

СПРАВОЧНИК

А.И.ИВАНОВ
А.А.КУЛИКОВ
Б.С.ТРЕТЬЯКОВ

КОНТРОЛЬНО-
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ
ПРИБОРЫ
В СЕЛЬСКОМ
ХОЗЯЙСТВЕ



155479

МОСКВА «КОЛОС» 1984

ББК 40.7

И20

УДК 63:531.7(031)

Рецензенты: заведующий отделом НПО «Агро-прибор» кандидат техн. наук *А. Ю. Бер*; заведующий лабораторией технических измерений Центральной МИС *А. Г. Кузнецов*

Иванов А. И. и др.

И 20 Контрольно-измерительные приборы в сельском хозяйстве: Справочник/А. И. Иванов, А. А. Куликов, Б. С. Третьяков. — М.: Колос, 1984.—352 с., ил.

Рассматриваются принцип действия, устройство и основные метрологические и конструктивные характеристики средств измерения линейных размеров, давления, разрежения, температуры, уровня, плотности, времени, влажности, силы, моментов и массы. Особое внимание уделено вопросам выбора и подготовки приборов к работе.

Для специалистов сельскохозяйственного производства.

И 3802040000—261 107—84
035(01)—84

ББК 40.7

831.8

© Издательство «Колос», 1984

ВВЕДЕНИЕ

Сельскохозяйственное производство в нашей стране развивается на основе долговременной комплексной программы, разработанной мартовским (1965 г.) и последующими Пленумами ЦК КПСС, съездами КПСС и в соответствии с Продовольственной программой СССР, одобренной майским (1982 г.) Пленумом ЦК КПСС. Цель этой программы — всемерная интенсификация общественного производства колхозов и совхозов и ускорение темпов его развития.

Главными направлениями повышения эффективности и технического прогресса сельского хозяйства являются комплексная механизация, электрификация и автоматизация производственных процессов, всесторонняя химизация, применение мелиорации, широкое использование достижений отечественной и мировой науки, активное применение богатейшего опыта передовиков производства.

Успешному развитию сельского хозяйства способствует освоение колхозами и совхозами индустриальных технологий.

Для управления любыми производственными процессами, в частности технологическими, необходимо располагать объективной и достоверной информацией, сведениями о характеристиках и состояниях протекающих процессов. Технологические процессы обычно характеризуются значениями температур, давлений, расходов и состава жидких и газовых сред, уровнем жидкостей и сыпучих тел и рядом других величин. Эти данные невозможно получить без использования контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации.

Приборы широко используют для измерения размеров, учета продукции, контроля и регулирования технологических параметров и характеристик процессов в различных отраслях и сферах сельскохозяйственного производства. Без приборов, без средств измерения невозможно обеспечить высокое качество и надежность выпускаемой продукции.

Насыщенность современного сельскохозяйственного производства различными средствами измерений достигла весьма высокого уровня.

Использование средств автоматизации позволяет автоматизировать трудоемкие процессы, экономить энергоресурсы, снижать себестоимость продукции и повышать ее качество.

В промышленных животноводческих комплексах применяются приборы, которые контролируют и автоматически регулируют микроклимат помещений, определяют влажность, температуру и т. п., что способствует высокой продуктивности животных.

Сигналы измерительной информации о значении тех или иных физических величин поступают либо непосредственно к приборам,

либо к преобразователям (датчикам). Последние вырабатывают сигнал информации об измеряемых величинах в форме, удобной для дальнейшего использования, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем. Выходной сигнал преобразователя в основном бывает электрическим. В современных системах контроля и управления производственными процессами применяют обычно унифицированные выходные сигналы преобразователей по соответствующим Государственным стандартам. Сигналы направляются к измерительным приборам контроля или, минуя их, непосредственно к средствам автоматизации.

Повышаются надежность, качество контрольно-измерительных приборов (благодаря переходу на монтаж по печатным схемам, использованию новых элементов) и как следствие возрастают требования к проведению измерений и контроля, состоянию измерительной техники, соблюдению правил хранения, эксплуатации и проверки средств измерения.

Государственная система приборов (ГСП) позволяет широко использовать однотипные приборы в различных отраслях народного хозяйства, в том числе в сельскохозяйственном производстве.

Важнейшим условием практической реализации научных достижений в науке и технике является высокое профессиональное мастерство.

Правильность проводимых приборами измерений и регулирующих воздействий во многом зависит от технического обслуживания, а это в первую очередь характеризуется подготовленностью инженерно-технических работников сельскохозяйственного производства.

Сведения о средствах измерения, собранные в настоящем справочнике, в значительной степени позволят ускорить и упростить решение важнейших задач, стоящих перед работниками и специалистами сельского хозяйства.

Глава I | ОСНОВЫ МЕТРОЛОГИИ И ТЕХНИКИ ИЗМЕРЕНИЙ

§ 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ МЕТРОЛОГИИ И ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Метрология — это наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. Измерения физических величин, технических параметров, характеристик процессов, состава и свойств веществ, размеров основаны на практическом использовании положений метрологии. Термины и определения в метрологии устанавливает ГОСТ 16263—70.

Метрологию подразделяют на общую (теоретическую и экспериментальную) и прикладную.

Общая метрология занимается фундаментальными исследованиями, разработкой общей теории измерений, созданием систем единиц измерений, эталонов, образцовых мер и физических постоянных.

Прикладная метрология занимается решением практических задач, важнейшими из которых являются обеспечение единства и необходимой точности измерений, создание методов и рабочих средств измерений.

Единство измерений — такое состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и имеют нормированную точность.

Точность — это качество измерений, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины.

В СССР, как и в большинстве стран мира, мероприятия по обеспечению единства и требуемой точности измерений установлены законодательно. Поэтому один из разделов прикладной метрологии называется законодательной метрологией.

Единицы Международной системы единиц (СИ), а также десятичные кратные и долиные от них приняты для обязательного применения в соответствии со стандартами СЭВ 1052—78 и ГОСТ 8.417—81 в качестве единиц измерения физических величин.

Измерение — нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Измерения классифицируются на несколько видов. По характеру зависимости измеряемой величины от времени они разделяются на статические и динамические.

Статические — такие измерения, при которых измеряемая величина остается постоянной (измерения размеров деталей, влажности почвы, зерна, температуры воздуха).

Динамические — это измерения, в процессе которых измеряемая величина изменяется (измерения давления и температура в цилиндре работающего двигателя, тяговых усилий трактора).

2 По способу получения числового значения измеряемой величины измерения делятся на четыре основных вида: прямые, косвенные, совокупные и совместные.

Прямые — это измерения, при которых искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных (измерения длины с помощью линейных мер, температуры — термометром, давления — манометром, тягового усилия — показывающим динамометром, массы — с помощью весов и т. д.). Прямые измерения составляют основу более сложных видов измерений.

Косвенные — такие измерения, при которых искомые значения величины получают на основании известных зависимостей между этой величиной и величинами, найденными прямыми измерениями. При косвенных измерениях числовое значение величины определяют по формуле:

$$Q = f(x, y, z), \quad (1)$$

где Q — искомое значение косвенно измеряемой величины; f — знак функциональной зависимости; x, y, z — значения величин, измеряемых прямым способом.

Примеры косвенных измерений: определение эффективной мощности двигателя при его испытании на основании прямых измерений крутящего момента и частоты вращения вала двигателя; определение площади фигур или объема тел по прямым измерениям их геометрических размеров; нахождение износа деталей путем микрометрирования их до и после работы.

Косвенные измерения применяют в случаях, когда искомую величину невозможно или сложно измерить непосредственно и когда косвенные измерения дают более точный результат, чем прямые.

Совокупные — это измерения, проводимые одновременно для нескольких одноименных величин, при которых их искомые значения находят решением системы уравнений, составляемых по результатам прямых измерений различных сочетаний этих величин.

Пример совокупных измерений: массы отдельных гирь набора находят по известной массе одной из них и по результатам прямых сравнений масс различных сочетаний гирь.

Совместные — это проводимые одновременно (прямые или косвенные) измерения двух или нескольких неоднородных (неоднородных) величин для нахождения зависимости между ними. Целью совместных измерений по существу является нахождение функциональной зависимости между величинами (длины тела от температуры, расхода топлива от частоты вращения вала двигателя и т. д.).

3 По условиям, определяющим точность результата, измерения делятся на три класса.

1. Измерения максимально достижимой точности (эталонные, физических констант и сред, например абсолютного значения ускорения свободного падения).

2. Контрольно-поверочные измерения, погрешность которых не должна превышать некоторое заданное значение (измерения, выполняемые лабораториями государственных и ведомственных метрологических служб).

3. Технические измерения, в которых погрешность результата определяется характеристиками используемых рабочих средств (измерения, выполняемые в процессе производства на предприятиях, испытательных станциях, в измерительных лабораториях и т. д.).

4 По способу выражения результатов различают абсолютные и относительные измерения.

Абсолютные измерения основаны на прямых измерениях одной или нескольких основных величин.

Относительные — это измерения отношения величины к одноименной, играющей роль единицы, или измерения величины по отношению к одноименной, принятой за исходную.

Контроль — частный случай измерения, при котором устанавливают соответствие значений физических величин допускаемым предельным значениям.

Контроль в зависимости от его влияния на технологический процесс подразделяют на активный и пассивный.

Активный контроль дает возможность воздействовать на технологический процесс непосредственно в ходе изготовления контролируемых изделий.

Пассивный контроль позволяет только констатировать факт, находятся или нет в заданных пределах физические параметры контролируемого объекта. Пассивный контроль осуществляют одним из двух способов: проверкой каждого из элементов (элементный контроль) или одновременной проверкой комплекса элементов (комплексный контроль).

В зависимости от контролируемого производственного этапа различают контроль входной, технологический и приемочный.

Входной контроль заключается в проверке соответствия качества поступающих материалов, удобрений, изделий, запасных частей установленным требованиям.

Технологический контроль состоит в проверке соответствия характеристик, режимов и других показателей технологического процесса установленным требованиям. Разновидностью технологического контроля является контроль операционный, т. е. контроль продукции или технологического процесса после завершения определенной технологической операции.

Приемочный контроль заключается в проверке соответствия готовой продукции требованиям стандартов или технических условий.

Средства измерений — это технические средства, используемые при измерениях и имеющие нормированные метрологические свойства. От средств измерений непосредственно зависит правильное определение значения измеряемой величины. Применяемые в настоящее время средства измерений можно разделить на несколько основных видов: меры, измерительные приборы, измерительные преобразователи, измерительные установки и системы.

Мера представляет собой простейшее средство измерений в виде тела или устройства, предназначенное для воспроизведения физической величины заданного размера, значение которого известно с необходимостью для измерений точностью (гиря, плоскопараллельная концевая мера длины, линейка с делениями, катушка электрического сопротивления, нормальный элемент).

Мера бывает однозначной, если воспроизводит физическую величину одного размера, и многозначной, если воспроизводит ряд одноименных величин различного размера (линейка с миллиметровыми делениями, конденсатор переменной емкости). Из отдельных мер состоят наборы и магазины мер.

К мерам относятся также калибры, стандартные образцы и образцовые вещества.

Каалибры — меры, предназначенные для контроля размеров или формы изделий, или взаимного положения их частей.

Стандартные образцы и образцовые вещества представляют собой меры в виде тела или вещества определенного и строго регламентированного содержания (образцы шероховатости, твердости, чистых металлов и т. д.).

Измерительные приборы являются самыми распространенными средствами измерений. К ним относятся средства измерений, предназначенные для выработки сигнала измерительной информации о величине, подлежащей измерению, в форме, доступной для непосредственного восприятия наблюдателем.

Измерительный прибор в отличие от меры не воспроизводит известное значение величины, а она должна подводиться к нему извне, воздействовать на него тем или иным способом. В ряде случаев измеряемая величина подводится к прибору через измерительный преобразователь. В этом случае на прибор воздействует преобразованная величина.

Наиболее распространены приборы прямого действия, в которых сигнал измерительной информации один или несколько раз преобразуется в одном направлении.

Измерительный преобразователь — средство измерений, служащее для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки или хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем. Измерительные преобразователи — конструктивно обособленные элементы, однако самостоятельного значения для проведения измерений не имеют. Они являются составными частями измерительных приборов, систем автоматического контроля, управления и регулирования.

По месту, занимаемому в приборе, преобразователи подразделяются на первичные, промежуточные и передающие.

Преобразуемая физическая величина называется входной, а результат преобразования — выходной величиной. Связь между выходной и входной величинами устанавливается функцией преобразования.

Измерительная установка — это совокупность функционально объединенных средств измерений (мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей) и вспомогательных устройств, предназначенных для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем, и расположенных в одном месте (весовая, для испытания материалов, диагностическая установки).

Измерительная система отличается от измерительной установки тем, что она предназначена для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной не только для восприятия наблюдателем, но и для автоматической обработки результатов измерений, передачи на расстояние или использования в автоматических системах управления (системы «Сириус», «Чек» и др.).

§ 2. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Метод измерений — это совокупность приемов использования принципов и средств измерений, при которых происходит процесс измерений.

Физическую величину можно измерить несколькими методами. С точки зрения технических особенностей методы измерения делятся на оптические, пневматические, тензометрические, индуктивные, емкостные, фотоэлектрические и т. д. По мере развития науки и техники число их увеличивается. С методической стороны все методы измерений поддаются систематизации и обобщению по характерным признакам.

Для прямых измерений можно выделить несколько основных методов: непосредственной оценки, дифференциальный, нулевой и метод совпадений.

Метод непосредственной оценки дает значение измеряемой величины непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия (измерение размера детали микрометром, давления — деформационным манометром, температуры — термометром, силы электрического тока — амперметром и т. п.). При этом применяют в основном показывающие измерительные приборы.

При методе непосредственной оценки измерение проводится быстро, в один прием, результат получается сразу. Однако точность измерения невысока из-за погрешностей, связанных с необходимостью градуировки шкал приборов и влиянием посторонних величин.

Точность измерения можно повысить, сравнивая измеряемое значение величины непосредственно с мерой. Частными случаями метода сравнения с мерой являются методы дифференциальный, нулевой и совпадений.

Дифференциальный (или разностный) метод характеризуется измерением разности между значениями измеряемой и известной (воспроизводимой мерой) величинами.

Метод позволяет получать результаты с высокой точностью, однако осуществление метода возможно только при условии воспроизведения с большой точностью известной величины, значение которой близко к значению измеряемой.

Сущность метода рассмотрена на примере измерения размера детали в стойке с измерительной головкой (рис. 1). Для настройки прибора подбирают блок концевых мер и по детали определяют отклонение Q . Затем вычисляют действительный размер изделия $x = L + Q$. Предположив, что допустимая погрешность измерения не превышает $\pm \Delta$, определяют, что относительная погрешность результата измерения Q равна $\pm \Delta / Q$, а размера детали — $\pm \Delta / (L + Q)$. Так как L значительно больше Q , то относительная погрешность размера детали x значительно меньше относительной погрешности результата измерения Q ,

т. е.

$$\pm \Delta / (L + Q) < \pm \Delta / Q.$$

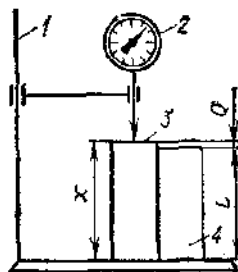


Рис. 1. Схема измерения длины разностным методом:

1 — стойка; 2 — измерительная головка; 3 — измеряемая деталь; 4 — блок концевых мер.

Пусть $L=50$ мм; $Q=0,5$ мм; $\Delta=\pm 0,005$ мм, тогда $\Delta/Q = \pm 0,01 (\pm 1 \%)$, а $\Delta/(L+Q) = \pm 0,0001 (\pm 0,01 \%)$. Таким образом, для достижения такой высокой точности можно воспользоваться сравнительно грубым прибором и весьма точной мерой.

В практике измерения длины в машиностроении разностный метод называется также относительным. Этим методом с помощью измерительных головок, индикаторных и рычажных скоб, оптиметров, индикаторных и микрометрических нутромеров определяют размеры деталей и отклонения. Дифференциальный метод используется в неуравновешенных мостах постоянного тока.

Нулевой метод — это метод сравнения с мерой, при котором результирующий эффект воздействия величин на прибор сравнения доводят до нуля (взвешивание грузов на рычажных весах, измерение сопротивления, емкости и индуктивности при помощи уравновешенных мостов постоянного и переменного тока). В истории развития техники точных измерений нулевой метод появился одним из первых.

Нулевой и разностный методы очень близки. Если в разностном методе измеряют разность между значениями двух величин, то в нулевом практически приводят эту разность к нулю. Часто нулевой метод превращается в разностный или дифференциальный. Недостаток нулевого метода заключается в необходимости иметь средство измерений, позволяющее воспроизводить любое значение известной величины без существенного понижения точности. В большинстве случаев для этого используют меры переменного значения или наборы мер.

Метод совпадений есть метод сравнения с мерой, в котором разность между измеряемым значением величины и значением, воспроизводимым мерой, измеряют, используя совпадения отметок шкал или периодических сигналов известной и неизвестной величины (ноннус для отсчета долей целых делений основной шкалы, сравнение радиосигналов точного времени с ходом хронометра, измерение частоты вращения вибрационными и стробоскопическими тахометрами, измерение длин интерферометром и т. п.).

Средства измерения классифицируются по следующим основным взаимно независимым признакам.

1. По роду измеряемых величин или параметров — для измерения линейных и угловых величин, температуры, давления и разрежения, количества и расхода вещества, массы, влажности, электрических величин, уровня, частоты вращения, сил и моментов и др.

2. По принципу действия — механические, электрические, жидкостные, пневматические, оптические, радиоактивные и др.

3. По метрологическому назначению — эталонные, образцовые, лабораторные и технические (рабочие).

Технические приборы являются рабочими средствами измерений, применяемыми для конкретных измерений в производстве.

Лабораторные приборы служат обычно для точных измерений при исследовательских и наладочных работах, а также при проведении агрохимических анализов.

Эталонные и образцовые приборы предназначены для поверки технических и лабораторных средств измерений.

4. По способу образования показаний — показывающие и регистрирующие.

Показывающие приборы делятся на аналоговые и цифровые.

Аналоговые приборы — стрелочные с отсчетным устройством, состоящим из шкалы и указателя, связанного с подвижной частью прибора. Их показания являются непрерывной функцией значений измеряемой величины.

Цифровые приборы автоматически вырабатывают дискретные сигналы измерительной информации. Их показания представлены в цифровой форме.

Регистрирующие приборы подразделяют на самопишущие и печатающие.

Самопишущие выдают показания в форме диаграммы.

Печатающие представляют результат в цифровой форме на бумажной ленте.

5. По числу контролируемых величин — одноточечные и многоточечные, а также информационно-измерительные системы для большого числа параметров.

6. По способу определения значения измеряемой величины — прямого действия и сравнения.

Приборы прямого действия (непосредственной оценки) позволяют получать значения измеряемой величины на отсчетном устройстве (показывающие манометры, термометры, тахометры, динамометры и т. д.). Они состоят из нескольких элементов, преобразующих сигнал измерительной информации в одно направление.

Приборы сравнения дают возможность определять значение измеряемой величины сравнением с известным значением (мерой). Эти значения сравниваются нулевым или дифференциальным методами при помощи компенсационных или мостовых измерительных цепей. Компенсационные цепи применяют для сравнения активных величин, мостовые — пассивных. Погрешности измерения приборов сравнения определяются в основном погрешностью мер. Эти приборы более точные, чем приборы прямого действия.

7. По дистанционному признаку — местные, с дистанционной передачей показаний и телеметрического контроля.

Местные приборы устанавливают непосредственно в местах измерений или технологического контроля.

Приборы с дистанционной передачей показаний (до 300 м) монтируют на щиты управления.

Средства телеметрических измерений позволяют измерять различные величины на значительном удалении прибора от объекта.

8. По точности — имеющие классы точности, обозначаемые цифрами 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,4; 0,5; 0,6; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 4,0.

Измерительные приборы по вышеуказанной классификации могут быть отнесены одновременно к нескольким группам (манометр может быть механическим, техническим, показывающим, с дистанционной передачей, класса точности 2,5). Поэтому за основную принята классификация, по которой условные наименования приборы получают в зависимости от рода измеряемых величин или параметров.

По этому признаку сгруппированы измерительные приборы, рассматриваемые в настоящем справочнике.

Классификация приборов по другим признакам является дополнительной и позволяет более полно характеризовать рассматриваемые средства измерений.

С целью унификации средств измерений в СССР разработана Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП), обобщающая и согласующая метрологические показатели и эксплуатационные характеристики приборов. ГСП обеспечивает общую технологическую базу для производства, а также взаимозаменяемость и взаимозаменяемость деталей, сборочных единиц и приборов. Передача информации в ГСП осуществляется на основе использования унифицированных электрических и пневматических сигналов, например постоянного тока 0...20 мА и давления сжатого воздуха 0,02...0,1 МПа.

§ 3. ОБЩАЯ СТРУКТУРА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Измерительный прибор состоит из совокупности частей и обладает заданными метрологическими свойствами. Независимо от конкретного физического и конструктивного выполнения средства измерений могут быть представлены структурными схемами, показывающими состав прибора или системы и связи между отдельными их частями, выполняющими те или иные функции.

В измерительных приборах числовые значения измеряемой величины получаются после того, как она тем или иным способом преобразована. Исключений очень мало (при помощи штангенциркуля длина измеряется без преобразований, а в микрометре для отсчета долей миллиметра их преобразуют с помощью микрометрической пары в перемещение указателя по окружности).

Структурная схема измерительного прибора рассмотрена на рисунке 2, где показано устройство электромеханического прибора для измерения уровня топлива в баке автомобиля. Высота измеряемого уровня x воспринимается поплавком 1, который с помощью рычажной

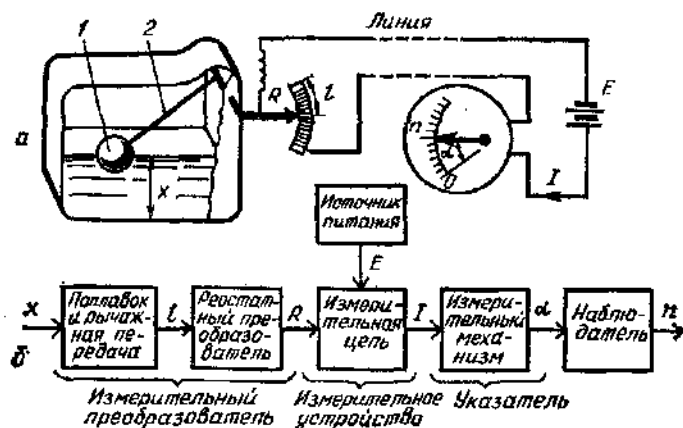


Рис. 2. Топливный уравнимер:

a — принципиальное устройство; b — структурная схема; 1 — поплавок; 2 — рычажная передача.

передачи I перемещает движок реостата R . Эта часть устройства обеспечивает однозначную функциональную зависимость перемещения l от измеряемой величины x . Реостат с равномерной намоткой дает однозначную зависимость $R=f(l)$. Электрическая измерительная цепь (при постоянстве напряжения E источника питания и всех сопротивлений цепи, кроме сопротивления реостата) осуществляет однозначную зависимость тока I от сопротивления R . Поэтому шкала электроизмерительного прибора (указателя), по которой отсчитываются показания n , может быть проградуирована непосредственно в значениях измеряемого уровня.

Все измерительные преобразования, используемые в топливном уровнемере (рис. 2, а), можно изобразить последовательной цепью $x \rightarrow l \rightarrow R \rightarrow I \rightarrow \alpha \rightarrow n$ или представить структурной схемой цепи (рис. 2, б). Здесь преобразование $\alpha \rightarrow n$ — отсчет и регистрация показаний, проводимые при использовании визуального указателя человеком-наблюдателем, а в регистрирующих приборах осуществляемые автоматически без участия человека.

С метрологической позиции методы измерительных преобразований можно разделить на два основных класса, принципиально отличающихся друг от друга: метод прямого преобразования и метод уравновешивания.

Метод прямого преобразования, структурная схема которого рассмотрена на примере электромеханического уровнемера топлива (см. рис. 2), характеризуется тем, что все измерительные преобразования проходят только в одном прямом направлении — от входной величины через цепь преобразований к выходной величине на указатель.

Структурная схема приборов прямого преобразования разомкнутая, а результирующая чувствительность определяется произведением чувствительностей всех составляющих его преобразователей.

Метод уравновешивания определяется использованием двух цепей преобразований, роли которых различны (рис. 3).

Измеряемая величина x преобразуется по цепи K прямого преобразования, состоящей из преобразователей K_1, K_2 , усиливается и поступает на выход. В приборе существует также цепь обратного уравновешивания β , которая создает величину x_y , однородную с входной, и уравновешивает ее. В результате этого на вход цепи K поступает только небольшая часть входной преобразуемой величины x , равная разности $x - x_y$, и цепь K служит лишь для обнаружения степени неравновесия.

Метод уравновешивания реализован в приборах сравнения. Структурная схема таких приборов замкнутая.

Измерительные приборы в общем виде включают в себя три самостоятельные конструктивные составляющие: измерительный преобразователь (датчик), измерительное устройство и указатель (или регистратор), которые размещаются совместно или раздельно и соединяются между собой кабелем или другой линией связи.

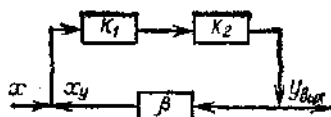


Рис. 3. Структурная схема метода уравновешивания.

§ 4. ОСНОВНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И СВОЙСТВА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Эксплуатационные свойства измерительного прибора характеризуются его метрологическими характеристиками, значение которых указывается в прилагаемой к прибору технической документации. Комплексы нормируемых метрологических характеристик устанавливаются ГОСТ 8.009—72.

Основные характеристики шкалы отсчетного устройства прибора следующие.

Длина (интервал) деления шкалы — расстояние между осями или центрами двух соседних отметок шкалы, измеренное вдоль линии, проходящей через середины ее самых коротких отметок.

Цена деления — разность значений измеряемой величины, соответствующих двум соседним отметкам шкалы.

Диапазон показаний измерительного прибора со шкальным отсчетным устройством — это область значений по шкале, ограниченная начальным и конечным значениями.

Диапазон измерений — это область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности средств измерений. Он ограничивается верхними и нижними пределами измерений.

По диапазонам показаний и измерений устанавливаются область применения измерительных приборов.

Чувствительность измерительного прибора — это отношение изменения сигнала ΔI на выходе прибора (перемещение указателя) к вызывающему его изменению измеряемой величины Δx , т. е.

$$S = \frac{\Delta I}{\Delta x} . \quad (2)$$

Из формулы 2 следует, что чем меньше изменение измеряемой величины, отмечаемое прибором, тем выше его чувствительность, т. е. она обратно пропорциональна цене деления шкалы. В приборах со стрелочным или световым указателем чувствительность выражается в делениях шкалы, приходящихся на единицу измеряемой величины (дел/°С; дел/А; дел/В и т. п.).

Чувствительность прибора должна соответствовать его точности, отражающей близость получаемых при измерении результатов к истинному значению измеряемой величины.

При слишком низкой чувствительности прибор не может быть использован в полной мере. Очень высокая чувствительность приводит к ошибочной оценке точности прибора и может уменьшить его действительную точность.

Передаточное отношение прибора — безразмерная чувствительность, полученная при измерении перемещений или длин.

Понятие чувствительности нельзя смешивать с понятием порога чувствительности или реагирования, под которым понимают наименьшее изменение значений измеряемой величины, способное вызвать малейшее заметное отклонение указателя прибора.

Стабильность — качество средств измерений, отражающее неизменность во времени их метрологических свойств. Меры и измерительные приборы считаются тем стабильнее, чем меньше меняются их погрешности, определяемые при очередных поверках. Иногда в

понятие стабильности включают устойчивость средств измерений к внешним воздействиям. Стабильность характеризуется главным образом вариацией в показаниях измерительного прибора.

