работоспособности, регулировка. Проверка работоспособности и наладка центрального процессора по тестам. Проверка работоспособности всего комплекса путем выполнения всех тест - программ. Измерение сопротивления изоляции кабелей и жгутов. Измерение сопротивления заземления. Оформление документации. Смазка шарниров и замковых устройств поворотных рам и шкафов. Снятие блоков питания с каркасов, осмотр, чистка, проверка монтажа, смена предохранителей, стендовая проверка и настройка. Проверка и настройка функциональных блоков ПУ с помощью имитаторов исполнения команд. Проверка загрузки микро-ЭВМ с ГМД и запуск программ. Проверка исправности связи микро-ЭВМ с устройством отображения динамической информации. Проверка работы системы в автоматическом и ручном режиме.

20.5, 20.6. Контролер-концентратор Кек и контролируемый пункт - аппаратный Кпа.

ТО-2

Подготовительные работы. Ознакомление с технической документацией, подготовка приборов и инструмента. Открытие шкафа, осмотр монтажа, проверка наличия маркировок, крышек, чистка монтажа, ЭВМ «Электроника-60». Проверка целостности соединений, состояния кабеля, жгутов, проверка наличия изоляционных трубок. Проверка состояния заземления крепежа блоков, проверка предохранителей. Проверка величины питающего напряжения и напряжений в контрольных точках,

проверка амплитуды входных и выходных импульсов. Проверка уровней сигналов датчиков кода. Проверка функционирования ЭВМ и контрольная проверка режимов работы КП в целом. Обслуживание контактных соединений, чистка и промывка плат. Проверка работы линейного блока. Регулировка уровня передачи и чувствительности приемника. Проверка обмена информации между КПк и Кпа. Проверка прохождения и выполнения команд между Кпа, КПк и ПУ. Замена неисправных модулей, регулировка. Проверка прохождения команд телесигнализации от устройства Кпа. Проверка шин магистрали интерфейса и ПАК с помощью устройства Кпа. Проверка шин магистрали интерфейса ИПАК с помощью устройства переносного диагностического, проверка обмена информацией между функциональными блоками и микро ЭВМ. Проверка величин входных и выходных импульсов интерфейса. Осмотр модулей микро ЭВМ, удаление пыли, промывка плат и разъемов.

ТО-3

Выполнение комплекса работ по ТО-2. Демонтаж блока питания, проверка, чистка монтажа, промывка разъемов, настройка, установка на место. Ревизия и измерение сопротивления изоляции электрических цепей, сопротивления заземления. Оформление документов. Смазка замковых устройств и шарниров шкафов и поворотных рам. Проверка работоспособности устройства микро ЭВМ. Комплексная проверка работоспособности всех устройств КПк, Кпа. Регулировка и настройка.

20.7. Техническое обслуживание системы измерения уровня Кор-Вол.

20.7.1. Техническое обслуживание уровнемера жидкости системы Кор-Вол.

ТО-3

Подготовительные работы. Ознакомление с технической документацией, подготовка приборов и инструмента, согласование с заказчиком времени проведения ТО. Внешний осмотр уровнемера. Проверка чистоты внешней поверхности, чистка, проверка герметичности трубных соединений, сальниковых вводов, коробок. Проверка целостности заземления корпуса, труб, брони кабеля. Проверка целостности взрывозащитной оболочки, клейм и пломб. Ревизия уровнемера. Отключение питания, отсоединения кабеля, снятие защитного кожуха уровнемера. Снятие цифрового механического счетчика, ревизия,

наладка и установка. Ревизия электрических и электронных блоков, сервомотора и сервоусилителя, кодового датчика, дифференциального трансформатора, чистка контактов. Чистка и ревизия механической части поплавка. Замена кодовой приставки выключателей, реле принудительного подъема. Измерение сопротивления заземления и изоляции кабеля. Оформление результатов измерений. Установка защитного кожуха и механического цифрового счетчика. Выполнение работ по восстановлению взрывозащиты датчика уровня, подводящих линий и коробок. Подготовка и отправка уровнемера на поверку. Оформление документов по ТО.

20.7.2. Техническое обслуживание цифрового селектора системы Кор-Вол.

ТО-3

Подготовительные работы. Ознакомление с технической документацией, подготовка приборов и инструмента, согласование заказчиком времени проведения ТО.Внешний осмотр селектора, состояние заземления. Чистка от пыли и грязи, нанесение смазки. Ревизия селектора. Отсоединения кабеля, снятие кожуха с селектора. Чистка, промывка контактов и разъемов. Замена неисправных радиоэлементов, проверка работоспособности селектора. Присоединения кабеля, установка кожуха селектора. Восстановление взрывозащиты. Измерение сопротивления заземления и сопротивления изоляции кабелей. Оформление результатов измерений. Оформление результатов по ТО.

20.7.3. Техническое обслуживание щитов диспетчерского управления и сигнализации системы Кор-Вол.

ТО-3

Подготовительные работы. Ознакомление с технической документацией, подготовка приборов и инструмента, согласование с заказчиком времени проведения ТО. Внешний осмотр. Проверка чистоты поверхности щита, чистка, проверка комплектности, технического состояния. Ревизия щита. Отключение питания, проверка, поиски, замена неисправных элементов: реле, блоков сигнализации, ламп, предохранителей и т.п. Проверка исправности монтажа. Наладка системы сигнализации и отключение предельных уровней, системы управления уровнемером, корректировка параметров настройки. Комплексная наладка системы управления и сигнализации совместно с технологическим оборудованием. Проверка работы систе-

мы в рабочем режиме. Оформление работ по ТО.

20.7.4. Техническое обслуживание вторичной аппаратуры системы Кор-Вол (ЦБИ, БП, ДП, ЦПУ).

ТО-3

Подготовительные работы. Ознакомление с технической документацией, подготовка приборов и инструмента, согласование с заказчиком времени проведения ТО. Внешний осмотр. Осмотр центрального блока логики, блока индикации, блока питания, чистка от пыли. Проверка целостности электрических соединений, наличия маркировок на клеймах и проводках. Чистка разъемов, контактов и плат. Замена неисправных радиоэлементов. Проверка работы плат. Проверка работы и настройка цифровых часов. Проверка работы стойки БП. Проверка сопротивления стойки БЛ с ТМ-120, достоверности показаний и выдачи с ЦПУ. Ревизия ЦПУ. Разборка, чистка, смазка. Проверка направляющих, перемещения каретки, устранение неисправностей, проверка работоспособности. Измерение сопротивления заземления системы сопротивления изоляции кабелей. Оформление результатов измерений. Проверка работоспособности вторичной аппаратуры. Оформление результатов на ТО.

20.7.5. Техническое обслуживание дигидального блока системы Кор-Вол с процессором SAM-85.

ТО-3

Подготовительные работы. Ознакомление с технической документацией, подготовка приборов и инструмента, согласование с заказчиком времени проведения ТО. Внешний осмотр. Проверка чистоты поверхности, чистка, проверка правильности монтажа. Ревизия блока. Проверка, поиск и замена неисправных элементов, чистка разъемов и контактов. Наладка дигидального блока, корректировка параметров. Комплексная проверка работоспособности блока совместно с уровнемерами. Оформление документации по ТО.

20.7.6. Техническое обслуживание аппаратуры «Подцентр» системы Кор-Вол с процессором SAM-85.

ТО-3

Подготовительные работы. Ознакомление с технической документацией, подготовка приборов и инструмента. Разработка и согласование с заказчиком графика проведения работ по ТО.

Процессор SAM-85. Ревизия системы питания стойки SAM-

85. Проверка работоспособности модуля процессора. Проверка работоспособности модуля аналого-цифрового преобразования. Проверка работоспособности модуля аналогового мультиплексора. Проверка работоспособности модуля отображения. Проверка работоспособности модулей последовательности и параллельного сопряжения. Проверка работоспособности консоли процессора.

Дисплей. Проверка работоспособности блока питания. Проверка работоспособности платы генератора знаков. Проверка работоспособности управляющей панели. Проверка работоспособности платы счетчика позиций. Проверка работоспособности платы сопряжения печатающего устройства. Проверка работоспособности платы токовой петли на 20 мА. Проверка работоспособности платы параллельного стыка. Проверка работоспособности платы отображения дисплея. Оформление работ по ТО.

20.7.7. Техническое обслуживание аппаратуры «Центр» системы Кор-Вол с процессором SAM-85.

ТО-3

Подготовительные работы. Ознакомление с документацией, подготовка приборов и инструмента, согласование с заказчиком времени проведения ТО.

Процессор SAM-85. Ревизия системы питания стойки SAM-85. Проверка работоспособности модуля процессора. Проверка работоспособности модулей ОЗУ, ПШУ, модуля памяти, модуля сервисной панели. Проверка работоспособности модуля программирования. Проверка работоспособности модуля аналого-цифрового преобразователя. Проверка работоспособности модуля аналогового и цифрового выхода. Проверка работоспособности модуля сопряжения консоли. Проверка работоспособности модуля отображения. Проверка работоспособности модулей параллельного и последовательного сопряжения. Проверка работоспособности консоли процессора.

Дисплей. Проверка работоспособности блока питания. Проверка работоспособности платы генератора знаков. Проверка работоспособности платы памяти. Проверка работоспособности управляющей панели. Проверка работоспособности платы счетчика позиций. Проверка работоспособности вспомогательной платы. Проверка работоспособности платы сопряжения печатающего устройства. Проверка работоспособности платы токовой петли на 20 мА. Проверка работоспособности платы

параллельного стыка. Проверка работоспособности платы отображения дисплея.

Аппаратура монитора. Проверка предварительного усилителя видеочастоты, цепи восстановления уровня и регулирования контрастности. Проверка видеоусилителя. Наладка цепи гашения, регулировка яркости в цепи ЭЛТ. Проверка цепей синхронизации, настройка. Проверка цепи горизонтальной развертки и цепи вертикальной развертки. Проверка блока питания.

Аппаратура мозаичного печатающего устройства. Проверка блока питания. Проверка исправности пульта обслуживания и программного модуля. Проверка работоспособности интерфейсного модуля. Проверка в рабочем режиме всего технологического комплекса с периферийными устройствами в комплекте с SAM-85. Оформление документации по ТО.

20.7.8. Техническое обслуживание сигнализаторов уровня жидкости СМИ.

ТО-3

Подготовительные работы. Ознакомление с технической документацией, подготовка приборов и инструмента, согласование с заказчиком времени проведения ТО.

Внешний осмотр: проверка отсутствия механических повреждений, удаление загрязнения. Проверка качества хода поплавка, отсутствия переноса направляющих струн, регулировка натяжения струн. Проверка правильности зацепления перфорированной ленты с мерным шкивом, устранение загрязнения, заклинивания. Проверка правильности показаний по мерной рулетке, корректировка. Смазка угловых роликов, подшипников и шестерен показывающего прибора. Проверка наличия масла в поддоне для нижней части показывающего прибора и жидкости в гидрозатворе, доливка масла. Частичная разборка, чистка поплавка, замена изношенных деталей отсчетного механизма, перфорированной ленты, смазка, сборка, замена масла в приборе, жидкости, регулировка, проверка правильности показаний, настройка. Подготовка к отправке на поверку.

20.7.9. Техническое обслуживание кабелей.

ТО-3

Подготовительные работы. Ознакомление с технической документацией, подготовка приборов и инструмента. Осмотр мест пересечения трассы кабельных линий, проверка нали-

чия и целостности замерных столбов. Проверка состояния монтажных соединений в кабельных коробках и шкафах, удаление загрязнений. Проверка исправности разрядников и предохранителей, мест выхода кабеля на АГЗУ, ДМ; ТМ-600М, ТМ-620 и т.д. Устранение неисправностей в клеммных коробках, в шкафах, чистка контактов. Подтяжка хомутов, бандажей, креплений, восстановление соединительных муфт.

Измерение параметров ЛТМ на постоянном токе.

Измерение сопротивления изоляции кабеля.

Измерение сопротивления заземления.

Испытания разрядников.

Содержание работ к разделам 21, 22, 23 «Техническое обслуживание прочего оборудования»

Содержание работ к разделу 22 «Техническое обслуживание датчика расхода корреляционного и счетчика вихревого ультразвукового»

1. Проведение инструктажа перед проведением работ.
2. Комплектование работников инструментом.
3. Операции приема счетчика на калибровку, внешний осмотр, оформление документов.
4. Проведение ревизии счетчику.
5. Установка счетчика на поверочную установку.
6. Прогрев вторичной аппаратуры.
7. Опробование счетчика.
8. Снятие метрологических характеристик на расходах 10; 20; 40; 60; 80; 100% от максимального расхода.
9. Демонтаж счетчика с поверочной установки.
10. Расчет метрологических характеристик.
11. Оформление документации.
12. Выдача счетчика заказчику.
13. Операции окончания работ, уборки рабочего места.

Содержание работ к разделу 23 «Техническое обслуживание буровой установки типа БУ-2500»

1. Техническое обслуживание устройств регулирования типа БРБГ (проверка параметров с наладочными данными, при необходимости их подстройка):

- ознакомление со схемами, технической документацией;
- замер штатных напряжений питания на контрольных точках плат, при необходимости их подстройка;
- проверка осциллографом формы и величины импуль-

сов управления, синхронизации СИФУ, при необходимости подстройка;

- чистка шкафов оборудования от пыли и грязи;
- чистка контактных соединений разъемов плат и штепсельных разъемов;
- комплексное опробование работоспособности схемы управления; оформление технической документации;
- включение в работу, наблюдение за режимом работы.

2. Техническое обслуживание электротехнического оборудования тиристорного блока:

- оформление начала работ нарядом-допуском; допуск к работе, подготовка рабочего места;
- чистка от пыли, следов масла трансформаторов 6\0,4 кВ, 100 кВа и 2500 кВа;
- измерение сопротивления изоляции обмоток трансформаторов и кабелей 6 кВ;
- заливка, при необходимости, трансформаторного масла в расширительный бачок;
- чистка от пыли и грязи ячейки 6кВ;
- проверка трансформаторов тока и трансформатора напряжения;
- проверка релейной защиты ячейки 6кВ;
- комплексное опробование работоспособности электрооборудования;
- уборка рабочего места, закрытие наряда-допуска, включение в работу;
- оформление технической документации.

3. Техническое обслуживание электромагнитного порошкового тормоза типа ТЭП-45:

- оформление начала работ распоряжением;
- допуск к работе, подготовка рабочего места;
- получение информации от обслуживающего персонала о работоспособности ТЭП. Их отзывы, замечания;
- проверка состояния ферропорошка (визуально), при необходимости ссыпка, сушка, досыпка;
- измерение сопротивления изоляции обмоток возбуждения тормоза;
- проверка работоспособности контура регулирования тока возбуждения, при необходимости выявление неисправности, настройка;

- проверка целостности резисторов, диодного и тиристорного выпрямителей;
- проверка наличия и надежного контакта заземления;
- уборка рабочего места, закрытие распоряжения, включение в работу;
- оформление технической документации.

4. Техническое обслуживание системы автоматического управления и регулирования электрического привода буровой лебедки:
- оформление работ распоряжением;
- допуск к работе, подготовка рабочего места;
- получение информации от обслуживающего персонала о работе лебедки, их замечания, отзывы;
- производство замеров напряжения на контрольных точках блоков питания, на выходах регуляторов;
- проверка соответствия с наладочной документацией форм и величин импульсов управления тиристоров;
- проверка нулевых значений на выходах регуляторов при нулевом положении командоаппарата, при необходимости установка на нуль;
- проверка максимальных значений сигнала на выходах регуляторов при максимальном значении командоаппарата, при необходимости подрегулировка;
- чистка контактов разъемных соединений, плат;
- проверка наличия и надежности заземлений;
- проверка действия вентиляторов обдува тиристоров и электродвигателя лебедки;
- проверка релейно-контактной схемы управления лебедкой (состояния реле, кнопок, переключателей), при необходимости замена и ремонт;
- проверка силовых тиристоров возбуждения и якорной цепи электродвигателя лебедки;
- измерение сопротивления изоляции возбуждения и якоря электродвигателя лебедки;
- комплексное опробование электродвигателя на холостом ходу, замер значения обратной связи по скорости и току;
- уборка рабочего места, закрытие распоряжения, включение в работу.

5. Техническое обслуживание системы управления и регулирования электроприводами насосов:
- оформление начала работ нарядом- допуском;

- допуск к работе, подготовка рабочего места;
- получение информации от обслуживающего персонала о работе насосов, их замечания, отзывы;
- производство замеров напряжения на контрольных точках блоков питания, на выходах регуляторов;
- проверка соответствия с наладочной документацией форм и величин импульсов управления тиристоров;
- проверка нулевых значений на выходах регуляторов при нулевом положении командоаппарата, при необходимости установка на нуль;
- проверка максимальных значений сигнала на выходах регуляторов при максимальном значении командоаппарата, при необходимости подрегулировка;
- чистка контактов разъемных соединений, плат;
- проверка наличия и надежности заземлений;
- проверка действия вентиляторов обдува тиристоров и электродвигателя насосов;
- проверка релейно-контактной схемы управления насосами (состояния реле, кнопок, переключателей), при необходимости замена и ремонт;
- проверка силовых тиристоров возбуждения и якорной цепи электродвигателя насосов;
- измерение сопротивления изоляции возбуждения и якоря электродвигателя насосов;
- комплексное опробование электродвигателя на холостом ходу, замер значения обратной связи по скорости и току;
- уборка рабочего места, закрытие распоряжения, включение в работу;
- оформление технической документации.

6. Техническое обслуживание системы управления и регулирования электроприводом ротора:
- оформление начала работ нарядом-допуском;
- допуск к работе, подготовка рабочего места;
- получение информации от обслуживающего персонала о работе насосов, их замечания, отзывы.