Вариация — наибольшая полученная экспериментально разность между многократными показаниями измерительного прибора, соответствующими данной точке диапазона измерений при двух направлениях медленных изменений параметра в процессе подхода к данной точке. При нескольких медленных подходах к данной точке диапазона измерения в каждом из двух направлений вариация b определяется как абсолютное значение средней разности показаний \bar{x}_m и \bar{x}_b :

$$b = |\bar{x}_m - \bar{x}_b|. \quad (3)$$

Причинами вариации являются трение и мертвый ход подвижных частей, наличие зазоров в сочленениях механизмов приборов, старение материалов, механический и магнитный гистерезис элементов.

Быстродействие измерительного прибора представляет собой максимальное число измерений (преобразований) с нормированной погрешностью в единицу времени. Быстродействие прибора непосредственно определяется принципом действия и особенностями конструктивных и схемных элементов и проявляется в так называемом запаздывании показаний приборов.

Надежность прибора характеризует его свойство сохранять работоспособность в течение заданного времени. Основным критерием надежности прибора является среднее время его безотказной работы $T_{ср}$, определяемое отношением:

$$T_{ср} = \Sigma t/n,$$

где t — время безотказной работы прибора; n — число отказов.

§ 3. ПОГРЕШНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ И КЛАССЫ ТОЧНОСТИ

Главной метрологической характеристикой измерительных средств является погрешность прибора. В результате воздействия большого числа случайных и детерминированных факторов, возникающих в процессе изготовления, хранения и эксплуатации средств измерений, показания измерительных приборов отличаются от истинных значений измеряемых ими величин. Эти отклонения определяют погрешности измерительных средств.

В зависимости от формы числового выражения различают абсолютные, относительные и приведенные погрешности.

Абсолютная погрешность измерительного прибора Δ_n — это разность между показанием прибора и истинным (действительным) значением измеряемой величины. Действительное значение обычно устанавливают путем измерения образцовым прибором.

Абсолютная погрешность оценивает точность прибора только в одной точке диапазона измерений и выражается в единицах измеряемой величины:

$$\Delta_n = x_n - x_d, \quad (4)$$

где x_n — показания прибора; x_d — действительное значение измеряемой величины.

Относительная погрешность измерительного прибора δ_{Π} — это отношение абсолютной погрешности измерительного прибора к истинному (действительному) значению измеряемой величины. Относительная погрешность средства измерения (%) может быть выражена как

$$\delta_{\Pi} = \pm \frac{\Delta_{\Pi}}{x_{\Pi}} 100. \quad (5)$$

Относительная погрешность оценивает точность прибора также в одной точке и переменна по диапазону измерений. Если диапазон измерения прибора охватывает и нулевое значение величины, то относительная погрешность обращается в бесконечность в соответствующей ему точке шкалы.

Приведенная погрешность измерительного прибора γ — это отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению. Она характеризует точность измерительного прибора по всему диапазону измерений. Приведенную погрешность (%) выражают как

$$\gamma = \pm \frac{\Delta_{\Pi}}{X_N} 100. \quad (6)$$

Нормирующее значение X_N — это условно принятое значение, равное верхнему пределу измерений или диапазону измерений, или длине шкалы.

В зависимости от характера проявления, возможностей устранения и причин возникновения различают систематическую и случайную погрешности.

Систематической Δ_c называют составляющую погрешности измерений, остающуюся постоянной или закономерно изменяющуюся при повторных измерениях одной и той же величины. Систематические погрешности возникают из-за неисправности средства измерений, неправильной его установки, настройки, влияния неблагоприятных внешних условий (вибрации, температуры и влажности воздуха, отклонения напряжения и т. п.), износа. Они зависят также от индивидуальных особенностей оператора. Δ_c в точке x диапазона измерений оценивают по формуле:

$$\Delta_c = \frac{\bar{\Delta}_M + \bar{\Delta}_B}{2}, \quad (7)$$

где $\bar{\Delta}_M$ и $\bar{\Delta}_B$ — среднее значение погрешности в точке диапазона измерений, определяемое экспериментально при медленных многократных измерениях информативного параметра входного или выходного сигнала со стороны соответственно меньших и больших значений x .

$$\bar{\Delta}_M = \frac{\sum_{l=1}^n \Delta_{Ml}}{n}; \quad \bar{\Delta}_B = \frac{\sum_{l=1}^n \Delta_{Bl}}{n}, \quad (8)$$

где Δ_{Ml} и Δ_{Bl} — l -я реализация (отсчет) погрешности средства измерений при предварительном изменении информативного параметра входного или выходного сигнала со стороны меньших и больших значений до значения x соответственно; n — число опытов при определении $\bar{\Delta}_M$ и $\bar{\Delta}_B$.

Если вариация не учитывается или отсутствует, то $\bar{\Delta}_c$ определяют по формуле:

$$\bar{\Delta}_c = 1/n \sum_{i=1}^n \Delta_i \quad (8 \text{ а})$$

где Δ_i — i -й отсчет погрешности средства измерений.

Нормируется систематическая составляющая Δ_0 погрешности пределом допускаемой составляющей $\Delta_{сд}$ погрешности.

Случайной $\overset{\circ}{\Delta}$ называют составляющую погрешности измерений, изменяющуюся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины.

Случайная погрешность возникает при одновременном независимом воздействии многих факторов, каждый из которых незаметно влияет на результат измерений, а суммарное воздействие может быть значительным.

$\overset{\circ}{\Delta}$ оценивают средним квадратическим отклонением $S(\overset{\circ}{\Delta})$ по формуле:

$$S(\overset{\circ}{\Delta}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_{M_i} - \bar{\Delta}_M)^2 + \sum_{i=1}^n (\Delta_{G_i} - \bar{\Delta}_G)^2}{2n - 1}} \quad (9)$$

Если вариация не учитывается или отсутствует, то

$$S(\overset{\circ}{\Delta}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_i - \bar{\Delta}_c)^2}{n - 1}} \quad (10)$$

Нормируется случайная составляющая погрешности пределом допускаемого среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности средства измерения $S_R(\overset{\circ}{\Delta})$.

Как правило, при измерениях случайные и систематические погрешности проявляются одновременно, поэтому погрешности измерения суммируют.

Суммарная погрешность Δ нормируется пределом допускаемого значения Δ_d погрешности средств измерений данного типа.

Для средств измерения, предназначенных для раздельного использования, по ГОСТ 8.009—72 систематическая и случайная составляющие погрешности должны нормироваться отдельно.

Однако до сих пор погрешности большинства выпускаемых промышленностью средств измерений нормируются пределом допускаемой основной погрешности.

Основная погрешность присуща средствам измерений при нормальных условиях их эксплуатации. Нормальные условия регламентируются соответствующими техническими условиями и стандартами на средства измерения конкретного типа. При отклонении условий эксплуатации средств измерений от нормальных появляются дополнительные погрешности, которые могут нормироваться раздельно для каждого из влияющих факторов.

Класс точности — это обобщенная характеристика средств измерений, определяемая пределами допускаемых основной и допол-

155479

нительных погрешностей, а также другими свойствами средств измерений, влияющими на их точность, значения которых устанавливаются стандартами на отдельные виды средств измерений.

Класс точности характеризует совокупность метрологических свойств данного средства измерений. Однако он не определяет однозначно точность измерений, так как последняя зависит также от метода измерений и условий их выполнения. Классы точности присваивают средствам измерений в соответствии с правилами, изложенными в ГОСТ 8401—80.

Основой для присвоения измерительным приборам того или иного класса точности является допускаемая основная погрешность и способ ее выражения. Пределы допускаемой основной погрешности выражают в форме приведенной, относительной или абсолютной погрешностей. Форма зависит от характера изменения погрешностей в пределах диапазона измерений, а также от условий применения и назначения средств измерений конкретного вида.

Пределы допускаемой абсолютной основной погрешности могут выражаться одним значением или в виде суммы двух членов:

$$\Delta_{\text{п}} = \pm a \quad (11)$$

или

$$\Delta_{\text{п}} = \pm (a + bx_{\text{п}}), \quad (12)$$

где $\Delta_{\text{п}}$ — предел допускаемой абсолютной основной погрешности измерительного прибора; $x_{\text{п}}$ — показание (без учета знака) прибора или номинальное значение меры; a и b — положительные числа, не зависящие от $x_{\text{п}}$.

Пределы допускаемой относительной основной погрешности устанавливают по следующим формулам:

$$\delta = \pm \frac{\Delta_{\text{п}}}{x_{\text{п}}} 100 \quad (13)$$

или

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{x_{\text{п}}}{x_{\text{н}}} \right| - 1 \right) \right], \quad (14)$$

где δ — пределы допускаемой относительной основной погрешности, %; $x_{\text{н}}$ — больший (по модулю) из пределов измерений; c и d — положительные числа, отображающие погрешность в относительных значениях, %; $c = b + d$; $d = a / |x_{\text{н}}|$.

Пределы допускаемой приведенной основной погрешности γ (%) можно найти по формуле:

$$\gamma = \pm \frac{\Delta_{\text{п}}}{X_{\text{н}}} 100, \quad (15)$$

где $X_{\text{н}}$ — нормирующее значение.

Нормирующее значение при установлении приведенной погрешности принимается равным:

для средств измерений с равномерной или степенной шкалой

— конечному значению рабочей части шкалы, если нулевая отметка находится в начале шкалы;

— арифметической сумме конечных значений рабочей части шкалы без учета их знака, если нулевая отметка находится внутри рабочей части шкалы;

для мер — их номинальному значению;

для средств измерений с логарифмической или гиперболической шкалой — всей длине шкалы.

Если границы погрешностей средств измерений необходимо принять изменяющимися нелинейно, пределы допускаемых погрешностей устанавливают в виде графика, таблицы или по другим формулам.

Для средств измерений длин и углов, мер масс и т. п. пределы допускаемой основной погрешности которых принято выражать в форме абсолютных погрешностей (или относительных погрешностей, установленных в виде таблицы, графика), классы точности обозначают прописными буквами латинского алфавита или римскими цифрами. Классы точности, которым соответствуют меньшие пределы допускаемых погрешностей, изображают буквами, находящимися ближе к началу алфавита, или цифрами, обозначающими меньшие числа (плоскопараллельные концевые меры длины выпускаются классов точности 0, 1, 2, 3. Высший класс точности — 0, низший — 3).

Для электроизмерительных приборов, манометров, тахометров и многих других средств измерений, пределы допускаемой основной погрешности которых принято выражать в форме относительной или приведенной погрешности по формулам (13) и (15), классы точности обозначают числами. Их выбирают из ряда чисел $1 \cdot 10^n$; $1,5 \cdot 10^n$; $2 \cdot 10^n$; $2,5 \cdot 10^n$; $4 \cdot 10^n$; $5 \cdot 10^n$; $6 \cdot 10^n$; ($n=1, 0, -1, -2, \dots$), которые равны пределам погрешностей, выраженным в процентах. При этом классы точности измерительных приборов, пределы допускаемой основной погрешности которых выражаются относительной погрешностью, обозначаются числами в кружочке (для манометра, относительная основная погрешность которого не превышает $\pm 1,5\%$, класс

точности — $\textcircled{1,5}$).

Классы точности измерительных приборов, пределы допускаемой основной погрешности которых выражаются в процентах от нормирующего значения, определяемого длиной шкалы, обозначаются чис-

лами, заключенными в уголок ($\sphericalangle 0,5 ; 2,5 \sphericalangle$).

Обозначение класса точности на средствах измерений дает непосредственное указание на предел допускаемой погрешности. Так, при измерении манометрическим термометром со шкалой $0..150^\circ\text{C}$ ($X_N=150^\circ\text{C}$) класса точности 2,5 основная абсолютная погрешность на любой отметке шкалы термометра не превышает по модулю $\Delta_n = \pm 2,5 X_N / 100 = \pm (2,5 \cdot 150) / 100 = 3,75^\circ\text{C}$. На некоторых отметках шкалы она может быть значительно меньше $\pm 3,75^\circ\text{C}$.

Для средств измерений, пределы допускаемой основной погрешности которых выражают в форме относительных погрешностей по формуле (14), классы точности в документации обозначают числами ϵ и d , разделенными косой чертой.

Класс точности средств измерения устанавливают при выпуске и после ремонта поверкой по образцовому прибору в нормальных условиях. Средствам измерений с двумя и более диапазонами измерений или предназначенным для измерения нескольких физических величин допускается присваивать собственный класс точности для

1. Правила построения и примеры обозначения классов точности в документации и на средствах измерений

Форма выражения погрешности	Определение пределов допускаемой основной погрешности	Пределы допускаемой основной погрешности, %	Обозначение класса точности	
			в документации	на средствах измерения
Абсолютная	По формуле (11) или (12)		Класс точности 1	1
			Класс точности М	М
Относительная	По формуле (13)	$\delta = \pm 0,5$	Класс точности 0,5	0,5
	По формуле (14)	$\delta = \pm \left[2 + 0,5 \left(\left \frac{x_K}{x_H} \right - 1 \right) \right]$	Класс точности 2/0,5	2/0,5
Приведенная	По формуле (15)	$\gamma = \pm 2,5$	Класс точности 2,5	2,5
	Нормирующее значение выражено в единицах величины на входе (выходе) средств измерений			
	Нормирующее значение принято равным длине шкалы или ее части	$\gamma = \pm 1,5$	Класс точности 1,5	1,5

каждой измеряемой величины или отдельного диапазона измерений.

Правила построения и примеры обозначения классов точности приведены в таблице 1.

§ 6. ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Качество измерений характеризуется точностью, достоверностью, правильностью и сходимостью результатов.

Достоверность характеризует степень доверия к результатам измерений. Достоверность оценки погрешностей определяют на основе законов теории вероятностей и математической статистики.

Правильность — это качество измерений, отражающее близость к нулю систематических погрешностей.

Сходимость — это качество измерений, отражающее соответствие результатов измерений, выполняемых в одинаковых условиях. Сходимость показывает влияние случайных погрешностей.

Для сопоставления и совместного использования результатов измерений применяют единообразные показатели точности измерений и единые унифицированные формы представления результатов измерений. Количественные показатели точности измерений и способы их выражения устанавливает ГОСТ 8.011—72. При измерении различных величин и параметров в сельскохозяйственном производстве в качестве показателя точности обычно используют интервал, в котором погрешность измерения находится с заданной вероятностью.

При симметричной доверительной погрешности результаты измерений представляют в форме:

$$\tilde{A} \pm \Delta; P, \quad (16)$$

где \tilde{A} — результат измерения в единицах измеряемой величины; Δ и P — погрешность измерения и установленная вероятность, с которой погрешность измерения находится в этих границах.

Числовое значение результата измерения должно оканчиваться цифрой того же разряда, что и значение погрешности Δ .

Если отсутствуют данные о виде функций распределений составляющих погрешности результата и нет необходимости дальнейшей обработки результатов или анализа погрешностей, то результаты представляют в форме:

$$\tilde{A}; S(\tilde{A}); n; \theta, \quad (17)$$

где $S(\tilde{A})$ — оценка среднего квадратического отклонения результата измерения; n — число результатов наблюдений; θ — границы неисключенной систематической погрешности результата измерений.

При прямых однократных измерениях исправными средствами точность оценивают пределами допускаемой основной и дополнительной погрешностей и результат представляют в форме интервальной оценки:

$$x_n \pm \Delta; P, \quad (18)$$

где x_n — показание прибора; Δ и P — пределы допускаемой основной и дополнительной абсолютных погрешностей измерения и вероятность ее оценки,

Пределы допускаемых погрешностей показаний при измерении линейных величин (давления, разрежения, температуры, расхода и т. п.) устанавливают по классам точности средств измерений в соответствии с ГОСТ 8.401—80. Пределы допускаемой погрешности измерения линейных размеров устанавливают для конкретных средств измерений с учетом условий их применения. Доверительная вероятность оценки погрешностей в указанных границах составляет при этом $P=0,95$.

Для повышения точности измерений, исключения ошибок и известных систематических погрешностей рекомендуется в лабораторных условиях и при испытании сельскохозяйственных машин проводить измерения многократными наблюдениями, число которых должно быть не менее трех. Порядок обработки результатов прямых многократных измерений и оценки их погрешностей регламентирует ГОСТ 8.207—76. При статистической обработке результатов наблюдений выполняют следующие операции:

исключают известные систематические погрешности из результатов наблюдений;

вычисляют среднее арифметическое исправленных результатов наблюдений, принимаемое за результат измерения;

находят оценку среднего квадратического отклонения результата наблюдения и измерения;

устанавливают доверительные границы случайной погрешности результата измерения (при этом проверяют гипотезу о том, что результаты наблюдений принадлежат нормальному распределению);

исключают из ряда наблюдений грубые погрешности.

Исключение систематических погрешностей из результатов наблюдений. Чем меньше систематические погрешности, тем выше точность и правдивее результат измерения. От систематических погрешностей освобождаются, устраняя источники их возникновения до начала измерений, исключая их в процессе измерения, внося вычисленные поправки в результат измерения.

Наиболее рациональный путь — устранение источников погрешностей. Он существенно упрощает и ускоряет процесс измерения. Для этого необходимо правильно выбирать метод измерения, внимательно устанавливать и настраивать измерительные средства в соответствии с инструкцией предприятия-изготовителя, а измерения проводить тщательно и в соответствующих условиях.

Исключение систематических погрешностей в процессе измерения осуществляют способами замещения, компенсации погрешностей по знаку, противопоставления и симметричных наблюдений. Для этих способов характерно проведение повторных измерений, поэтому они применимы при измерениях стабильных величин и параметров.

Способ замещения заключается в том, что измеряемый объект заменяют известной мерой или аттестованным образцом, находящимся в тех же условиях. Полученный результат будет свободным от систематической погрешности. Способ замещения является одним из самых надежных приемов исключения погрешностей.

Способ компенсации погрешности по знаку состоит в том, что измерение проводят дважды так, чтобы известная по природе, но неизвестная по значению погрешность входила в результаты с противоположными знаками. Погрешность исключается при вычислении среднего значения.

Способ противопоставления имеет сходство со способом компенсации погрешности по знаку и основан на том, что измерения проводят дважды так, чтобы причина, вызывающая погрешность при первом измерении, оказала противоположное действие на результат второго. Основная область приложения способа противопоставления — исключение погрешностей при сравнении измеряемой величины с мерой примерно равного значения.

Способ симметричных наблюдений применяется для исключения прогрессивной систематической погрешности и заключается в том, что измерения проводят последовательно через равные интервалы времени, а при обработке используют свойство результатов симметричных наблюдений. Для этого после измерений прибавляют к полученному результату среднюю поправку с обратным знаком:

$$x_i = x'_i + \rho, \quad (19)$$

где x_i и x'_i — соответственно исправленный и неисправленный результаты наблюдений; ρ — среднее значение поправки.

Вычисление среднего арифметического исправленных результатов наблюдений. Результат наблюдений, в который введены поправки с целью устранения систематических погрешностей, считается исправленным.

Среднее арифметическое \bar{x} из полученных при измерении отдельных единичных наблюдений вычисляют по формуле:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (20)$$

где x_i — результат наблюдения; n — число единичных наблюдений.

Если во всех результатах содержится постоянная систематическая погрешность, допускается исключить ее после вычисления среднего арифметического неисправленных результатов наблюдений.

Оценка среднего квадратического отклонения результата наблюдения и измерения. Среднее квадратическое отклонение S результата единичного наблюдения, взятого из совокупности таких измерений, вычисляют по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}. \quad (21)$$

Среднее квадратическое отклонение $S(\bar{x})$ результата измерения является параметром функции распределения и подсчитывается по формуле:

$$S(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}, \quad (22)$$

где x_i — i -й результат наблюдения; \bar{x} — среднее арифметическое исправленных результатов наблюдений (результат измерения); n — число наблюдений.

2. Значение коэффициента t_p для доверительных границ

Число результатов наблюдений $n-1$	Доверительная вероятность P			Число результатов наблюдений $n-1$	Доверительная вероятность P		
	0,9	0,95	0,99		0,9	0,95	0,99
2	2,92	4,30	9,92	12	1,78	2,18	3,06
3	2,35	3,18	5,84	14	1,76	2,15	2,98
4	2,13	2,78	4,60	16	1,75	2,12	2,92
5	2,02	2,57	4,03	18	1,73	2,10	2,88
6	1,94	2,48	3,71	20	1,72	2,09	2,85
7	1,90	2,37	3,50	22	1,72	2,07	2,82
8	1,86	2,31	3,36	25	1,71	2,06	2,79
9	1,83	2,26	3,25	30	1,70	2,04	2,75
10	1,81	2,23	3,17	∞	1,65	1,96	2,58

Из формул (21) и (22) следует, что точность среднего арифметического значения измеряемой величины в \sqrt{n} раз выше точности единичного наблюдения.

Вычисление доверительных границ случайной погрешности результата измерения. Доверительные границы ϵ (без учета знака) случайной погрешности измерения для результатов небольшого числа наблюдений ($3 < n < 20$), принадлежащих нормальному распределению, находят по формуле:

$$\epsilon = t_p S(\bar{x}), \quad (23)$$

где t_p — коэффициент Стьюдента.

Коэффициент t_p в зависимости от доверительной вероятности P и числа результатов наблюдений n находят по таблице 2.

Окончательно полученный результат измерения записывают в виде:

$$x = \bar{x} \pm \epsilon(n, P). \quad (24)$$

Для производственных измерений рекомендуется выбирать $P = 0,9$ и $P = 0,95$; для исследовательских целей и при ответственных лабораторных измерениях — $P = 0,95$ и $P = 0,99$.

Правильность выбора нормального закона распределения, характеризующего рассеяние результатов наблюдений, проверяют по критериям согласия. В ГОСТ 11.006—74 предусмотрены три критерия согласия: Колмогорова, Пирсона χ^2 и Мизеса—Смирнова ω^2 .

В отличие от критерия Колмогорова проверка по критериям согласия хи-квадрат и омега-квадрат требует большего объема вычислительных работ. По критерию Колмогорова сравнивают эмпирические и теоретические значения интегральной функции.

Значения критерия согласия Колмогорова λ_n определяют по формуле:

$$\lambda_n = \frac{\left| \sum_1^n m_i - \sum_1^n m_{i \text{ теор}} \right|_{\max}}{n} \sqrt{n} = D_{\max} \sqrt{n}, \quad (25)$$

где $\sum_1^n m_i$ — накопленная эмпирическая частота; $\sum_1^n m_{i\text{теор}}$ — накопленная теоретическая частота; D_{max} — наибольшая абсолютная разность между накопленными эмпирическими и теоретическими частотами; n — число результатов наблюдений.

Критерий согласия λ_n подчиняется определенному закону распределения, по которому можно определить уровень значимости α ($\alpha = 1 - P$). Значения α для различных значений λ_n приведены в таблице 3. При $(1 - \alpha) > 0,1$ распределение результатов наблюдений принадлежит нормальному распределению.

При числе результатов наблюдений $n < 15$ принадлежность их к нормальному закону не проверяют.

При правильном проведении измерений отсутствуют грубые погрешности. Грубые погрешности и промахи возникают из-за несправностей измерительных приборов, ошибок оператора, а также при кратковременных резких изменениях условий проведения измерений. Результаты измерений, содержащие грубые погрешности и промахи, отбрасываются. Для исключения из ряда наблюдений грубых погрешностей разработан ряд критериев (Райта, Романовского, Ирвина и др.). Наиболее простым, но грубым приемом является отбрасывание результатов наблюдений, содержащих погрешности, превышающие $\pm 3S$. Этим критерием можно пользоваться при числе наблюдений $n > 20$. При малом n он слабо отсеивает ошибки измерений.

Более точно проверить ошибку наблюдений при $n < 20$ можно по критерию β (согласно ГОСТ 11.002—73) и λ (критерию Ирвина). Для того чтобы принять или исключить наиболее отклоняющиеся от остальных результаты наблюдения, находят отношение:

$$u_{\text{max}} = \frac{x_{\text{max}} - \bar{x}}{S} \quad \text{или} \quad u_{\text{min}} = \frac{\bar{x} - x_{\text{min}}}{S}, \quad (26)$$

где S — среднее квадратическое отклонение результата наблюдения по формуле (21).

Результат сравнивают с величиной β , взятой из таблицы 4 для данного числа наблюдений n и принятого уровня значимости α ($\alpha = 1 - P$).

Если $u_{\text{max}} > \beta$ или $u_{\text{min}} > \beta$, то сомнительный результат наблюдений следует считать грубым и его надо отбросить. Затем вновь вычисляют x и S .

3. Распределение критерия Колмогорова

α	λ_n	α	λ_n	α	λ_n
0,01	0,44	0,30	0,71	0,80	1,07
0,05	0,52	0,40	0,77	0,90	1,22
0,10	0,57	0,60	0,89	0,95	1,36
0,15	0,61	0,70	0,97	0,99	1,63
0,20	0,65				

4. Предельные значения β для исключения грубых погрешностей

Число наблюдений n	Предельные значения β при уровне значимости α			Число наблюдений	Предельные значения β при уровне значимости α		
	0,1	0,05	0,025		0,1	0,05	0,025
3	1,15	1,15	1,15	10	2,03	2,18	2,29
4	1,42	1,46	1,48	12	2,13	2,29	2,41
5	1,60	1,67	1,72	14	2,21	2,37	2,50
6	1,73	1,82	1,89	16	2,28	2,44	2,58
7	1,83	1,94	2,02	18	2,34	2,50	2,66
8	1,91	2,03	2,13	20	2,38	2,56	2,71
9	1,98	2,11	2,21				

Вышеуказанные способы обработки результатов наблюдений относятся к прямым измерениям. Косвенные измерения физической величины основаны на вычислении ее по соответствующим зависимостям.

В общем виде можно написать, что искомая рассчитываемая величина Q есть функция непосредственно измеряемых величин x, y, z : $Q=f(x, y, z)$. Тогда случайную погрешность косвенно измеряемой величины оценивают по формуле:

$$\Delta_Q^0 = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x} \Delta_x^0\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \Delta_y^0\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial z} \Delta_z^0\right)^2}, \quad (27)$$

где $\frac{\partial f}{\partial x}$; $\frac{\partial f}{\partial y}$; $\frac{\partial f}{\partial z}$ — частные производные функции f по x, y, z ;

$\Delta_x^0, \Delta_y^0, \Delta_z^0$ — вероятные случайные погрешности непосредственно измеряемых величин x, y, z .

Окончательный итог косвенного измерения получают по формуле (16).

§ 7. СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Единство измерений — это состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и имеют нормированную точность.

Для обеспечения единства и достоверности измерений в стране создана единая метрологическая служба, состоящая из государственной и ведомственных метрологических служб министерств и ведомств, руководство деятельностью которых осуществляет Государственный комитет СССР по стандартам. Деятельность государственной и ведомственных метрологических служб определена системой государственных стандартов, которые устанавливают комплекс взаимосвязанных правил и положений, требований и норм. Этот комплекс определяет организацию и методику проведения работ по

оценке и обеспечению точности измерений, результаты которых используются государственными органами, предприятиями и учреждениями СССР. Стандарты по обеспечению единства измерений объединены в серии, номер которых начинается с цифры 8 (ГОСТ 8.009—72, ГОСТ 8.002—71, ГОСТ 8.061—80 и т. д.).

В Государственную метрологическую службу (МС) входят: главный центр государственной МС — Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологической службы Госстандарта (ВНИИМС);

главные центры государственных эталонов, главный центр стандартных образцов, вещества и материалов, центры государственных эталонов;

Всесоюзный научно-исследовательский центр Государственной службы стандартных справочных данных;

органы государственной МС в союзных республиках.

В постановлении Совета Министров СССР № 273 от 4.04.1983 г. «Об обеспечении единства измерений в стране» указаны мероприятия по метрологическому обеспечению работ, направленных на ускорение технического прогресса, повышение эффективности производства и улучшение качества выпускаемой продукции.