Таблица 2

Нормы времени на техническое обслуживание систем измерения количества нефти. Разделы 1-13

№ п/п	Наименование средств, тип	Вид ТО	Кол-во ТО	Нормы времени (чел.час) на 1 ТО										Годовые нормы времени по видам ТО
				Нормы времени ВСЕГО	Ведущий инженер	Инженер I кат.	Инженер II кат.	Инженер III кат.	Инженер	Рабочий VI разряда	Рабочий V разряда	Рабочий IV разряда	Рабочий III разряда	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Раздел 1. Техническое обслуживание оборудования средств измерения количества нефти														
1.1	Приборный щит	ТО-1	8	15,1				4,00	6,00	5,10				121
		ТО-2	3	25,8				8,40	10,1	7,30				77,4
		ТО-3	1	63,0			15,6	19,6	22,6	5,20				63,0
		Всего в год		**104**			**15,6**	**32,0**	**38,7**	**17,6**				**261**
1.2	Вторичная аппаратура вычислителя расхода	ТО-1	8	23,0			8,30		7,50	7,18				184
		ТО-2	3	47,1			19,6		16,0	11,5				141
		ТО-3	1	161			62,3		56,2	42,3				161
		Всего в год		**231**			**90,2**		**79,7**	**61,0**				**486**
1.3	Датчик массомера с преобразователем расхода	ТО-1	11	30,3	12,9		7,40	5,70		4,30				333
		ТО-3	1	132	44,8		37,9	29,9		20,4				132
		Всего в год		**163**	**57,7**		**45,3**	**34,9**		**27,4**				**466**
1.4	АРМ (автоматизированное рабочее место)	ТО-1	12	**12,3**			**4,40**		**4,40**	**3,50**				**148**
1.5	ТПР измерительная линия	ТО-1	11	30,5			13,1		12,1	5,30				336
		ТО-3	1	165			72,9		55,2	36,5				165
		Всего в год		**195**			**86,0**		**67,3**	**41,8**				**500**
1.6	Плотномер поточный (денсиметр)	ТО-1	11	6,33			3,00				3,33			69,6
		ТО-3	1	199			105				94,3			199
		Всего в год		**205**			**108**				**97,6**			**269**
1.7	Индикатор фазового состояния ИФС	ТО-1	11	5,98			3,00			2,20	0,78			65,8
		ТО-3	1	40,0			20,0			9,50	9,50	104		40,0
		Всего в год		**46,0**			**23,0**			**11,7**	**10,3**	**1,04**		**106**
1.8	Регистратор параметров (экограф, логоскрин)	ТО-1	8	6,77			4,87			1,90				54,2
		ТО-2	3	10,6			8,66			0,60	1,19	1,13		31,7
		ТО-3	1	18,6			10,6			2,70	4,75	0,52		18,6
		Всего в год		**35,9**			**24,1**			**5,20**	**5,94**	**0,65**		**104**
1.9	ТПР (узел качества)	ТО-1	11	15,3			4,50			3,90	2,78	4,11		168
		ТО-3	1	41,2			11,2			18,9	9,00	2,10		41,2
		Всего в год		**56,5**			**15,7**			**22,8**	**11,8**	**6,21**		**209**
1.10	Вторичная аппаратура (узел качества)	ТО-1	8	9,60			5,30			4,30				76,8
		ТО-2	3	11,0			6,00			5,00				33,0
		ТО-3	1	40,0			20,5			19,5				40,0
		Всего в год		**60,6**			**31,8**			**28,8**				**150**
1.11	Влагомер	ТО-1	8	5,70			2,50				3,20			45,6
		ТО-2	3	14,8			4,40				10,4			44,4
		ТО-3	1	152		68,1	47,2				36,3			152
		Всего в год		**172**		**68,1**	**54,1**				**49,9**			**242**
1.12	Вискозиметр поточный	ТО-1	8	7,50						5,20	2,30			60,0
		ТО-2	3	15,0			5,60			5,80	3,60			45,0
		ТО-3	1	195			83,0			72,0	40,0			195
		Всего в год		**218**			**88,6**			**83,0**	**45,9**			**300**
1.13	Пробоотборник автоматический	ТО-1	8	2,17						0,50	1,40	0,27		17,4
		ТО-2	3	32,6			3,00			1,50	3,40	24,7		97,9
		ТО-3	1	35,1			3,20			2,00	4,80	25,1		35,1
		Всего в год		**69,9**			**6,20**			**4,00**	**9,60**	**50,1**		**150**

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1.14	Преобразователь давления с унифицированным вых. сигналом	ТО-1	11	1,40							0,90	0,50		15,4
		ТО-3	1	15,7						4,30	6,30	5,10		15,7
		Всего в год		**17,1**						**4,30**	**7,20**	**5,60**		**31,1**
1.15	Преобразователь перепада давления	ТО-1	11	1,40							0,90	0,50		15,4
		ТО-3	1	15,7						4,30	6,30	5,10		15,7
		Всего в год		**17,1**						**4,30**	**7,20**	**5,60**		**31,1**
1.16	Преобразователь температуры с унифицированным вых. сигналом	ТО-1	11	1,40						0,80	0,60			15,4
		ТО-3	1	12,1						7,90	4,20			12,1
		Всего в год		**13,5**						**8,70**	**4,80**			**27,5**
1.17	Панель пожарной сигнализации	ТО-1	11	1,70						1,10		0,60		18,7
		ТО-3	1	19,9			10,1			4,40	3,40	1,20	0,80	19,9
		Всего в год		**21,6**			**10,1**			**5,50**	**3,40**	**1,80**	**0,80**	**38,6**
1.18	Реле перепада давления	ТО-1	11	0,50							0,50			5,50
		ТО-3	1	2,40							0,80	1,10	0,50	2,40
		Всего в год		**2,90**							**1,30**	**1,10**	**0,50**	**7,90**
1.19	Регулятор давления с позиционером	ТО-1	11	7,75							3,50	3,00	1,25	85,3
		ТО-3	1	61,6			22,0			15,8	16,1	4,00	3,75	61,6
		Всего в год		**69,4**			**22,0**			**15,8**	**19,6**	**7,00**	**5,00**	**147**
1.20	Электрическая задвижка	ТО-1	11	1,00							1,00			11,0
		ТО-3	1	35,4							18,1	17,3		35,4
		Всего в год		**36,4**							**19,1**	**17,3**		**46,4**
1.21	Манометр	ТО-1	11	0,10								0,10		1,10
		ТО-3	1	0,80								0,20	0,60	0,80
		Всего в год		**0,90**								**0,30**	**0,60**	**1,90**
1.22	Термометр	ТО-1	11	0,10								0,10		1,10
		ТО-3	1	0,50								0,30	0,20	0,50
		Всего в год		**0,60**								**0,40**	**0,20**	**1,60**
1.23	Реле расхода	ТО-1	11	1,20							0,80	0,20	0,20	13,2
		ТО-3	1	7,40						1,30	4,20	1,50	0,40	7,40
		Всего в год		**8,60**						**1,30**	**5,00**	**1,70**	**0,60**	**20,6**
1.24	Ротаметр	ТО-1	11	1,20						0,60	0,40	0,20		13,2
		ТО-3	1	7,40						2,60	3,20	1,20	0,40	7,40
		Всего в год		**8,60**						**3,20**	**3,60**	**1,40**	**0,40**	**20,6**
1.25	Термореле (в системе блок-бокса)	ТО-1	11	0,10								0,10		1,10
		ТО-3	1	3,90								1,80	2,10	3,90
		Всего в год		**4,00**								**1,90**	**2,10**	**5,00**
1.26	Датчик контроля загазованности со вторичным прибором	ТО-1	10	0,20							0,20			2,00
		ТО-3	2	26,2			4,00			3,20	15,0	0,50	3,50	52,4
		Всего в год		**26,4**			**4,00**			**3,20**	**15,2**	**0,50**	**3,50**	**54,4**
1.27	Пожарный извещатель	ТО-1	11	1,10				0,30	0,20	0,60				12,1
		ТО-3	1	6,55				3,00	1,20	2,35				6,55
		Всего в год		**7,65**				**3,30**	**1,40**	**2,95**				**18,7**
1.28	Силовой шкаф	ТО-1	8	1,30						0,80	0,50			10,4
		ТО-2	3	4,30						2,30	2,00			12,9
		ТО-3	1	13,2						5,10	4,60	3,50		13,2
		Всего в год		**18,8**						**8,20**	**7,10**	**3,50**		**36,5**
1.29	Шкаф управления блок-боксом	ТО-1	8	1,30			0,80			0,40	0,10			10,4
		ТО-2	3	5,70			1,70			2,60	1,00		0,40	17,1
		ТО-3	1	14,6			7,60			4,10	2,10		0,80	14,6
		Всего в год		**21,6**			**10,1**			**7,10**	**3,20**		**1,20**	**42,1**
1.30	Стабилизатор напряжения (в блок-боксе)	ТО-1	11	1,00						0,50	0,50			11,0
		ТО-3	1	4,50						2,60	1,20	0,30	0,40	4,50
		Всего в год		**5,50**						**3,10**	**1,70**	**0,30**	**0,40**	**15,5**
1.31	Соленоидный клапан	ТО-1	11	0,30							0,30			3,30
		ТО-3	1	1,40							1,10		0,30	1,40
		Всего в год		**1,70**							**1,40**		**0,30**	**4,70**

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1.32	Электродвигатель насоса (приемный, циркуляционный)	ТО-1	11	0,90						0,50	0,40			9,90
		ТО-3	1	8,60						2,10	2,80	1,60	2,10	8,60
		Всего в год		**9,50**						**2,26**	**3,20**	**1,60**	**2,10**	**18,5**
1.33	Блок гарантийного питания	ТО-1	8	1,70					0,70	0,50	0,50			13,6
		ТО-2	3	11,9					4,20	3,90	3,80			35,7
		ТО-3	1	27,4					8,90	9,30	9,20			27,4
		Всего в год		**41,0**					**13,8**	**13,7**	**13,5**			**76,7**
1.34	Кабельный линии (на весь СИКН)	ТО-1	11	2,00						1,00		1,00		22,0
		ТО-3	1	16,2						8,10		8,10		16,2
		Всего в год		**18,2**						**9,10**		**9,10**		**38,2**
1.35	Стабилизатор напряжения ВА регулирующей заслонки	ТО-1	11	1,00						0,60	0,40			11,0
		ТО-3	1	3,50						1,60	1,20	0,40	0,30	3,50
		Всего в год		**4,50**						**2,20**	**1,60**	**0,40**	**0,30**	**14,5**
1.36	Клеммная коробка	ТО-1	11	0,20								0,20		2,20
		ТО-3	1	1,00								0,40	0,60	1,00
		Всего в год		**1,20**								**0,60**	**0,60**	**3,20**
1.37	Устройство определения свободного газа в нефти	ТО-1	11	4,80			2,70			1,80	0,30			52,8
		ТО-3	1	25,8			12,1			6,90	6,38	0,40		25,8
		Всего в год		**30,6**			**14,8**			**8.70**	**6,68**	**0,40**		**78,6**
Раздел 2. Вторичная аппаратура														
2.1	Вторичная аппаратура КОР-МАС	ТО-1	8	34,0					11,9		13,1	9,01		272
		ТО-2	3	77,3					17,0		38,2	22,1		232
		ТО-3	1	152					58,7		70,0	23,3		152
		Всего в год		**263**					**87,6**		**121**	**54,4**		**656**
2.2	Вторичная аппаратура СМИТ	ТО-1	8	33,3					10,5		12,6	8,65	1,59	266
		ТО-2	3	68,4					12,6		29,9	14,1	11,9	205
		ТО-3	1	127					44,9		53,3	14,6	14,7	127
		Всего в год		**229**					**68,0**		**95,7**	**37,3**	**28,2**	**599**
Раздел 3. Турбинный преобразователь расхода														
3.1	Электронный блок ТПР	ТО-1	8	2,43					0,71		0,57	0,75	0,40	19,4
		ТО-2	3	3,97					1,50		1,12	0,70	0,65	11,9
		ТО-3	1	12,4					4,32		3,18	2,85	2,08	12,4
		Всего в год		**18,8**					**6,53**		**4,87**	**4,30**	**3,13**	**43,8**
3.2	Турбинный преобразователь расхода (рабочий) (без коррекции по вязкости)	ТО-1	8	15,4					7,69	6,91	0,83			123
		ТО-2	3	15,4					7,69	9,91	0,83			46,3
		ТО-3	1	45,3					21,1	11,2	11,3	1,80		45,3
		Всего в год		**76,1**					**36,4**	**25,0**	**12,9**	**1,80**		**215**
3.3	ТПР (контрольный)	ТО-1	8	18,1					5,03		3,50	6,69	2,85	145
		ТО-2	3	17,4					5,03		3,20	6,30	2,86	52,2
		ТО-3	1	82,8					18,1		17,1	23,6	24,0	82,8
		Всего в год		**118**					**28,1**		**23,8**	**36,6**	**29,7**	**280**
Раздел 4. Трубопоршневые установки														
4.1	ВНР-550	ТО-1	8	16,4					3,50		1,32	6,00	5,58	131
		ТО-2	3	71,5					15,5		6,93	26,9	22,1	214
		ТО-3	1	217					85,6		16,6	92,2	23,1	217
		Всего в год		**305**					**105**		**24,8**	**125**	**50,8**	**563**
4.2	ВНР-1100	ТО-1	8	17,6					3,71		1,20	6,28	6,39	141
		ТО-2	3	74,0					20,8		5,79	26,0	21,4	222
		ТО-3	1	243					92,9		17,6	111	22,2	243
		Всего в год		**335**					**117**		**24,6**	**143**	**50,0**	**606**
4.3	ВНР-1900	ТО-1	8	22,5					4,71		1,32	8,43	8,04	180
		ТО-2	3	93,9					25,6		8,41	34,0	25,6	282
		ТО-3	1	260					98,4		18,3	117	26,5	260
		Всего в год		**377**					**129**		**28,0**	**160**	**60,4**	**722**
4.4	ВНР-4000	ТО-1	8	23,8					4,71		1,32	9,19	8,55	190
		ТО-2	3	111					30,0		9,81	40,7	30,5	333

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4.5	САПФИР-100	ТО-1	8	15,0					4,71		1,21	4,61	4,47	120
		ТО-2	3	60,0					17,6		6,13	20,6	15,6	180
		ТО-3	1	213					83,8		15,7	97,1	16,2	213
		Всего в год		**288**					**106**		**23,1**	**122**	**36,3**	**513**
4.6	САПФИР-500	ТО-1	8	15,7					4,71		1,21	4,99	4,80	126
		ТО-2	3	69,4					20,4		6,82	23,9	18,2	208
		ТО-3	1	227					89,2		16,4	103	18,8	227
		Всего в год		**312**					**114**		**24,5**	**132**	**41,8**	**561**
4.7	СМИТ-3000	ТО-1	8	22,9					4,71		1,32	8,72	8,13	183
		ТО-2	3	101					27,7		9,18	36,7	27,8	304
		ТО-3	1	275					104		19,4	123	28,4	275
		Всего в год		**399**					**136**		**29,9**	**169**	**64,3**	**762**
4.8	СФРЮ-550, «Daniel» 550, 270	ТО-1	8	20,0					6,94		6,39	3,63	3,08	160
		ТО-2	3	71,3					24,5		14,1	13,5	19,2	214
		ТО-3	1	284					88,2		76,9	37,5	81,9	284
		Всего в год		**376**					**120**		**97,4**	**54,6**	**104**	**659**
4.9	СФРЮ-1100	ТО-1	8	21,4					7,32		6,84	3,76	3,45	171
		ТО-2	3	75,0					25,8		15,0	14,1	20,2	225
		ТО-3	1	302					93,0		81,4	41,1	86,2	302
		Всего в год		**398**					**126**		**103**	**59,0**	**110**	**698**
4.10	СФРЮ-1900, ВСР-М BROOKS	ТО-1	8	22,4					7,66		7,18	3,76	3,80	179
		ТО-2	3	89,1					30,7		17,1	16,8	24,6	267
		ТО-3	1	364					99,5		99,5	66,5	98,1	364
		Всего в год		**475**					**138**		**124**	**87,0**	**126**	**810**
4.11	СФРЮ-4000	ТО-1	8	24,8					8,04		8,16	4,46	4,18	199
		ТО-2	3	99,3					33,8		33,9	8,59	23,1	298
		ТО-3	1	402					119		105	57,9	120	402
		Всего в год		**526**					**161**		**147**	**71,0**	**147**	**898**
4.12	Вторичная аппаратура ТПУ	ТО-1	8	0,90					0,45		0,45			7,20
		ТО-2	3	8,25					2,90		2,90		2,45	24,8
		ТО-3	1	67,0					23,0		23,2	0,25	20,6	67,0
		Всего в год		**76,2**					**26,3**		**26,6**	**0,25**	**23,1**	**99,0**
Раздел 5.Электронные весы для аттестации мерника														
5.1	Электронные весы для аттестации мерника	ТО-3	1	57,8					23,5		28,7	5,66		57,8
Раздел 6. Образцовый мерник														
6.1	Образцовый мерник	ТО-3	1	81,4					31,8		23,7	25,8		81,4
Раздел 7. Отдельные виды работ, входящие в состав ТО														
7.1	Подготовка к поверке ТПУ 100 (ТПУ по ТПУ)	ТО-3	1	94,5							31,5	31,5	31,5	94,5
7.2	Подготовка к поверке ТПУ 500-550 (ТПУ по ТПУ)	ТО-3	1	94,5							31,5	31,5	31,5	94,5
7.3	Подготовка к поверке ТПУ 1000-1100 (ТПУ по ТПУ)	ТО-3	1	107							35,6	35,6	35,6	107
7.4	Подготовка к поверке ТПУ 1900-2400 (ТПУ по ТПУ)	ТО-3	1	142							47,3	47,3	47,3	142
7.5	Подготовка к поверке ТПУ 3000-4000 (ТПУ по ТПУ)	ТО-3	1	166							55,3	55,3	55,3	166
7.6	Подготовка к поверке ТПУ 100-500-550, 640, ВСР-М BROOKS (мерником)	ТО-3	1	279		164					70,5		44,2	279