Этим документом установлена ответственность за обеспечение единства измерений в масштабе страны, определены порядок планирования, разработки, производства и распределения рабочих средств измерений, проведения метрологического контроля состояния и признания измерительной техники.

Работы по обеспечению единства измерений, проводимые на предприятиях, в организациях и учреждениях, отнесены к основным видам работ.

Ведомственная метрологическая служба Министерства сельского хозяйства СССР является составной частью единой метрологической службы страны. В нее входят отдел стандартов и метрологии МСХ СССР, головная организация МС — научно-производственное объединение «Агроприбор», МС ВАСХНИЛ, МС министерств сельского хозяйства союзных республик; МС всесоюзных и республиканских объединений; базовые организации МС; МС областных и районных агропромышленных объединений, предприятий, научно-исследовательских, проектно-конструкторских и технологических организаций, агропромышленных комплексов, колхозов и совхозов.

В своей деятельности ведомственная МС руководствуется Положением о метрологической службе, утвержденным министерством по согласованию с Государственным комитетом СССР по стандартам, решениями партии и правительства, действующим законодательством, стандартами Государственной системы стандартизации (ГСС) в Государственной системе обеспечения единства измерений (ГСИ) и другой нормативно-технической документацией (НТД).

Основные задачи ведомственной МС МСХ СССР:

обеспечение единства и требуемой точности измерений, повышение уровня и развитие техники измерений, испытаний и контроля на предприятиях МСХ СССР;

методическое руководство, координация и осуществление работ по метрологическому обеспечению разработки, производства, испытаний и эксплуатации средств измерений, выпускаемых на предприятиях МСХ СССР;

внедрение современных методов и средств измерений, испыта-

ний и контроля, а также соответствующей проверочной аппаратуры на предприятиях и в организациях МСХ СССР;

разработка и внедрение стандартов ГСИ в соответствии с планами государственной стандартизации;

организация учета парка средств измерений и изучение потребности в них;

планирование и проведение Государственных испытаний разрабатываемых и выпускаемых в системе МСХ СССР средств измерений;

проведение метрологической экспертизы проектов стандартов и технических условий проектов важнейших изделий, технологической и конструкторской документации, методическое руководство проведением метрологической экспертизы другими службами предприятий и организаций МСХ СССР;

обеспечение поверки и ремонта средств измерений, осуществление ведомственного контроля за их состоянием и применением, за соблюдением метрологических правил, требований и норм на предприятиях и в организациях МСХ СССР;

участие в работах по международному сотрудничеству в области метрологии.

С переводом сельскохозяйственного производства на промышленную основу, его концентрацией и специализацией значительно повысились требования к метрологическому обеспечению средств измерений для определения качества сельскохозяйственной продукции, учета ее количества, контроля технологических процессов и обеспечения качества ремонта сельскохозяйственной техники.

Поверка средств измерений — важнейшая форма государственного надзора за измерительной техникой. Под поверкой понимают экспериментальное определение погрешности средств измерения и установление их пригодности к применению. Поверку проводят, сличая показания поверяемых с образцовыми средствами измерений в соответствии с требованиями государственных стандартов на методы и средства поверки, а при их отсутствии — методических указаний (или инструкций) по поверке. Погрешность образцовых средств измерений должна быть примерно в 3 раза меньше, чем ожидаемая погрешность поверяемых приборов.

Поверка средств измерения после изготовления или ремонта называется первичной, а проводимая при эксплуатации или хранении средств измерения через определенные промежутки времени (межповерочные интервалы) — периодической. Периодичность поверки средств измерения устанавливают местные метрологические органы, проводящие поверку (1 раз в год или два года). В случае отказа средств измерений их направляют в ремонт и на следующую поверку независимо от установленного межповерочного интервала.

Поверку средств измерений, находящихся в обращении в агропромышленных объединениях, колхозах, совхозах, ремонтных предприятиях «Сельхозтехники», проводят органы МС в стационарных и передвижных метрологических лабораториях; на предприятиях по заявкам, а также в организованных в сельских районах временных отделений. Предприятиям или организациям разрешено выколотить ремонт и поверку средств измерений при наличии кадров, оборудования и помещения в соответствии с требованиями методических указаний МИ-15-74 и МИ-185-79 и разрешения органов государственной МС.

На приборы, признанные в результате поверки годными, наано-

сят поверительные клейма или выписывают свидетельства, их корпуса пломбируют.

В хозяйствах, организациях и на предприятиях, где не создана МС, проведение работ по метрологическому контролю возлагают на другие подразделения или на отдельных технически подготовленных лиц.

Специально назначенные лица, на которых возложена ответственность за состояние средств измерений, ежегодно составляют календарные графики поверки в виде перечней средств измерений с указанием ее периодичности и календарных сроков. Они должны своевременно представлять средства измерений в ремонт и на поверку в соответствии с графиком, согласованным с территориальной метрологической службой, проводящей поверку, вести учет средств измерений и следить за их состоянием и правильным использованием, определять потребности и составлять заявки на средства измерения и лабораторное оборудование, а также оказывать содействие органам Госстандарта при осуществлении государственного надзора за состоянием и применением средств измерений.

Глава II | СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ЛИНЕЙНЫХ И УГЛОВЫХ РАЗМЕРОВ УНИВЕРСАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

§ 1. МЕРЫ ДЛИНЫ

Концевые меры служат основным средством сохранения единства мер в машиностроении. С их помощью проверяют, устанавливают и градуируют меры и измерительные приборы, устанавливают приборы на нуль при относительных измерениях, выполняют точную разметочную работу, наладку станков и проводят непосредственные измерения изделий.

Плоскопараллельные концевые меры длины изготавливают в форме прямоугольного параллелепипеда — плитки (рис. 4). Размер q между двумя точно доведенными параллельными поверхностями является рабочим.

Размер концевой меры определяется расстоянием между ее свободной измерительной поверхностью и плоскостью A тела, к которому притерта вторая измерительная поверхность. Форма плитки не может быть идеальной, поэтому расстояния от притертой поверхности до точек a , b , v и z свободной поверхности могут быть не равны между собой из-за непараллельности и неплоскости этих поверхностей. Обычно плитку измеряют в пяти точках — a , b , v , z и O . Первые четыре точки расположены не ближе 0,5 мм от ее краев. За размер меры принимают ее срединный размер (но не средний из пяти).

Срединный размер равен длине перпендикуляра, опущенного из точки пересечения диагоналей свободной поверхности (точки O) на поверхность, к которой притерта концевая мера (точка O').

Плоскопараллельность концевой меры характеризуется наибольшей по абсолютной величине разностью между длиной меры в любой точке и срединной ее длиной.

Притираемость, важнейшее свойство плиток, — это способность их прочно сцепляться между собой при надвигании одной на другую. Притираемость позволяет составлять из нескольких концевых мер блок плиток, размер которого близок к сумме размеров отдельных плиток. По точности изготовления концевые меры делятся на пять классов — 00; 0; 1; 2 и 3 (ГОСТ 13581—81). При переаттестации мер, бывших в эксплуатации, допускается их перевод из класса большей точности в класс меньшей точности. Для этого введены дополнительно 4-й и 5-й классы (ГОСТ 8.166—75). По точности аттестации (по предельной погрешности определенной срединной длиной) концевые меры делятся на пять разрядов — 1, 2, 3, 4 и 5.

Классе плиток характеризуется степенью приближения срединного размера плитки к ее номинальному размеру. Чем меньше

срединный размер отличается от номинального, тем выше класс плитки, и наоборот.

Отклонение длины концевой меры от номинальной, обозначенной на мере, в зависимости от класса не должно превышать значений, указанных в таблице 5.

Концевые меры класса 00 изготавливают по заказу потребителя.

Разряд плитки характеризуется предельной погрешностью того инструмента или прибора, при помощи которого определяли ее срединную длину. Вследствие этого плитки более низкой точности изготовления при измерении их прибором с малой погрешностью покажут лучшие результаты, чем плитки более высокого класса. Для использования концевых мер по разряду каждая из них должна иметь аттестат с указанием ее действительного размера. Такие меры применяют при особенно точных измерениях и перееаттестации рабочих концевых мер.

Концевые меры на производстве делятся на основные и подчиненные. Это деление носит условный характер.

Основные меры — это те, которые имеют высший разряд или класс по сравнению со всеми другими мерами, используемыми на данном предприятии. Остальные меры относятся к подчиненным. Основные меры служат для проверки подчиненных мер.

Номинальные размеры концевых мер установлены в пределах, которые указаны в таблице 6.

Концевые меры длины комплектуют в наборы так, чтобы можно было составлять блоки из возможно меньшего количества мер.

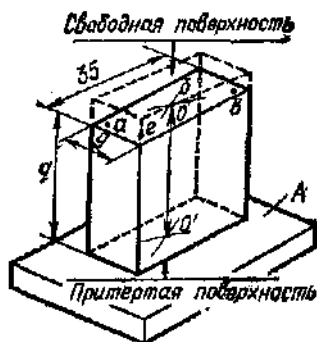


Рис. 4. Концевая мера длины.

5. Соотношение номинальных размеров, допускаемых отклонений и класса точности концевых мер (ГОСТ 13581—81)

Номинальный размер концевой меры, мм	Допускаемые отклонения концевых мер от номинального их значения, мкм (\pm)						
	в процессе изготовления				после эксплуатации		
	для классов точности						
	00	0	1	2	3	4	5
До 10	0,05	0,10	0,18	0,35	0,80	2,00	4,00
Свыше 10 до 25	0,07	0,14	0,27	0,55	1,20	2,50	5,00
» 25 » 50	0,10	0,20	0,35	0,70	1,60	3,50	6,00
» 50 » 75	0,12	0,25	0,45	0,90	2,00	4,50	8,00
» 75 » 100	0,14	0,30	0,55	1,10	2,50	5,00	10,00

6. Пределы номинальных значений размеров концевых мер

Интервал, мкм	Номинальное значение длины концевой меры, мм	Число концевых мер в интервале
0,001	От 0,991 до 1,01 включительно	20
0,01	» 1 » 1,5 »	50
0,1	» 1 » 2 »	10
0,5	» 0,5 » 25 »	48
1,0	» 1 » 25 »	25
10	» 10 » 100 »	10

Всего существует восемь стандартных наборов. Их характеристика дана в таблице 7.

В состав наборов входят также защитные меры.

Защитные меры, изготовленные из твердого сплава, притирают по концам блока для предохранения основных плиток набора от повреждений и износа. Применяют защитные меры в том случае, если блок плиток используется многократно. Защитные плитки в отличие от остальных имеют срезанные углы и дополнительную буквенную маркировку.

Класс точности набора определяется нижшим классом отдельной меры, входящей в набор. Концевые меры поставляют потребителю в наборе или россыпью.

Порядок составления блоков. Блоки из концевых мер для получения точных размеров составляют в соответствии с классом плиток или, если требуется повышенная точность, в соответствии с их разрядом. При настройке обычных производственных приборов, как правило, используют блок концевых мер, составленный по классу. Число плиток в блоке должно быть не более пяти.

При составлении блока концевых мер выполняют следующие операции.

1. Определяют число и размер концевых мер, входящих в блок.

Набор блока начинают с микрометровых плиток, затем переходят к соточным, далее к десятичным и, наконец, к миллиметровым и сантиметровым, но так, чтобы числовое значение остатка каждый раз уменьшалось по крайней мере на один десятичный разряд. Допустим, требуется составить размер 75,426 мм из концевых мер 2-го класса (без защитных плиток):

1-я плитка (микрометровая) — 1,006 мм, остаток 74,420 мм;

2-я плитка (соточная) — 1,420 мм, остаток 73,00 мм;

3-я плитка (миллиметровая) — 3,000 мм, остаток 70,000 мм;

4-я плитка (сантиметровая) — 70,000 мм, остаток 0. Сумма... 75,426 мм.

2. Устанавливают суммарную погрешность блока.

По таблице 5 (ГОСТ 13581—81) предельная погрешность отдельных плиток будет равна соответственно $\pm 0,35$ мкм, $\pm 0,35$, $\pm 0,35$ и $\pm 0,90$ мкм. Предельную погрешность блока устанавливают квадратичным сложением погрешностей отдельных плиток. Для этого используют уравнение:

$$\Delta_{\text{lim}(\Sigma)} = \sqrt{\Delta_{\text{lim}(1)}^2 + \Delta_{\text{lim}(2)}^2 + \dots + \Delta_{\text{lim}(n)}^2} \quad (28)$$

7. Наборы концевых мер

Номер набора	Число концевых мер в наборе	Число мер. в интервале	Интервал, мм	Номинальные значения длины концевой меры, мм	Класс точности набора
1	83	1,005	0,01	От 1,01 до 1,49 включительно	1,2,3
		1,0			
		0,5			
		49			
		6			
2	38	1,0	0,01	От 1,01 до 1,09 включительно	1,2,3
		1,005			
		9			
		9			
		8			
3	112	1,005	0,01	От 1,01 до 1,49 включительно	1,2,3
		1,0			
		0,5			
		49			
		5			
4	10	10	0,001	От 0,991 до 1,000 »	0 и 1
		10	0,001	От 1,000 до 1,009 »	0 и 1
6	18	18	0,001	От 0,991 до 1,009 »	0 и 1
7	4			1,5; 1,5; 2 и 2 (защитные)	1,2,3
8	4			1; 1; 1,5 и 1,5 (защитные)	1,2,3

В приведенном примере $\Delta_{\text{пл}(бл)} = \pm \sqrt{3 \cdot 0,35^2 + 0,9^2} = \pm 1,085$ мкм. Если $\Delta_{\text{пл}(бл)}$ оказывается больше, чем необходимо по техническим условиям, то переходят к набору концевых мер более высокого класса. При использовании тех же размеров концевых мер из набора 1-го класса $\Delta_{\text{пл}(бл)} = \pm 0,545$ мкм. Таким образом устанавливают необходимый класс концевых мер для настройки станков, измерительных приборов и т. д.

3. Отобранные концевые меры очищают ватным тампоном от смазки, промывают в чистом бензине, затем вытирают насухо чистым полотняным полотенцем. Промытые и вытертые меры нельзя брать руками за измерительные поверхности.

4. Составляют блок. Делают это так. Сначала к одной из защитных плиток притирают самую малую концевую меру, затем к собранному блоку притирают вторую по размеру плитку, затем

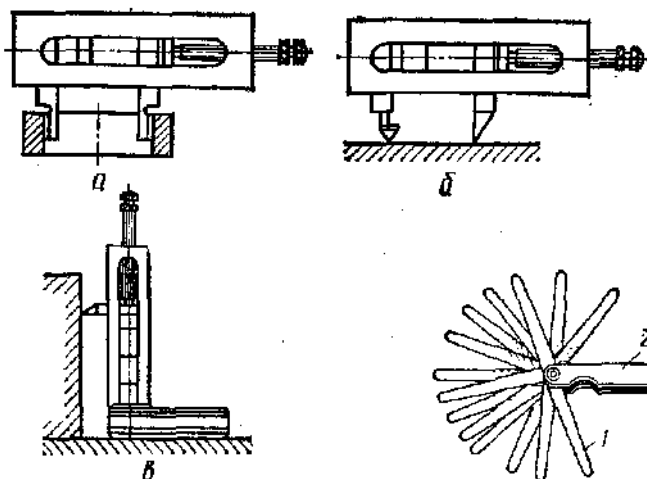


Рис. 5. Принадлежности к
концевым мерам длины.

Рис. 6. Шупы:

1 — шуп; 2 — накладка.

третью и т. д. Последней устанавливают снова защитную плитку. Защитные плитки притирают всегда одной и той же стороной (не маркированной). Если блок составляют для разового использования, то защитные плитки не ставят.

Поверхности притирают следующим образом. Берут концевую меру за боковые плоскости, накладывают ее на притирасную плитку или блок так, чтобы измерительные плоскости совмещались примерно на половину их длины. Затем, слегка нажимая на верхнюю плитку, надвигают ее на нижнюю до полного контакта измерительных поверхностей. Концевые меры или блок концевых мер размером более 5,5 мм можно притирать другим способом. Меры накладывают друг на друга крестообразно и с небольшим нажимом поворачивают одну относительно другой до тех пор, пока измерительные плоскости не совпадут.

5. После использования каждую концевую меру промывают в чистом бензине, тщательно протирают, смазывают тонким слоем технического вазелина и укладывают на свое место.

С течением времени концевые меры изнашиваются и постепенно изменяют свои размеры. Поэтому их переаттестовывают в сроки, установленные ГОСТом 8.166—75 или ГОСТом 13581—81.

Специальные приспособления (рис. 5) выпускают для совместного использования с концевыми мерами. Блоком плиток, закрепленным по сторонам боковичками и зажатым в струбцине, можно измерять точные отверстия (рис. 5, а). Если применять боковички, один из которых показан на рисунке 5, б, то блоком можно измерять валы. Если же боковички заменить чертилкой с центровым острием, то получается разметочный циркуль. В результате соединения основания со струбциной, в которой набран блок, получается рейсмус для разметочных работ на плите (рис. 5, в).

8. Шупы в наборах

Номер набора	Число пластинок в наборе	Номинальная толщина пластинок, мм	Градации	Число мер данной градации
1	9	0,02...0,10	0,01	9
2	17	0,02...0,10	0,01	9
3	10	0,15...0,50	0,05	8
4	10	0,55...1,00	0,05	10
4	10	0,10...1,00	0,10	10

Шупы — разновидность концевых мер (ГОСТ 882—75). Шуп представляет собой длинную тонкую пластинку. Толщина этой пластинки служит измерительным (рабочим) размером. Длина пластинок в зависимости от их назначения бывает 50, 100 и 200 мм. Такие пластинки различной толщины соединяют по несколько штук накладку (рис. 6). Шупы применяют для определения зазоров между трущимися деталями, измерения малых расстояний между двумя близколежащими поверхностями. Шупами оценивают также прямолинейность поверхностей, например при проверке направляющих станков и т. д. Для этой цели вдоль направляющей ставят ребром линейку и просвет между линейкой и станиной измеряют шупом.

По точности шупы делятся на два класса. По существующему стандарту шупы выпускают в наборах. Характеристика шупов приведена в таблице 8.

§ 2. УГЛОВЫЕ МЕРЫ

Угловые меры (плитки) (ГОСТ 2875—75) предназначены для проверки и настройки углоизмерительных приборов, проверки угловых шаблонов, точного измерения углов. Они имеют треугольную форму с одним рабочим углом α — для углов от 10 до 79° (рис. 7, а) или четырехугольную форму с четырьмя рабочими углами α , β , γ и δ — для углов от 80 до 100° (рис. 7, б). Из плиток можно составить блоки в пределах от 10 до 360°.

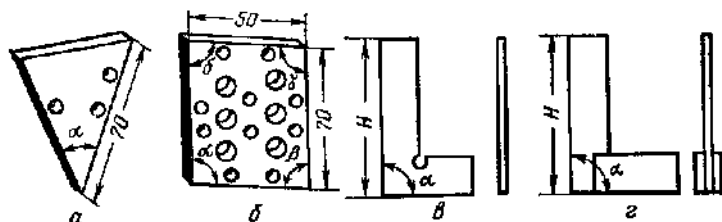


Рис. 7. Приспособления для измерения углов:

а и б — угловые меры; в — плоский слесарный угольник УП; г — слесарный угольник с широким основанием УШ.

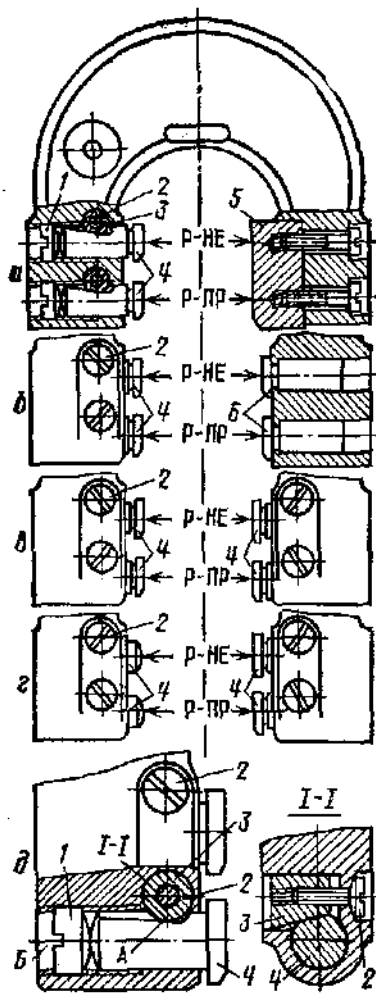


Рис. 8. Тилы регулируемых скоб:

а — с неподвижной плоской губкой; б — с запрессованными с правой стороны цилиндрическими вставками; в — с двусторонней регулировкой; г — с вставками со сферическими головками; 1 — установочный винт; 2 — затяжной винт; 3 — затяжная втулка; 4 — вставка; 5 — плоская вставка; 6 — цилиндрическая вставка.

По точности изготовления угловые плитки бывают двух классов. Плитки 1-го класса изготавливают с предельным отклонением рабочих углов $\pm 10''$, 2-го класса — с предельным отклонением $\pm 30''$. Угловые плитки комплектуют в наборы, пользуясь которыми можно собрать любой угол с градацией в 1° , $10'$, $1''$ и $30''$. Наборы состоят из 94, 36, 19 и 5 плиток. Набор в 94 плитки позволяет составлять блоки из трех плиток через $30''$ набор из 36 плиток — из пяти плиток через $1'$, из набора в 19 плиток можно составлять блоки через 1° . Наименьший набор состоит из плиток 15, 30, 45, 55 и $60''$.

Углы проверяют плитками «на просвет». Просвет оценивают на глаз или путем сопоставления с образцовым просветом. Для получения образцовых просветов берут несколько концевых мер с определенной разностью в размерах между ними. На крайние плитки одинакового размера накладывают лекальную линейку. Тогда между линейкой и меньшими

блоками образуются просветы известных размеров. Сравнивая их с просветами между блоком угловых плиток и контролируемым объектом, можно довольно точно оценить размер искомого просвета. Наименьший просвет, который может быть замечен на глаз (при хорошем освещении), между острой гранью лекальной линейки и доведенной плоскостью равен $3,4$ мкм. Такой просвет выглядит окрашенным в синий цвет.

Угольники — это разновидности угловых мер (ГОСТ 3749—77). Они изготавливаются с углами 45° , 60° , 90° и 120° . Чаще всего используют угольники в 90° .

По конструктивным признакам угольники делятся на пять типов (УЛ, УЛП и УЛУ — лекальные, а УП и УШ — слесарные), а по точности — на три класса (0, 1 и 2). На рисунке 7, е показаны слесарные угольники типа УП и УШ.

Классы угольников устанавливаются в соответствии с предельными допустимыми отклонениями конца длинной стороны угольника (на рис. 8 сторона *H*) от перпендикуляра, опущенного на основание. Угольники 0-го класса применяют только для лекальных работ, 1-го класса — для особо точных работ в инструментальном производстве, 2-го класса — для обычных работ в общем машиностроении и для монтажных работ.

§ 3. РЕГУЛИРУЕМЫЕ КАЛИБРЫ

Регулируемые калибры относятся к средствам контроля. С помощью калибра можно получить только информацию о годности детали (годно—негодно), а не о ее размере. Регулируемый калибр применяют в том случае, когда размер изготавливаемой или ремонтируемой детали не вписывается в размеры стандартного жесткого калибра, что часто встречается в ремонтном производстве. Размеры регулируемых калибров можно восстанавливать после износа. Однако регулируемые калибры по сравнению с жесткими имеют меньшую точность и надежность, поэтому рекомендуется применять их для контроля изделий 8-го и более грубых квалитетов и размерами не более 180 мм.

Регулируемые скобы для контроля валов представляют собой жесткие скобы двутаврового сечения. Необходимый размер устанавливают, перемещая вдоль оси вставку 4 (рис. 8). По способу крепления вставок и их конструктивному оформлению скобы могут быть разделены на четыре типа. В скобах первого типа (рис. 8, а) правая губка представляет собой плоскую вставку 5, прикрепленную к корпусу винтами. Регулируются только левые цилиндрические вставки, для которых в корпусе скобы высверлены гнезда. В скобах второго типа (рис. 8, б) вместо неподвижной плоской вставки запрессованы в два гнезда цилиндрические вставки 6. У этой скобы также регулируются только левые вставки. У скоб третьего и четвертого типов (рис. 8, в и г) можно регулировать как левые, так и правые вставки. У таких скоб мерительные поверхности правых вставок закрепляют примерно в одной плоскости. Предельные размеры устанавливают при помощи левых вставок. Существуют еще скобы со сферическими вставками (рис. 8, г). Они имеют несколько большую деформацию при измерении, поэтому целесообразнее применять вставки, имеющие плоскую мерительную поверхность.

Вставки 4 перемещают в сторону уменьшения размера (вправо) установочным винтом 1. Для обратного перемещения нажимают на вставку со стороны головки или сферической поверхности. Для того чтобы вставка легко двигалась, предварительно освобождают затяжной винт 2 и, нажимая на него отверткой сверху, отжимают затяжную втулку 3. Установленную на необходимый размер вставку фиксируют затяжной втулкой 3, подтягивая винт 2. Втулка 3, находя скошенной лыской *A* (рис. 8, д) на лыске вставки 4, действует как клин и зажимает вставку с усилием, значительно превышающим осевое усилие винта. Пределы регулирования вставок от 3 до 8 мм. После установки скобы на проходной и непроходной раз-

меры свободную часть гнезда *Б* заливают сургучом или мастикой и клеймят, а на маркировочной шайбе выписывают номинал, посадку и качество на установочный размер.

При контроле упругие деформации скоб вызывают значительные погрешности. Поэтому различают собственные и рабочие размеры скоб.

Собственный размер — это размер скобы в спокойном состоянии.

Рабочий размер скобы — размер измеряемой детали, на которую скоба находит при указанной на ней нагрузке или от собственного веса. Рабочий размер скобы во многом зависит от способа наведения ее на изделие. Для уменьшения ошибки, возникающей от упругих деформаций, необходимо надвигать скобу на изделие в таком же положении, в каком она настраивалась на размер по плиткам. Рабочий размер всегда больше собственного размера на δL .

При эксплуатации калибров необходимо помнить, что проходной калибр находит на контролируемую деталь (вал или отверстие) без применения силы, а лишь под действием собственного веса, непроходной — не находит, а в крайнем случае лишь «закусывает» деталь краем.

Настройка регулируемых скоб. В зависимости от действующей на предприятии организационной схемы контроля делают это двумя методами.

Первый метод настройки применяют в том случае, когда регулируемые скобы используются совместно с жесткими. В этом случае проходной размер скобы настраивают на средний размер проходного конгркалибра (*К-ПР*) (рис. 8), а непроходной — на средний размер непроходного конгркалибра (*К-НЕ*).

Второй метод, при котором регулируемые скобы используют совместно с универсальными средствами измерения, применяют на предприятиях, где последние преобладают. Этот метод значительно проще и экономически более целесообразен. При настройке по первому методу производственный допуск составляет 60...70 % стандартного. При втором же методе поле допуска практически используется почти на 100 %. Это одно из достоинств второго метода.

При настройке регулируемых скоб вторым методом предельные размеры их должны быть равны:

$$C_{ПР} = d_{\max}; \quad (29)$$

$$C_{НЕ} = d_{\min}; \quad (30)$$

где $C_{ПР}$ и $C_{НЕ}$ — соответственно проходной и непроходной размеры скобы; d_{\max} и d_{\min} — соответственно максимальные и минимальные предельные размеры вала, на которые настраивают скобу.

Погрешность блока плиток, по которым настраивают скобу, зависит от допустимого перехода действительных размеров изделий за границу установленного стандартом поля допуска, обозначаемого γ . Значение этого перехода для изделий 6-го, 7-го и 8-го классов связано с предельным отклонением допуска на износ рабочего проходного калибра Y_1 (табл. 9). Для этих классов

$$\gamma = Y_1. \quad (31)$$

9. Допуски и отклонения гладких калибров (ГОСТ 24853—81)

Квадрант	Обозначения	Значение допусков и отклонений, мм, при номинальных размерах, мм, для пробок и скоб							
		свыше 3 до 6	свыше 6 до 10	10 свыше 10 до 18	18 свыше 18 до 30	30 свыше 30 до 50	50 свыше 50 до 80	80 свыше 80 до 120	свыше 120 до 180
6	Z	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4
	Y	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3
	Z ₁	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6
	Y ₁	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4
	H, H _s	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5
	H ₁ H _p	2,5 1	2,5 1	3 1,2	4 1,5	4 1,5	5 2	6 2,5	8 2,5
7	Z, Z ₁	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6
	Y, Y ₁	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4
	H, H _s	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	H ₁	—	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5
	H _p	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5
8	Z, Z ₁	3	3	4	5	6	7	8	9
	Y, Y ₁	3	3	4	4	5	5	6	6
	H	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	H ₁	4	4	5	6	7	8	10	12
	H _s , H _p	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	6
9, 10	Z, Z ₁	6	7	8	9	11	13	15	18
	H	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	H ₁	4	4	5	6	7	8	10	12
	H _s , H _p	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5
11, 12	Z, Z ₁	12	14	16	19	22	25	28	32
	H, H ₁	5	6	8	9	11	13	15	18
	H _s	—	4	5	6	7	8	10	12
	H _p	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5
13, 14	Z, Z ₁	24	28	32	36	42	48	54	60
	H, H ₁	12	15	18	21	25	30	35	40
	H _s	—	9	11	13	16	19	22	25
	H _p	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
15, 16 и 17	Z, Z ₁	48	56	54	72	80	90	100	110
	H, H ₁	12	15	18	21	25	30	35	40
	H _s	—	9	11	13	16	19	22	25
	H _p	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8

Обозначения: Z — отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для отверстия от $D_{\text{тип}}$; Z₁ — отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для вала от d_{max} ; H — допуск на изготовление пробки; H₁ — допуск на изготовление скобы; H_s — допуск тех же калибров, но со сферическими измерительными поверхностями; H_p — допуск контрольных калибров для скоб; Y — допустимый выход за границу поля допуска изделий для пробки; Y₁ — допустимый выход за границу допуска изделия для скобы.

10. Примерное значение упругих деформаций

Номинальные размеры скобы, мм	Значения упругих деформаций, мкм	Номинальные размеры скобы, мм	Значения упругих деформаций, мкм
Свыше 1 до 3	—	Свыше 50 до 65	0,70
» 3 » 6	0,05	» 65 » 80	1,00
» 6 » 10	0,10	» 80 » 100	1,50
» 10 » 18	0,15	» 100 » 120	2,10
» 18 » 30	0,25	» 120 » 150	3,00
» 30 » 40	0,35	» 150 » 180	4,50
» 40 » 50	0,50		

Для изделий 9-го...17-го квалитетов значение перехода связано с половиной допуска на изготовление непроходного калибра, т. е.

$$\gamma = 0,5H_1. \quad (32)$$

Таким образом, значение γ можно было бы приравнять к погрешности блока концевых мер, если бы собственный размер скобы не изменялся в процессе ее настройки и эксплуатации. Чтобы не допустить перехода действительных размеров деталей за границу поля допуска более чем на γ , необходимо в каждом отдельном случае учитывать значения упругих деформаций скобы и износ ее в процессе эксплуатации (табл. 10).

Определив значение допустимого перехода за границу допуска γ , а также деформацию δ скобы, настраиваемой для контроля какого-то конкретного изделия, можно установить толщину слоя металла на износ, а через нее — число возможных измерений до перенастройки. Слой металла на износ скобы определяют из уравнения:

$$q = \gamma - (\delta L + \Delta_{11m}(\text{сл})). \quad (33)$$

В этом уравнении δL и γ постоянны для конкретного изделия; следовательно, изменять величину q можно только за счет $\Delta_{11m}(\text{сл})$. Если слой металла на износ мал, что потребует более частых перенастроек скобы, то можно его увеличить за счет применения концевых мер более высокого класса. Это приведет к уменьшению $\Delta_{11m}(\text{сл})$. Возможное число измерений до перенастройки скобы устанавливаются на основании уравнения:

$$N = qn, \quad (34)$$

где n — число измерений на 1 мкм износа проходных гладких проб и скоб (табл. 11).

Порядок настройки скоб. Пусть требуется настроить скобу для контроля вала размером $d = 75 \pm 0,030_{-0,076}$ мм. Для этого делают следующее.

1. Определяют значение допустимого перехода действительных размеров за границу поля допуска γ . По формуле (4) для 8-го квалитета γ равняется Y_1 . Из таблицы 9 находят, что для $d = 75$ мм и 8-го квалитета $Y_1 = 5$ мкм.

11. Число измерений для пробок и скоб

Интервал диаметров, мм	Значение n для классов						
	6	7...9	10...11	12...13	14	15	16

Гладкие пробки

1...6	800	1200	2000	2400	2600	2800	3000
6...30	540	800	1340	1610	1740	1880	2000
30...80	340	520	860	1030	1120	1210	1290
80...180	260	380	640	770	830	900	960
180...260	210	310	520	620	680	730	780

Гладкие скобы

1...6	1280	1920	3200	3840	4160	4480	4800
6...30	960	1440	2400	2880	3120	3360	3600
30...80	640	960	1600	1920	2080	2240	2400
80...180	360	670	1120	1350	1460	1570	1680
180...260	250	550	910	1090	1180	1270	1360

Примечание. Приведенные данные относятся к контролю чугунных и алюминиевых изделий и должны быть увеличены в 3 раза при контроле изделий из стали и в 5 раз — из латуни и бронзы. Для непроходных калибров число измерений следует увеличить соответственно в 3 раза.

2. Устанавливают примерный класс концевых мер (табл. 12).

В данном случае класс концевых мер должен быть не ниже 3-го, например 2-й.

3. Рассчитывают блок концевых мер на размер проходной скобы. Для данного размера проходной скобы $d_{\max} = 74,97$ мм блок концевых мер состоит из мер: 1,47 мм, 3,5 и 70 мм.

4. Определяют значение $\Delta_{11m(бл)}$. По таблице 5 находят допускаемые отклонения для концевых мер в соответствии с их размерами: 0,35 мкм, 0,35 и 0,9 мкм. Тогда по формуле (28)

$$\Delta_{11m(бл)} = \sqrt{2 \cdot 0,35^2 + 0,9^2} = 1,027 \text{ мкм.}$$

12. Определение класса концевых мер для настройки скоб

Номинальный размер скобы, мм	Класс концевых мер для валов, изготавливаемых по класситетам		
	6 и 7	8, 9 и 10	11...18
	не ниже		

Свыше	1 до	3		2		
»	3 »	10		3		
»	10 »	18		2	3	3
»	18 »	50		3		
»	50 »	120		2		
»	120 »	150		2	2	
»	150 »	180		0	1	2

5. По таблице 10 устанавливают деформацию скобы. Для данного случая δL равно 1 мм.

6. По формуле 33 определяют слой металла на износ: $q = 5 - (1 + 1,027) = 2,97$ мкм.

7. По таблице 11 возможное число измерений n на 1 мкм слоя металла на износ равно 960.

8. По формуле (34) возможное число измерений до перенастройки скобы $N = 2,97 \cdot 960 = 2850$.

Если расчеты покажут несоответствие между затратами на перенастройку скоб и числом измерений, то проводят перерасчет, приняв более высокий класс концевых мер.

9. Настраивают скобу на проходной размер. Для непроходного размера таких расчетов не делают, так как он мало изменяется при эксплуатации. Для непроходного размера скобы блок концевых мер подбирают на размер $d_{\text{пил}} = 74,924$ мм.

Порядок установки регулируемых скоб. Установку скобы на необходимые размеры следует начинать с проходного размера. Делают это так.

1. Ослабляют отверткой затяжные винты настолько, чтобы после нажима на них сверху затяжная втулка 3 (рис. 8) опустилась вниз, освободив вставку 4. После этого вставка 4 может легко перемещаться вдоль гнезда в любую сторону до упора установочного винта 1. До тех пор пока затянута втулка 3, нельзя пользоваться установочным винтом 1.

2. У скоб с двусторонней регулировкой устанавливают и закрепляют правые базисные вставки. При этом за левую сторону скобы принимают ту, на которой расположена маркировочная шайба. У скоб, размер которых меньше 50 мм, измерительные поверхности правых вставок устанавливают в одной плоскости. У скоб, размер которых больше 50 мм, базисные вставки устанавливают так, чтобы измерительные поверхности вставок непроходного размера выдавались над поверхностью вставок проходного размера приблизительно на половину допуска. Базисные вставки закрепляют затяжными винтами.

3. Устанавливают размер проходной стороны (Р-ПР) по соответствующему блоку плиток. Осторожно отвертывают установочный винт 4 проходного размера настолько, чтобы скоба, наведенная на блок плиток, плавно опускалась от собственного веса вдоль плоскостей головок вставок. После этого закрепляют затяжные винты.

4. Непроходной размер скобы устанавливают в такой же последовательности.

Регулируемая пробка. Ее конструктивное устройство показано на рисунке 9. Регулировочный узел пробки устроен так же, как и у скоб. Проходной размер, равный $D_{\text{пил}}$, настраивают так же, как и скобы, только исключают 5-ю операцию. Поэтому формула для определения q будет иметь вид:

$$q = \gamma - \Delta_{1\text{тм}(6\gamma)}. \quad (35)$$

Регулируемые пробки выпускают для диаметров от 37 до 100 мм.

Порядок установки пробок на необходимый размер заключается в следующем.

1. Устанавливают в струбцинке блок плиток, соответствующий размеру проходной стороны $D_{\text{пил}}$.

2. При помощи отвертки ослабляют один из затяжных винтов 3 проходного калибра настолько, чтобы после нажима на него сверху

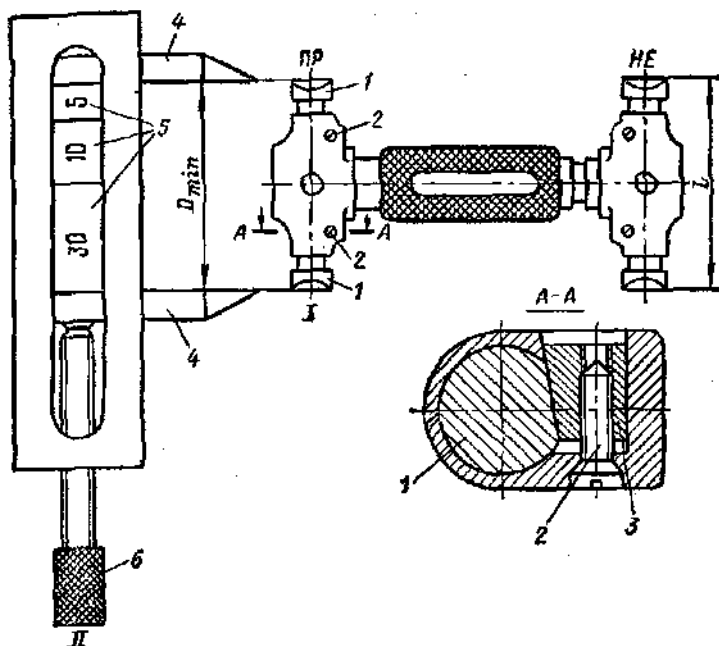


Рис. 9. Регулируемая предельная пробка:

1 — головка; II — струбцинка; 1 — вставки; 2 — затяжной винт; 3 — втулки с коническим срезом; 4 — боковнички; 5 — концевая мера; 6 — зажимной винт.

затяжная втулка 3 с коническим срезом опустила вниз, освободив вставку 1 (при этом раздается легкий щелчок). Такую же операцию продельывают с другим затяжным винтом проходного калибра.

3. Поставив проходной калибр в струбцинку, вытягивают правую и левую вставки 1 примерно на равное расстояние так, чтобы они коснулись боковничков струбцинки. После этого, не снимая калибра со струбцинки, затягивают один из винтов 2.

4. Выдвигают свободную вставку 1 до соприкосновения с боковничком и слегка затягивают ее винт. Окончательно винт затягивают тогда, когда проходной калибр под действием собственной массы медленно опускается вдоль боковничков. После этого в том же порядке устанавливают вставки непроходной стороны на размер, равный D_{max} .

§ 4. ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТЫ

Штангенинструменты применяют для линейных измерений, не требующих высокой точности. В группу этих инструментов входят штангенциркули, штангенглубиномеры и штангенрейсмусы. Отсчетным приспособлением у них служит линейный ноннус.

Нониус — это дополнительная шкала, нанесенная на линейке специального устройства. Нониус позволяет отсчитывать трудно оцениваемые на глаз доли целых делений основной шкалы, расположенной на штанге инструмента.

Принципиальное устройство нониусного отсчетного приспособления заключается в следующем. На вспомогательной шкале откладывают отрезок, равный целому числу делений основной шкалы. Число делений на этом отрезке берут на одно больше, чем на основной шкале (рис. 10, а). Поэтому интервал деления нониусной шкалы равен:

$$b = \frac{c(n-1)}{n} = \frac{e}{n}, \quad (36)$$

где c — интервал деления основной шкалы; n — число делений нониуса.

Точность отсчета по нониусу, соответствующую понятию точности инструмента, определяют из уравнения:

$$e = c - b. \quad (37)$$

Подставляя в это уравнение значение b , получают:

$$e = \frac{c}{n}. \quad (38)$$

Для удобства отсчета шкалу нониуса, как правило, делают растянутой или модульной, т. е. деление шкалы нониуса делают больше b , увеличивая ее в γ раз. Величина γ называется модулем шкалы. В этом случае

$$b' = \frac{c(\gamma n - 1)}{n}; \quad e = \gamma c - b'. \quad (39)$$

Итак, точность отсчета любого нониусного приспособления равна частному от деления интервала или цены деления основной шкалы на число делений шкалы нониуса.

В СССР установлены линейные нониусы с точностью отсчета 0,1 мм и 0,05 мм, но в производстве встречаются и с точностью отсчета 0,02 мм. На рисунке 10, б и в показаны примеры отсчета. Целое число делений находят по основной шкале, а доля — по нониусу. Если на рисунке цена деления основной шкалы $c=1$ мм, то

в соответствии с формулой (38) $e=1/10=0,1$ мм. Если рамку с нониусной шкалой сдвинуть вправо на 0,1 мм, т. е. на e , то со штрихом основной шкалы совпадает первый штрих шкалы нониуса; если же сдвинуть на $2e=0,2$ мм, то второй штрих шкалы нониуса, на $3e=0,3$ — третий и т. д. На рисунке 10, б шкала нониуса сдвинута вправо на три целых деления (3 мм) и четвертый штрих совпал со штрихом основной шкалы, т. е. в четвер-



Рис. 10. Примеры отсчета по нониусу.

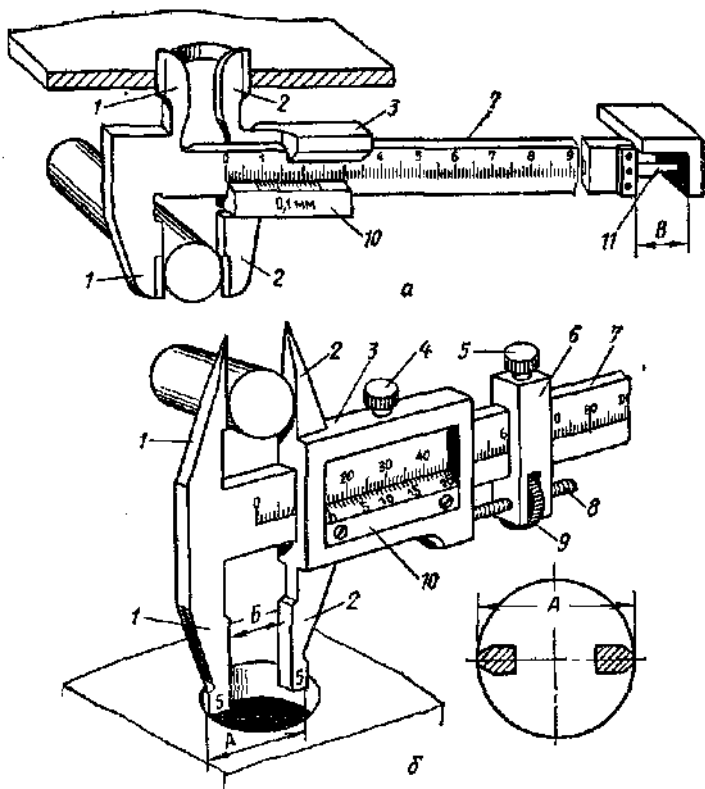


Рис. 11. Штангенциркуль:

a — ШЦ-I; *б* — ШЦ-II; 1 — неподвижные губки; 2 — подвижные губки; 3 — рамка; 4 и 5 — стопорные винты; 6 — хомут; 7 — штанга; 8 — винт микроподдачи; 9 — гайка микровинта; 10 — нониусная пластинка; 11 — линейка.

том миллиметре шкала продвинулась вправо на 4е, или на 0,4 мм. Таким образом, общий размер равен 3,4 мм. На рисунке 10, *б* шкала сдвинута вправо на 2,7 мм, так как со штрихом основной шкалы совпадает седьмой штрих шкалы нониуса.

Штангенциркуль (ГОСТ 166—80). Основные модели, выпускаемые промышленностью: ШЦ-I (рис. 11, *a*) с двусторонним расположением губок для измерения наружных и внутренних размеров, с линейкой 11 для измерения глубин; ШЦ-II (рис. 11, *б*) с двусторонним расположением губок для измерения наружных и внутренних размеров и для разметки; ШЦ-III с односторонними губками. Конструктивно штангенциркуль состоит из штанги 7, неподвижных губок 1, изготовленных совместно со штангой, рамки 3 с подвижными губками 2, нониусной пластинки 10 и хомута 6. Рамка 3 и

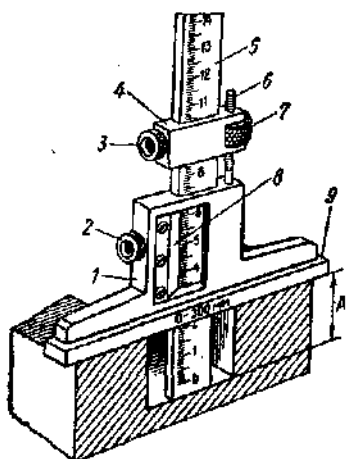


Рис. 12. Штангенглубиномер:

1 — рамка; 2 и 3 — стопорные винты; 4 — хомут; 5 — штанга; 6 — винт микроподачи; 7 — гайка микровинта; 8 — нониусная пластина со шкалой; 9 — основание-траверса.

наружных размеров (А и В). При измерении размера А к показаниям штангенциркуля прибавляют общую толщину губок, которая обозначена на их лицевой стороне.

Для исключения ошибок при измерении круглых отверстий наружные грани губок закруглены. Верхние губки служат для измерения излучных размеров, а их заостренные концы используют также для нанесения рисок при выполнении разметочных работ. У штангенциркулей типа ШЦ-I с точностью отсчета по нониусу 0,1 мм (рис. 11, а) шкала нониуса нанесена прямо на скосе рамки 3. Глубина отсчитывается от торца штанги до конца линейки 11 (размер В). Пределы измерения штангенциркулей различных типов составляют от 125 до 2000 мм, по специальным заказам — до 4000 мм.

Перед измерением проверяют штангенциркуль, обращают внимание на поверхность губок. Она должна быть ровными, без искривлений и забоин. Чтобы убедиться в этом, губки сдвигают до полного соприкосновения. В исправном инструменте между измерительными поверхностями нет просвета, нулевые штрихи обеих шкал совпадают, рамка ходит плавно, без заеданий и перекоса. Если же при затяжке винта возникает перекос и размер изменяется или же появляется клиновидный зазор между губками, то такой штангенциркуль непригоден для работы. В процессе измерения не следует пользоваться микроподачей. Пользуются ею только при установке необходимого размера. Кроме моделей основного исполнения, по заказам потребителей промышленность выпускает дополнительные модели: ШЦР — разметочный; ШЦЦ — центровмер и др.

Штангенглубиномер (ГОСТ 162—80) необходим для измерения глубины, выточек, канавок, уступов и т. д. Штангенглубиномер, как видно из рисунка 12, отличается от штангенциркуля тем, что не имеет на штанге 5 неподвижных губок, а подвижные конструктивно оформлены на рамке в виде опорного основания-траверсы 9 с плоскостью, расположенной перпендикулярно к направлению штанги.

У штангенглубиномера измеряемый размер А заklючен между поверхностью торца штанги и поверхностью основания 9.

хомут 6 соединены микрометрическим винтом 8 с гайкой 9. При помощи винта 8 с гайкой 9 осуществляется малая подача рамки 3. Положение рамки и хомута фиксируется винтами 4 и 5. В рамке установлена плоская изогнутая пружина, которая обеспечивает постоянное прилегание рамки к ребру штанги. У штангенциркуля, изображенного на рисунке 11, б, нижние губки предназначены для измерения как внутренних, так и

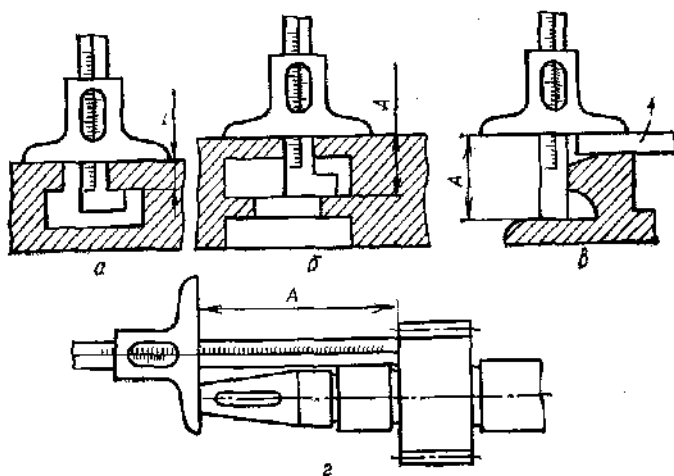


Рис. 13. Примеры применения штангенглубиномеров.

При измерении основание 9 накладывают опорной поверхностью на плоскость измеряемого объекта, а затем, после ослабления рамки и хомутка, продвигают штангу вниз до тех пор, пока она не коснется своим торцом плоскости или выступа измеряемого изделия. В этом положении рамку закрепляют стопорным винтом 2. Правильность установки глубиномера определяют по просвету между плоскостями основания и измеряемой детали.

Перед работой убеждаются в том, что между измерительной поверхностью основания и плитой, на которой устанавливают инструмент, нет просвета, а нулевые штрихи шкал совпадают. Штангенглубиномеры изготовляют с длиной штанги от 160 до 400 мм и с точностью отсчета по нониусу 0,1 и 0,05 мм. По назначению штангенглубиномеры делятся на три типа: ШГ — с прямой штангой; 2ШГ — с заостренной штангой и 3ШГ — со штангой с Г-образным концом. Благодаря этому инструментом можно измерять не только глубины, но также и буртики или запячки (рис. 13).

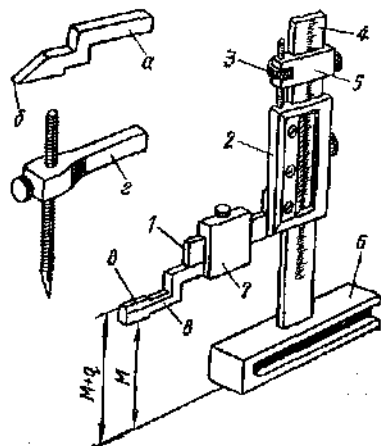


Рис. 14. Штангенрейсмус:

1 — подвижная губка; 2 — рамка с нониусной шкалой; 3 — гайка микровинта; 4 — штанга; 5 — хомут; 6 — основание; 7 — хомут для крепления ножек; 8 — ножка.

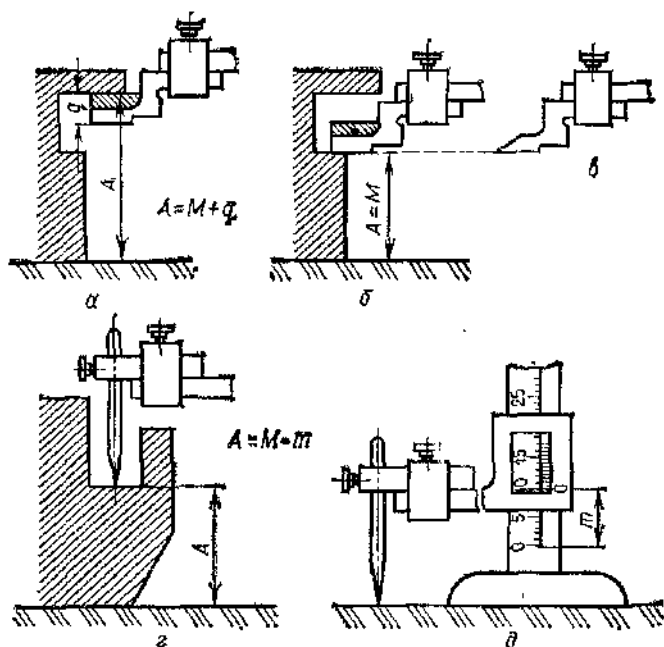


Рис. 15. Примеры применения штангенрейсмуса.

Штангенрейсмус (ГОСТ 104—80) служит для измерения высот и выполнения разметочных работ. Базой для установки инструмента служит проверочная плита. Штангенрейсмус имеет массивное основание б (рис. 14) и рамку с подвижной губкой 1, на которую при помощи комута 7 монтируются ножки специальной конструкции. Существует три типа таких ножек. Ножка а предназначена для разметки. Поэтому грань б этой ножки остро заточена и закалена. Ножка в имеет две измерительные поверхности, из которых верхняя (в виде ребра двухгранной призмы) служит для внутренних измерений, а нижняя — для наружных измерений. При измерении наружных размеров можно пользоваться и ножкой а.

Третий тип ножки представляет собой державку г, в которой можно закреплять иглы различной длины. При помощи игл измеряют высоты в том случае, когда одна из поверхностей измеряемого изделия труднодоступна. Варианты использования штангенрейсмуса показаны на рисунке 15.

Для измерения высоты штангенрейсмусом сначала устанавливают рамку грубо, а потом при помощи микрометрической подачи осторожно перемещают поверхность ножки до соприкосновения ее с измеряемой деталью. После этого отсчитывают показания.

Технические характеристики штангенинструментов даны в таблице 13.

13. Штангенинструменты

Название инструмента	Тип или модель	Пределы измерения, мм	Точность отсчета по шкале, мм	Вылет измерительных губок, мм	Наработка***, циклы, до первого отката с вероятностью 0,8
Штангенциркули	ШЦ-I	0...125	0,1	40	5000
	ШЦТ-I				20 000
	ШЦ-II	0...150	0,05	45	5000
		0...250	0,1	60	
	ШЦ-III	0...160	0,1	45	—
0...400		60			
250...630		80			
Штангенглубиномеры	ШГ-150	0...160	0,05		10 000
	ШГ-200	0...200			
	ШГ-250	0...250			
	ШГ-315	0...315			
	ШГ-400	0...400			
	2ШГ-200*	0...200			
	3ШГ-200**				
	2ШГ-320	0...320			
	3ШГ-320				
	2ШГ-500	0...500	0,1		
3ШГ-500					
Штангенрейсмусы	ШР-250	0...250	0,05	50	10 000
	ШР-400	40...400		80	
	ШР-630	60...630	0,1	125	
	ШР-1000	100...1000			

* С острием на штанге.