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7.7	Подготовка к поверке вторичной аппаратуры ТПУ	ТО-3	1	67,0					23,0		23,2	0,25	20,6	67,0
7.8	Подключение и отключение передвижной поверочной установки	ТО-3	1	130		26,0					52,0	52,0		130
Раздел 8. Поверочная установка на базе весов ОГВ:														
8.1	Гири	ТО-3	1	62,7					20,5		21,9	20,3		62,7
8.2	Образцовый мерник (подготовка к поверке)	ТО-3	1	15,7					6,24		2,95	6,5		15,7
8.3	Электронные весы (подготовка к поверке)	ТО-3	1	30,7					11,2		15,1	4,35		30,7
8.4	Подготовка к поверке ВА СМИТ	ТО-3	1	19,2		10,0					7,11		2,08	19,2
Раздел 9. Техническое обслуживание оборудования, входящее в состав анализатора серы «ASOMA 628-HR»														
9.1	ВА с принтером и дисплеем	ТО-1	8	53,9				10,6	16,2	11,4	15,7			431
		ТО-2	3	65,3				25,6	23,8	9,80	6,10			196
		ТО-3	1	189			52,6	58,9	42,8	21,7	12,5			189
		Всего в год		**308**			**52,6**	**95,1**	**82,8**	**42,9**	**34,3**			**816**
9.2	«Самплерс» - проточная кювета с радиационной головкой	ТО-1	11	11,3				3,27	5,20	1,41	1,39			124
		ТО-3	1	54,9				13,3	20,1	16,4	5,10			54,9
		Всего в год		**66,2**				**16,5**	**25,3**	**17,8**	**6,49**			**179**
9.3	Компьютер потока	ТО-1	8	23,2					9,91		7,83	5,44		185
		ТО-2	3	31,0					12,5		10,5	8,01		93,0
		ТО-3	1	100					43,4		39,5	17,6		100
		Всего в год		**155**					**65,8**		**57,8**	**31,1**		**379**
9.4	Температурный сигнализатор ТПК-16	ТО-1	8	0,24					0,13				0,11	1,92
		ТО-2	3	0,64					0,34				0,30	1,92
		ТО-3	1	4,47					2,60				1,87	4,47
		Всего в год		**5,35**					**3,07**				**2,28**	**8,31**
9.5	Кабели контрольные	ТО-1	11	3,10			0,80			1,10		1,20		34,1
		ТО-3	1	8,10			2,20			3,10		2,80		8,10
		Всего в год		**11,2**			**3,00**			**4,20**		**4,00**		**42,2**
9.6	Блок суммирования многоканальный	ТО-1	8	5,68					2,84		1,55	0,82	0,47	45,4
		ТО-2	3	39,5					3,62		18,6	7,11	10,2	119
		ТО-3	1	54,8					10,4		21,6	9,53	13,3	54,8
		Всего в год		**100**					**16,8**		**41,7**	**17,5**	**24,0**	**219**
Раздел 10. Техническое обслуживание сигнализаторов газа и газоанализаторов														
10.1	Техническое обслуживание сигнализаторов газа типа СВК-3М, СТХ-4-IV, ЭССА	ТО-1	8	1,17						1,17				9,36
		ТО-2	2	1,86						1,86				3,72
		ТО-3	2	13,5						6,76	6,76			27,0
		Всего в год		**16,6**						**9,79**	**6,76**			**40,1**
10.2	Газосигнализатор сероводорода «Анкат», в комплекте до 4-х датчиков	ТО-1	10	7,54		4,60	2,70				0,24			75,4
		ТО-3	2	78,5		38,2	29,2				11,1			157
		Всего в год		**86,0**		**42,8**	**31,9**				**11,3**			**232**
10.3	Газосигнализатор «СТМ-10», комплекте до 4-х датчиков	ТО-1	10	7,54		4,60	2,70				0,24			75,4
		ТО-3	2	67,2		35,6	22,8				8,75			134
		Всего в год		**74,7**		**40,2**	**25,5**				**8,99**			**210**
Раздел 11. Отдельные виды работ, входящие в состав ТО (выполняемые дополнительно)														
11.1	Вычислитель расхода	подготовка к поверке		82,0		33,0	19,8			23,0	6,20			
11.2	Массомер, преобразователь расхода	КМХ		28,1		2,80	10,1			5,50	4,80	3,60	1,30	
11.3	Преобразователь расхода	подготовка к поверке		118		15,2	35,2			55,8	12,0			

Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
11.4	Индикатор фазового состояния	калибровка		29,1			12,0			10,5		6,60		
11.5	Индикатор фазового состояния	ревизия		16,4						4,70	6,30	3,50	1,90	
11.6	Вискозиметр поточный	подготовка к поверке		151			74,0			56,0	20,5			
11.7	Вискозиметр поточный	ревизия		3,00							1,90	1,10		
11.8	Плотномеры, вискозиметры и влагомер	промывка		1,00								1,00		
11.9	Фильтр вискозиметра	чистка		3,00								1,20	1,80	
11.10	Пробоотборник автоматический	ревизия		26,4							15,3	11,2		
11.11	Датчик давления с унифицированным вых. сигналом	подготовка к поверке		8,00						4,30	3,70			
11.12	Датчик давления с унифицированным вых. сигналом	калибровка		8,00						4,30	3,70			
11.13	Датчик давления с унифицированным вых. сигналом	подготовка к поверке		10,0						5,60	4,40			
11.14	Датчик давления с унифицированным вых. сигналом	калибровка		10,0						5,60	4,40			
11.15	Датчик загазованности	подготовка к поверке		10,0			5,00				5,00			
11.16	Плотномер поточный	подготовка к поверке		150			42,3			45,4	53,6	8,30		
11.17	Плотномер поточный	ревизия		10,6							5,81	4,45		
11.18	Влагомер	подготовка к поверке		138		63,9	45,3				28,8			
11.19	Влагомер	ревизия		3,00							1,90	1,10		
11.20	Газоанализатор сероводорода «Анкат», в комплекте до 4-х датчиков	подготовка к поверке		70,8		34,8	25,5				10,5			
11.21	Газосигнализатор «СТМ-10», в комплекте до 4-х датчиков	подготовка к поверке		59,4		31,6	20,1				7,70			
11.22	Датчик загазованности	подготовка к поверке		8,45		5,10	2,55				0,80			
11.23	Определение содержания свободного газа в нефти с помощью УОСГ	подготовка к поверке		30,9			14,5			7,50	7,50	1,40		
Раздел 12. Отдельные виды работ														
12.1	Выполнение работ передвижной поверочной установки		1	240		80,0					80,0	80,0		
12.2	Выполнение работ переносным рабочим эталоном плотномера		1	78,0			48,0			30,0				
12.3	Разработка и согласование вх. и вых. сигналов при резервировании ВА в приборном шкафу		1	135		66,0	42,5					26,5		
12.4	Адаптация программного обеспечения на конкретный объект (СИКН)		1	169	51,0	71,1	46,6							

Окончание табл.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Раздел 13. Техническое обслуживание вспомогательных средств и измерений														
13.1	Канал измерения температуры	двухнед	12	5,60					3,26	1,94	0,40			67,2
		ТО-1	8	5,60					3,26	1,94	0,40			44,8
		ТО-2	3	10,7					5,73	2,11	2,89			32,2
		ТО-3	1	27,3					16,5	4,12	6,25	0,50		27,3
		Всего в год		**49,3**					**28,7**	**10,1**	**9,94**	**0,50**		**172**
13.2	Канал измерения давления	ТО-1	8	1,99					0,51	0,10	0,42	0,51	0,45	15,9
		ТО-2	3	3,72					1,07	0,50	1,20	0,50	0,45	11,2
		ТО-3	1	20,0					8,80	0,50	8,90	1,30	0,45	20,0
		Всего в год		**25,7**					**10,4**	**1,10**	**10,5**	**2,31**	**1,35**	**47,0**

Таблица 3

Нормы времени на техническое обслуживание средств измерений, систем автоматики, электротехнического оборудования. Разделы 14-20

№ п/п	Наименование средств, тип	Вид ТО	Кол-во ТО	Нормы времени (чел.час) на 1 ТО: Нормы времени ВСЕГО	Ведущий инженер	Инженер I кат.	Инженер II кат.	Инженер III кат.	Инженер	Рабочий VI разряда	Рабочий V разряда	Рабочий IV разряда	Рабочий III разряда	Годовые нормы времени по видам ТО
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Раздел 14. Техническое обслуживание щитов контроля, управления и сигнализации агрегатами (котлоагрегатами), блоками, установками														
14.1	Блок (субблок) бесконтактных полупроводниковых элементов, имеющих разъемные соединения с количеством входных и выходных цепей													
14.1.1	до 45:	ТО-1	8	0,92			0,46				0,46			7,36
		ТО-2	3	2,42			1,15				1,27			7,25
		ТО-3	1	7,36			3,68				3,68			7,36
		Всего в год		**10,7**			**5,29**				**5,41**			**22,0**
14.1.2	до 60:	ТО-1	8	1,15			0,58				0,58			9,20
		ТО-2	3	3,22			1,61				1,61			9,66
		ТО-3	1	9,66			4,83				4,83			9,66
		Всего в год		**14,0**			**7,02**				**7,02**			**28,5**
14.1.3	до 75:	ТО-1	8	1,38			0,69				0,69			11,0
		ТО-2	3	3,91			1,96				1,96			11,7
		ТО-3	1	11,7			5,87				5,87			11,7
		Всего в год		**17,0**			**8,51**				**8,51**			**34,5**
14.2	Блок (субблок, модуль) контактных элементов, имеющих разъемные контактные соединения с количеством входных и выходных цепей													
14.2.1	до 45:	ТО-1	8	0,69			0,35				0,35			5,52
		ТО-2	3	1,84			0,92				0,92			5,52
		ТО-3	1	5,52			2,76				2,76			5,52
		Всего в год		**8,05**			**4,03**				**4,03**			**16,6**

Продолжение табл.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
14.2.2	до 60:	ТО-1	8	0,92			0,46				0,46			7,36
		ТО-2	3	2,3			1,15				1,15			6,90
		ТО-3	1	7,36			3,68				3,68			7,36
		Всего в год		**10,6**			**5,29**				**5,29**			**21,6**
14.2.3	до 75:	ТО-1	8	1,15			0,58				0,58			9,20
		ТО-2	3	2,99			1,50				1,50			8,97
		ТО-3	1	9,20			4,60				4,60			9,20
		Всего в год		**13,3**			**6,67**				**6,67**			**27,4**
Раздел 15. Техническое обслуживание системы автоматики теплогенератора типа ТОК – 1А														
15.1	Система автоматики теплогенераторов типа ТОК – 1А	ТО-1	8	32,2			17,3				15,0			258
		ТО-2	3	52,9			27,6				25,0			159
		ТО-3	1	80,5			41,4				39,1			80,5
		Всего в год		**166**			**86,3**				**79,4**			**497**
Раздел 16. Техническое обслуживание котлоагрегата типа Р 205 А, Р 210 А														
16.1	ТО котлоагрегатов типа Р 205 А, Р 210 А		1	431			219				212			
Раздел 17. Техническое обслуживание средств измерений автоматики														
17.1 Приборы для измерения, регистрации и регулирования температуры														
17.1.1	Термометр манометрический самопишущий двухзаписной с дисковой диаграммой	ТО-1	8	0,71							0,71			5,67
		ТО-2	2,66	0,70							0,70			1,87
		ТО-3	1,33	5,26							2,67	2,59		6,99
		Всего в год		**6,67**							**4,08**	**2,59**		**14,5**
17.1.2	Термометр манометрический показывающий сигнализирующий электроконтактный газовый, конденсационный	ТО-1	8	0,45							0,45			3,59
		ТО-2	3	0,74							0,74			2,21
		ТО-3	1	4,89							2,42	2,47		4,89
		Всего в год		**6,07**							**3,60**	**2,47**		**10,7**
17.1.3	Термометр манометрический сигнализирующий	ТО-1	8	0,33							0,33			2,67
		ТО-2	3	0,62							0,62			1,86
		ТО-3	1	4,17							2,53	1,64		4,17
		Всего в год		**5.13**							**3,48**	**1,64**		**8,70**
17.1.4	Термометр манометрический электроконтактный	ТО-1	8	0,35							0,35			2,82
		ТО-2	3	0,63							0,63			1,90
		ТО-3	1	4,29							2,24	2,05		4,29
		Всего в год		**5,27**							**3,23**	**2,05**		**9,01**
17.1.5	Датчик температуры камерный биметаллический	ТО-1	8	0,19							0,19			1,48
		ТО-2	3	0,29							0,29			0,86
		ТО-3	1	1,97							0,93	1,04		1,97
		Всего в год		**2,44**							**1,40**	**1,04**		**4,31**
17.1.6	Аппаратура контроля температуры	ТО-1	8	0,41							0,41			3,27
		ТО-2	3	0,74							0,74			2,21
		ТО-3	1	5,06							2,76	2,30		5,06
		Всего в год		**6,20**							**3,90**	**2,30**		**10,5**
17.1.7	Регулятор температуры прямого действия	ТО-1	8	0,25							0,25			2,02
		ТО-2	3	0,68							0,68			2,04
		ТО-3	1	5,12							2,76	2,36		5,12
		Всего в год		**6,05**							**3,69**	**2,36**		**9,18**
17.1.8	Тягонапоромер дифференциальный жидкостной	ТО-1	8	0,15								0,15		1,20
		ТО-2	3	0,25								0,25		0,76
		ТО-3	1	2,07								1,27	0,81	2,07
		Всего в год		**2,47**								**1,67**	**0,81**	**4,03**
17.1.9	Датчик напора, датчик-реле напора и тяги	ТО-1	8	0,54							0,27	0,28		4,32
		ТО-2	3	0,89							0,43	0,46		2,66
		ТО-3	1	3,68							1,84	1,84		3,68
		Всего в год		**5,11**							**2,53**	**2,58**		**10,7**
17.1.10	Тягомер, напоромер, тягонапоромер мембранный показывающий	ТО-2	11	0,48							0,24	0,24		5,31
		ТО-3	1	3,70							1,85	1,85		3,70
		Всего в год		**9,29**							**4,62**	**4,67**		**19,7**

Продолжение табл.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
17.1.11	Манометр электрический с дистанционной передачей	ТО-1	8	0,40								0,40		3,22
		ТО-2	2,66	0,86								0,86		2,29
		ТО-3	1,33	4,77								2,42	2,36	6,35
		Всего в год		**6,04**								**3,68**	**2,36**	**11,9**
17.1.12	Дифманометр сильфонный	ТО-1	8	1,12								1,12		8,92
		ТО-2	2,66	1,00								1,00		2,66
		ТО-3	1,33	12,6								7,28	5,31	16,8
		Всего в год		**14,7**								**9,40**	**5,31**	**28,3**
17.1.13	Тягомер, напоромер, тягонапоромер мембранный показывающий	ТО-1	8	1,06								1,06		8,46
		ТО-2	3	1,08								1,08		3,24
		ТО-3	1	6,46							3,24	2,82	0,40	6,46
		Всего в год		**8,60**							**3,24**	**4,96**	**0,40**	**18,2**
17.1.14	Регулятор давления прямого действия	ТО-1	8	0,37								0,37		2,94
		ТО-2	3	0,69								0,69		2,07
		ТО-3	1	2,81							1,40	1,40		2,81
		Всего в год		**3,86**							**1,40**	**2,46**		**7,82**
17.2 Приборы для измерения, регистрации и регулирования уровня														
17.2.1	Уровнемер буйковый (электрический, пневматический)	ТО-1	8	0,20								0,20		1,56
		ТО-2	3	0,52								0,52		1,55
		ТО-3	1	6,33								6,33		6,33
		Всего в год		**7,04**								**7,04**		**9,44**
17.2.2	Электрический регулятор-сигнализатор уровня	ТО-1	8	0,10						0,10				0,8
		ТО-2	3	0,45						0,45				1,35
		ТО-3	1	3,61						1,09	2,06	0,46		3,61
		Всего в год		**4,16**						**1,64**	**2,06**	**0,46**		**5,76**
17.2.3	Датчик уровня жидкости	ТО-1	8	0,55						0,55				4,38
		ТО-2	3	1,64						1,64				4,92
		ТО-3	1	2,71						2,71				2,71
		Всего в год		**4,90**						**4,90**				**12,0**
17.2.4	Уровнемер радиоактивный	ТО-1	8	1,68						1,68				13,4
		ТО-2	3	20,7						20,7				62,2
		ТО-3	1	24,7						24,1				24,1
		Всего в год		**46,6**						**46,6**				**99,8**
17.2.5	Сигнализатор предельного уровня (применительно ДПЭ-1М)	ТО-1	8	0,19								0,19		1,54
		ТО-2	3	0,50								0,50		1,48
		ТО-3	1	5,53					2,99			2,54		5,53
		Всего в год		**6,22**					**2,99**			**3,23**		**8,55**
17.2.6	Радиоизотопный технологический комплекс	ТО-1	8	3,76								3,76		30,1
		ТО-2	3	12,5								12,5		37,6
		ТО-3	1	18,3					10,5			7,84		18,3
		Всего в год		**34,6**					**10,5**			**24,1**		**86,0**
17.2.7	Сигнализатор уровня жидкости	ТО-1	8	0,09								0,09		0,74
		ТО-2	2	0,28								0,28		0,55
		ТО-3	2	4,03					1,96			2,07		8,05
		Всего в год		**4,39**					**1,96**			**2,44**		**9,34**
17.2.8	Регулятор уровня	ТО-1	8	0,32							0,32			2,57
		ТО-2	2	0,58							0,56			1,15
		ТО-3	2	3,80							3,51		0,29	7,59
		Всего в год		**4,69**							**4,40**		**0,29**	**11,3**
17.3 Приборы для определения состава и свойства газов и жидкости														
17.3.1	Сигнализатор	ТО-1	8	1,06						1,06				8,46
		ТО-2	2	1,67						1,67				3,34
		ТО-3	2	12,3						5,64	6,65			24,6
		Всего в год		**15,0**						**8,36**	**6,65**			**36,6**
17.3.2	Газосигнализатор оптикоакустический	ТО-1	8	2,16						2,16				17,3
		ТО-2	2	7,30						7,30				14,6
		ТО-3	2	24,0					5,05	6,89	12,1			48,1
		Всего в год		**33,5**					**5,05**	**16,4**	**12,1**			**80,0**