** С Г-образным концом.

*** По наработке устанавливают сроки перепроверки инструмента.

§ 5. МИКРОМЕТРИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ

К микрометрическим измерительным инструментам относятся микрометры для наружных и внутренних измерений, микрометрические нутромеры (шпихмасы), глубиномеры и специальные микрометры (для измерения толщины труб, листов и т. п.).

Отсчетное устройство. Принцип действия отсчетного устройства всех микрометрических инструментов основан на преобразовании угловых перемещений в линейные при помощи винтовой пары. В этой паре осевое перемещение барабана 3 (рис. 16) и винта 5, представляющих одно целое, относительно неподвижной гайки 4 за каждый оборот барабана равно шагу винта. Если на стебле 2, относительно которого вращается барабан 3, нанести деления через каждый шаг, то по полученной шкале 7 можно определить целое число оборотов

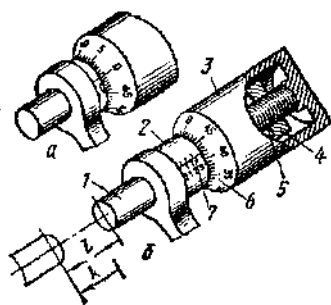


Рис. 16. Микрометрическая головка:

a — положение совпадения нулевых штрихов; *b* — устройство микрометрической головки (пример отсчета); *1* — подвижная пятка; *2* — стембель; *3* — барабан; *4* — микрометрическая гайка; *5* — микрометрический винт; *6* — шкала на барабане; *7* — шкала на стембле.

винта. Для того чтобы установить долю пройденного деления, на коническом срезе барабана нанесена дополнительная шкала *b*, содержащая *n* делений. Поворот барабана на одно деление этой шкалы вызывает осевое перемещение винта на *n*-ую часть шага. Таким образом, точность отсчета в микрометрических инструментах (цена деления на барабане) может быть определена из уравнения:

$$e = \frac{t}{n}, \quad (40)$$

где *t* — шаг винта; *n* — число делений на срезе барабана.

В большинстве случаев у микрометрических инструментов число делений на срезе барабана равно 50, тогда при *t*=0,5 мм точность отсчета инструмента будет равна 0,01 мм. Так как пятка *1* выполнена заодно с винтом *5*, то всякое изменение размера *L* может быть определено из уравнения:

$$L = A + M + eX, \quad (41)$$

где *A* — постоянная величина, соответствующая такому положению винта, когда нулевой штрих барабана совпадает с нулевым штрихом основной шкалы на стембле; *M* — число целых делений на стембле, расположенных левее среза барабана; *X* — число делений на коническом срезе барабана.

На стембле нанесена двойная шкала. Штрихи внизу показывают целые миллиметры, вверху — доли миллиметров. На рисунке 16 *M* = 3 мм плюс какая-то доля четвертого штриха. С продольной чертой на стембле совпало 42-е деление. При *e*=0,01 значение доли четвертого миллиметра будет $eX = 0,01 \cdot 42 = 0,42$ мм. Таким образом, общий размер будет равен 3,42 мм (при *A*=0).

Микрометры для наружных измерений (ГОСТ 6507—78). Современные микрометры для наружных измерений имеют скобу *I* (рис. 17), на левом конце которой запрессована жесткая или сменная пятка *2*, оканчивающаяся измерительной поверхностью *a*. На правом конце скобы смонтирована микрометрическая головка *6*. С ней связаны микровинт *4*, гладкая часть (подвижная пятка) которого оканчивается измерительной поверхностью *b*, и трещоточное устройство *7*, обеспечивающее постоянство измерительного усилия. Несъемной частью микрометра является стопорное тормозное

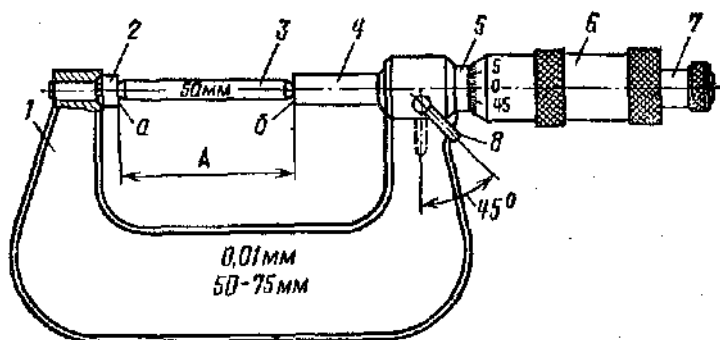


Рис. 17. Микрометр для наружных измерений:

1 — скоба; 2 — жесткая пятка; 3 — калибр для установки микрометра на нуль; 4 — подвижная пятка (микровинт); 5 — стержень; 6 — микрометрическая головка; 7 — трещоточное устройство; 8 — тормозное приспособление.

приспособление 8, которое служит для закрепления микровинта (при отсчете после снятия микрометра с изделия) и для установки микрометра на нуль.

Микрометры различаются оформлением приспособления для стабилизации измерительного усилия, стопорного устройства и устройства для установки барабана на нуль. Наиболее распространены микрометры заводов «Калибр» и «Красный инструментальщик» (КРИН). Общий вид микрометрических головок показан на рисунке 18.

У микрометра завода «Калибр» (2-я модель) левый конец стержня 2 (рис. 18, а) микрометрической головки оканчивается разрезной втулкой с внутренней цилиндрической и наружной конической резьбой. Во внутреннюю резьбу стержня заворачивается микровинт 3, левая гладкая часть которого входит в такое же гладкое отверстие в стержне, обеспечивая точное направление его движения. Микровинт имеет слева измерительную плоскость, а справа — фасонный цилиндрический хвостовик 7, на который надет барабан 4, соединенный с микровинтом установочным колпачком 6. Колпачок выполнен как одно целое с трещоточным устройством 12. При вращении головки 10 крутящий момент передается микровинту 3. Когда измерительное усилие на конце микровинта превышает усилие, способное обеспечить давление пружины, зуб 9 начинает проскальзывать относительно зубчатой дорожки головки 10 и она вращается вхолостую. На наружную коническую резьбу стержня навинчивается коническая гайка 5, при помощи которой стягивают внутреннюю резьбу втулки и тем самым регулируют возникающий в процессе износа резьбы осевой зазор между микровинтом и гайкой. Стопорное устройство микрометра выполнено в виде эксцентрической оси 14, соединенной с рычагом 13. Если поворачивать рычаг до отказа по ходу часовой стрелки, то микровинт будет прижиматься к корпусу стержня.

Микроголовка завода «Калибр» (1-я модель) отличается от рассмотренной креплением барабана к микровинту и конструкцией стопорного приспособления (рис. 18, в). Барабан 4 крепится к микро-

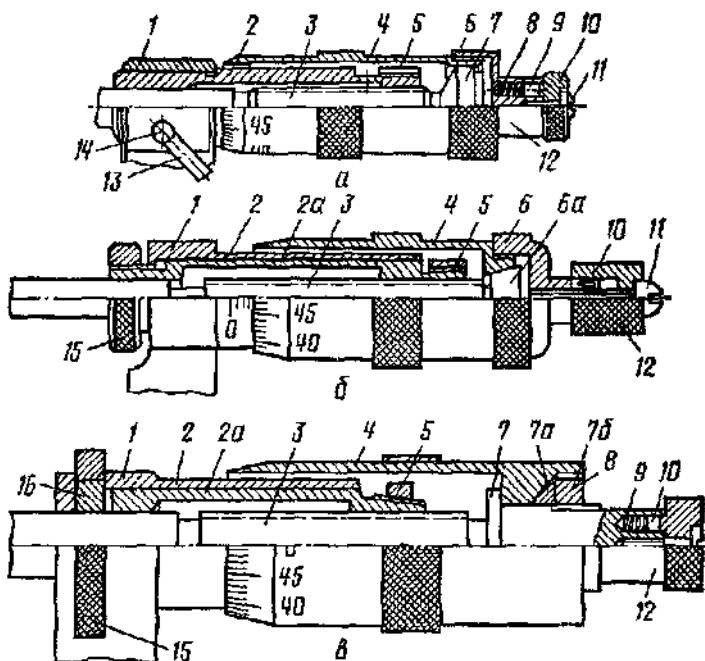


Рис. 18. Микрометрические головки:

а — микрометр завода «Калибр» (2-я модель); б — микрометр завода «Красный инструментальщик»; в — микрометр завода «Калибр» (1-я модель); 1 — скоба; 2 — стембель; 2а — втулка; 3 — микровинт; 4 — барабан; 5 — регулировочная гайка; 6 — установочный колпачок; 6а — гладкая коническая пара; 7 — хвостовик; 7а — коническая разрезная шайба; 7б — поджимная гайка; 8 — пружина трещоточного устройства; 9 — зуб трещоточного устройства; 10 — головка трещоточного устройства; 11 — винт; 12 — трещоточное устройство; 13 — рычаг стопора; 14 — ось стопора; 15 — кольцо стопора; 16 — пружинящее разрезное кольцо.

винту 3 за счет поджатия заплечиков барабана к цилиндрическому хвостовику 7 микровинта через разрезную коническую шайбу 7а при помощи гайки 7б. Наружное кольцо 15 стопорного приспособления вставлено в корпус скобы. Внутри этого кольца помещено второе пружинящее разрезное кольцо 16. Это второе кольцо надето на гладкую часть винта 3. В угловой вырез внутреннего кольца вложен ролик. Пружинное кольцо закреплено неподвижно, а наружное может свободно вращаться. Если поворачивать наружное кольцо по часовой стрелке, то его косой срез будет прижимать ролик к пружинящему хвостовику. От давления ролика внутреннее кольцо сожмется и застопорит микровинт.

В тидовой головке завода «Красный инструментальщик» (рис. 18, б) стембель 2 выполнен совместно со скобой. В отверстие стембля впрессована втулка 2а, на правом конце которой имеются прорези, а также внутренняя цилиндрическая и наружная коническая резь-

ба. Во внутреннюю резьбу ввинчивается микровинт 3, а в наружную — коническая гайка 5 для регулирования зазора в резьбе между втулкой и микровинтом. На левом конце втулки также имеются прорезы и наружная коническая резьба, на которую навинчивается кольцо 15. Это устройство служит для стопорения микровинта в необходимом положении. Микровинт 3 соединяется с барабаном 4 гладкой конической парой ба, у которой необходимый натяг создается затяжкой установочного колпачка б.

К микровинтам с увеличенным интервалом измерения вместо жесткой пятки 2 (см. рис. 17) прикладывают сменные, что позволяет настраивать микрометр на несколько размеров. Применяемые регулируемые сменные пятки значительно облегчают установку микрометра в тех случаях, когда мерные плоскости пяток в процессе ремонта подвергались притирке.

Существуют также микрометры специального назначения, например микрометр для измерения толщины стенок труб, у которого жесткая пятка имеет сферическую измерительную поверхность, или микрометр для измерения толщины листов и лент, имеющих специальный циферблат. Перед использованием микрометр должен быть настроен.

Настройка микрометра. Ее проводят в следующем порядке.

1. Проверяют совпадение нулевых штрихов. При правильной установке микрометра нулевой штрих барабана совпадает с продольным отсчетным штрихом на стебле, а начальный штрих основной шкалы виден полностью (см. рис. 16, а). У начального штриха основной шкалы могут стоять цифры 0; 25; 50; 75 мм и т. д. в зависимости от пределов измерения. Если нулевые штрихи не совпадают, то микрометр нужно перенастроить.

2. При помощи трехточечного устройства доводят до соприкосновения подвижную и неподвижную пятки. Если же необходимо установить микрометр с пределами измерения больше чем 25 мм, то между измерительными плоскостями пятки и микровинта зажимают (также при помощи трехточки) соответствующий калибр, приложенный к микрометру, после чего стопорят микровинт.

3. Далее у микрометров завода «Калибр» (2-я модель) и микрометров завода «Красный инструментальщик» (рис. 18, а и б) отвинчивают не более чем на пол-оборота установочный колпачок б. В результате этого барабан освобождается и его можно повернуть относительно оси так, чтобы штрихи совпали. Для установки на нуль микрометра завода «Калибр» (1-я модель) (рис. 18, в) барабан освобождают, отвернув гайку 76 специально приложенным ключом. Во всех случаях после освобождения барабан разъединяют с микровинтом. Для этого барабан сдвигают вдоль стебля влево до появления щелчка. Затем, придерживая барабан левой рукой, закрепляют его установочным колпачком.

Перед началом измерений между измерительными поверхностями устанавливают расстояние больше измеряемого. Микрометр осторожно наводят на изделие и снова вращают его за трехточку до тех пор, пока измерительные поверхности пяток не коснутся детали. После этого микрометр слегка покачивают во взаимно перпендикулярных плоскостях, одновременно работая трехточкой. Эта операция позволяет найти наименьший размер в сечении измеряемой детали и тем самым исключить ошибки, вызванные неправильным положением инструмента. Нельзя наводить микрометр на изделие с усилием, так как это может вызвать изгиб скобы, смятие резьбы или

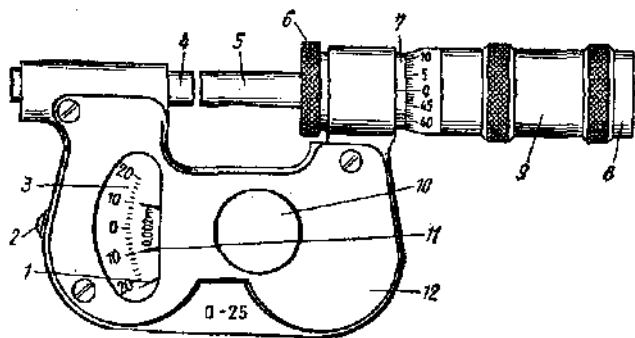


Рис. 19. Рычажный микрометр:

1 — стрелка; 2 — кнопка отводного рычага; 3 — шкала рычажного механизма; 4 — подвижная пятка; 5 — пятка микрошпindelа; 6 — стопорное кольцо; 7 — стебель; 8 — гайка для установки барабана на нуль; 9 — барабан; 10 — колпачок, закрывающий гнезда для ключа установки указателей отклонений; 11 — указатели отклонений; 12 — корпус.

повреждение измерительных поверхностей. Микрометры с большими пределами измерения (100, 150, 200 мм и т. д.) укрепляют в специальных штативах. По предельной погрешности микрометры делят на классы 0 и 1, а при переаттестации могут быть классифицированы в классом 2. Типоразмеры микрометров и их характеристики даны в таблице 14.

Рычажный микрометр (ГОСТ 4381—80) представляет собой сочетание микрометрической головки с рычажно-зубчатым механизмом. Цена деления микрометрической головки 0,01 мм, рычажно-зубчатой шкалы — 0,002 мм. Характеристики микрометров даны в таблице 14.

При измерении барабан 9 (рис. 19) микрометра вращают до тех пор, пока стрелка 1 рычажного механизма не встанет на нуль. Продолжают вращать барабан до совпадения ближайшего штриха его шкалы со штрихом на стебле 7. К полученному по микрометру показанию прибавляют размер отклонения от нуля стрелки рычажного механизма со своим знаком.

При измерении партии одинаковых деталей рычажным микрометром можно пользоваться как скобой. Для этого его настраивают на номинальный размер, а по шкале отсчитывают отклонения от номинального размера. Указатели грании поля допуска 11 облегчают работу контролера. Эти указатели устанавливают с помощью специального ключа, вводимого в гнезда, которые открываются, если отвернуть колпачок 10. Деталь будет годной, если стрелка при измерении остановится между указателями отклонений. Чтобы настроить прибор на нуль, следует вставить между измерительными пятками 4 и 5 установочную меру (для микрометров размером больше 25 мм) и вращать барабан до тех пор, пока стрелка 1 микрометра не совпадет с нулем. В этом положении микрометрический винт фиксируют стопором 6. Если в этом положении нулевой штрих барабана не совпадает с продольной линией на стебле, отвертывают гайку 8 и, освободив барабан, поворачивают его до совмещения

пулевого штриха барабана с продольной риской на стебле 7. После этого, заворачивая колпачок, закрепляют барабан. При контроле деталей мелкосерийного производства такой микрометр используют для относительных измерений. Для этой цели его настраивают двумя способами:

если при измерении допустима небольшая точность, то номинальный размер или размер, от которого определяют отклонения, устанавливают прямо на микрометре;

при проверке точных деталей микрометр устанавливают по блоку концевых мер с целью исключения влияния погрешностей микрометрической головки.

Кроме рассмотренного микрометра МР, для измерения изделий размером больше 100 мм существуют микрометры МРИ, оснащенные специальным отсчетным устройством (рис. 20). Устройство этих микрометров практически одинаково. Микрометры МРИ выпускаются семи типоразмеров от 100 до 500 мм с точностью отсчета 0,002 мм и двенадцати типоразмеров от 300 до 2000 мм с точностью отсчета 0,01 мм. Эксплуатируют и настраивают такой микрометр так же, как и микрометр МР. Техническая характеристика этих приборов дана в таблице 14.

Микрометрический нутромер (штихмас) (ГОСТ 10—75) служит для измерения внутренних размеров свыше 50 мм. В качестве отсчетного устройства используют такие же микрометрические головки, как для микрометров. На рисунке 21 представлена микрометрическая головка нутромера завода «Калибр». Головка имеет стебель 3 оканчивающийся слева запрессованным в него сферическим наконечником 1, а справа — разрезной втулкой с внутренней конической резьбой и наружной конической резьбой. Во внутреннюю резьбу ввинчен микровинт 5. Левая часть микровинта оканчивается цилиндрическим направляющим хвостовиком, а правая — вторым измерительным наконечником 10. Для закрепления винта в нужном положении служит стопор 4. На коническую резьбу, как и у микрометров, навинчивается гайка 6, при помощи которой устраняют зазор микровинта. Микровинт соединяется с барабаном 7 установочным колпачком 9 и конусным разрезным кольцом 8. При навинчивании колпачка на резьбу барабана конусное кольцо, упираясь в буртик микровинта, разжимается, чем скрепляет микровинт с барабаном. Это же устройство служит и для установки барабана на нуль. Гайка 2 предохраняет нарезанный конец стебля от повреждения. На резьбу навинчивают удлинители (рис. 21, б), когда требуется увеличить пределы измерения нутромера. К головке прилагается набор удлинителей. Удлинители подбирают в последовательности, указанной в табличках, прилагаемых к нутромеру.

Для соединения удлинителя с микрометрической головкой необходимо отвернуть предохранительную гайку 2, а вместо нее навернуть правый конец удлинителя. При наворачивании удлинителя измерительный наконечник 1 головки, нажимая на правый конец штихмаса 15, заставляет выйти наружу его левый измерительный конец. При развинчивании головки стальной стержень (штихмас) под воздействием пружины 12 снова скрывается в металлическую трубку 14. На свободный конец удлинителя с резьбой может быть навинчен другой удлинитель и т. д. На свободный конец последнего удлинителя навинчивают предохранительную гайку. Завод «Калибр» выпускает и другие модификации головок (рис. 21, в) и удлинителей.

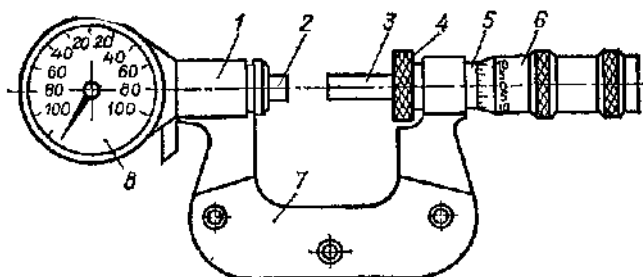


Рис. 20. Рычажный микрометр со специальным отсчетным устройством:

1 — скоба; 2 — подвижная пятка; 3 — микрометрический винт; 4 — стопор; 5 — стембель; 6 — барабан; 7 — теплоизоляционная накладка; 8 — отсчетное устройство.

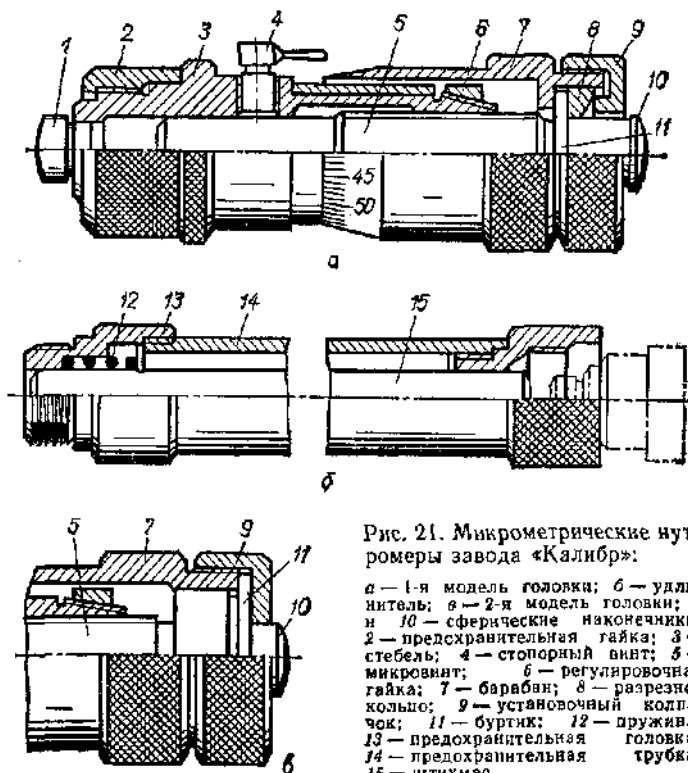
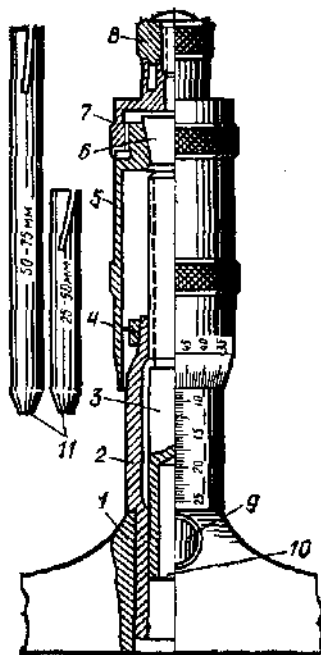


Рис. 21. Микрометрические нутромеры завода «Калибр»:

а — 1-я модель головки; б — удлинитель; в — 2-я модель головки; г — сферические наконечники; 1 — предохранительная гайка; 2 — предохранительная гайка; 3 — стембель; 4 — стопорный винт; 5 — микровинт; 6 — регулировочная гайка; 7 — барабан; 8 — разрезное кольцо; 9 — установочный колпачок; 10 — буртик; 11 — пружина; 12 — предохранительная головка; 13 — предохранительная трубка; 14 — штифт; 15 — штифт.

Рис. 22. Микрометрический глубиномер завода «Красный инструментальщик»:

1 — traversa и основание; 2 — стембель; 3 — микровинт; 4 — регулировочная гайка; 5 — барабан; 6 — хвостовик винта; 7 — установочный колпачок; 8 — трехточечное устройство; 9 — стопорный винт; 10 — отверстие для установки стержня; 11 — стержень.



Микрометрические головки заводов «Калибр» и «Красный инструментальщик» изготавливаются с нижним пределом измерения 75 и 150 мм. Для расширения пределов измерения к головкам прикладывают до 12 удлинителей (в зависимости от набора). Возможные пределы измерения нутромеров с удлинителями от 75 до 1250 мм.

Челябинский инструментальный завод изготавливает нутромеры с диапазоном измерения от 600 до 6000 мм.

Настройка нутромера. Перед началом работы прибор проверяют и настраивают на нуль. Нулевую установку проверяют кощевыми мерами или специальной скобой, приложенной к нутромеру. Размер установочной меры выгравирован на корпусе скобы. Настраивают в следующем порядке.

1. На проверяемую головку навинчивают базовый наконечник, а затем вращением барабана устанавливают размер головки так, чтобы она свободно вошла в скобу.

2. Придерживая головку за накатанную часть стембля 2 (рис. 21) и вращая барабан за накатанное кольцо, вывинчивают микрометрический винт до тех пор, пока измерительные наконечники 1 и 10 не коснутся измерительных плоскостей установочной меры. В этом положении стопорят микровинт и осторожно вынимают головку из скобы.

3. Если в этом положении нулевое деление барабана не совпадает с предельным штрихом на стембле, то отвертывают установочный колпачок 9 и поворачивают освобожденный барабан так, чтобы штрихи совпали. В таком положении, поддерживая барабан и стембель левой рукой, правой затягивают установочный колпачок.

В процессе измерения нутромер вводят в отверстие и вращением барабана приводят измерительные наконечники в соприкосновение со стенками отверстия. Удлинители навертывают на головку, начиная с больших размеров. Один конец нутромера упирают в поверхность измеряемого отверстия, а другой докачивают сначала в осевом направлении, а затем в поперечном. Одновременно с этим регулируют положение микровинта таким образом, чтобы найти в осевом направлении наименьший размер, а в диаметральном (поперечном) направлении — наибольший.

14. Метрологическая характеристика микрометрических приборов

Название	Тип или модель	Завод-изготовитель	Цена деления, мм	Пределы измерения прибора, мм	Пределы измерения рычажной шкалы, мм	Наработка* до первого отказа, циклы, не менее
Микрометры гладкие	МК-25	Калибр	0,01	0...25	—	25 000 с вероятностью 0,85
	МК-50			25...50		
	МК-75			50...75		
	МК-100	КРИН	0,01	75...100	—	
	МК-125			100...125		
	МК-150			125...150		
	МК-175			150...175		
МК-200**	175...200					
Микрометры листовые	МЛ-5	КРИН	0,01	0...5	—	То же
	МЛ-10			0...10		
	МЛ-25			0...25		
Микрометры трубные	МТ***	КРИН	0,01	0...25	—	» »
Микрометры рычажные	МР-02020	ЛИЗ	0,002	0...25	±0,14	500 000 с вероятностью 0,9
	МР-02020			25...50		
	МР-02020			50...75		
	МР-02320			75...100		
	МРИ-125			100...125		
	МРИ-150			125...150		
	МРИ-200	КРИН	0,002	150...200	±0,1	100 000 с вероятностью 0,85
	МРИ-250			200...250		
	МРИ-300			250...300		
	МРИ-400****			300...400		
Микрометрические нутромеры	НМ-175	Калибр	0,01	75...175	—	10 000 с вероятностью 0,8
	НМ-600	ЧЗМИ		75...600		
	НМ-1250			150...1250		
	НМ-2500			600...2500		
Микрометрический глубиномер	ГМ-100 ГМ-150	КРИН	0,01	0...100***** 0...150*****	—	25 000 с вероятностью 0,85

* Срок перереаттестации приборов устанавливается по наработке до отказа.
 ** Выпускаются также микрометры размеров 200...225 мм; 225...250; 250...275; 275...300; 300...400; 400...500 и 500...600 мм.
 *** Одна измерительная поверхность сферическая.
 **** Изготавливаются МРИ размерами 400...500 мм; 500...600; 600...700; 700...800; 800...900; 900...1000 мм с ценой деления 0,1 мм.
 ***** Прилагаются сменные стержни.

По предельной погрешности микрометрические нутромеры делятся на классы 1 и 2. Характеристика нутромеров дана в таблице 14.

Микрометрические глубиномеры (ГОСТ 7470—78) служат для измерения глубины отверстий, уступов, выточек и т. д. В отличие от микрометров у глубиномеров со стеблем соединена не скоба, а траверса и нуль основной шкалы расположен справа. Головка глубиномера аналогична головке микрометра завода КРИН.

В нижней части микровинта сделано цилиндрическое отверстие 10 (рис. 22), в которое вводят цилиндрический стержень 11 необходимой длины. Длина стержня зависит от измеряемой глубины. На конце стержня имеется пружинящее устройство, обеспечивающее связь стержня с микровинтом. Сменные стержни бывают размеров: 0...25 мм; 25...50; 50...75 и 75...100 мм. Расстояние между торцами каждого стержня точно выдержано, поэтому глубиномер устанавливать на нуль можно по одному из четырех стержней. Чаще всего устанавливают по стержню размером 25 мм.

Установка глубиномера на нуль. Ее проводят в следующем порядке.

1. Барабан микрометрической головки вывертывают так, чтобы измерительная поверхность стержня утопилась в траверсе.

2. Поставив траверсу рабочей поверхностью на плиту и прижимая ее левой рукой, правой вращают головку трехточечного устройства 8 до пробуксовки и стопорят микровинт 9.

3. Ослабляют установочный колпачок 7 и отжимают барабан вниз до тех пор, пока он не будет свободно проворачиваться. В этом положении барабан устанавливают на нуль, а колпачок 7 затягивают.

Глубиномеры по предельной погрешности делятся на классы 1 и 2. Характеристики глубиномеров даны в таблице 14.

§ 6. ПРИБОРЫ ДЛЯ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Относительный метод измерения — это метод сравнения с мерой, на которую настроен данный прибор. При таком методе используют головки с небольшим диапазоном измерения (он ограничен пределами шкалы), поэтому результат определяют отклонением от размера, установленного по блоку концевых мер. Приборы для относительных измерений надежны в работе, обладают высокой точностью и универсальностью. По назначению их можно разбить на три группы.

Первая группа. К ней относятся различные стойки для измерения валов: легкого типа с круглым или квадратным столом и тяжелого типа с жестким и подвижным столом. Все эти приборы состоят из следующих основных конструктивных элементов (рис. 23, а). На основании 1 закреплена жесткая стойка 9, вдоль которой перемещается кронштейн 7, фиксируемый в нужном положении стопорным винтом 8. С кронштейном при помощи винта 4 соединяется измерительная головка 6. Со стойками легкого типа соединяются измерительные головки с присоединительной втулкой 5 с размером 8 мм, а со стойками тяжелого типа — с размером 28 мм. На основании 1 установлен стол 2, на котором располагают измеряемые детали. В некоторых конструкциях тяжелых стоек стол сделан подвижным: перемещаясь вдоль оси, он может находиться в различ-

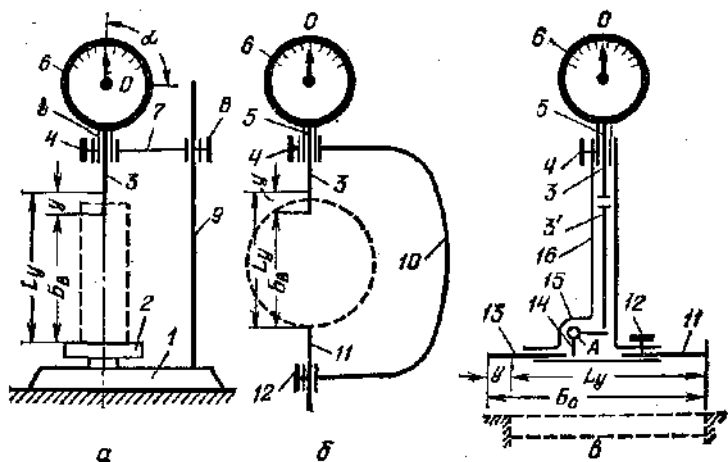


Рис. 23. Принципиальная схема устройства приборов для относительных измерений:

а и *б* — приборы для измерения валов; *в* — приборы для измерения отверстий; 1 — основание; 2 — стол; 3 — измерительный стержень; 4 — винт для крепления измерительной головки; 5 — присоединительная втулка; 6 — измерительная головка; 7 — кронштейн; 8 — винт для крепления кронштейна; 9 — стойка; 10 — скоба; 11 — переставной стержень; 12 — винт для крепления переставного стержня; 13 — подвижный стержень; 14 — двулучий рычаг, вращающийся около точки *A*; 15 — корпус; 16 — трубка.

ных положениях относительно основания. Необходимое расстояние *B* можно устанавливать за счет изменения положения кронштейна на 7 относительно стола прибора или за счет изменения положения самого стола относительно основания.

Вторая группа. Она включает в себя различные переносные приборы в виде скоб (рис. 23, *б*). Их применяют там, где трудно или вообще невозможно использовать стойки (при измерении шатунных шеек коленчатого вала). В эту группу входят индикаторные и рычажные скобы (пассаметры). Скобы отличаются от стоек тем, что у них роль кронштейна, стойки и основания выполняет скоба 10. Вместо стола используется переставной стержень 11, закрепляемый в необходимом положении стопорным винтом 12. Размер *B* устанавливается только с помощью переставного стержня 11.

Третья группа. В нее входят нутромеры различной конструкции — с рычажной и клиновой передачей, а также цанговые. Все они служат для измерения отверстий и устроены следующим образом (рис. 23, *в*). Измерительный стержень 3 связан с подвижным стержнем 13 через двулучий рычаг 14, ось вращения которого расположена в точке *A*. Если нажать на стержень 13, то он, скользя по направляющей, упрется в двулучий рычаг 14 и, повернув его против хода часовой стрелки, переместит измерительный стержень 3 вверх. Перемещение стержня 13 отсчитывают по показаниям стрелки измерительной головки 6. В некоторых конструкциях вместо двулучевого рычага поставлена клиновая пара. Передающий меха-

низм размещен в корпусе 15. На противоположном конце корпуса расположен переставной стержень 11, который стопорится винтом 12. Необходимый размер B_0 устанавливают с помощью переставного стержня 11.

В стойках (рис. 23, а) объект располагают между измерительным стержнем 3 и столом 2, а в скобах (рис. 23, б) — между измерительным стержнем 3 и переставным стержнем 11. Для того чтобы головка срабатывала, размер B_0 должен быть меньше размера измеряемого объекта. При измерении нутромер вводят в отверстие так, чтобы переставной 11 (рис. 23, а) и подвижной 13 стержни были перпендикулярны к образующей, а размер B_0 был больше размера измеряемого объекта. Чтобы определить действительный размер объекта, необходимо B_0 и B_1 устанавливать точно по блоку концевых мер.

§ 7. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ГОЛОВКИ ДЛЯ ЛЕГКИХ СТОЕК, ШТАТИВОВ И НУТРОМЕРОВ С ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫМ РАЗМЕРОМ 8 мм

Индикаторы часового типа с многооборотной стрелкой. Принцип его действия основан на преобразовании возвратно-поступательного движения измерительного стержня во вращательное движение стрелки при помощи зубчатого передаточного механизма. Отечественная промышленность выпускает три типа таких индикаторов: ИЧ-2, ИЧ-5 и ИЧ-10 (ГОСТ 577—68) (рис. 24) с ценой деления 0,01 мм. Измерительные головки в зависимости от конструкции можно закреплять за гильзу 8 или за ушко 7. Принцип действия индикаторной головки представлен на рисунке 24, б. Зубчатое колесо 15 связано с пружиной 16, один конец которой прикреплен к корпусу головки. Пружина 16 и зубчатое колесо 15 введены в кон-

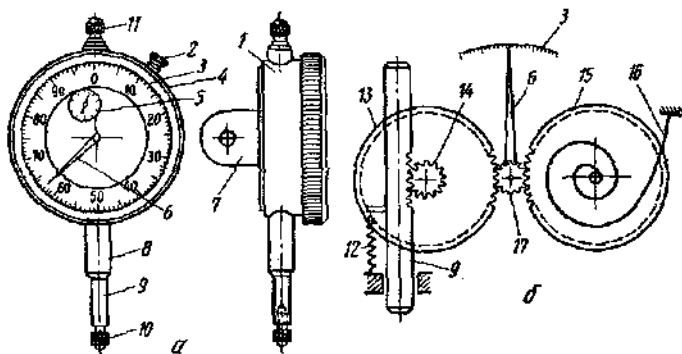


Рис. 24. Индикаторная головка часового типа:

а — общий вид; б — принципиальная схема; 1 — корпус; 2 — стопорный винт; 3 — основная шкала; 4 — ободок; 5 — шкала счетчика оборотов; 6 — основная (большая) стрелка; 7 — ушко; 8 — гильза; 9 — измерительный стержень; 10 — наконечник измерительного стержня; 11 — головка; 12 — возвратная пружина; 13, 14, 15 и 17 — зубчатые колеса; 16 — спиральная пружина.

стружину для того, чтобы обеспечивать работу передачи на одной стороне профиля зуба, благодаря чему выбираются боковые зазоры между зубьями колес. Пружина 12 удерживает измерительный стержень в крайнем нижнем положении. Шкала 3 вместе с рифленным ободком 4 поворачивается относительно корпуса головки, и, таким образом, любое деление шкалы совмещается с концом стрелки 6. В необходимом положении шкалу закрепляют винтом 2. Для определения целых оборотов основной стрелки имеется маленькая стрелка со своим циферблатом 5. В процессе измерения, когда деталь должна быть подведена под наконечник, измерительный стержень поднимают вверх за головку 11.

В индикаторе модели ИЧ-5Р применено устройство для разгрузки механизма от ударов. Этот индикатор предназначен для работы, сопровождающейся резкими перемещениями измерительного стержня.

Индикаторы торцового типа ИЧ-25 и ИЧ-50 (рис. 25) служат для торцовых измерений. Такие индикаторы отличаются от индикаторов часового типа тем, что имеют два измерительных стержня, один из которых перемещается перпендикулярно к плоскости шкалы, а другой — параллельно.

По предельной погрешности индикаторы делятся на классы 0, 1 и 2. Классы 0 и 1 устанавливают по фактической погрешности измерения при выпуске индикаторов с завода, а класс 2 — после ператтестации в процессе эксплуатации. Предельные же погрешности измерения индикаторных головок зависят от того, работает ли стрелка в пределах нормированного участка или в пределах одного оборота. Нормированным или аттестованным участком шкалы называется участок в 0,1 мм (10 делений) в пределах второго оборота стрелки. На этом участке предельные погрешности измерения Δlim имеют наименьшее значение. Для того чтобы погрешности были наименьшими, рекомендуется проводить измерения в средней части диапазона шкалы. Выпускаются специализированные головки: ИЧТ — к твердомерам; ИЧС — для установки на станках и т. д.

Индикаторы повышенной точности. В эксплуатации находятся две модели многооборотных рычажно-зубчатых измерительных головок повышенной точности: 1МИГ и 2МИГ (ГОСТ 9696—82) (рис. 26). Для точной установки на нуль служит регулировочный винт 6, который поворачивает весь механизм головки относительно корпуса. Головки снабжены арретиром и указателями пределов поля допуска. В качестве передаточного механизма использованы две рычажные передачи и две зубчатые пары. Имеется указатель перемещения измерительного стерж-

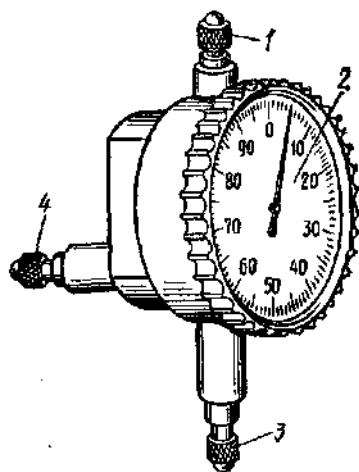


Рис. 25. Торцовый индикатор:

1 — головка измерительного стержня; 2 — шкала; 3 — измерительный наконечник; 4 — измерительный наконечник торцового стержня.

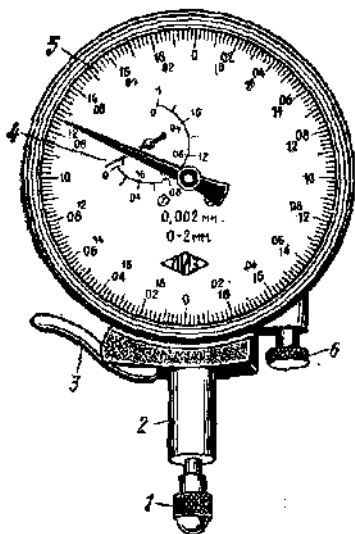


Рис. 26. Многооборотная рычажно-зубчатая измерительная головка типа МИГ:

1 — измерительный наконечник; 2 — присоединительная втулка (8 мм); 3 — отводной рычаг; 4 — шкала целых оборотов; 5 — основная шкала; 6 — винт установки на нуль.

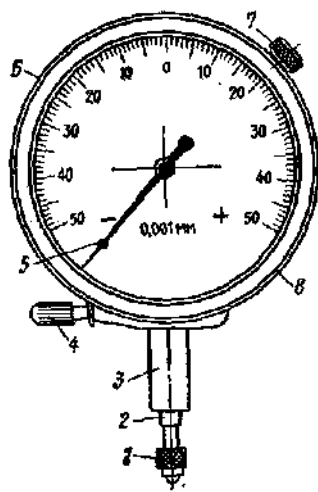


Рис. 27. Микрометр ИГ:

1 — измерительный наконечник; 2 — измерительный стержень; 3 — присоединительная втулка; 4 — отводной рычаг; 5 — стрелка; 6 — корпус; 7 — стопорный винт; 8 — ободок.

ия в миллиметрах. Цена деления у головки 1 МИГ — 1 мкм, а у 2МИГ — 2 мкм.

Индикаторные головки с дуговой шкалой. В таких головках показывающая стрелка не делает полного оборота, а отклоняется от нулевого положения вправо и влево в пределах ограниченной дуги.

Микромер — однооборотная рычажно-зубчатая головка типа 1ИГ с ценой деления 0,001 мм и 2ИГ с ценой деления 0,002 мм (ГОСТ 28833—73).

Микромер состоит из корпуса 6 (рис. 27), ободка 8, связанного с циферблатом, стопора 7, присоединительной втулки 3, отводного рычага 4, измерительного стержня 2, наконечника 1 и стрелки 5. Ободок может поворачиваться вместе с циферблатом на 10...15 делений. Диаметр присоединительной втулки 3...8 мм.

Микатор — пружинная головка типа ИПМ (ГОСТ 14712—79) (рис. 28). Принцип действия микатора основан на зависимости между растяжением скрученной металлической ленты и ее поворотом относительно продольной оси. В головке лента скручивается от середины в разные стороны: одна половина имеет левую спираль, другая — правую. В средней части ленты установлена стрелка. При растяжении ленты стрелка поворачивается в плоскости, перпендикулярной к направлению растяжения.

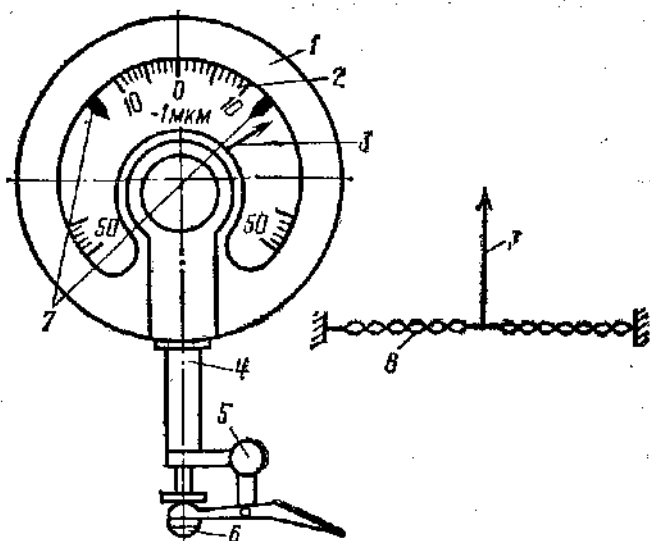


Рис. 28. Микатор типа ИПМ:

1 — корпус; 2 — шкала; 3 — стрелка; 4 — гильза; 5 — арретир; 6 — измерительный наконечник; 7 — указатель поля допуска; 8 — скрученная металлическая лента.

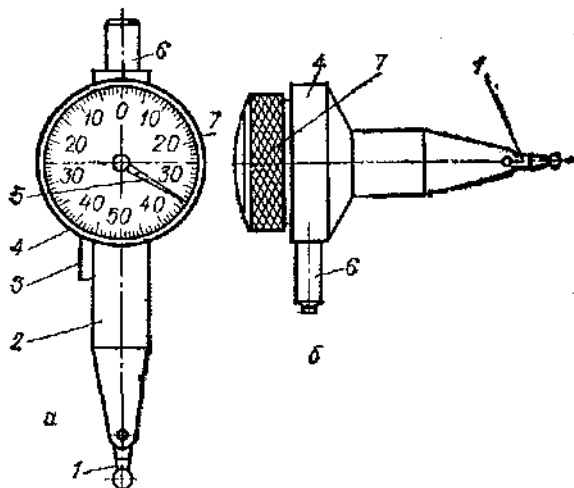


Рис. 29. Рычажно-зубчатый индикатор бокового (ИРБ) и торцового (ИРТ) действия:

а — тип ИРБ; б — тип ИРТ; 1 — измерительный рычаг; 2 и 6 — соединительные стержни; 3 — переключатель; 4 — корпус; 5 — стрелка; 7 — ободок.

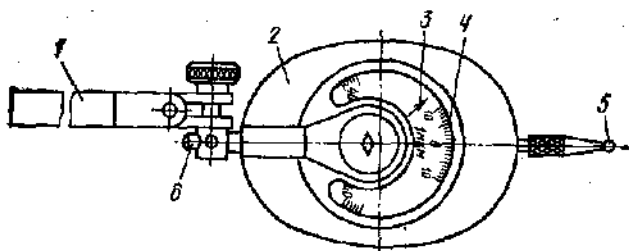


Рис. 30. Миникатор — рычажно-пружинная головка бокового действия:

1 — державка; 2 — корпус; 3 — стрелка; 4 — шкала; 5 — сменный измерительный наконечник; 6 — присоединительная гильза.

В микаторе отсутствуют шарниры и зазоры, что повышает точность отсчетов при измерениях. Его используют совместно с легкими стойками или с некоторыми типами индикаторных нутромеров, так как диаметр их присоединительных втулок равен 8 мм. Стрелка этих головок работает только на ограниченной дуге. Головки изготавливаются с ценой деления 0,2 мкм; 0,5; 1 и 2 мкм с диапазоном измерения по шкале 0,02...0,2 мм. Микатор применяют в качестве отсчетного устройства в контрольных и автоматических приспособлениях, где требуется высокая точность.

Индикаторные головки бокового и торцового действия (ГОСТ 5584—75) предназначены для измерения отклонений изделий от заданной геометрической формы в труднодоступных местах и используются, как правило, с универсальной стойкой (штативом) (рис. 29). При цене деления 0,01 мм пределы измерения индикаторной головки равны $\pm 0,4$ мм. Для изменения направления движения стрелки служит переключатель 3. Индикаторы крепятся в стойках и штативах при помощи переходной втулки (с диаметра 5 мм на диаметр 8 мм). Применяются другие рычажно-зубчатые индикаторы бокового действия с точностью отсчета 0,002 мм: ГИРБ2-30 и ГИРБ2-60 (ГОСТ 16924—71).

Миникатор — рычажно-пружинная головка бокового действия (ГОСТ 14711—79) (рис. 30). Назначение его то же, что и индикаторной головки ИРБ или ИРТ. При работе используют сменные короткий или длинный измерительные наконечники 5 со сферической измерительной поверхностью. В зависимости от длины наконечника меняется цена деления: при коротком — 1 мкм, при длинном — 2 мкм; диапазон измерения по шкале составляет 0,08 мм и 0,16 мм соответственно. Миникатор укомплектован державкой 1 с микрометрической подачей. При измерении державку с миникатором закрепляют в стойке с присоединительным диаметром 8 мм при помощи переходника или в штангенрейсмусе при помощи специального приспособления. В процессе измерения миникатор может быть повернут в плоскости, параллельной плоскости шкалы 4 на угол 15°.

Данные по всем измерительным головкам приведены в таблице 15.

15. Измерительные головки с присоединительным размером 8 мм

Наименование	Тип или модель	Цена деления, мм	Пределы измерения, мм	Наработка* до первого отказа, циклы, не менее
<i>Многооборотные</i>				
Индикаторы зубчатые часового типа	ИЧ-2		0...2	500 000 с вероятностью 0,9
	ИЧ-5		0...5	
	ИЧ-50**	0,01	0...50	
	ИЧ-10		0...10	
	ИЧ-25***		0...25	
Индикаторы повышенной точности	ИЧ-50***		0...50	100 000 с вероятностью 0,9
	1МИГ	0,001	0...1	700 000 с вероятностью 0,9
То же, но с расширенным диапазоном измерения	2МИГ	0,002	0...2	
		05205	0,002	0...5
	05305	0,001		
<i>С дуговой шкалой</i>				
Микромер	1ИГ	0,001	$\pm 0,05$	600 000 с вероятностью 0,92
	2ИГ	0,002	$\pm 0,10$	
Микатор	0,2ИПМ	0,0002	$\pm 0,01$	—
	0,5ИПМ	0,0005	$\pm 0,025$	
	1ИПМ	0,001	$\pm 0,050$	
<i>Бокового действия и торцовые</i>				
Индикаторы бокового действия	ИРБ	0,01	0...0,8	100 000 с вероятностью 0,85
	ИРТ	0,01	0...0,8	
	ГИРБ2-30****			
Миникатор	ГИРБ2-60****	0,002	0...0,16	—
	С коротким наконечником	0,001	0,3	—
	С длинным наконечником	0,002	0,6	—

* В соответствии с наработкой устанавливают сроки перереаттестации приборов.

** Разгруженный от ударов.

*** Торцовые.

**** Измерительные усилия 30 и 60 Гс.

§ 8. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ГОЛОВКИ ДЛЯ ТЯЖЕЛЫХ СТОЕК С ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫМ РАЗМЕРОМ 28 мм

Микрокатор — это наиболее точный из всех рычажно-механических приборов, отличающийся высокой стабильностью показаний. Принцип действия микрокатора основан на зависимости между растяжением скрученной металлической ленты и ее поворотом относительно продольной оси. Наибольший угол раскрутки будет в сред-

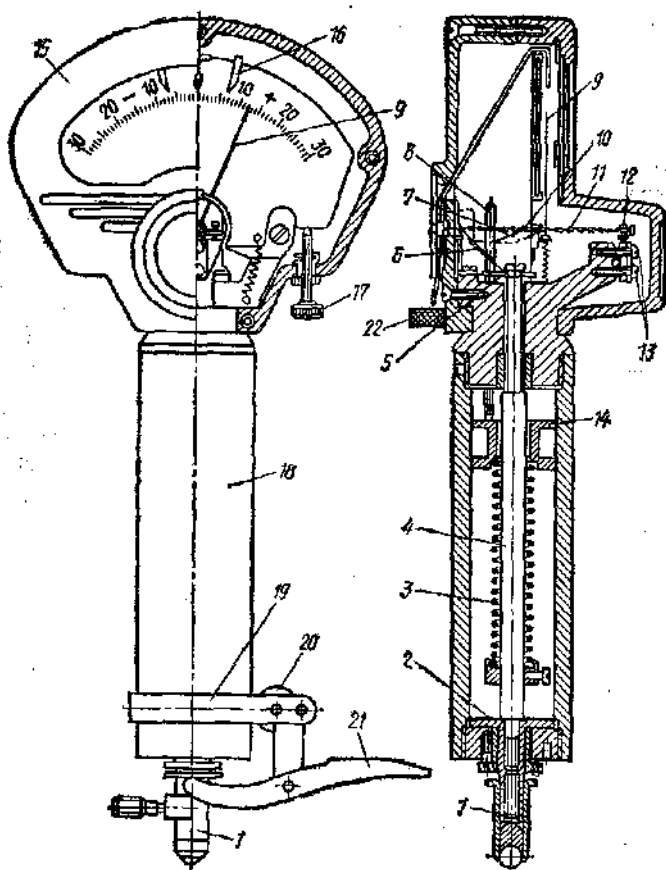
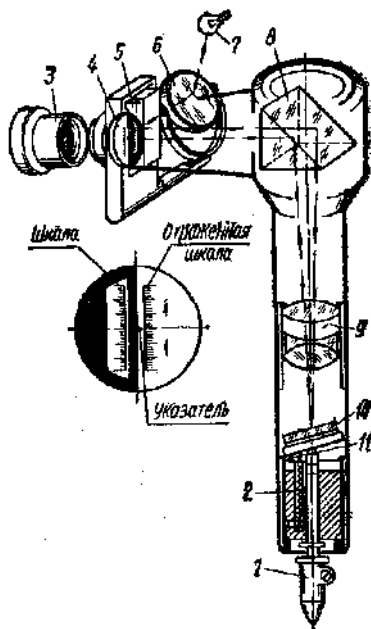


Рис. 31. Микроамперметр:

1 — измерительный наконечник; 2, 5 и 6 — плоские пружины; 3 — отжимная пружина; 4 — измерительный стержень; 7 — стойка; 8 — винт для регулировки положения регулируемой втулки; 9 — стрелка; 10 — демпфер; 11 — скрученная плоская лента; 12 — регулируемая стойка; 13 — установочные винты; 14 — регулируемая втулка; 15 — корпус; 16 — указатель отклонений; 17 — винт точной установки; 18 — соединительная трубка; 19 — хомут; 20 — стяжной винт; 21 — отводной рычаг; 22 — маховичок для регулирования измерительного усилия.

Рис. 32. Оптиметр:

1 — измерительный стержень; 2 — пружина; 3 — окуляр; 4 — стеклянная пластина с нанесенной на ней шкалой; 5 — трехгранная призма; 6 и 10 — зеркала; 7 — источник света; 8 — призма; 9 — объектив; 11 — ось.



нем сечении ленты. Одна половина ленты имеет правую спираль, другая — левую. В средней части установлена стрелка. При растяжении ленты стрелка будет поворачиваться в плоскости, перпендикулярной к направлению растяжения ленты.

Микрокаторы бывают следующих типов (ГОСТ 6933—81):

ИГП — с нормальным измерительным усилием;

ИГПУ — с уменьшенным измерительным усилием, их целесообразно применять для измерения тонкостенных и иных маложестких деталей;

ИГПР — с регулируемым измерительным усилием;

ИГПГ — герметизированные; ИГПВ — виброустойчивые.

Эти микрокаторы имеют цену деления от 0,1 мкм до 1 мкм. Для особо точных измерений применяют специальные головки с ценой деления 0,05 и 0,02 мкм.

Устройство микрокатора показано на рисунке 31. Один конец ленты соединен с регулируемой стойкой 12, а другой — с концом плоской пружины 6. Для уменьшения трения измерительный стержень 4 подвешен на двух плоских пружинах-мембранах 2 и 5. Перемещение измерительного стержня вверх отклоняет плоскую пружину 6 влево, что вызывает растяжение скрученной ленты 11, в результате чего стрелка 9 поворачивается на соответствующий угол. Натяжение пружины регулируют винтами 13. Для успокоения стрелки в приборе имеется специальное устройство — демпфер 10.

Для точной установки прибора на нуль шкала может быть повернута на ± 3 деления при помощи винта 17. В исходное положение измерительный стержень возвращается под действием пружины 3. При вводе объекта измерения под измерительный стержень последний поднимают отводным рычагом 21.

Микрокатор имеет дополнительные стрелки 16, устанавливаемые в соответствии с отклонениями измеряемой детали. Стрелки перемещают рычажками, расположенными с обратной стороны корпуса. Для соединения микрокатора с прибором служит трубка 18 диаметром 28 мм. Технические характеристики всех типов микрокаторов даны в таблице 16.