Продолжение табл.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
17.3.3	Гидравлический индикатор веса	ТО-1	11	6,47							2,77		3,70	71,2
		ТО-3	1	10,8							4,97		5,78	10,8
		Всего в год		**17,2**							**7,74**		**9,49**	**82,0**
17.3.4	Газосигнализатор сероводорода	ТО-1	11	7,54							3,92		3,62	83,0
		ТО-3	1	12,4							5,89		6,46	12,4
		Всего в год		**19,9**							**9,81**		**10,1**	**95,3**
17.4 Приборы вторичные электрические и пневматические														
17.4.1	Прибор электронный, автоматический, показывающий, самопишущий с дифференциально-трансформаторной индукционной схемой	ТО-1	8	0,84								0,84		6,72
		ТО-2	3	1,84								1,84		5,52
		ТО-3	1	12,6							9,67	1,75	1,15	12,6
		Всего в год		**15,2**							**9,67**	**4,43**	**1,15**	**24,8**
17.4.2	Потенциометр электронный, автоматический, показывающий, самопишущий с дифференциально-трансформаторной измерительной схемой	ТО-1	8	1,36								1,36		10,9
		ТО-2	3	2,04								2,04		6,11
		ТО-3	1	12,9							9,69	1,79	1,40	12,9
		Всего в год		**16,3**							**9,69**	**5,19**	**1,40**	**29,9**
17.4.3	Мост уравновешенный, электронный, автоматический, самопишущий и регулирующий с записью на диаграмме	ТО-1	8	1,21						1,21				9,66
		ТО-2	3	1,76						1,76				5,28
		ТО-3	1	13,5						6,73	6,73			13,5
		Всего в год		**16,4**						**9,69**	**6,73**			**28,4**
17.4.4	Командный электропневматический прибор	ТО-1	8	1,20								1,20		9,57
		ТО-2	3	1,92								1,92		5,76
		ТО-3	1	12,1								12,1		12,1
		Всего в год		**15,2**								**15,2**		**27,4**
17.4.5	Логометр показывающий (сигнализирующий) милливольтметр	ТО-1	8	0,83								0,83		6,52
		ТО-2	3	1,17								1,17		3,52
		ТО-3	1	3,09								3,09		3,09
		Всего в год		**5,09**								**5,09**		**13,2**
17.4.6	Прибор контроля пневматический, самопишущий	ТО-1	8	0,48								0,48		3,86
		ТО-2	3	0,71								0,71		2,14
		ТО-3	1	11,8							9,67	1,86	0,29	11,8
		Всего в год		**13,0**							**9,67**	**3,06**	**0,29**	**17,8**
17.4.7	Устройство пропорционально-интегральное	ТО-1	8	0,18								0,18		1,47
		ТО-2	3	0,44								0,44		1,31
		ТО-3	1	8,45							7,45	0,71	0,29	8,45
		Всего в год		**9,07**							**7,45**	**1,33**	**0,29**	**11,2**
17.4.8	Электронный регулирующий прибор	ТО-1	8	1,25								1,25		10,0
		ТО-2	3	5,82								5,82		17,5
		ТО-3	1	7,19								7,19		7,19
		Всего в год		**14,3**								**14,3**		**34,7**
17.4.9	Блок автоматики	ТО-1	8	0,44								0,44		3,50
		ТО-2	3	1,62								1,62		4,86
		ТО-3	1	6,34								6,34		6,34
		Всего в год		**8,40**								**8,40**		**14,7**
17.5 Исполнительные механизмы, клапаны, заслонки, позиционеры														
17.5.1	Клапан регулирующий	ТО-1	11	0,31								0,31		3,35
		ТО-3	1	2,15								2,15		2,15
		Всего в год		**2,46**								**2,46**		**5,50**
17.5.2	Клапан электромагнитный	ТО-1	11	0,41								0,41		4,47
		ТО-3	1	2,19								2,19		2,19
		Всего в год		**2,59**								**2,59**		**6,60**
17.5.3	Клапан соленоидный	ТО-1	8	0,43							0,43			3,40
		ТО-2	3	0,79							0,79			2,38
		ТО-3	1	2,30							1,15	1,15		2,30

Продолжение табл.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
17.5.4	Электроприводная задвижка	ТО-1	8	0,09							0,09			0,74
		ТО-2	3	0,43							0,43			1,28
		ТО-3	1	4,52							2,19	2,33		4,52
		Всего в год		**5,04**							**2,70**	**2,33**		**6,54**
17.5.5	Однооборотный электрический исполнительный механизм	ТО-1	15	0,09								0,93		1,40
		ТО-2	4	0,56								0,56		2,23
		ТО-3	1	5,32								5,32		5,32
		Всего в год		**5,97**								**5,97**		**8,95**
17.5.6	Клапан электромагнитный	ТО-1	8	0,61						0,61				4,88
		ТО-2	3	2,65						2,65				7,94
		ТО-3	1	3,88						3,88				3,88
		Всего в год		**7,13**						**7,13**				**16,7**
17.6 Устройства вспомогательные (коммутационная аппаратура, реле, кнопки, пускатели, переключатели)														
17.6.1	Пускатель магнитный	ТО-1	11	0,25								0,25		2,73
		ТО-3	1	0,61								0,61		0,61
		Всего в год		**0,86**								**0,86**		**3,34**
17.6.2	Пускатель магнитный	ТО-1	11	0,21								0,21		2,31
		ТО-3	1	0,53								0,53		0,53
		Всего в год		**0,74**								**0,74**		**2,84**
17.6.3	Реле температурное	ТО-1	11	0,35								0,35		3,82
		ТО-3	1	1,50								0,94	0,56	1,50
		Всего в год		**1,85**								**1,29**	**0,56**	**5,32**
17.6.4	Реле пневматическое	ТО-1	11	0,48							0,48			5,28
		ТО-3	1	3,51							2,82	0,69		3,51
		Всего в год		**3,99**							**3,30**	**0,69**		**8,79**
17.6.5	Кнопка четырехполюсная	ТО-1	11	0,14								0,14		1,49
		ТО-3	1	0,26								0,13	0,13	0,26
		Всего в год		**0,40**								**0,27**	**0,13**	**1,75**
17.6.6	Кнопка управления	ТО-1	11	0,06								0,06		0,66
		ТО-3	1	0,16								0,07	0,09	0,16
		Всего в год		**0,22**								**0,13**	**0,09**	**0,82**
17.6.7	Табло сигнальное в комплекте двух ламп РНК	ТО-1	11	0,13									0,13	1,43
		ТО-3	1	0,20									0,20	020
		Всего в год		**0,33**									**0,33**	**1,63**
17.6.8	Ключ управления	ТО-1	11	0,10								0,10		1,10
		ТО-3	1	0,47								0,32	0,15	0,47
		Всего в год		**0,57**								**0,42**	**0,15**	**1,57**
17.6.9	Электрическое сигнальное устройство	ТО-1	11	0,19								0,19		2,04
		ТО-3	1	0,91							0,77	0,14		0,91
		Всего в год		**1,10**							**0,77**	**0,33**		**2,95**
17.6.10	Реле промежуточное	ТО-1	11	0,19								0,19		2,13
		ТО-3	1	0,94								0,46	0,48	0,94
		Всего в год		**1,14**								**0,65**	**0,48**	**3,07**
17.6.11	Переключатель универсальный	ТО-1	11	0,19								0,19		2,13
		ТО-3	1	0,48								0,35	0,13	0,48
		Всего в год		**0,67**								**0,54**	**0,13**	**2,61**
17.6.12	Выключатель автоматический	ТО-1	11	0,19								0,19		2,13
		ТО-3	1	0,50								0,37	0,13	0,50
		Всего в год		**0,69**								**0,57**	**0,13**	**2,63**
17.6.13	Блок реле	ТО-1	8	0,10							0,10			0,82
		ТО-2	3	0,42							0,42			1,27
		ТО-3	1	3,32					0,90		1,17	1,25		3,32
		Всего в год		**3,85**					**0,90**		**1,70**	**1,25**		**5,41**
17.6.14	Лампа сигнальная	ТО-1	11	0,04								0,04		0,43
		ТО-3	1	0,08								0,08		0,08
		Всего в год		**0,12**								**0,12**		**0,51**

Продолжение табл.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
17.6.15	Блок питания (не стабилизированный)	ТО-1	8	0,25								0,25		2,02
		ТО-2	3	0,93								0,93		2,79
		ТО-3	1	1,54							0,76	0,78		1,54
		Всего в год		**2,73**							**0,76**	**1,97**		**6,35**
17.6.16	Блок питания (не стабилизированный)	ТО-1	8	0,58							0,58			4,60
		ТО-2	3	1,61							1,61			4,83
		ТО-3	1	2,33							2,19		0,15	2,33
		Всего в год		**4,52**							**4,37**		**0,15**	**11,8**
17.7 Щиты автоматики, управления, защиты														
17.7.1	Щит управления котлоагрегатом ТВГ-8	ТО-1	8	2,19							0,94			17,5
		ТО-2	3	6,34							2,70			19,0
		ТО-3	1	33,6							16,3		1,24	33,7
		Всего в год		**42,2**							**19,9**		**3,63**	**70,1**
17.7.2	Щит управления ДЕАЭРАТОРОМ	ТО-1	8	2,05							1,05		17,4	16,4
		ТО-2	3	5,60							2,82		22,3	16,8
		ТО-3	1	31,2							16,1		1,00	31,2
		Всего в год		**38,8**							**20,0**		**2,78**	**64,3**
17.7.3	Щит управления сетевой установкой	ТО-1	8	1,96							0,82		15,0	15,6
		ТО-2	3	4,73							2,54		18,8	14,2
		ТО-3	1	28,4							15,2		1,14	28,4
		Всего в год		**35,0**							**18,6**		**2,19**	**58,2**
17.7.4	Щит управления котлоагрегатом ДКВР	ТО-1	8	1,90							1,12		13,2	15,2
		ТО-2	3	5,34							3,23		16,5	16,0
		ТО-3	1	31,1							18,0		0,78	31,1
		Всего в год		**38,4**							**22,4**		**2,10**	**62,3**
17.7.5	Щит управления котлоагрегатом ТОМ, ВУЛКАН	ТО-1	8	1,30							1,30		13,1	10,4
		ТО-2	3	4,96							4,96		16,0	14,9
		ТО-3	1	24,8							24,8			24,8
		Всего в год		**31,1**							**31,1**			**50,1**
17.7.6	Щит общественной автоматики	ТО-1	19	1,27					0,62			0,64		24,0
		ТО-2	3	2,94					1,46			1,48		8,83
		ТО-3	1	8,34					4,16			4,17		8,34
		Всего в год		**12,5**					**6,24**			**6,30**		**41,2**
17.7.7	Щит управления и защиты насосным агрегатом	ТО-1	19	2,28					1,14			1,14		43,3
		ТО-2	3	5,35					2,67			2,68		16,0
		ТО-3	1	10,7					5,35			5,31		10,7
		Всего в год		**18,3**					**9,16**			**9,13**		**70,0**
17.8 АГЗУ типа «Спутник»														
17.8.1	Регулятор расхода	ТО-1	21	0,82								0,82		17,2
		ТО-2	2	2,04								2,04		4,07
		ТО-3	1	4,23								4,23		4,23
		Всего в год		**7,08**								**7,08**		**25,5**
17.8.2	Счетчик жидкости турбинный	ТО-1	21	0,96							0,95			20,0
		ТО-2	2	0,96							0,97			1,93
		ТО-3	1	2,20							2,20			2,20
		Всего в год		**4,12**							**4,12**			**24,2**
17.8.3	Гидропривод	ТО-1	21	0,33								0,28	0,05	7,00
		ТО-2	2	0,76								0,71	0,05	1,52
		ТО-3	1	2,73								2,68	0,05	2,73
		Всего в год		**3,82**								**3,68**	**1,14**	**11,3**
17.8.4	Переключатель скважин многоходовой	ТО-1	21	0,91								0,91		19,1
		ТО-2	2	5,62								5,62		11,3
		ТО-3	1	8,90								8,90		8,90
		Всего в год		**15,4**								**15,4**		**39,2**
17.8.5	Регулятор перепада давления (газовая заслонка поплавковый механизм с рычажной системой)	ТО-1	21	0,85								0,85		17,9
		ТО-2	2	1,87								1,87		3,75
		ТО-3	1	9,49								9,49		9,49
		Всего в год		**12,2**								**12,2**		**31,1**

Продолжение табл.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
17.8.6	Блок управления и индикации	ТО-1	21	0,76								0,76		15,9
		ТО-2	2	2,08					0,56			1,52		4,16
		ТО-3	1	4,05					1,86			2,19		4,05
		Всего в год		**6,89**					**2,43**			**4,46**		**24,2**
17.8.7	Блок питания автоматики	ТО-1	21	0,17								0,17		3,62
		ТО-2	2	0,92								0,92		1,84
		ТО-3	1	1,87								1,87		1,87
		Всего в год		**2,97**								**2,97**		**7,33**
17.8.8	Вентилятор центробежный	ТО-1	21	0,20								0,14	0,06	4,11
		ТО-2	2	0,22								1,16	0,06	0,44
		ТО-3	1	1,50								1,44	0,06	1,50
		Всего в год		**1,91**								**1,74**	**0,17**	**6,05**
17.8.9	Обогреватель электрический	ТО-1	21	0,10								0,10		2,17
		ТО-2	2	0,44								0,44		0,87
		ТО-3	1	1,96								1,96		1,96
		Всего в год		**2,50**								**2,50**		**5,00**
17.8.10	Манометр показывающий	ТО-1	21	0,12								0,12		2,42
		ТО-2	2	0,12								0,12		0,23
		ТО-3	1	0,50							0,26	0,24		0,51
		Всего в год		**0,74**							**0,26**	**0,47**		**3,16**
17.8.11	Манометр показывающий, сигнализирующий, взрывозащищенный	ТО-1	21	0,43							0,42			8,94
		ТО-2	2	0,68							0,68			1,36
		ТО-3	1	2,99							2,99			2,99
		Всего в год		**4,09**							**4,09**			**13,3**
17.8.12	Клапан предохранительный	ТО-1	21	0,36								0,30	0,06	7,49
		ТО-2	2	0,55								0,49	0,06	1,10
		ТО-3	1	2,43								2,37	0,06	4,85
		Всего в год		**3,34**								**3,16**	**0,17**	**13,4**
17.8.13	Оформление технической документации	ТО-1	21	0,08					0,08					1,69
		ТО-2	2	0,08					0,08					0,16
		ТО-3	1	0,18					0,18					0,18
		Всего в год		**0,34**					**0,34**					**2,03**
17.8.14	Уборка рабочего места, технических и щитовых помещений	ТО-1	21	1,20									1,20	25,1
		ТО-2	2	1,20									1,20	2,39
		ТО-3	1	1,20									1,20	1,20
		Всего в год		**3,59**									**3,59**	**28,7**
17.8.15	Вспомогательное оборудование (освещение, отопление, трубная проводка, соединительные коробки, кабельные вводы, электропроводка)	ТО-2	2	0,68					0,13			0,55		1,36
		ТО-3	1	5,80					0,56			5,23		5,08
		Всего в год		**6,47**					**0,69**			**5,78**		**7,16**
17.8.16	Комплексное опробование	ТО-2	2	1,51					0,23			1,28		3,01
		ТО-3	1	1,51					0,23			1,28		1,51
		Всего в год		**3,01**					**0,46**			**2,55**		**4,52**
Раздел 18. Техническое обслуживание электротехнического оборудования														
18.1	Комплексная трансформаторная подстанция	ТО-1	8	8,18						4,08		4,09		65,4
		ТО-2	3	10,6						5,34		5,31		32,0
		ТО-3	1	17,6						10,1		7,48		17,6
		Всего в год		**36,4**						**19,5**		**16,9**		**115**
18.2	Основное электротехническое оборудование подстанции	ТО-3	1	407						138		268		407
		Всего в год		**407**						**138**		**268**		**407**
18.3	Основные узлы репейной защиты подстанции	ТО-3	1	106						43,8		62,1		106
		Всего в год		**106**						**43,8**		**62,1**		**106**
18.4	Электрооборудование водоподъёма	ТО-3	1	241					35,6	86,4		119		241
		Всего в год		**241**					**35,6**	**86,4**		**119**		**241**

Продолжение табл.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Раздел 19. системы автоматики объектов нефтедобычи														
19.1	Узел осушки воздуха	ТО-1	8	17,7					1,79		14,7	1,22		142
		ТО-2	3	36,6					2,42		31,7	5,52		110
		ТО-3	1	291					8,22		258	24,4		291
		Всего в год		**345**					**12,4**		**304**	**28,1**		**542**
19.2	Установка низкотемпературной сепарации	ТО-1	8	7,68					0,60		7,08			61,5
		ТО-2	3	15,1					1,13		13,4	0,57		45,4
		ТО-3	1	122					16,7		97,2	0,57	7,36	122
		Всего в год		**145**					**18,4**		**118**	**1,15**	**7,36**	**229**
19.3	Установка распределения газа с локальной автоматикой	ТО-1	8	16,2					1,35		10,7	4,00	0,16	129
		ТО-2	3	33,6					3,57		22,1	7,82	0,12	101
		ТО-3	1	158					39,3		62,0	56,6	0,23	158
		Всего в год		**208**					**44,2**		**94,8**	**68,4**	**0,51**	**388**
19.4	Компрессорная станция (компрессоры ГК)	ТО-1	8	47,6					1,30	18,5	20,8	7,04		381
		ТО-2	3	93,6					7,42	40,3	29,5	16,4		281
		ТО-3	1	428					29,0	121	174	104		428
		Всего в год		**569**					**37,7**	**179**	**224**	**128**		**1090**
19.5	Блочная компрессорная станция (компрессоры КС)	ТО-1	8	26,3					1,27	1,27	17,5	6,28		210
		ТО-2	3	52,3					4,50	2,55	30,1	15,2		157
		ТО-3	1	293					47,4	5,87	149	91,4		293
		Всего в год		**372**					**53,1**	**9,68**	**196**	**113**		**660**
19.6	Компрессорная воздушная станция	ТО-1	8	3,54					1,05		0,59	1,91		28,2
		ТО-2	3	9,15					2,65		1,38	5,13		27,5
		ТО-3	1	30,1					9,38		4,15	14,2	2,42	30,1
		Всего в год		**42,8**					**13,1**		**6,12**	**21,2**	**2,42**	**85,9**
Раздел 20. Системы телемеханики и система измерения уровня														
Группа 1. Система телемеханики ТМ-600 М														
20.1.1	Аппаратура диспетчерского пункта	ТО-2	1	69,7					11,7		57,9			69,7
		ТО-3	1	246					35,7		82,1	128		246
		Всего в год		**315**					**47,4**		**140**	**128**		**315**
20.1.2	Контролируемый пункт системы телемеханики	ТО-2	1	5,14					2,56		2,58			5,14
		ТО-3	1	17,1					7,71		9,36			17,1
		Всего в год		**22,2**					**10,3**		**11,9**			**22,2**
Группа 2. Система телемеханики ТМ-620														
20.2.1	Аппаратура диспетчерского пункта	ТО-2	1	406					229		109,	67,6		406
		ТО-3	1	879					517		233	123	5,27	879
		Всего в год		**1285**					**747**		**343**	**190**	**5,27**	**1285**
20.2.2	Контролируемый пункт системы телемеханики	ТО-2	1	30,0					12,3		14,2	3,46		30,0
		ТО-3	1	45,2					19,9		17,8	7,00	0,46	45,2
		Всего в год		**75,2**					**32,3**		**32,0**	**10,5**	**0,46**	**75,3**
Группа 3. Система телемеханики ТМ-620-01														
20.3.1	Аппаратура диспетчерского пункта	ТО-2	1	496					254		173	69,6		496
		ТО-3	1	965					553		297	109	5,18	965
		Всего в год		**1462**					**807**		**470**	**179**	**5,18**	**1462**
20.3.2	Контролируемый пункт системы телемеханики	ТО-2	1	38,9					17,4		14,2	7,29		38,9
		ТО-3	1	54,7					24,3		19,4	10,4	0,57	54,7
		Всего в год		**93,7**					**41,8**		**33,6**	**17,7**	**0,57**	**93,7**
Группа 4. Система телемеханики ТМ-120-01														
20.4.1	Аппаратура диспетчерского пункта	ТО-2	1	299					172		115	12,5		299
		ТО-3	1	592					401		170	16,1	5,26	592
		Всего в год		**891**					**573**		**284**	**28,6**	**5,26**	**891**
20.4.2	Контролируемый пункт системы телемеханики	ТО-2	1	104					46,1		48,8	9,03		104
		ТО-3	1	189					101		74,9	12,1	0,68	189
		Всего в год		**293**					**147**		**124**	**21,2**	**0,68**	**293**
Группа 5. Система телемеханики ТМ-620 МИКРО														
20.5.1	Вычислительный комплекс ПУ	ТО-2	1	3,19					2,66			0,53		3,19
		ТО-3	1	809					609	178	9,26	11,6		809
		Всего в год		**812**					**612**	**178**	**9,26**	**12,1**		**812**

Окончание табл.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
20.5.2	АЦПУ ПУ	ТО-2	1	11,6					1,91	4,28		5,38		11,6
		ТО-3	1	32,1					7,52	3,13	7,52	13,9		32,1
		Всего в год		**43,7**					**9,43**	**7,41**	**7,52**	**19,3**		**43,7**
20.5.3	Устройство ввода-вывода	ТО-2	1	13,4					3,78		5,52	4,12		13,4
		ТО-3	1	13,4					3,78		5,52	4,12		13,4
		Всего в год		**26,8**					**7,57**		**11,0**	**8,23**		**26,8**
20.5.4	Дисплей ПУ	ТО-2	1	13,5					3,73		6,08	3,74		13,6
		ТО-3	1	45,5					17,4		14,5	13,7		45,5
		Всего в год		**59,1**					**21,1**		**20,6**	**17,4**		**59,1**
20.5.5	Аппаратура ПУ	ТО-2	1	206					136		41,0	29,6		206
		ТО-3	1	896					793		92,3	6,07	4,43	896
		Всего в год		**1102**					**929**		**133**	**35,6**	**4,43**	**1102**
20.5.6	Контролер-концентратор и контролируемый пункт аппаратный	ТО-2	1	65,6					26,8		27,0	11,7		65,6
		ТО-3	1	145					88,4		40,9	15,5	0,46	145
		Всего в год		**211**					**115**		**67,9**	**27,3**	**0,46**	**211**
Группа 6. Система измерения уровня Кор-Вол														
20.6.1	Уровнемер жидкости системы Кор-Вол	ТО-3	1	29,6					11,0			14,7	3,29	29,6
		Всего в год		**29,6**					**11,0**			**14,7**	**3,29**	**29,6**
20.6.2	Цифровой селектор системы Ко-Вол	ТО-3	1	19,2					4,89			10,7	3,62	19,2
		Всего в год		**19,2**					**4,89**			**10,7**	**3,62**	**19,2**
20.6.3	Щит управления и сигнализации системы Кор-Вол	ТО-3	1	15,0					5,87			6,23		15,0
		Всего в год		**15,0**					**5,87**			**6,23**		**15,0**
20.6.4	Вторичная аппаратура системы Кор-Вол (ЦБИ, БП, ДП, ЦПУ)	ТО-3	1	180					82,2			86,6	10,9	180
		Всего в год		**180**					**82,2**			**86,6**	**10,9**	**180**
20.6.5	Дигидальный блок системы Кор-Вол с процессором SAM-85	ТО-3	1	26,3					11,9			0,80		26,3
		Всего в год		**26,3**					**11,9**			**0,80**		**26,3**
20.6.6	Аппаратура «Подцентр» системы Кор-Вол с процессором SAM-85	ТО-3	1	904					875	28,7				904
		Всего в год		**904**					**875**	**28,7**				**904**
20.6.7	Аппаратура «Центр» системы Кор-Вол с процессором SAM-85	ТО-3	1	1205					1152	52,7				1205
		Всего в год		**1205**					**1152**	**52,7**				**1205**
20.6.8	Сигнализатор уровня жидкости	ТО-1	8	0,45							0,11		0,33	3,59
		ТО-2	3	0,76							0,23		0,53	2,28
		ТО-3	1	5,93							1,81		4,13	5,93
		Всего в год		**7,14**							**2,15**		**4,99**	**11,8**
20.6.9	Кабели контрольные	ТО-1	8	1,99							1,00		0,99	15,9
		ТО-2	2	4,58							2,30		2,28	9,15
		ТО-3	2	10,7							5,34		5,34	21,3
		Всего в год		**17,2**							**8,64**		**8,60**	**46,4**

Таблица 4

Нормы времени на техническое обслуживание прочего оборудования. Разделы 21-23

№ п/п	Наименование средств, тип	Вид ТО	Кол-во ТО	Нормы времени (чел.час) на 1 ТО										Годовые нормы времени по видам ТО
				Нормы времени ВСЕГО	Ведущий инженер	Инженер I кат.	Инженер II кат.	Инженер III кат.	Инженер	Рабочий VI разряда	Рабочий V разряда	Рабочий IV разряда	Рабочий III разряда	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Раздел 21. Техническое обслуживание топливно-раздаточной колонки (ТРК)														
21.1	Техническое обслуживание ТРК	ТО-1	8	5,20			4,20				0,50	0,50		41,6
		ТО-2	4	14,8			4,80				5,00	5,00		59,2
		Всего за год		**20,0**			**9,00**				**5,50**	**5,50**		**101**
21.2	Техническое обслуживание электронной части ТРК	ТО-1	8	11,5			7,50				2,00	2,00		92,0
		ТО-2	4	20,0			12,0				4,00	4,00		80,0
		Всего за год		**31,5**			**19,5**				**6,00**	**6,00**		**172**
Раздел 22. Техническое обслуживание датчика расхода корреляционного и счетчика вихревого ультразвукового														
22.1	Техническое обслуживание датчика расхода корреляционного и счетчика вихревого ультразвукового	ТО-1	1	7,40			4,20				3,20			7,40
		ТО-2	1	17,4			9,20				8,20			17,4
		ТО-3	1	38,4			19,7				8,20	10,5		38,4
		Всего за год		**63,2**			**33,1**				**19,6**	**10,5**		**63,2**
Раздел 23. Техническое обслуживание буровой установки БУ – 2500 ЭП														
23.1	ТО БУ – 2500 ЭП		1	3453		690	1381				1381			

ГЛАВА 3.
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Содержание работ к разделу 1 «Подготовка к поверке автоцистерн»

1. Подготовка к работе. Сличение образцового преобразователя расхода по трубопоршневой установке. Внешний и внутренний осмотр автоцистерны. Запись в журнале.

2. Поверка, определение вместимости согласно инструкции.

3. Проверка герметичности после замера автоцистерны.

4. Оформление документации.

5. Уборка рабочего места.

Содержание работ к разделу 2 «Подготовка к поверке датчика расхода корреляционного и счетчика вихревого ультразвукового»

Подготовка к поверке расходомера на объекте.

1. Комплектование группы инструментом, проведение инструктажа по ТБ

2. Подготовка рабочего места и оформление начала работ на объекте.

3. Подключение прибора ИКР электронно-измерительных приборов, их прогрев.

4. Операции настройки и поверки расходомера

5. Оформление результатов поверки.

6. Отключение ИКР, электронно-измерительных приборов, уборка рабочего места, оформление окончания работ.

Подготовка к поверке на поверочной установке с комплектом ВА.

1. Комплектование группы инструментом, проведение инструктажа по ТБ.

2. Подготовка рабочего места.

3. Включение электронно-измерительных приборов, их прогрев.

4. Установка первичного датчика на поверочную гребенку и его подключение к ВА.

5. Поверка образцового ТПР с помощью ТПУ для подтверждения его коэффициентов, данных в свидетельство.

6. Опробование расходомера путем пробных бросков методом счетчика по счетчику и настройка электронно-измерительных приборов.

7. Поверка расходомера методом «счетчик по счетчику» в контрольных точках 25, 50, 80 и 100% от максимального расхода.
8. Юстировка ВА ДРК и СВУ по полученным данным.
9. Повторная поверка.
10. Оформление результатов поверки,
11. Отключение приборов, уборка рабочего места.

Содержание работ к разделу 3 «Калибровка водяного счетчика»

1. Прием прибора на поверку. Оформление платежных документов.
2. Ревизия водяного счетчика.
3. Монтаж счетчика на поверочной установке.
4. Опробование работоспособности.
5. Вызов поверителя.
6. Поверка счетчика согласно методическим указаниям.
7. Обработка и расчет полученных результатов.
8. Демонтаж счетчика с поверочной установкой.
9. Оформление результатов поверки. Выдача счетчика заказчику.

Содержание работ к разделу 4 «Подготовка к поверке счетчика газа»

1. Прием прибора на поверку. Оформление платежных документов.
2. Ревизия счетчика, чистка, замена масла в шестеренчатых камерах.
3. Монтаж счетчика на поверочной установке пуско-наладочных работ.
4. Опробование работоспособности счетчика газа.
5. Вызов госповерителя.
6. Аттестация счетчика газа согласно методическим указаниям.
7. Обработка и расчет полученных показаний контроля.
8. Демонтаж счетчика с поверочной установки.
9. Оформление результатов госповерки.
10. Выдача счетчика заказчику.

Содержание работ к разделу 5 «Подготовка к поверке стеклянных ареометров, вискозиметров, термометров и рабочих манометров»

1. Прием прибора на поверку.
2. Подготовка рабочего места по проведению поверки.
3. Проведение поверки совместно с госповерителем.
4. Оформление результатов поверки
5. Выдача прибора.

Содержание работ к разделу 6 «Подготовка к поверке счетчика СПТ-92»

1. Прием прибора на поверку. Оформление документов.
2. Подготовка рабочего места по проведению поверки.
3. Ознакомление с технической документацией, методикой поверки.
4. Подключение прибора к стенду поверки. Опробование прохождения сигналов,
5. Прогрев приборов.
6. Холостой прогон прибора.
7. Ввод данных в компьютерную память счетчика.
8. Снятие метрологических характеристик.
9. Обработка полученных результатов.
10. Повторный прогон счетчика по полученным результатам аттестации.
11. Оформление документов по результатам поверки.
12. Выдача прибора с аттестации. Оформление платежных документов.

Содержание работ к разделу 7 «Подготовка к поверке турбинных преобразователей расхода»

Ревизия ТПР.

Получение задания. Подготовка рабочего места и инструмента (на отдых и личные надобности, согласно действующим нормативам 3%, 7% и 2%). Внешний осмотр, разборка, комплексная ревизия и дефектация. Замена узлов и деталей. Смазка и сборка расходомера.

Подготовительные работы.

Установка ТПР на измерительную линию. Контроль монтажа. Опрессовка на линии. Установка МИДа и подключение к контрольному кабелю. Проверка сигнала МИД. Проведение пробных бросков и замеров.

Проверка расходомеров согласно действующим методическим указаниям.

Заключительные работы.

Отключение поверяемой линии от потока. Снятие давления с линии. Отсоединение контрольных кабелей. Снятие МИДа, контроль за демонтажом ТПР. Демонтаж ТПР. Промывка. Установка на склад. Уборка рабочего места.

Содержание работ к разделу 8 «Подготовка к поверке и юстировка топливно-раздаточной колонки»

Внешний осмотр. Проверка герметичности колонки. Проверка работы газоотделителя. Проверка возможности установки указателя разового учета в нулевое положение. Проверка работы указателей разового, суммарного учета и задающего устройства. Подготовка колонки и средств поверки к измерениям. Определение номинального расхода, относительной и абсолютной погрешности. Приведение метрологических характеристик в соответствие с ГОСТом. Подготовка колонки к эксплуатации. Уборка рабочего места и средств измерения. Ведение протокола и оформление результатов поверки.

Содержание работ к разделу 10 «Градуировка резервуаров»

Градуировка стальных горизонтальных резервуаров РТС.

Подготовительные работы. Ознакомление с технической документацией. Подготовка и опробование приборов и инструмента:

- замер температуры окружающего воздуха, скорости ветра, содержание паров нефтепродуктов в воздухе. Составление эскиза резервуара.

Геометрический обмер.

Внешний осмотр. Определение внутреннего диаметра резервуара. Определение внутреннего диаметра по длине окружности. Определение внутреннего диаметра с помощью измерительной рулетки и двойного отвеса. Измерение уклона оси резервуара нивелированием. Измерение толщины стенок поясов. Измерение длины поясов и цилиндрической части резервуара. Измерение глубины выпуклости длины или высоты корпуса. Измерение глубины заложения горловины. Измерение вмятин и деформаций. Определение непрямолинейности образующей цилиндра. Определение объема внутренних деталей. Расчет, обработка и анализ результатов. Составление описи деформаций резервуаров. Расчет градуировочной характеристики резервуара.

Согласование и утверждение у заказчика градуировочных характеристик.

Градуировка резервуаров стальных вертикальных РВС 100-5000 м^3.

Подготовительные работы. Ознакомление с технической документацией, подготовка приборов и инструмента, отбор пробы и расчет плотности жидкости и проверка резервуара.

Геометрический обмер.

Расчет, обработка и анализ результатов замеров. Оформление технической документации.

Согласование и утверждение у владельца резервуаров градуировочных характеристик и передача их заказчику.

Содержание работ к разделу 11 «Выполнение работ по аттестации счетчика ТОР»

Ревизия ТОР.

1. Получение задания.
2. Подготовка рабочего места и инструмента.
3. Внешний осмотр, разборка, комплексная ревизия и дефектация.
4. Замена узлов и деталей.
5. Смазка и сборка счетчика.

Подготовительные работы.

1. Установка счетчика на измерительную линию.
2. Контроль монтажа.
3. Опрессовка на линии.
4. Установка МИДа и подключение к контрольному кабелю.
5. Проверка сигнала МИД.
6. Проведение пробных бросков и замеров.