Оптиметр (ГОСТ 5405—75) — измерительная головка, в которой механический рычаг сочетается с оптическим. Работа оптиметра

основана на принципе автоколлимации. Свет из источника 7 (рис. 32) при помощи зеркала 6 направляется в трехгранную призму 5. Отражаясь от грани призмы, луч проходит через прозрачную стеклянную пластинку 4, на которой нанесена шкала. На рисунке эта шкала показана на черном фоне. Изображение шкалы проходит через призму 8, где лучи преломляются на 90° и идут через объектив 9. Пройдя объектив, они направляются параллельным пучком к зеркалу 10 и, отражаясь от него, идут обратно. Обратные лучи проходят тот же путь и дают на стеклянной пластинке 4 отраженную шкалу. Так осуществляется автоколлимация в головке оптиметра.

16. Измерительные головки с присоединительным размером 28 мм

Наименование головки	Тип или модель	Цена деления, мкм	Пределы измерения, мкм	Наработка* до первого отказа, чмк, не менее
Микрометры	01ИГП	0,1	± 4	500 000
	01ИГПУ			500 000
	01ИГПР	0,2	± 6	200 000
	02ИГП			700 000
	02ИГПУ			—
	02ИГПР			200 000
	05ИГП	0,5	± 15	700 000
	05ИГПУ			500 000
	05ИГПР			200 000
	1ИГП			—
	1ИГПУ	1	± 30	—
	1ИГПР			200 000
	2ИГП	2	± 60	—
	2ИГПУ			—
	2ИГПР			—
	5ИГП			5
5ИГПУ	—			
5ИГПР	—			
10ИГП	10	± 300	—	
10ИГПУ			—	
10ИГПР			—	
Оптиметр	1	± 100	—	
Оптякаторы	01П	0,1	± 12	1 000 000
	01П	0,1	± 25	—
	02П	0,2	± 25	1 000 000
	02П	0,2	± 50	—
	05П	0,5	± 50	1 000 000
	05П	0,5	± 125	—
	1П	1	± 125	550 000
	1П	1	± 250	—

* Сроки переаттестации приборов определяют в соответствии с установленной наработкой.

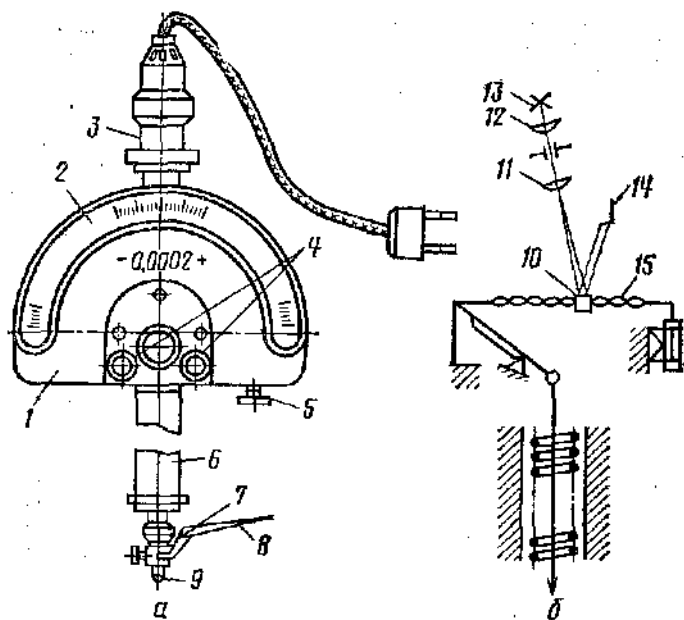


Рис. 33. Оптикатор:

a — общий вид; *б* — принципиальная схема; 1 — корпус; 2 и 14 — шкалы; 3 — осветитель; 4 — винты указателей отклонений; 5 — винт точной установки на нуль; 6 — присоединительная гильза; 7 — ось вращения отводной рычага; 8 — отводной рычаг; 9 — измерительный наконечник; 10 — зеркальце; 11 — объектив; 12 — конденсор; 13 — лампочка; 15 — плоская скрученная пружина.

Если измерительный стержень 1 переместить на какое-то расстояние, то это вызовет угловое отклонение зеркала 10, которое вращается вокруг оси 11. Угловое отклонение зеркала приведет к вертикальному перемещению отраженной шкалы. Это перемещение оценивают относительно неподвижного указателя. За перемещением шкалы наблюдают через окуляр 3. Зеркало 10 связано с измерительным стержнем 1 пружиной 15, которая создает измерительное усилие в пределах 1,8...2 Н. Техническая характеристика оптиметра дана в таблице 16.

Оптикатор (ГОСТ 10593—74) применяют при точных измерениях размеров и формы. Он создан на базе микрометра и отличается тем, что стрелка замснена маленьким зеркальцем и соответствующей оптической системой (рис. 33). При измерении растягивается пружина 15 и зеркальце 10 поворачивается. На зеркальце падает луч света, идущий от осветительной лампочки 13 через конденсор 12 и объектив 11. Далее этот луч просецируется на шкалу прибора 14 и штрих светового зайчика служит указателем отсчета. Оптикаторы отличаются от микрометров еще и тем, что они имеют широкопредельную шкалу. Техническая характеристика всех оптикаторов дана в таблице 16.

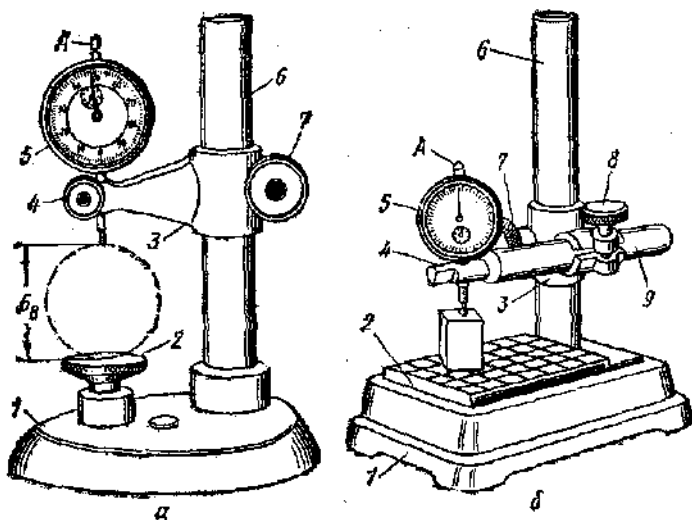


Рис. 34. Стойки легкого типа:

a — с круглым столом (тип С-III); *б* — с квадратным столом (тип С-IV); 1 — основание; 2 — стол; 3 — кронштейн; 4 — винт для крепления измерительной головки; 5 — измерительная головка; 6 — колонка-стойка; 7 — винт крепления кронштейна и стойки; 8 — винт крепления державки; 9 — державка.

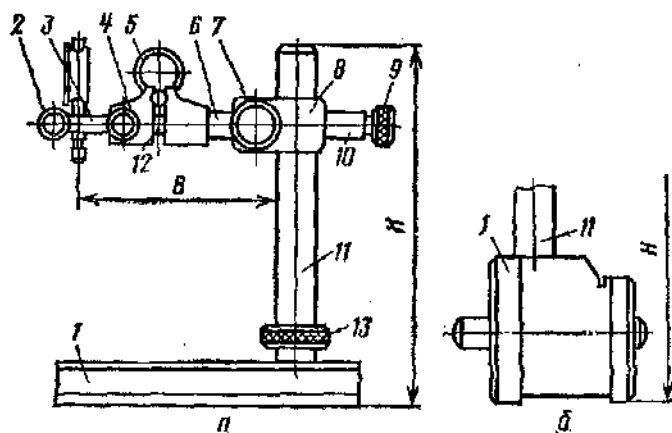


Рис. 35. Штатив:

a — без магнитного основания; *б* — с магнитным основанием; 1 — основание; 2 — винт зажима измерительной головки; 3 и 10 — державки; 4 — винт зажима державки; 5 — пружинное кольцо; 6 — стержень; 7 — зажимной винт; 8 — хомутки; 9 — винт тонкой установки на размер; 11 — стойка; 12 — штифты; 13 — гайка.

§ 9. ЛЕГКИЕ СТОЙКИ И ШТАТИВЫ С ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫМ РАЗМЕРОМ 8 мм

Легкая стойка типа С-III служит для измерения размеров и геометрической формы детали (конусность вала, эллипсность и т. д.). Стойку (рис. 34, а) используют для измерения размеров, не превышающих 125 мм. Она состоит из основания 1, круглого нерегулируемого столика 2, кронштейна 3, к которому крепится винтом 4 индикатор 5, колонки 6 и стопорного винта 7, фиксирующего положение кронштейна относительно столика. При установке и удалении объекта измерения (блока концевых мер) изменяют размер *б*, поднимая измерительный стержень за головку А.

Легкая стойка типа С-IV с квадратным столом приспособлена для измерения более крупных деталей. Пределы измерения этой стойки 200 мм. Квадратный стол 2 (рис. 34, б) имеет размеры 150×100 мм. Державка 9 закреплена в кронштейне 3. Индикаторная головка 5 путем перемещения ее вместе с державкой 9 вдоль хомута может быть установлена над любой точкой стола и зафиксирована винтом 8. В последних моделях стоек державка имеет приспособление для точной настройки индикатора (рис. 35, а). В этом приспособлении через пустотелую державку 10 проходит стержень, правый конец которого имеет накатную головку 9, а левый оканчивается нарезным штифтом 12. Штифт связан с хомутом серьги 5. Хомуты серьги и державки 10 стягиваются между собой кольцевой пружиной 3. Точную установку измерительного стержня осуществляют головкой 9.

Штативы типа Ш-I, Ш-II и Ш-III без магнитного основания и ШМ-I, ШМ-II и ШМ-III с магнитным основанием предназначены для измерения биения, отклонения от прямолинейности, отклонений положения одной детали относительно другой и взаимного положения поверхностей и т. д. Индикатор, установленный в универсальном штативе, может занимать самые различные положения по от-

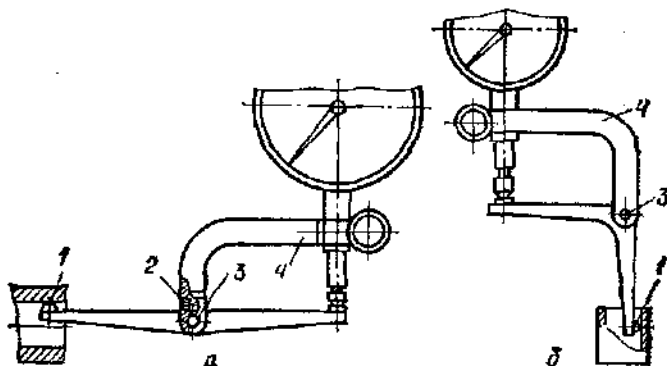


Рис. 36. Приспособление к индикатору для измерения в труднодоступных местах:

а — прямой рычаг; б — угловой рычаг; 1 — сферический наконечник; 2 — пружина; 3 — ось; 4 — кронштейн.

17. Легкие стойки и штативы (ГОСТ 10197—70)

Наименование	Тип или модель	Пределы измерения по высоте, мм	Вылет измерительной головки, мм	Примечание
Стойки легкие	С-III	100	55	Стол круглый гладкий Ø50 мм
	С-IV	250	160	Стол прямоугольный 100×150 мм
Штативы	Ш-I	250	200	С низкой стойкой
	Ш-III	250	200	С высокой стойкой
	Ш-IIВ	630	500	С высокой стойкой
	Ш-III	200	100	Облегченная
	ШМ-I	250	200	С магнитным основанием
	ШМ-III	250	200	Магнитное основание с низкой стойкой
	ШМ-IIВ	630	500	Магнитное основание с высокой стойкой
ШМ-III	200	160	Магнитное основание облегченное	

ношению к проверяемому изделию. Универсальный штатив имеет стальное или чугунное основание 1 (рис. 35) с Т-образным пазом. Вдоль паза перемещается сухарь, в котором закреплена стойка 11. Положение стойки фиксируют гайкой 13. Положение державки 10 относительно стойки 11 фиксируется винтом 7. В тех случаях, когда измерительный стержень индикаторной головки не может коснуться измеряемой поверхности, прибегают к специальным рычагам, соединенным с гильзой индикатора (рис. 36).

Технические характеристики легких стоек и штативов даны в таблице 17.

§ 10. ТЯЖЕЛЫЕ СТОЙКИ С ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫМ РАЗМЕРОМ 28 мм

Стойка тяжелого типа предназначена для измерения изделий высотой до 160 мм и диаметром не более 150 мм. Точные пределы измерения прибора зависят не только от размеров самой стойки, но и от диапазона шкалы измерительной головки. Со стойкой может быть соединена одна из трех измерительных головок с присоединительным диаметром 28 мм: микрокатор, оптикатор или оптиметр. Стойка имеет массивное чугунное основание 15 (рис. 37), на котором установлены колонка 10 и регулируемый стол 6. Вдоль колонки 10 перемещается кронштейн 11, на конце которого укреплена измерительная головка 9.

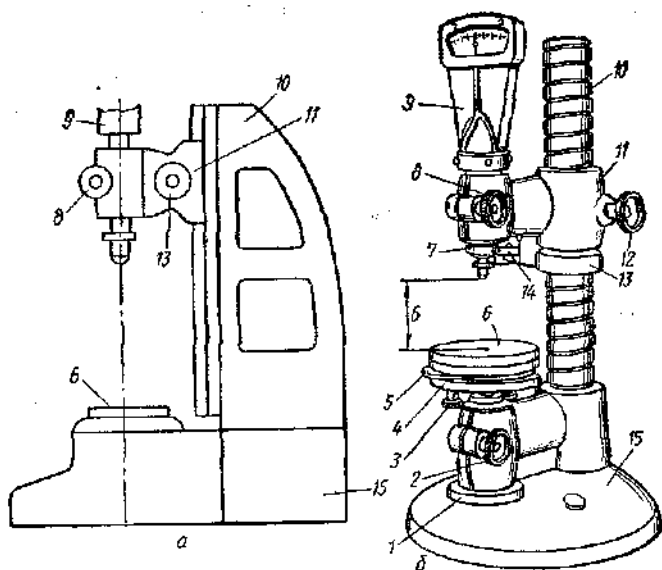


Рис. 37. Стойка тяжелого типа:

a — жесткая для измерительных головок с ценой деления 0,00005...0,0005 мм (С-1); *б* — нормальная для головок с ценой деления 0,001...0,005 мм (С-11); 1 — микровинт для точной настройки; 2 — стопорный винт стола; 3 — стопорный винт гаек регулировки подвижной части стола; 4 — основание стола; 5 — гайка регулировки стола; 6 — стол; 7 — хомут для крепления отводного рычага; 8 — стопорный винт для крепления измерительной головки; 9 — измерительная головка; 10 — колонка-стойка; 11 — кронштейн; 12 — винт для стопорения кронштейна; 13 — винт для грубой настройки; 14 — отводной рычаг; 15 — основание.

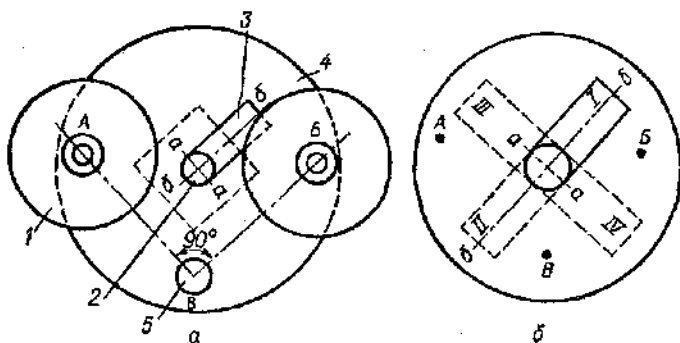


Рис. 38. Измерительный стол тяжелой стойки:

a — опорные точки; *б* — последовательное положение концевых мер; 1 — гайки регулировки стола; 2 — наконечник; 3 — концевая мера; 4 — стол; 5 — шарик.

§ 11. СКОБЫ С ОТСЧИТЫВАЮЩИМИ УСТРОЙСТВАМИ

К этому типу приборов относятся индикаторная и рычажная скобы. Оба прибора используют для относительных измерений валов. В рычажных и индикаторных скобах отсутствует микровинт. Винт в этих приборах используют только для расширения пределов измерения при настройке на ноль по коцевой мере.

Индикаторная скоба обеспечивает достаточную точность при контроле изделий с точностью изготовления не выше 9-го качества. При проверке больших размеров целесообразнее использовать индикаторные скобы, чем жесткие.

Индикаторная скоба имеет жесткий корпус с теплоизоляционной накладкой 12 (рис. 40). Подвижная пятка 5 находится в постоянном контакте с измерительным стержнем индикатора. Измерительное усилие скобы создается совместным действием пружины 6 и пружины индикатора. Переставную пятку 3 можно передвигать в пределах от 60 до 100 мм. Положение пятки фиксируют стопором 2, который закрыт предохранительным коллаком 1.

При массовых измерениях одной и той же детали процесс значительно облегчается, а производительность резко возрастает, если упорная пятка 4 будет заранее настроена на нужный размер. Упорную пятку устанавливают так, чтобы линия измерения проходила через центр измеряемого объекта, и фиксируют стопором 11 (на рисунке это положение упорной пятки показано пунктиром).

Скоба имеет отводной рычаг 9, при помощи которого подвижную пятку 5 поднимают. Это облегчает ввод измеряемых деталей между измерительными поверхностями пяток. У больших скоб отводной рычаг отсутствует. Для ускорения процесса измерения применяется специальная стойка. Для индикаторных скоб до 50 мм предусмотрена одна переставная пятка 3, до 100 мм — две, до 150 мм — три.

Индикаторные скобы обычно соединяют с индикаторными головками. Соединение их с микромерами не может быть достаточно эффективным из-за больших погрешностей, возникающих при из-

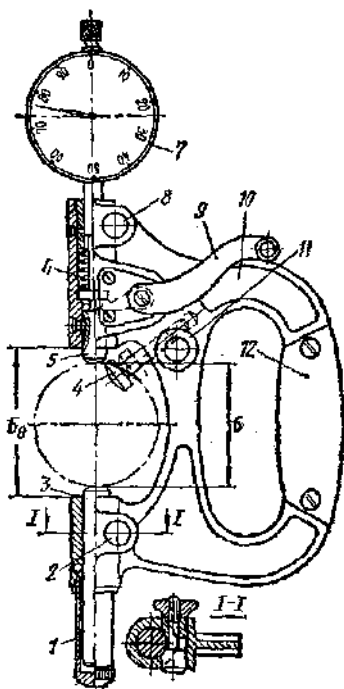


Рис. 40. Индикаторная скоба:

1 — предохранительный коллак; 2 — стопор передвижного стержня; 3 — переставная пятка; 4 — упорная пятка; 5 — подвижная пятка; 6 — пружина; 7 — индикатор; 8 — стопор индикатора; 9 — отводной рычаг; 10 — корпус; 11 — стопор упорной пятки; 12 — теплоизоляционная накладка.

мерении. Индикаторные скобы изготавлиются 10 типоразмеров с диапазоном измерения до 1000 мм. Технические характеристики выпускаемых скоб даны в таблице 19.

Рычажная скоба (пассаметр) представляет собой прибор, в котором отсутствует специальная измерительная головка, а в корпус встроены рычажно-зубчатый механизм. Такие скобы изготавливаются шести типоразмеров. Характеристики их даны в таблице 19.

При помощи рычажных скоб можно констатировать годность контролируемых деталей и фиксировать количественное отклонение действительного размера от заданного.

Прибор обеспечивает высокую точность и стабильность показаний. Перемещение подвижной пятки 10 (рис. 41) передается на малое плечо рычага 13. Большим плечом этого рычага служит зубчатый сектор 14, передающий вращение шестерне 15, на оси которой закреплена стрелка 5. Для устранения мертвого хода передачи с осью шестерни связана спиральная пружина 16.

Скоба имеет отводной рычаг 12. При нажиме на кнопку 2 этого рычага пятка 10 отходит влево и тем самым увеличивает расстояние между измерительными поверхностями пяток. Переставную пятку 9 перемещают вдоль ее оси винтом, который после установки закрывают предохранительным колпачком 7. Пятку стопорят винтом 8. Стрелки, показывающие границы полей допусков (отклонения), устанавливают специальным ключом. Для этого отвертывают крышку 6 и сначала, пользуясь широко расставленными штифтами ключа, устанавливают правую стрелку на меньшее отклонение, а потом, пользуясь узко расставленными штифтами этого же ключа, устанавливают левую стрелку на большее отклонение. Размер между измерительными пятками устанавливают при помощи блока концевых мер.

19. Скобы с отсчетным устройством (ГОСТ 11098—75)

Наименование скобы	Тип или модель	Цена деления, мм	Пределы измерения, мм	Наработка* до отката, циклы, не менее	Примечания
Индикаторные	СИ-50	0,01	0...50	200 000 с вероятностью 0,9	С одной переставной пяткой
	СИ-100		50...100		
	СИ-200	0,002	100...200		С двумя переставными пятками
	СИ-300		200...300		
	СИ-400		300...400		
	СИ-500		400...500		
СИ-600**	500...600				
Рычажные	СР-25	0,002	0...25	500 000 с вероятностью 0,9	Пределы измерения отсчетного устройства ±0,14 мм
	СР-50		25...50		
	СР-75		50...75		
	СР-100		75...100		
	СР-125		100...125		
	СР-150		125...150		

* Сроки перепроверки приборов определяют в соответствии с установленной наработкой.

** Выпускаются скобы с пределами измерения 600...700; 700...850 и 850...1000, ценой деления 0,01 мм, с тремя переставными пятками.

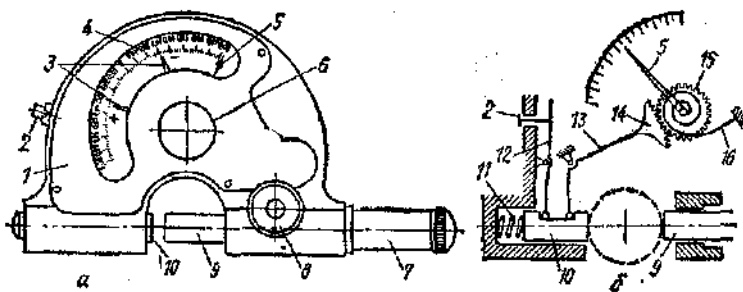


Рис. 41. Рычажная скоба:

а — общий вид; б — принципиальная схема; 1 — корпус; 2 — кнопка отводного рычага; 3 — указатели отклонений; 4 — шкала; 5 — стрелка; 6 — крышка механизма установки стрелок; 7 — предохранительный колпачок; 8 — столбовый винт переставной пятки; 9 — переставная пятка; 10 — подвижная пятка, связанная с механизмом отсчета; 11 — пружина; 12 — отводной рычаг; 13 — рычаг; 14 — зубчатый сектор; 15 — шестерня; 16 — спиральная пружина.

§ 12. ИНДИКАТОРНЫЕ НУТРОМЕРЫ

Приборы для относительных измерений отверстий снабжены отсчитывающими механизмами в виде измерительных головок с присоединительным размером 8 мм (индикаторы нормальной и повышенной точности, микромеры и микаторы). По конструктивному оформлению они разделяются на цапговые — для измерения диаметров малых отверстий; с клиновой и рычажной передачей — для измерения наиболее ходовых диаметров; с прямой передачей — для измерения больших диаметров. Диапазон измерения этих приборов колеблется от 3 до 1000 мм.

Индикаторные приборы точнее, удобнее в использовании, чем микрометрические нутромеры.

Индикаторные нутромеры с рычажной передачей изготавливаются девяти типоразмеров. Устроен нутромер следующим образом (рис. 42). С корпусом 15 скреплена втулка 12, в которую с одной стороны ввернут регулируемый стержень 14, а с другой — свободно перемещающийся вдоль оси стержень 2. Стержень 14 после установки на размер *B* закрепляют гайкой 13.

При установке индикаторного нутромера на размер следят за тем, чтобы риска стержня 2 находилась в плоскости торца втулки 12. В этом положении оба плеча рычага 11 располагаются перпендикулярно к осям стержней 2 и 10, что обеспечивает минимальные погрешности в передаче. Перемещение стержня 2 вдоль своей оси передается стержню 10, который давит на стержень индикаторной головки 8. В некоторых конструкциях стержень 14 сделан не нарезным, а гладким. Такой стержень вставляют во втулку 12 и закрепляют гайкой. Стержень 10 перемещается в направляющих втулках трубки 4, которая соединена с корпусом. Чтобы в процессе измерения оси измерительных стержней совпадали с диаметральным направлением, а не располагались по хорде, в конструкции нутромера предусмотрен центрирующий мостик 16, который под действием пружин 17 прижимается к образующим измеряемого объекта.

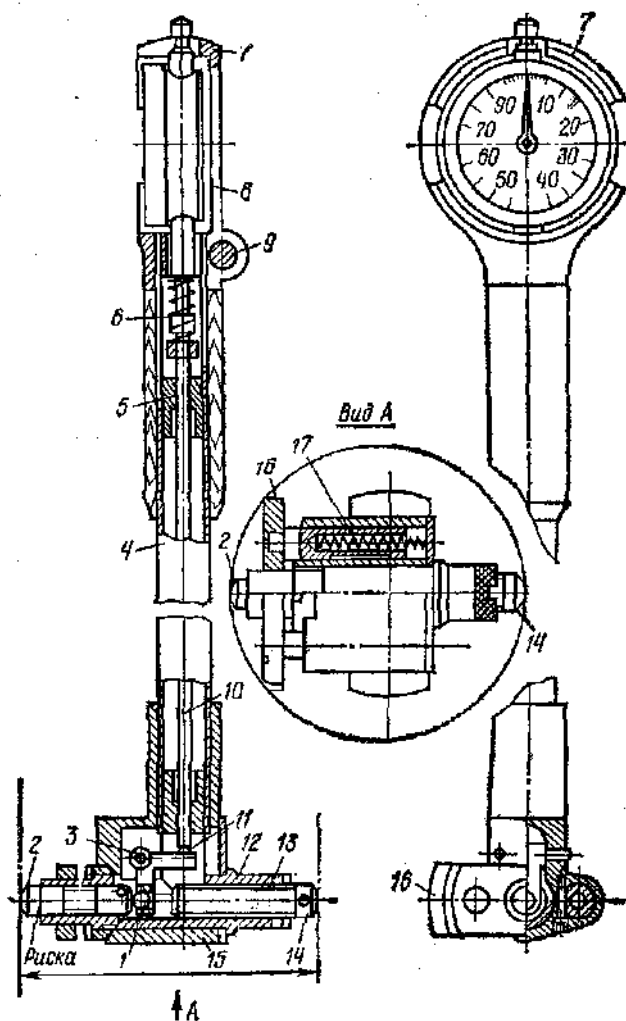


Рис. 42. Индикаторный нутромер с рычажной передачей:

1 — шарик; 2 — подвижный стержень; 3 — ось; 4 — трубка;
 5 — теплоизоляционная накладка; 6 и 17 — пружины; 7 — кожух;
 8 — индикатор; 9 — стопорный винт; 10 — стержень; 11 — дву-
 плечий рычаг; 12 — втулка; 13 — стопорная гайка; 14 — перестав-
 ной стержень; 15 — корпус; 16 — центрирующий мостик.

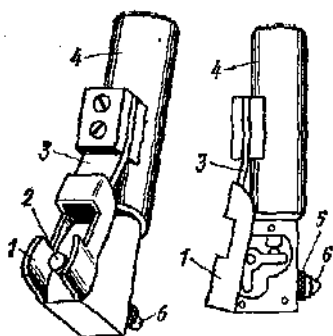


Рис. 43. Корпус индикаторного нутромера для размеров от 18 до 50 мм:

1 — центрирующий мостик; 2 — подвижный стержень; 3 — пружина; 4 — трубка; 5 — стопорная гайка; 6 — переставной стержень.

в данном случае служит плоская пружина или фасонная пружина. В этих нутромерах стержня 6 также можно менять в зависимости от измеряемого размера. Прилагается девять сменных стержней через 1 мм — для нутромеров от 10 до 18 мм и через 0,5 мм — для нутромеров от 8 до 10 мм.