Поверка ТОР.

1. Согласно действующим методическим указаниям.

Заключительные работы.

1. Отключение поверяемой линии от потока. Снятие давления с линии.
2. Отсоединение контрольных кабелей. Снятие МИД и контроль за демонтажом счетчика.
3. Демонтаж счетчика ТОР.
4. Промывка.
5. Уборка рабочего места.
6. Выдача счетчика.

Содержание работ к разделу 12 «Прочие виды работ».

Определение содержания свободного газа в нефти.

1. Получение задания.

2. Ревизия устройства определения содержания свободного газа в нефти (УОСГ).

2.1. Подготовка рабочего места и инструктажа (на отдых и личные надобности, согласно действующим нормативам 3%, 7%, 2%).

2.2. Внешний осмотр, разборка, комплексная ревизия и дефектация.

2.3. Замена сальников.

2.4. Промывка, смазка и сборка УОСГ. 3 Подготовительные работы.

3. Установка УОСГ в технологию блока качества.

3.1. Контроль монтажа.

3.2. Опрессовка на линии.

3.3. Проведение пробных замеров.

4. Определение содержания свободного газа в нефти, согласно действующим методическим указаниям.

5. Заключительные работы.

5.1. Отключение УОСГ от технологии блока качества. Снятие давления с УОСГ.

5.2. Демонтаж УОСГ.

5.3. Промывка УОСГ.

5.4. Упаковка для транспортировки.

5.5. Уборка рабочего места.

Таблица 5

Нормы времени на метрологическое обеспечение

№ п/п	Наименование средств, тип	Нормы времени (чел.час)									
		Нормы времени ВСЕГО	Ведущий инженер	Инженер I кат.	Инженер II кат.	Инженер III кат.	Инженер	Рабочий VI разряда	Рабочий V разряда	Рабочий IV разряда	Рабочий III разряда
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Раздел 1.	***Подготовка к проверке автоцистерн***										
	Подготовка к проверке автоцистерн										
1.1	2-3 $м^3$	14,1			4,70				4,70	4,70	
1.2	3-5 $м^3$	17,2			5,60				5,80	5,80	
1.3	5-8 $м^3$	22,2			7,00				7,60	7,60	
1.4	8-10 $м^3$	25,4			8,40				8,50	8,50	
1.5	10-13 $м^3$	29,3			9,70				9,80	9,80	
1.6	13-16 $м^3$	32,9			10,9				11,0	11,0	
1.7	16-20 $м^3$	37,7			12,5				12,6	12,6	
Раздел 2.	***Подготовка к проверке датчика расхода корреляционного и счетчика вихревого ультразвука***										
2.1	Подготовка к проверке расходомера	8,00			4,00				4,00		
2.2	Подготовка к проверке на поверочной установке с комплектом вторичной аппаратуры	15,0			7,50					7,50	
Раздел 3.	***Калибровка водяного счетчика***										
3.1	ВСХ 15, ВСГ 15, ДУ 15, СВ 15	2,00			0,67				1,33		
3.2	от 15 до 32 мм	5,34			1,78				3,56		
3.3	от 40 до 80 мм	7,33			2,44				4,89		
3.4	свыше 80 мм	7,33			2,44				4,89		
3.5	свыше 150 мм	9,32			3,10				6,22		
Раздел 4.	***Подготовка к проверке счетчика газа***										
4.1	Счетчики газа max производительностью до 6 куб.м./час	3,23			1,55				1,68		
4.2	Счетчики газа max производительностью свыше 6 куб.м./час до 40 куб.м./час	4,52			2,17				2,35		
4.3	Счетчики газа max производительностью свыше 40 куб.м./час до 100 куб.м./час	6,72			3,22				3,50		
4.4	Счетчики газа max производительностью свыше 100 куб.м./час до 400 куб.м./час	7,75			3,72				4,03		
4.5	Счетчики газа max производительностью свыше 400 куб.м./час до 600 куб.м./час	9,31			4,47				4,84		
4.6	Счетчики газа max производительностью свыше 600 куб.м./час	11,4			5,49				5,95		
Раздел 5.	***Подготовка к поверке стеклянных ареометров, вискозиметров, термометров и рабочих манометров***										
5.1	Подготовка к поверке стеклянных ареометров	1,50							1,50		
5.2	Подготовка к поверке стеклянных термометров	0,90							0,90		

Продолжение табл.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5.3	Подготовка к поверке вискозиметров	1,43							1,43		
5.4	Подготовка к поверке и ревизия рабочих манометров	0,90							0,90		
Раздел 6.	***Подготовка к поверке счетчика СПТ-92***										
6.1	Подготовка к поверке счетчика СПТ-92	44,5			44,4						
Раздел 7.	***Подготовка к поверке турбинных преобразователей расхода***										
	Ревизия ТПР	11,5					1,50		5,00	5,00	
	Подготовительные работы	6,00					2,00		2,00	2,00	
	Подготовка в калибровке расходомера	11,0					5,00		3,00	3,00	
	Калибровка расходомера	18,0					7,50		5,10	5,40	
	Заключительные работы	7,00					1,50		2,50	3,00	
7.1	ИТОГО:	53,5					17,5		17,6	18,4	
Раздел 8.	***Подготовка к поверке и юстировка топливно-раздаточной колонки***										
8.1	Подготовка к поверке и юстировка ТРК	40,8					13,6			27,2	
Раздел 9.	***Ревизия и градуировка вторичного блока рабочего ТПР***										
9.1	Ревизия вторичного блока рабочего ТПР (ТQ-021 ЕТК) НОРД ЭЗМ	3,39					1,15		1,04	1,20	
9.2	Градуировка вторичного блока рабочего ТПР (ТQ-021 ЕТК)	3,57					1,17		1,10	1,30	
Раздел 10.	***Градуировка резервуаров***										
10.1	*Градуировка горизонтальных резервуаров геометрическим методом*										
	РГС										
10.1.1	до 5 м^3	36,5		9,90	12,0				14,6		
10.1.2	до 10 м^3	42,4		14,4	11,6				16,4		
10.1.3	до 15 м^3	45,3		14,8	12,1				18,4		
10.1.4	до 25 м^3	50,5		15,6	14,9				20,0		
10.1.5	до 50 м^3	56,0		16,0	15,1				24,9		
10.1.6	до 75 м^3	63,9		17,9	18,4				27,6		
10.1.7	до 100 м^3	68,0		19,6	19,9				28,5		
10.1.8	до 200 м^3	80,4		22,3	24,5				33,6		
10.2	*Градуировка горизонтальных резервуаров объемным методом*										
	РГС										
10.2.1	до 5 м^3	27,2		7,10	7,80				12,3		
10.2.2	до 10 м^3	32,4		8,60	9,70				14,1		
10.2.3	до 15 м^3	37,5		10,6	11,5				15,4		
10.2.4	до 25 м^3	41,4		11,4	13,8				16,2		
10.2.5	до 50 м^3	44,7		12,1	15,1				17,5		
10.2.6	до 75 м^3	46,9		13,2	16,1				17,6		
10.2.7	до 100 м^3	50,2		14,3	17,4				18,5		
10.2.8	до 200 м^3	59,6		16,6	19,1				23,9		
10.3	*Градуировка вертикальных резервуаров геометрическим методом*										
	РГС										
10.3.1	до100	54,2		15,6	14,8				23,8		
10.3.2	до 400	58,6		16,1	16,9				25,6		
10.3.3	до 1000	62,7		17,9	18,7				26,1		
10.3.4	до 2000	67,3		18,1	20,6				28,6		
10.3.5	до 5000	71,6		19,7	22,1				29,8		
10.3.6	до 10000	76,0		21,6	23,2				31,2		
10.3.7	до 20000	80,4		22,3	24,5				33,6		
10.3.8	до 50000	86,6		25,1	25,9				35,6		
Раздел 11.	***Выполнение работ по аттестации счетчиков ТОР***										

Окончание табл.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Ревизия ТОР	10,0					1,50		4,00	4,50	
	Подготовительные работы	4,25					0,75		2,00	1,50	
	Поверка ТОР	9,50					4,50		2,50	2,50	
	Заключительные работы	5,50					1,50		1,50	2,50	
11.1	ИТОГО:	29,3					8,25		10,0	11,0	
Раздел 12.	***Прочие виды работ***										
12.1	*Определение содержания свободного газа в нефти с помощью УОСГ-100 М*										
12.1.1	Ревизия УОСГ	11,0					1,00		5,00	5,00	
12.1.2	Подготовительные работы	9,00					4,00		1,50	3,50	
12.1.3	Определение содержания свободного газа и нефти	11,0					5,00		3,00	3,00	
12.1.4	Оформление протоколов и заключительные работы	6,00					1,50		2,00	2,50	
12.1.5	ИТОГО:	37,0					11,5		11,5	14,0	

ГЛАВА 4.
РЕМОНТ ОБОРУДОВАНИЯ

Содержание работ к разделу 1 «Ремонт и ревизия высоковольтного электротехнического оборудования»

1. Оформление начала работ нарядом-допуском:
- допуск к работе, подготовка рабочего места;
- ознакомление с технической документацией;
- отсоединение подвижного контактного штока;
- вывернуть пробку, слить масло;
- вынуть из цилиндра дугогасительную камеру;
- протереть, зачистить и отшлифовать контактный шток;
- зачистить, протереть розеточный контакт, при необходимости заменить изношенные детали;
- собрать розеточный контакт, установить и отцентровать его в цилиндре;
- промыть, зачистить маслоуказательную трубку;
- изготовить и заменить прокладку на маслосливной пробке, установить пробку;
- собрать выключатель;
- залить свежее сухое масло в цилиндр;
- соединить шины;
- испытать выключатель пятикратным циклом «включение-выключение».

2. Разборка привода, чистка и смазка деталей:
- сборка, регулировка, зацепление защелки;
- регулировка механизма свободного расцепления;

- проверка изоляции обмоток катушек включения и отключения;
- проверка напряжения срабатывания катушек включения и отключения, в том числе при пониженном напряжении;
- опробование привода путем пятикратного цикла «включение-отключение».

3. Протереть корпус трансформаторов тока:
- проверить надежность крепления;
- замер вольт-амперной характеристики для каждой отпайки;
- замер коэффициента трансформации.

4. Полная чистка высоковольтного оборудования ячейки:
- от пыли, грязи, масла;
- чистка опорных и проходных изоляторов;
- визуальный осмотр состояния изоляторов, контактных соединений, шин, аппаратов, кабелей;
- ревизия шин напряжением до 1 ОкВ;
- проверить надежность и качество креплений шин к изоляторам;
- чистка шинопроводов от пыли, следов масла;
- чистка изоляторов от пыли, сажи;
- испытание повышенным напряжением.

5. Ревизия вторичной коммутации масляного выключателя с проверкой крепления:
- проверка состояния жгутов проводов, кабелей;
- проверка надежности крепления на клеммах;
- измерение сопротивления изоляции вторичной коммутации;
- испытание цепи вторичной коммутации.

6. Ремонт, ревизия разъединителя типа РЛВ-Ш-35кВ:
- разобрать контактные губки разъединителя;
- зачистить контактные губки и ножи разъединителя;
- промыть подшипники и набить их смазкой;
- отремонтировать и смазать привод разъединителя;
- очистить изоляторы от пыли и грязи, очистить фланцы изоляторов от ржавчины;
- отремонтировать заземляющие ножи с приводами;
- испытать повышенным напряжением.

7. Уборка рабочего места, закрытие наряда-допуска.

8. Оформление дефектных ведомостей, протоколов.

Содержание работ к разделам 3, 4, 5 «Ремонт вторичного блока ТПР «Турбоквант» и «НОРД», «Ремонт датчика

расхода корреляционного (ДРК) и счетчика вихревого ультразвукового (СВУ)», «Ремонт турбинных преобразователей расхода», «Ремонт моста постоянного тока Р-333»

Прием прибора в ремонт, оформление документов, внешний осмотр прибора. Подготовка рабочего места, комплектование группы инструментов, проведение инструктажа по ТБ. Подключение контрольно-измерительных приборов и их прогрев. Включение неисправного прибора и его холостой прогон. Поиск неисправности неисправного ремонтируемого прибора, его разборка. Устранение неисправности. Контроль электрических параметров отремонтированного прибора. Настройка электрических параметров. Прогонка прибора на стенде поверки. Повторная подстройка электрических параметров. Повторная прогонка прибора на стенде поверки и его сборка. Отключение контрольно-измерительной аппаратуры, комплектование отремонтированного прибора, оформление документов, уборка рабочего места. Выдача прибора из ремонта.

Таблица 6

Нормы времени на ремонт средств измерений и контрольно-измерительных приборов

№ п/п	Наименование средств, тип	Нормы времени (чел.час)									
		Нормы времени ВСЕГО	Ведущий инженер	Инженер I кат.	Инженер II кат.	Инженер III кат.	Инженер	Рабочий VI разряда	Рабочий V разряда	Рабочий IV разряда	Рабочий III разряда
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Раздел 1.	***Ремонт и ревизия высоковольтного электротехнического оборудования***										
1.1	Выключатели масляные с эл. магнитным приводом мощностью отключения до 350 Мва типа ВМГ-133	12,2			6,10				6,10		
1.2	Привод эл. магнитный типа ПС-30, ПЭ-3	1,64			0,82				0,82		
1.3	Трансформаторы тока напряжения до 10 – 35 кв.	1,20			0,60				0,60		
1.4	Полная чистка в/в оборудования ячеек 6 – 10 кв.	1,30			0,65				0,65		
1.5	Ревизия шин напряжением до 10 кв.	0,20			0,10				0,10		

Продолжение табл.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Раздел 1.	***Ремонт и ревизия высоковольтного электротехнического оборудования***										
1.6	Ревизия вторичной коммутации масляного выключателя с проверкой крепления	0,40			0,20				0,20		
1.7	Разъединитель однополюсный	1,30			0,65				0,65		
1.8	Разъединитель 3х полюсный с приводом типа РЛВ-Ш-35	8,30			4,15				4,15		
1.9	*ИТОГО: Ремонт и ревизия высоковольтного эл. технического оборудования ячейки 6 – 35 кв.*	28,5			13,3				13,3		
Раздел 2.	***Ремонт и градуировка контрольно-измерительных приборов***										
2.1	Индикаторы веса	187							77,5	104	5,83
2.2	Манометры технические	5,80							5,80		
2.3	Динамометры	44,9								24,8	20,1
2.4	Дифманометры	58,1							33,2	24,9	
2.5	Логометры	47,0								25,1	21,9
2.6	Тягонапорометры	29,3									29,3
2.7	Манометры электроконтактные	10,6								10,6	
2.8	Манометры кислородные	9,34									9,34
2.9	Манометры образцовые	17,9								17,9	
2.10	Мосты, потенциометры	131								79,3	51,4
2.11	Блоки контроля изоляции	46,8								46,8	
2.12	Амперметры, вольтметры	8,52									8,52
2.13	Тестеры, мультиметры	46,2									46,2
2.14	Клещи токоизмерительные	78,1									78,1
2.15	Мегаометры	71,9									71,9
2.16	Часовые механизмы	26,0								26,0	
2.17	Электросчетчики	28,9								28,9	
2.18	Миллиамперметры	34,9									34,9
2.19	Газосигнализаторы СТМ, СОУ-1	201							117	84,6	
2.20	Клапаны предохранительные	32,1									32,1
2.21	Газосигнализаторы СТХ	43,9						43,9			
2.22	Измеритель сопротивления заземл.	29,6								29,6	
2.23	Разрывные машины Р-50	229							128	101	
2.24	Разрывные машины РТ-250М-2	223							123	99,7	
2.25	Термометры манометрические	26,4									26,4

Окончание табл.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Раздел 3.	***Ремонт вторичного блока турбинного преобразователя расхода «Турбоквант» и «НОРД», датчика расхода корреляционного (ДРК) и счетчика вихревого ультразвукового (СВУ)***										
3.1	Ремонт вторичного блока ТПР «Турбоквант», «Норд»	10,6							10,6		
3.2	Ремонт вторичного блока ДРК и СВУ	9,40							9,40		
3.3	Ремонт II категории сложности вторичного блока ДРК и СВУ	20,0							20,0		
Раздел 4.	***Ремонт турбинных преобразователей расхода***										
4.1	Ремонт ТПР	8,83								8,83	
4.2	Сдача госповерителю ТПР	16,5								16,5	
Раздел 5.	***Ремонт моста постоянного тока Р-333***										
5.1		10,2								10,2	

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

ДОЛЖНОСТНАЯ ИНСТРУКЦИЯ ИНЖЕНЕРА ПО КИПиА

Наименование организации

УТВЕРЖДАЮ
Главный инженер
организации (или ее руководитель)
_____ Ф.И.О
"_____"_____200___г.

№_____

ДОЛЖНОСТНАЯ ИНСТРУКЦИЯ

Инженера по КИПиА (наименование участка, отдела, цеха и т.п.)

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1.Инженер по КИПиА (наименование участка, отдела, цеха и т.п.) относится к категории специалистов.

1.2. Инженер по КИПиА назначается и освобождается от занимаемой должности приказом руководителя предприятия по представлению начальника цеха и согласованию с главным метрологом.

1.3. На должность инженера по КИПиА назначается работник, имеющий высшее профессиональное (техническое) образование и стаж работы на производстве не менее 1 года или среднее профессиональное (техническое) образование и стаж работы на производстве не менее 3-х лет. Согласно пра-

вил эксплуатации электроустановок потребителей (ПЭЭП) является электротехническим персоналом. Периодичность проверки знаний по электробезопасности 1 раз в год.

1.4. В своей работе инженер по КИПиА подчиняется начальнику (наименование участка, отдела, цеха и т.п.)

1.5. Инженер по КИПиА должен знать:

- законодательные и нормативно-правовые акты, регламентирующие производственно хозяйственную и финансово-экономическую деятельность участка;
- перспективы технического развития предприятия (наименование участка, отдела, цеха и т.п.);
- планы работ (наименование участка, отдела, цеха и т.п.);
- методические, нормативные, руководящие материалы, касающиеся производственно-хозяйственной деятельности (наименование участка, отдела, цеха и т.п.).
- оборудование и коммуникации (наименование участка, отдела, цеха и т.п.), правила его эксплуатации и ремонта, конструктивные особенности;
- порядок приема оборудования в ремонт и сдачи его после ремонта;
- организацию и технологию выполняемых ремонтных работ, правила проведения ППР;
- порядок составления дефектных ведомостей и заявок на оборудование, материалы, запасные части, инструмент и т.п.;
- положения, правила и инструкции по охране труда, промышленной безопасности и охране окружающей среды, промсанитарии;
- правила и нормы пожарной безопасности;
- правила эксплуатации электроустановок потребителей (ПЭЭП);
- межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок (МОП ПБ);
- правила устройства электроустановок (ПУЭ);
- акты раздела границ эксплуатационной ответственности участка;
- основы экономики, организации производства, труда и управления;
- действующие положения об оплате труда и премировании;
- основы трудового законодательства;
- настоящую должностную инструкцию;

- правила внутреннего трудового распорядка.

1.6. В своей деятельности инженер по КИПиА руководствуется:

- действующим законодательством Российской Федерации;
- планом работ цеха (заданиями);
- графиками ППР;
- действующей нормативно-технической документацией;
- технической документацией на ремонт и эксплуатацию;
- правилами и инструкциями по охране труда, промышленной, пожарной безопасности, охране окружающей среды, промсанитарии;
- положением о системе управления промышленной безопасностью и охраной труда на предприятии дополнениями и изменениями к нему;
- положением о производственном контроле за соблюдением промышленной безопасности на опасных производственных объектах предприятия;
- положением о системе управления охраной окружающей среды на предприятии;
- предписаниями инспектирующих организаций;
- правилами эксплуатации электроустановок потребителей (ПЭЭП);
- межотраслевыми правилами по охране труда (правилами безопасности) при эксплуатации электроустановок (МОП ПБ);
- правилами устройства электроустановок (ПУЭ);
- приказами, распоряжениями, указаниями, нормативными документами по предприятию;
- распоряжениями и указаниями главного метролога;
- стандартами, действующими на предприятии;
- коллективным договором;
- положением о (наименование участка, отдела, цеха и т.п.)
- настоящей должностной инструкцией;
- правилами внутреннего трудового распорядка, пропускного режима.

1.7. Все распоряжения, относящиеся к производственной деятельности инженера по КИПиА передаются для исполнения через начальника (наименование участка, отдела, цеха и т.п.).

1.8. В период временного отсутствия инженера по КИПиА (болезнь, отпуск, гособязанности и прочие неявки) его обязанности исполняет лицо, назначенное приказом генерального директора предприятия.

2. ДОЛЖНОСТНЫЕ ОБЯЗАННОСТИ

Инженер по КИПиА обязан:

2.1.Проводить:

- ремонт и обслуживание средств КИПиА и на действующих объектах предприятия и лабораториях цеха;
- изучение новых типов средств КИПиА и обучение персонала участка грамотной эксплуатации этих средств;
- испытание и ввод в эксплуатацию средств КИПиА.

2.2.Обеспечивать:

- обеспечивать безотказную работу обслуживаемого участком оборудования КИПиА на объектах предприятия;
- своевременное предъявление на поверку средств КИПиА;
- рациональное использование материалов, запасных частей, оборудования и других ресурсов работниками участка;
- сохранность и исправное состояние оборудования, инструмента, материалов, хозяйственного и пожарного инвентаря, средств индивидуальной защиты;
- высокое качество выполняемых работ;
- соблюдение технологии ремонтных работ;
- эксплуатацию оборудования и коммуникаций участка в соответствии с требованиями правил.

2.3. Разрабатывать инструкции по использованию и обслуживанию средств КИПиА для персонала подразделений предприятия.

2.4. Принимать участие в определении объема ремонтных работ, составлении графиков ППР и технической документации.

2.5. Анализировать причины неисправностей и нарушений в работе средств КИПиА. Представлять предложения по улучшению качества измерения и повышению надежности работы оборудования. Готовить технико-экономическое обоснование вносимых предложений.

2.6.Содействовать развитию рационализации и изобретательства, распространению передового опыта, совершенствованию форм и систем заработной платы.

2.7.Принимать участие:

- в составлении текущих планов работы (наименование участка, отдела, цеха и т.п.);
- в работе по аттестации и рационализации рабочих мест;

- в разработке квалификационных инструкций;
- в работе по внедрению и разработке мероприятий колдоговора и плана технического перевооружения предприятия.

2.8. Анализировать проектную и техническую документацию по реконструкции технологических объектов. Своевременно представлять замечания и предложения по составу документации, проектным решениям, применяемому оборудованию, алгоритмам и другим вопросам, оказывающим влияние на точность и надежность работы оборудования КИПиА.

2.9. Проводить мероприятия по предупреждению брака, простоев в работе и устранению причин их вызывающих.

2.10. Докладывать начальнику (наименование участка, отдела, цеха и т.п.) обо всех нарушениях трудовой и производственной дисциплины.

2.11.Обеспечивать культуру производства, чистоту производственных помещений, закрепленной территории и экологически безопасную обстановку окружающей среды.

2.12. Постоянно повышать свой профессиональный уровень.

3. ПРАВА

Инженер по КИПиА имеет право:

3.1. Требовать от эксплуатационного персонала технически грамотной эксплуатации средств КИПиА.

3.2. Требовать от начальника (наименование участка, отдела, цеха и т.п.) обеспечения необходимым инструментом, измерительной техникой, оборудованием и запасными частями.

3.3. Приостанавливать работу в случае возникновения опасности для жизни и здоровья людей, угрозы аварии оборудования, ставя в известность руководство (наименование участка, отдела, цеха и т.п.).

3.4. Не допускать выполнение работ:

- на неисправном оборудовании или неисправным инструментом;
- лицам не имеющим допуска к самостоятельной работе.

3.5. Требовать от начальника (наименование участка, отдела, цеха и т.п.) оказания содействия в исполнении должностных обязанностей, возложенных на него и в реализации прав предусмотренных настоящей должностной инструкцией.

4. ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Инженер по КИПиА несет ответственность за:

4.1. Ненадлежащее исполнение или неисполнение своих должностных обязанностей, предусмотренных настоящей должностной инструкцией, в пределах, определенных действующим трудовым законодательством Российской Федерации.

4.2. Правонарушения, совершенные в процессе осуществления своей деятельности, в пределах, определенных действующим административным, уголовным и гражданским законодательством Российской Федерации.

4.3. Причинение материального ущерба, в пределах, определенных действующим трудовым и гражданским законодательством Российской Федерации.

4.4. Несвоевременное выполнение приказов, распоряжений и указаний, созданных на предприятии.

4.5. Несвоевременное выполнение приказов, распоряжений и указаний начальника участка.

4.6.Невыполнение требований по охране труда, промышленной, пожарной безопасности, охране окружающей среды, промсанитарии, трудовой и производственной дисциплины, правил внутреннего трудового распорядка и пропускного режима.

ЛИСТ ОЗНАКОМЛЕНИЯ

С должностной инструкцией инженера по КИПиА (наименование участка, отдела, цеха и т.п.) ознакомлен:

Должность (профессия)	Подпись	Дата	Ф.И.О.

ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ

к должностной инструкции инструкцией инженера по КИПиА
(наименование участка, отдела, цеха и т.п.)

Изменение или дополнение №.	№ название документа на основании которого внесено изменение	Дата утверждения	Пункт №	Изменения и дополнения
1	2	3	4	5

Внес изменения*: _____
(Должность, Ф.И.О., подпись)

_____
(Должность, Ф.И.О., подпись)

** указывается для каждого изменения, дополнения*

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

ИНСТРУКЦИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА ДЛЯ СЛЕСАРЯ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И СРЕДСТВ АВТОМАТИКИ

1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА

1.1. Настоящая инструкция определяет основные требования по охране труда для слесаря контрольно-измерительных приборов и автоматики (далее - КИПиА).

1.2. К техническому обслуживанию и ремонту контрольно-измерительных приборов и средств автоматики допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, теоретическую и практическую подготовку, проверку знаний в квалификационной комиссии с присвоением группы по электробезопасности не ниже III и получившие удостоверение на допуск к самостоятельной работе.

1.3. Слесарь КИПиА может быть подвержен воздействию следующих опасных для здоровья факторов:

- поражению электрическим током;
- отравлению токсичными парами и газами;
- термическим ожогам.

1.4. Периодическая проверка знаний слесаря КИПиА производится не реже 1 раза в год.

1.5. Слесарь КИПиА обеспечивается спецодеждой и спецобувью в соответствии с действующими нормами.

При работе с электрооборудованием слесаря КИПиА необходимо обеспечить основными и дополнительными защитными средствами, обеспечивающими безопасность его работы (диэлектрические перчатки, диэлектрический коврик, инструмент с изолирующими рукоятками, переносные заземления, плакаты и т.д.).

1.6. Слесарю КИПиА необходимо уметь пользоваться средствами пожаротушения, знать места их расположения.

1.7. Безопасность эксплуатации приборов автоматики, находящихся в пожаро- и взрывоопасных зонах, необходимо обеспечивать наличием систем соответствующей защиты.

2. ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА ПЕРЕД НАЧАЛОМ РАБОТЫ

2.1. Надеть предусмотренную соответствующими нормами спецодежду и спецобувь. Спецодежду необходимо застегнуть, она должна быть без свисающих концов. Спецобувь должна быть без металлических гвоздей и подковок.

2.2. Проверить наличие и исправность защитных средств, приспособлений и инструментов, применяемых в работе.

2.3. Получить задание от непосредственного руководителя работ.

2.4. При необходимости оформить наряд-допуск на производство работ повышенной опасности (далее - наряд-допуск).

2.5. Сведения о работах фиксировать в оперативном журнале.

2.6. Выполнить все необходимые организационные и технические мероприятия для обеспечения безопасных условий труда на рабочем месте.

2.7. Для подготовки рабочего места при работах на электрооборудовании со снятием напряжения после согласования с оперативным персоналом провести необходимые отключения (переключения) и принять меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационной аппаратуры.

2.8. При необходимости производства каких-либо работ в цепях или на аппаратуре релейной защиты, электроавтоматики и телемеханики при включенном основном оборудовании следует принять меры против его случайного отключения.

2.9. Перед началом любых ремонтных работ на действующем технологическом оборудовании и трубопроводах необходимо согласовать эти работы с соответствующими технологическими службами. Ремонт можно производить только после отключения приборов автоматического контроля и регулирования от оборудования и трубопроводов путем перекрытия запорных вентилей на соединяющих их линиях. В местах отключения необходимо вывесить предупреждающие плакаты.

3. ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ

3.1. Не допускается установка и пользование контрольно-измерительными приборами:

- не имеющими клейма или с просроченным клеймом, без свидетельств и аттестатов;

- не отвечающими установленному классу точности измерения;

- поврежденными и нуждающимися в ремонте и поверке.

3.2. При работах в устройствах КИПиА следует пользоваться слесарно-монтажным инструментом с изолирующими рукоятками.

3.3. Работу в цепях устройств релейной защиты, электроавтоматики и телемеханики проводить по исполнительным схемам; работа без схем (по памяти) запрещается.

3.4. Проверять аппаратуру, реле и приборы, находящиеся под напряжением в сырых или неотапливаемых помещениях, следует в диэлектрических калошах или стоя на резиновом коврике.

3.5. Не допускается эксплуатировать средства автоматики при неисправности электрических цепей питания приборов и цепей, соединяющих первичные и вторичные приборы.

3.6. Для обеспечения безопасности работ, проводимых в цепях измерительных приборов и устройств релейной защиты, все вторичные обмотки измерительных трансформаторов тока и напряжения должны иметь постоянное заземление.

3.7. При проведении работ на трансформаторах тока или в их вторичных цепях необходимо соблюдать следующие меры безопасности:

- шины первичных цепей не следует использовать в качестве вспомогательных токопроводов при монтаже или токоведущих цепей при выполнении сварочных работ;

- присоединение к зажимам трансформаторов следует производить после полного окончания монтажа вторичных цепей;

- при проверке полярности приборы, которыми она производится, до подачи импульса тока в первичную обмотку необходимо надежно присоединить к зажимам вторичной обмотки.

При работах в цепях трансформаторов напряжения с подачей напряжения от постороннего источника необходимо снять предохранители со стороны высшего и низшего напряжения и отключить автоматы от вторичных обмоток.

3.8. Не допускается на панелях или вблизи места размещения релейной аппаратуры производить работы, вызывающие вибрации релейной аппаратуры.

3.9. Не допускается проводить работы по проверке и регулированию электрических приборов автоматики и коммуни-

каций при наличии или возможности внезапного появления в производственных помещениях взрывоопасных концентраций паров нефтепродуктов и газов, а также при производстве опасных работ по очистке аппаратов, замене прокладок, сальников и т.п.

3.10. Не допускается вскрывать и осматривать приборы КИПиА во взрывоопасных зонах без снятия электрического напряжения.

3.11. Контрольно-измерительные и регулирующие приборы, не имеющие соответствующей маркировки о виде и уровне взрывозащищенности, необходимо установить в изолированных от взрывоопасной среды помещениях.

3.12. Кратковременное применение электрооборудования общепромышленного исполнения для ремонта, испытаний и проверки контрольно-измерительных приборов и средств автоматики, установленных во взрывоопасных зонах, разрешается только после оформления наряда-допуска и при условии выполнения требований безопасности при проведении огневых работ.

3.13. Не допускается складывать инструмент, приборы и детали на работающее технологическое оборудование, загромождать рабочее место или проходы какими-либо предметами.

4. ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

4.1. При возникновении аварийной ситуации (повышенная загазованность, загорание и т.п.) необходимо отключить общий рубильник, работы прекратить, выйти из опасной зоны, сообщить старшему по смене, приступить к устранению аварийной ситуации согласно плану ликвидации аварий.

4.2. При загорании на электроустановках следует пользоваться углекислотными и порошковыми огнетушителями.

4.3. При несчастном случае необходимо оказать пострадавшему первую доврачебную помощь, при необходимости вызвать скорую медицинскую помощь, сообщить об этом своему непосредственному руководителю и сохранить без изменений обстановку на рабочем месте до расследования, если она не создает угрозы для работающих и не приведет к осложнению аварийной ситуации.

4.4. Слесарю КИПиА необходимо знать и уметь применять на практике приемы оказания первой помощи пострадавшим

от воздействия электрического тока, токсичных и агрессивных веществ, термических ожогов.

5. ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА ПО ОКОНЧАНИИ РАБОТЫ

5.1. Удалить временное ограждение и снять предупреждающие и запрещающие плакаты.

5.2. Убрать рабочее место.

Убрать нефтепродукты, разлитые при вскрытии приборов для ремонта или отсоединении их от технологического оборудования или трубопроводов, а место, залитое нефтепродуктами, засыпать песком или промыть водой.

5.3. Установить на место постоянные ограждения.

5.4. Закрыть наряд-допуск. Наряд-допуск может быть закрыт оперативным персоналом лишь после осмотра оборудования и места работы, проверки на отсутствие посторонних предметов, инструмента и при надлежащей чистоте рабочего места.

5.5. После согласования с оперативным персоналом произвести необходимые включения (переключения).

5.6. Оформить окончание работ записью в оперативном журнале.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 15150-69 - МАШИНЫ, ПРИБОРЫ И ДРУГИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды

2. ГОСТ Р 52350.0-2005 - ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ГАЗОВЫХ СРЕД.

3. ГОСТ 8.586.1-2005 - ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ С ПОМОЩЬЮ СТАНДАРТНЫХ СУЖАЮЩИХ УСТРОЙСТВ. Принцип метода измерений и общие требования

4. ГОСТ 8.586.2-2005 - ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ С ПОМОЩЬЮ СТАНДАРТНЫХ СУЖАЮЩИХ УСТРОЙСТВ. Диафрагмы. Технические требования.

5. ГОСТ 8.586.4-2005 ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ С ПОМОЩЬЮ СТАНДАРТНЫХ СУЖАЮЩИХ УСТРОЙСТВ. Трубы Вентури. Технические требования.

6. ГОСТ 8.586.5-2005 - ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ С ПОМОЩЬЮ СТАНДАРТНЫХ СУЖАЮЩИХ УСТРОЙСТВ. Методика выполнения измерений.

7. ГОСТ 8.130-74 - ПИРОМЕТРЫ ВИЗУАЛЬНЫЕ С ИСЧЕЗАЮЩЕЙ НИТЬЮ ОБЩЕПРОМЫШЛЕННЫЕ. Методы и средства поверки.

8. ГОСТ 6651-94 - ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СОПРОТИВЛЕНИЯ. Общие технические требования и методы испытаний.

9. ГОСТ 28243-96 - ПИРОМЕТРЫ. Общие технические требования.

10. ГОСТ 2.721-74 - ОБОЗНАЧЕНИЯ УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ В СХЕМАХ. ОБОЗНАЧЕНИЯ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ.

11. ГОСТ 2.728-74 - ОБОЗНАЧЕНИЯ УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ В СХЕМАХ. РЕЗИСТОРЫ, КОНДЕНСАТОРЫ.

12. ГОСТ 2.729-68- ОБОЗНАЧЕНИЯ УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ В СХЕМАХ.ПРИБОРЫ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ.

13. ГОСТ 2.747-68 - ОБОЗНАЧЕНИЯ УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ В СХЕМАХ.РАЗМЕРЫ УСЛОВНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.

14. ГОСТ 2.763-85 - ОБОЗНАЧЕНИЯ УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ. УСТРОЙСТВА С ИМПУЛЬСНО-КОДОВОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ.

15. ГОСТ 21.404-85 - АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах.

16. ГОСТ 2.781-96 - ОБОЗНАЧЕНИЯ УСЛОВНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ. АППАРАТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ, УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ И ПРИБОРЫ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ.

17. ГОСТ 1494-77 - ЭЛЕКТРОТЕХНИКА. Буквенные обозначения основных величин.

18. РД 153-34.0-11.401-98 - МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ СЛУЖБ ПРЕДПРИЯТИЙ И ОРГАНИЗАЦИЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РЕСУРСАХ.

19. ГЭСНп 81-04-02-2001 - ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТНЫЕ СМЕТНЫЕ НОРМЫ. НА ПУСКОНАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ. ГЭСНп-2001. Сборник N 2. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ.

20. *Крамарухин Ю.Е.* Приборы для измерения температуры. Машиностроение. Москва. 1990 - 208с.

21. Монтаж средств измерений и автоматизации. Справочник. *Под редакцией Клюева А.С.* Энергоатомиздат. Москва. 1988-489с.

22. *Мухин В.С. Саков В.А.* Приборы контроля и средства автоматики тепловых процессов. Высшая школа. Москва. 1988 - 256с.

23. *Новицкий П.В. Зограф И.А.* Оценка погрешностей результатов измерения. Энергоатомиздат. Ленинград.1991 - 304с.

24. *Смирнов А.А.* Справочное пособие по ремонту приборов и регуляторов. Энергоатомиздат. Москва. 1989 - 832с.

25. *Жарковский Б.И. Шапкин В.В.* Справочник молодого слесаря по КИПиА. Москва. Высшая школа. 1991 - 159с.

26. Нормы времени на наладочные работы, техническое обслуживание, метрологическое обеспечение и ремонт сис-

тем измерения количества нефти, средств измерения и автоматики, применяемых в нефтяной промышленности. ОАО "ВНИИОЭНГ". ОАО "Нефтеавтоматика". Москва. 2004.

27. *Тартаковский Д.Ф. Ястребов А.С.* Метрология, стандартизация и технические средства измерения. Высшая школа.- Москва. 2001 - 205с.

28. *Мухин В.С. Саков В.А.* Приборы контроля и средства автоматики тепловых процессов. Высшая школа. Москва.1988-256с.

29. *Хансуваров К.И Цейтлин В.Г.* Техника измерения давления, расхода, количества и уровня жидкости, газа и пара. Издательство стандартов. Москва. 1990 - 287с.

30. Материалы информационного портала www.kipiasoft.com.

31. Материалы информационного портала www.kipstory.ru.

ПОСЛЕСЛОВИЕ

Коллектив авторов благодарит пользователей портала www.KipiaSoft.com за активную помощь в обсуждении будущего содержания справочника, поиске необходимой нормативной документации и справочной информации, которая была использована на страницах данного справочника.

Авторы будут благодарны за ваши отзывы, замечания, пожелания и предложения по материалам, опубликованным на страницах справочника, которые вы можете высказать на страницах форума информационного портала www.KipiaSoft.com.

Ваши отзывы, замечания и предложения будут учтены при выходе второго издания справочника!

СОДЕРЖАНИЕ

ГЛАВА I.
ИЗ ИСТОРИИ ИЗМЕРЕНИЙ 5

1.1. Метрология 5
1.1.1. Метрология как наука об измерениях 5
Методы измерений 6
Методы измерений в зависимости от способа получения результата 6
Единица физической величины 7
Международная система СИ 7
Классификация погрешностей в зависимости от эксплуатации приборов 8
Измерительные преобразователи, измерительные приборы 8
Отсчетное устройство (шкала и стрелка) 9
Виды шкал, цена деления 9
Классификация средств измерений 11
Поверка средств измерений 12
1.1.2. Проблемы метрологии 13

1.2. Развитие контрольно-измерительных приборов 13
1.2.1. Изобретение термометров 14
1.2.2. Изобретение калориметра 17
Современные калориметры 19
Типы калориметров 19
1.2.3. Ультразвуковой дефектоскоп 19
1.2.4. Жидкостный манометр 21
1.2.5. Изобретения барометра 22

1.3. Системы мер 28
1.3.1. Метрическая система мер 28
История развития 28
Разработка и внедрение 29
Закон о Метрической системе мер 30
1.3.2. Меры англоязычных и других стран 31
1.3.3. Древнерусские меры 32
1.3.4. Появление международной системы мер 34

ГЛАВА II.
ТЕОРИЯ КИПиА 37

2.1. Метрологические понятия 37
Классификация приборов 41
1. По способу отсчета 41
2. По виду шкалы 42
3. По метрологическому назначению 42
4. По роду измеряемой величины 42
2.2. Весоизмерительная техника 43
2.2.1. Эталоны 43
2.2.2. Весы для статического взвешивания 48
Условные обозначения 48
2.2.3. Тензодатчики 51
2.3. Датчики температуры 55
2.3.1. Общие сведения 55
2.3.2. Термометры стеклянные 55
2.3.3. Манометрические термометры 57
2.3.4. Термопреобразователи сопротивления 58
2.3.5. Термоэлектрические преобразователи 60
2.4. Измерение расхода жидкостей, газов и паров 63
2.4.1. Расходомеры переменного перепада давления 63
2.4.2. Расходомеры постоянного перепада давления 66
Ротаметр пневматический фторопластовый типа РПФ 68
Ротаметр специальный прямоточный ВИР 72
2.4.3. Электромагнитные расходомеры 74
2.4.4. Счетчики 75
Скоростной счетчик с винтовой вертушкой 76
Скоростной счетчик с вертикальной крыльчаткой 77
Жидкостный объемный счетчик с овальными шестернями 78
2.5. Приборы для измерения давления 79
2.5.1. Жидкостные манометры 80

2.5.2. Деформационные манометры 81
2.5.3. Грузопоршневые манометры 84
2.5.4. Электрические манометры 85
2.5.5. Преобразователи давления электрические с силовой компенсацией 85
2.5.6. Преобразователи давления и разрежения с пневматическим выходом 87
Манометр сильфонный МС-П1 (МС-П2) 89
2.6. Приборы измерения уровня 93
2.6.1. Уровнемеры пневматические буйковые УБ-П 94
2.6.2. Пьезометрические уровнемеры 97
2.6.3. Гидростатические датчики уровня 99
2.7. Приборы газового анализа 100
2.7.1. Термохимические газоанализаторы 100
2.7.2 Термокондуктометрические газоанализаторы 102
2.7.3. Кулонометрические газоанализаторы 104
2.7.4. Фотоколометрические газоанализаторы 106
2.7.5. Электрохимические газоанализаторы 107
2.7.6. Искровые пневматические газоанализаторы 109
2.7.7. Оптико-абсорбционные газоанализаторы 110
2.8. pH-метры 113
2.8.1. Принцип измерения величины pH 113
2.8.2. Принцип действия прибора 117
2.8.3. Электродная система 118
2.9. Электроизмерения 118
2.9.1. Приборы магнитоэлектрической системы 123
2.9.2. Приборы электромагнитной системы 125
2.9.3. Приборы электродинамической системы 126
2.9.4. Приборы индукционной системы 128
2.10. Кондуктометры 130
2.10.1. Кондуктометрические методы анализа и назначение приборов 130
2.10.2. Принцип действия и устройство прибора 131
2.10.3. Типы кондуктометров 134
2.10.4. Принцип работы и устройство бесконтактных кондуктометров 136

2.11. Пирометрия 139
2.11.1. Милливольтметры и логометры 139
2.11.2. Автоматические электронные мосты и потенциометры 144
2.12. Вторичные электронные приборы и преобразователи 151
2.12.1. Структурные схемы автоматических вторичных приборов 151
2.12.2. Измерительные схемы 152
2.12.3. Усилители 153
2.12.4. Электрические двигатели 155
2.12.5. Записывающие устройства 155
2.12.6. Прибор регистрирующий Диск-250 155
Устройство и работа прибора 156
2.12.7. Преобразователь измерительный многопредельный П-282 157
Устройство и работа преобразователя 157
2.12.8. Устройство контроля и регистрации ФЩЛ-502,501 160
Принцип работы устройства 160
Блок регулирования 161
Блок регистрации 163
2.13. Уровнемеры повышенной сложности 166
2.13.1. Виды уровнемеров и методы измерения уровня 166
2.13.2. Танк–радары фирмы «KROHNE» типа BM100 167
Принцип измерения 167
Принцип работы: прямой метод измерений 168
Принцип действия TBF для продуктов с низкой 169
диэлектрической проницаемостью 169
Данные о сенсоре 171
2.13.3. Система измерения уровня СУ-5Д 173
Назначение 173
Устройство, принцип действия и структурные схемы системы СУ-5Д 174
Функциональное назначение блоков и датчиков 175
Возможные неисправности и методы их устранения 177

2.14. Элементная база пневматических КИПиА 177

ГЛАВА III.
ПРАКТИКА КИПиА 187

3.1. Термины и определения 187

3.2. Технологические схемы 205
3.2.1. Условные обозначения оборудования КИПиА на технологических схемах 205
3.2.2. Функциональное обозначение оборудования КИПиА на технологических схемах 207
3.2.3. Размеры условных обозначений 207
3.2.4. Правила построения условных обозначений 209
3.2.5. Дополнительные буквенные обозначения, применяемые для указания дополнительных функциональных признаков приборов, преобразователей сигналов и вычислительных устройств 212
3.2.6. Примеры построения условных обозначений приборов и средств автоматизации 214

3.3. Измерение температуры 219
Интерполяционные уравнения для термосопротивлений (ТС) 223
3.3.1. Градуировочные таблицы термометров сопротивления 224
3.3.2. Градуировочные таблицы пирометров излучения 232
3.3.3. Регламент технического обслуживания датчиков, преобразователей и вторичных приборов для измерения температуры 235
3.3.4. Нормы времени на техническое обслуживание датчиков, преобразователей и вторичных приборов для измерения температуры 240
3.3.5. Таблица соответствия маркировок датчиков температуры различных отечественных производителей 245

3.4. Измерение давления, разрежения 248
Единицы СИ - Инженерные единицы (основаны на метрической системе) 248
Единицы СИ - Инженерные единицы (основаны на британо-американской системе) 249
3.4.1. Регламент технического обслуживания на некоторые типы приборов для измерения давления, разрежения 250
3.4.2. Нормы времени на техническое обслуживание на некоторые типы приборов для измерения давления, разрежения 256
3.5. Измерение расхода веществ, протекающих по трубопроводам 262
3.5.1. Рекомендации по выбору типа сужающего устройства 262
3.5.2. Справочные материалы, необходимые для расчета, монтажа сужающих устройств 264
Шероховатость внутренней поверхности трубопроводов 266
Округлость и цилиндричность измерительного трубопровода 276
Расположение диафрагмы и камеры усреднения 278
Способ крепления и прокладки 280
Классификация видов местных сопротивлений 280
3.5.3. Регламент технического обслуживания на некоторые типы приборов для измерения перепада давления, расхода и количества жидкости и газов 291
3.5.4. Нормы времени на техническое обслуживание на некоторые типы приборов для измерения перепада давления, расхода и количества жидкости, пара и газа 301
3.6. Промышленная безопасность 309
3.6.1. Степени защиты оборудования КИПиА, обеспечиваемые оболочками (код IP) 309
Примеры использования букв и цифр в коде IP 311
3.6.2. Классификация и маркировка взрывозащищенного оборудования КИПиА 311
3.6.3. Климатическое исполнение оборудования КИПиА 315

3.7. Пневматические
и электронные регуляторы 323
3.7.1. Позиционный регулятор типа ПР 1.5 323
3.7.2. Пропорциональный регулятор ПР 2.8 326
3.7.3. Пропорционально-интегральный
регулятор типа ПР 3.31 331
3.7.4. Приборы регулирующие серии РС29
системы «Контур-2» 336
Технические характеристики 343
Ремонт регулирующих приборов РС-29 и РС-29.1
с импульсным выходным сигналом 354
Выявление неполадок приборов 354
Органы настройки и контроля 355
Проверка и настройка регулирующих 358
модулей Р-029 н Р-029.1 358
Проверка потребляемого тока 366
Проверка выходного напряжения
сбалансированного модуля 368
Проверка и настройка 373
измерительного модуля ИУ-012 373

ГЛАВА IV.
КИП, ПРИМЕНЯЮЩИЕСЯ
ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ И ГАЗА 395

4.1. Приборы для контроля и измерения параметров
процесса добычи газа 396

4.2. Приборы для проведения
исследований скважин 412

4.3. Приборы для контроля за физико-химическими
свойствами и качеством продукции промысла 419

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ЖИДКОСТЕЙ 426

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕЛ 427

П Р И Л О Ж Е Н И Е 3
ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ГАЗОВ 428

П Р И Л О Ж Е Н И Е 4
ЕДИНИЦЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЫ СИ 429

П Р И Л О Ж Е Н И Е 5.....
СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ЕДИНИЦАМИ СИ И ЕДИНИЦАМИ,
НЕ ВХОДЯЩИМИ В СИ 432

П Р И Л О Ж Е Н И Е 6
ПРИСТАВКИ И ИХ ОБОЗНАЧЕНИЕ 434

П Р И Л О Ж Е Н И Е 7
СООТНОШЕНИЯ С ЕДИНИЦАМИ СИ НЕКОТОРЫХ
РАНЕЕ ШИРОКО ПРИМЕНЯВШИХСЯ ЕДИНИЦ 435

П Р И Л О Ж Е Н И Е 8
НОРМЫ ВРЕМЕНИ НА НАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ, ТЕХНИЧЕСКОЕ
ОБСЛУЖИВАНИЕ, МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
И РЕМОНТ СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА НЕФТИ,
СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ И АВТОМАТИКИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В
НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 436

П Р И Л О Ж Е Н И Е 9
ДОЛЖНОСТНАЯ ИНСТРУКЦИЯ ИНЖЕНЕРА ПО КИПиА 538

П Р И Л О Ж Е Н И Е 10
ИНСТРУКЦИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА ДЛЯ СЛЕСАРЯ
КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ
И СРЕДСТВ АВТОМАТИКИ 546

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 551

ПОСЛЕСЛОВИЕ 554

КНИГИ ПОЧТОЙ

Заявки направляйте
по электронному адресу:
infra-e@yandex.ru

БИБЛИОТЕКА НЕФТЕГАЗОДОБЫТЧИКА
И ЕГО ПОДРЯДЧИКОВ (SERVICE)

№ п/п	Наименование издания	Кол-во
1	**Справочник промыслового мастера** *Добыча нефти, газа и конденсата – в 2-х томах*	
2	**Справочник бурового мастера** – *в 2-х томах*	
3	**Справочник мастера по опробованию (испытанию) скважин**	
4	**Справочник мастера по подготовке газа**	
5	**Справочник мастера по подготовке и стабилизации нефти**	
6	**Справочник мастера по ремонту скважин (капитальному, подземному)**	
7	**Справочник мастера по ремонту нефтегазового технологического оборудования** – *в 2-х томах*	
8	**Справочник мастера по эксплуатации оборудования газовых объектов** – *в 2-х томах*	
9	**Справочник мастера по промысловой геофизике**	
10	**Справочник геолога нефтегазоразведки: нефтегазопромысловая геология и гидрогеология**	
11	**Справочник мастера строительно-монтажных работ** *Строительство нефтегазопроводов, хранилищ, терминалов, компрессорных; монтаж наземного промыслового оборудования и сооружений*	
12	**Справочник мастера погрузочно-разгрузочных работ** *Складское хозяйство, трубные базы, площадки комплектации технологического оборудования*	
13	**Справочник дорожного мастера** *Строительство, эксплуатация и ремонт дорог*	
14	**Справочник инженера предприятия технологического транспорта и спецтехники** – *в 2-х томах*	
15	**Справочник инженера по вышкостроению**	
16	**Справочник инженера по поддержанию пластового давления**	
17	**Справочник инженера по исследованию скважин**	
18	**Справочник инженера по эксплуатации нефтегазопроводов и продуктопроводов**	
19	**Справочник инженера по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электрических станций и сетей** *Автономное и централизованное энергоснабжение промыслов*	
20	**Справочник промыслового (цехового) энергетика**	
21	**Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике**	
22	**Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка**	
23	**Справочник инженера по борьбе с аварийными разливами нефти и нефтепродуктов и ликвидации открытых нефтяных и газовых фонтанов**	
24	**Справочник инженера пожарной охраны**	
25	**Справочник инженера по охране окружающей среды (эколога)**	
26	**Справочник инженера по охране труда**	

СПРАВОЧНИК ИНЖЕНЕРА ПО КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ ПРИБОРАМ И АВТОМАТИКЕ

Учебно-практическое пособие

Руководитель проекта
К.Н. Уваров

Главный редактор
О.С. Швецова

Корректор
Е.В. Лукина

Подписано в печать 27.01.2016.
Формат 84x108/32. Бумага офсетная.
Гарнитура «Прагматика».
Объем 18 печ. л.
Тираж 500 экз. Заказ №331

Издательство «Инфра-Инженерия»
Тел.: 8(911)512-48-48
E-mail: infra-e@yandex.ru

Издательство «Инфра-Инженерия» приглашает к сотрудничеству авторов научно-технической литературы.