Цанговые индикаторные нутромеры. Их изготовляют двух размеров: для измерения отверстий диаметром от 3 до 10 мм и от 6 до 10 мм.

Нутромер состоит из трубчатого корпуса 2 (рис. 45), внутри которого проходит стержень 4 с конусным концом, и сменной цанги 3 со сферическими измерительными наконечниками и измерительной головкой 1.

Технические характеристики индикаторных нутромеров даны в таблице 20.

20. Индикаторные нутромеры (ГОСТ 868—82)

Технические данные прибора	Пределы измерения, мм, нутромеров										
	Цанговых		Клиновых		Рычажных						
	3...10	6...10	6...10	10...18	6...10	10...18	18...50	50...100	100...160	160...250	250...450
Наибольшая глубина изме- рения, мм	20	30	50	130	60; 100	130	150	200	300	400	500
Число смен- ных пяток	—	—	9	9	6	6	6	4	4	4	6

У индикаторных нутромеров с диапазоном измерения 18...35 мм (рис. 43) центрирующий мостик 1 выполнен в виде коробки, укрепленной на пружине 3. У таких нутромеров переставной стержень 6 также закрепляется контргайкой 5.

Индикаторные нутромеры с клиновой передачей. Такие нутромеры изготовляют двух типов: для измерения размеров от 6 до 10 мм и от 10 до 18 мм. Передача осуществляется при помощи клинового устройства (рис. 44). Подвижный стержень 8 на правом конце имеет косой срез. Если стержень перемещается вдоль своей оси, то косой срез, упираясь в такой же срез штока 7, поднимает его вверх. Шток 7 воздействует на левую часть 4, который давит на измерительный стержень индикаторной головки 2. Центрирующим мостиком 1

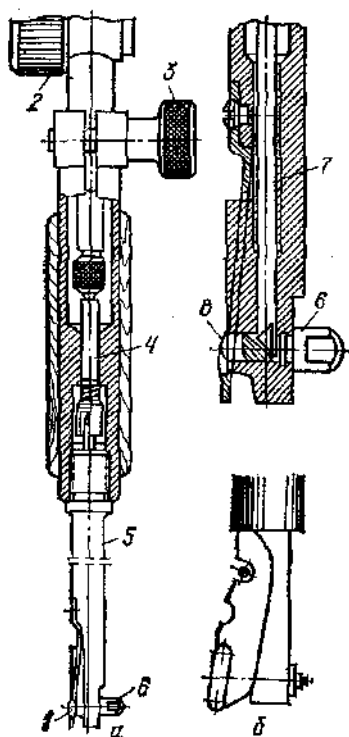


Рис. 44. Индикаторный нутромер с клиновой передачей:

1 — центрирующий мостик; 2 — индикатор; 3 — стопорный винт; 4 — движок; 5 — трубка; 6 — переставной стержень; 7 — шток с клиновым срезом в нижней части; 8 — подвижной стержень с коническим срезом.

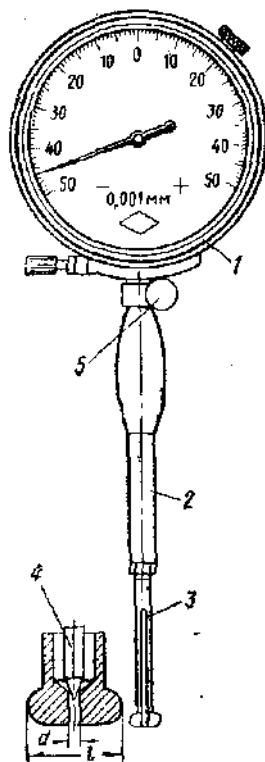


Рис. 45. Цифровой нутромер:

1 — измерительная головка; 2 — корпус; 3 — сменная цапга; 4 — стержень-шток; 5 — стопорный винт.

Выпускают также нутромеры для размеров 450...700 и 700...1000 мм. Нутромеры с диапазоном измерения 6...250 мм изготавливают 1-го и 2-го классов точности, с диапазоном от 250 до 1000 мм — 2-го класса точности.

§ 13. НАСТРОЙКА ПРИБОРОВ ДЛЯ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Перед тем как настраивать прибор, выбирают измерительную головку для отсчета измеряемого размера. Выбор типа головки зависит от того, с какой целью данный прибор применяется. Приборы применяются для определения:

абсолютной величины размера;

отклонений от предписанной геометрической формы измеряемого изделия (эллипсность, конусность, биение, огранка и т. д.);

отклонений от заранее заданного размера или номинала (при контроле деталей в процессе их изготовления или восстановления); действительного размера, который заранее неизвестен (в процессе выбраковки и сортировки деталей по ремонтным размерам).

При подборе головки должны быть выдержаны следующие условия. Если прибор встраивают с целью определения:

отклонений от заданной геометрической формы детали, то

$$\omega > \lambda; \quad (42)$$

абсолютного размера, то

$$\omega \geq l; \quad (43)$$

отклонений от номинала или установления действительного размера, то

$$\omega \geq T, \quad (44)$$

где ω — пределы измерения по шкале головки; λ — возможные значения эллипсности, конусности, огранки или биения; l — возможный размер измеряемого изделия; T — допуск на обработку детали.

Необходимо, чтобы предельная погрешность выбранной головки или прибора с головкой в целом была меньше или равна случайной составляющей допустимой погрешности при измерении Δ ,

$$\Delta_{lim} < \overset{\circ}{\Delta}. \quad (45)$$

Для головки оптиметра, оптикатора и микрокатора подбирают одну из тяжелых стоек; для микатора, микромера или индикаторных головок — одну из легких стоек или скоб.

Обязательным для любого метода настройки является создание в системе предварительного натяга. В приборах для измерения валов натяг достигается тем, что расстояние между концом измерительного стержня в свободном состоянии и жестким основанием (стол стойки или конец переставного стержня скобы) задается меньше установочного размера L_y на какое-то значение y (см. рис. 23, а и б).

В приборах для измерения отверстий натяг достигается тем, что расстояние между концом подвижного стержня в свободном состоянии и концом переставного стержня задается больше установочного размера L_y тоже на y (см. рис. 23, а). Натяг в обоих случаях создается для того, чтобы в процессе измерения прибор мог показывать как отрицательные, так и положительные отклонения от установочного размера.

У головок с многооборотной стрелкой (все типы индикаторов) натяг y может быть равен нескольким оборотам стрелки. Число оборотов зависит от допуска на обработку или на износ изделия.

§ 14. ПОРЯДОК НАСТРОЙКИ ПРИБОРОВ ДЛЯ АБСОЛЮТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Прибор можно применить для абсолютных измерений, если размер измеряемой детали l не превышает пределов измерения головки.

Порядок настройки приборов для абсолютного измерения вадов с любым типом головок следующий.

Настройка стоек. Измерительную головку опускают настолько, чтобы после соприкосания измерительного стержня со столом малая стрелка индикаторной головки остановилась против нулевого деления, а стрелка дуговой шкалы отклонилась от исходного левого положения на 2...3 деления (см. рис. 34).

Настройка скоб. Это же положение достигается путем перемещения переставной пятки 3 (см. рис. 40) или 9 (см. рис. 41). При этом исключается наличие зазора между переставной пяткой и концом измерительного стержня.

Затем у приборов с головками, снабженными многооборотной стрелкой, стрелку устанавливают на нуль, а у головок с ограниченной дуговой шкалой (если предусмотрена возможность такой установки) — на первое левое деление. После установки прибора проводят измерения. Показания отсчитывают с учетом показаний малой стрелки. Если же пользуются приборами с головками, стрелка которых работает в пределах определенного сектора, то начало отсчета можно задать двояко: если для измерения будут использовать всю шкалу, стрелку ставят на первое левое деление шкалы; если будет использована только половина шкалы — на нулевое деление.

Для установки стрелки в исходное положение поднимают стол 6 (рис. 37) микровинтом 1 до соприкосновения с наконечником измерительного стержня и, медленно поворачивая винт, ставят конец стрелки на исходное — начальное деление. В этом положении стол закрепляют.

Конструкция всех индикаторных нутромеров не позволяет использовать их для абсолютных измерений.

§ 15. ПОРЯДОК НАСТРОЙКИ ПРИБОРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ ОТ ЗАДАННОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

Приборы для относительных измерений широко используют с целью определения отклонений деталей от заданной геометрической формы. Пределы измерения принятой головки должны превышать значение возможного отклонения λ . В большинстве случаев приборы настраивают прямо по объекту измерения.

Настройка приборов, соединенных с головкой, стрелка которых работает в пределах определенного сектора. Расстояние L между измерительным стержнем и столом (см. рис. 37, б) уменьшают настолько, чтобы стержень коснулся измеряемого объекта. Затем в зависимости от того, в какой плоскости определяют отклонения, деталь поворачивают вокруг оси или перемещают вдоль оси. В результате этого убеждаются в том, что наконечник измерительного стержня касается детали в любом ее положении и он не заклинивает из-за слишком малого размера B . Если же последнее условие не выполняется, необходимо изменить размер B так, чтобы стрелка перемещалась в любом направлении свободно.

Настройка приборов, соединенных с головками, несущими многооборотную стрелку. Уменьшают размер B настолько, чтобы создавшийся натяг был немного больше возможного значения λ . В та-

ком положении закрепляют головку у стойки или подвижный стержень у скобы.

Настройка нутромеров. Предварительный натяг создают изменением длины переставного стержня 14 (см. рис. 42). Общий размер B_0 в свободном состоянии системы должен быть больше размера измеряемого отверстия на размер предварительного натяга, т. е. на возможное значение y . Фактическое отклонение от предписанной геометрической формы устанавливают по формуле:

$$y = b - n, \quad (46)$$

где b — верхнее отклонение стрелки, которое характеризуется ее наибольшим отклонением вправо; n — нижнее отклонение стрелки, которое характеризуется ее наименьшим отклонением вправо.

Если измерения проводят головкой, стрелка которой работает в пределах определенного сектора, то необходимо учитывать знаки отклонения. Если используют головку с многооборотной стрелкой, то при определении b и n надо учитывать обороты малой стрелки. Поэтому у скоб и нутромеров измерительную головку устанавливают так, чтобы ее малая стрелка была совмещена с нулевым штрихом.

При применении стоек необходимый натяг создают в два приема. Сначала головку опускают настолько, чтобы малая стрелка совмещалась с нулевым штрихом малой шкалы. После этого нулевой штрих большой шкалы совмещают с концом большой стрелки и дальше задают дополнительный натяг. Такая установка значительно облегчает проведение отсчетов.

При использовании индикаторных нутромеров убеждаются в том, что установленный стержень касается любого необходимого сечения измеряемого объекта. Для этого индикаторный нутромер осторожно вводят в отверстие, плавно перемещают его вниз и вверх и поворачивают вокруг своей оси. Прибор не должен заклинивать, а стрелка должна плавно переходить из одного положения в другое.

§ 16. ПОРЯДОК НАСТРОЙКИ ПРИБОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ ОТ ЗАДАННОГО РАЗМЕРА (ИЛИ НОМИНАЛА)

Настройка приборов, соединенных с головкой, стрелка которой работает в пределах определенного сектора.

К таким приборам относятся тяжелые стойки, соединенные с головкой оптиметра, оптикатора или микрокатера, индикаторные и рычажные скобы и легкие стойки, соединенные с индикаторной головкой микромера или микатора. Порядок настройки следующий.

1. Выбирают прибор и измерительную головку (см. § 13).

2. Устанавливают измерительную головку в прибор (стойку, скобу, нутромер или глубиномер). Эта операция для различных приборов выполняется по-разному:

у тяжелых стоек отпускают винт 8 (см. рис. 37) настолько, чтобы цилиндрическая часть головки (микрокатера, оптиметра, оптикатора) легко прошла в посадочное место. Головку опускают настолько, чтобы запячки коснулись кронштейна. После этого в нижней части надевают хомут 7 отводного рычага 14;

у легких стоек отпускают винт 4 и в образовавшееся отверстие кронштейна вводят гильзу головки (см. рис. 34). После этого гильзу закрепляют винтом 4;

у индикаторных скоб отпускают стопорный винт 8 (см. рис. 40) и гильзу индикатора 7 вводят в отверстие. Головку опускают так, чтобы стрелка оказалась в начале шкалы слева. Затем в этом положении головку закрепляют винтом;

у индикаторных нутромеров с рычажной передачей, ослабив винт 9 (см. рис. 42), головку вводят через колпачок 7 так, чтобы стрелка индикатора отклонилась влево до начала шкалы. У нутромеров с клиновой передачей (см. рис. 44) и цапговой (см. рис. 45) головку вводят в присоединительное отверстие после отstopорения винта. Стрелка при этом должна занять крайнее левое положение.

3. Определяют класс концевых мер и подбирают блок этих мер на установочный размер L_y .

4. Размещают блок концевых мер в приборе и настраивают головку на нуль. Эта операция выполняется так:

у тяжелых стоек, перед тем как устанавливать блок концевых мер на стол, убеждаются, что поверхность стола 6 (см. рис. 37) перпендикулярна к оси измерительного стержня. Проверка ведется по методике, изложенной в § 10. Прибор настраивают на нуль в такой последовательности.

Опускают стол 6 в нижнее положение. Для этого ослабляют винт 2 и вращают винт 1 против часовой стрелки до легкого упора, а затем отпускают на пол-оборота. Далее устанавливают кронштейн 11 так, чтобы между блоком концевых мер и концом измерительного стержня был зазор около 1 мм. Для этого ослабляют винт 12; поддерживая одной рукой кронштейн, другой вращают винт 13 до тех пор, пока кронштейн не окажется на нужной высоте. В этом положении кронштейн закрепляют. Далее микровинтом 1 поднимают стол, пока блок концевых мер не коснется измерительного накопечника, а стрелка головки не станет на нуль. В этом положении стол закрепляют винтом 2. С помощью поворота шкалы проводят тонкую доводку, которая осуществляется у микрокаторов (см. рис. 31) действием винта 17, а у оптикаторов (см. рис. 33) — действием винта 5. Нажимая на отводной рычаг, снимают блок со стола;

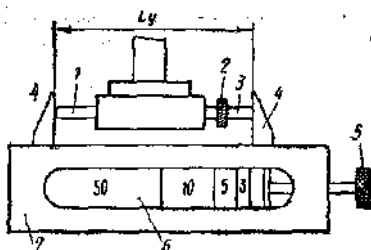
у рычажных скоб, отвернув колпачок 7 (см. рис. 41) и освободив стопорный винт 8, вывертывают переставную пятку 9 настолько, чтобы зазор между пятками 9 и 10 был немного более блока концевых мер. После этого, введя блок концевых мер между пятками 9 и 10 и вращая (или перемещая) переставную пятку, уменьшают зазор до тех пор, пока пятки не сомкнутся. Вращая дальше пятку, выводят стрелку на нуль. В этом положении стопорным винтом 8 закрепляют пятку 9 и, нажав на кнопку 2 отводного рычага, освобождают блок концевых мер. Ставят на место колпачок 7;

у легких стоек, придерживая рукой кронштейн 3 (см. рис. 34) и отвернув фиксатор 7, опускают кронштейн настолько, чтобы стрелка оказалась на нулевом делении. После этого, подняв головку А, освобождают блок и снимают его со стола;

у индикаторных скоб, отвернув предохранительный колпачок 1 (см. рис. 40) и ослабив винт 2, переставляют пятку 3 так, чтобы между торцом этой пятки и торцом подвижной пятки 5 можно было ввести блок концевых мер. После этого, перемещая

Рис. 46. Струбцинка с блоком концевых мер для настройки индикаторных нутромеров:

1 — подвижный стержень нутромера; 2 — стопорная гайка; 3 — переставной стержень; 4 — боковички блока концевых мер; 5 — затяжной винт блока; 6 — блок концевых мер; 7 — струбцинка.



пятку 3 в сторону пятки 5, добиваются такого положения, чтобы стрелка головки стала на нуль. В этом положении застопоривают пятку 3 винтом 2 и, нажимая на отводной рычаг 9, снимают блок концевых мер. Ставят колпачок 1 на место;

у индикаторного нутромера блок концевых мер размещают в струбцинке с боковичками (рис. 46). Подбирают необходимый переставной стержень 3 и соединяют его с головкой. Регулируя положение стержня 3 (при отстопоренной гайке 2) относительно стержня 1 и установив размер между их торцами немного менее L_7 , вводят головку нутромера в струбцинку так, чтобы концы стержней 1 и 3 касались боковичков 4. В этом положении изменяют положение стержня так, чтобы стрелка индикатора стала на нуль. Фиксируют это положение гайкой 2. Для этой цели может быть использован гладкий микрометр (точность будет меньше);

у индикаторных нутромеров с клиновой передачей и цанговых настройку проводят в той же последовательности, что и у нутромеров с рычажной передачей.

5. Если предполагается, что измерение прибором будет не однократным, а массовым, то для ускорения процесса устанавливают на измерительных головках стрелки, ограничивающие отклонения от установочного размера — указатели границ поля допуска. Такие стрелки есть у микатора типа ИПМ, рычажной скобы, микроатора и оптикатора.

У индикаторной скобы для ускорения процесса измерения служит упорная пятка 4 (см. рис. 40), которая устанавливается в нужное положение и закрепляется стопором 11.

6. Проводят измерения. Измеряемый объект вводят между измерительными пятками или стержнями, предварительно воспользовавшись отводным рычагом или кнопкой.

В индикаторных нутромерах измерения проводят в следующем порядке:

вводят индикатор-нутромер в отверстие так, как показано на рисунке 47, т. е. наклонно, чтобы сначала опустился в сжатом виде мостик 3, а потом подвижный стержень 1;

в процессе измерения добиваются такого положения, чтобы ось стержней 1 и 3 была перпендикулярна к оси измеряемого объекта. Для этого плавно переводят нутромер из положения А в положение Б и обратно. Замечают в это время наибольшее отклонение стрелки вправо. Ему соответствует измеряемый размер.

При измерении расстояния между параллельными плоскостями покачивают нутромер в двух взаимно перпендикулярных направлениях и при каждом из них устанавливают точку возврата стрелки

индикатора. После окончания измерений нутромер снова наклоняют в сторону мостика 4 до тех пор, пока стержень 1 не займет своего крайнего левого положения. В таком положении нутромер извлекают из отверстия. Если не соблюдать этого правила, можно поломать стрелку индикатора.

При настройке приборов могут возникнуть трудности в подборе блока концевых мер. Установочный размер, по которому настраивают прибор, не всегда равен номинальному размеру. Все зависит от того, как заданы отклонения к размеру. Пусть измерению подложит валик, размер которого равен $50^{+0,01}_{-0,04}$ мм. Предполагается, что для измерения этого валика принята головка микрометра с пределами измерения ± 30 мкм. Основное усилие, связанное с выбором головки, выдержано, так как здесь $\omega = 60$ мкм больше $T = 50$ мкм. Но если устанавливать прибор на нуль, приняв за установочный размер номинальный (50 мм), то в этом случае стрелка, показывающая нижнее отклонение (-40 мкм), уйдет за шкалу, так как на головке прибора самое большое отклонение составляет -30 мкм. В случае, когда $\omega > T$, но одно отклонение уходит за шкалу, за установочный размер принимают средний из двух предельных. В данном примере за установочный размер следует принять 49,985 мм с отклонением $\pm 0,025$ мм.

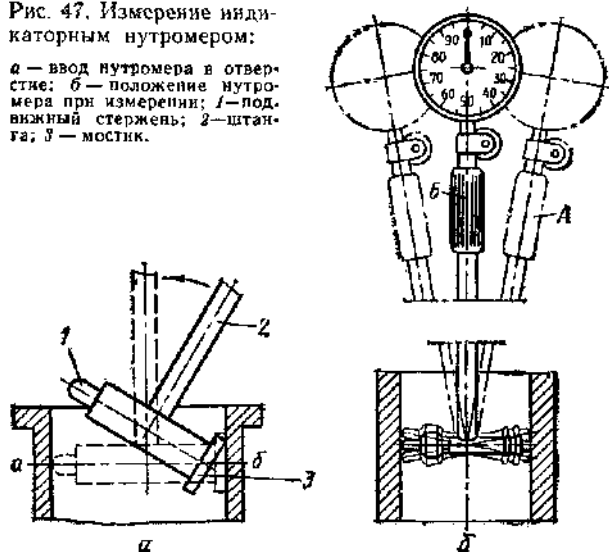
Настройка приборов, соединенных с головкой, несущей многооборотную стрелку. К таким приборам относятся легкие стойки, индикаторные скобы и нутромеры. Порядок настройки их следующий.

1. Выбирают прибор, измерительную головку и класс концевых мер (см. § 13).

2. Устанавливают измерительную головку в прибор. При установке головок желательно, чтобы стрелка, показывающая число

Рис. 47. Измерение индикаторным нутромером:

a — ввод нутромера в отверстие; *б* — положение нутромера при измерении; *1* — подвижный стержень; *2* — штанга; *3* — мостик.



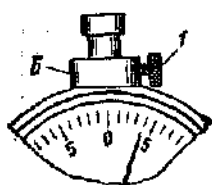


Рис. 48. Установка хомутка *Б* на индикаторную головку.

оборотов, была установлена на нуль. Эту операцию выполняют так:

У легких стоек отпускают винт 4 (см. рис. 34) и в образовавшееся расширенное отверстие вводят индикаторную головку. Головку фиксируют винтом 4. После этого совмещают малую стрелку с нулевым делением, вращая головку *А*. Если с прибором соединяют индикатор, у которого отсутствует вращающаяся головка *А*, в верхней части измерительного стержня ставят комутик *Б* (рис. 48) со стопорным винтом 1. С помощью этого хомутка и винта измерительный стержень устанавливают так, чтобы конец малой стрелки совместился с нулевым штрихом;

у скоб и индикаторных путомеров малую стрелку на нуль устанавливают в процессе соединения индикаторной головки с прибором. Индикаторную головку, вставленную в гнездо прибора, опускают вниз до тех пор, пока конец малой стрелки не совместится с нулевым делением шкалы.

3. Устанавливают большую стрелку на нуль поворотом (см. рис. 34, а) индикаторной головки.

4. Составляют блок концевых мер на установочный размер L_y , находят $\Delta_{\text{ит(бл)}}$ по формуле (28) и сопоставляют это значение со значением *С*.

5. Устанавливают блок концевых мер в прибор и создают необходимый установочный натяг *у*. Он задается для того, чтобы в процессе измерения прибор мог показывать как отрицательные, так и положительные отклонения от установочного размера. У головок с многооборотной стрелкой установочный натяг *у* может быть равен нескольким оборотам стрелки. Число оборотов зависит от допуска на обработку изделия. Если допуск на размер не больше 0,1 мм, то стрелка должна работать в границах нормированного участка, лучше, если на втором обороте стрелки.

Если допуск находится в пределах от 0,1 до 1 мм, то удобнее всего устанавливать стрелку на первом обороте, но так, чтобы ее натяг был не меньше нижнего отклонения, установленного на размер. Если задана деталь размером $73 \begin{smallmatrix} +0,1 \\ -0,4 \end{smallmatrix}$ мм, то натяг должен быть не менее 0,4 мм. Если допуск больше 1 мм либо если нужно определить отклонения от заданной величины или износ детали, значения которых заранее неизвестно, стрелку устанавливают на любом обороте. При этом чем больше оборотов стрелки, тем больше будет погрешность при измерении. Концевые меры в прибор и необходимый натяг устанавливают так:

у легких стоек после касания блока с концом измерительного стержня продолжают опускать кронштейн *З* (см. рис. 34) вместе с индикаторной головкой до тех пор, пока стрелка не даст показания, равного установочному натягу. В этом положении кронштейн закрепляется винтом 7;

у индикаторных скоб после касания блоком пятки *Б* (см. рис. 40) продолжают продвигать пятку *З* до тех пор, пока стрелка не покажет значения установочного натяга. В этом положении пятку *Б* стопорят;

у индикаторных нутромеров блок вводится в струбцину (см. рис. 47), настроенную на размер L_y , после чего перемещают переставной стержень 14 (см. рис. 42) вправо до тех пор, пока стрелка индикатора не покажет значение установочного натяга. В этом положении стержень 14 стопорят гайкой 13.

Если прибор настраивается для массовых измерений, то значение установочного натяга необходимо записать. Задавая необходимое число оборотов, не следует стремиться к тому, чтобы стрелка остановилась обязательно на каком-то заранее условленном делении. Установка на определенное деление занимает много времени и практически не дает преимуществ при настройке и последующем отсчете показаний.

6. Проводят измерение так, как записано в пункте 6 для приборов со стрелкой, работающей в пределах сектора. Измеренные отклонения и знак определяют:

при измерении валов

$$\Delta_{в(изм)} = u - y; \quad (47)$$

при измерении отверстий

$$\Delta_{о(изм)} = y - u, \quad (48)$$

где y — установочный натяг; u — измеренный натяг.

§ 17. ПОРЯДОК НАСТРОЙКИ ПРИБОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ

Действительные размеры устанавливаются в границах поля допуска. В этом случае настройку выполняют в той же последовательности, что и при настройке приборов с целью определения отклонений от заданного размера (см. § 16). При любой применяемой головке действительные размеры будут равны:

$$L_{дейст} = L_y + \Delta, \quad (49)$$

где вместо Δ можно подставить с учетом знака Δ_b или Δ_o .

Действительные размеры не ограничиваются полем допуска и заранее неизвестны. Измерения такого рода занимают в ремонтной практике ведущее место. В процессе дефектации деталей машин не только устанавливают действительные размеры изношенных деталей, но, что самое главное, сортируют их по ремонтным размерам. Они могут различаться на несколько миллиметров, поэтому приборы должны быть настроены так, чтобы измерить в широком диапазоне любой возможный размер (а не отклонение) детали. При таких условиях установочный размер L_y должен быть равен номинальному или какому-либо другому исходному размеру.

В этом случае установочный натяг может иметь значение, равное нескольким оборотам стрелки. Значит, при измерении действительных размеров, когда они заранее неизвестны, необходимо применять измерительные головки с многооборотной стрелкой. Например, для коленчатого вала двигателя СМД с номинальным диаметром 85 мм выбраковочный размер установлен равным 81 мм. Для этой детали значение y должно быть не менее 4,5 мм. Только в этом случае можно будет измерить выбраковочный и ремонтные размеры, установленные для этого вала. Порядок настройки приборов для определения действительных размеров следующий.

Операции 1, 2, 3 и 4 при настройке приборов для определения действительных размеров полностью повторяют соответствующие операции при настройке приборов для определения отклонений (см. § 16).

5. Устанавливают блок концевых мер в прибор и создают необходимый установочный натяг. Установка блока концевых мер в прибор проводится точно так же, как это делалось в операции 5 при измерении отклонений (стр. 88, операция 5). Установочный натяг определяется на приборах, предназначенных:

для измерения валов (легкая стойка и индикаторная скоба с головкой, имеющей многооборотную стрелку)

$$y_B > d_H - d_{\text{выбр}}; \quad (50)$$

для измерения отверстий (индикаторный нутромер с головкой, имеющей многооборотную стрелку)

$$y_0 > D_{\text{выбр}} - D_H, \quad (51)$$

где D_H и d_H — соответственно номинальные размеры отверстия и вала; $D_{\text{выбр}}$ и $d_{\text{выбр}}$ — соответственно возможные предельные (выбраковочные) размеры отверстия и вала.

6. Определяют базовый размер прибора. Под базовым размером понимается размер:

у легких стоек — размер между столом и концом измерительного стержня B_A (см. рис. 34), когда обе стрелки стоят на нуле;

у индикаторной скобы — размер между концом переставной пятки 3 и концом подвижной пятки 5 B_B (см. рис. 40) при нулевых показаниях стрелок;

у индикаторного нутромера — размер B_0 (см. рис. 42) между концом подвижного стержня 2 и концом переставного стержня 14 с установленными стрелками на нуле.

Таким образом, базовые размеры B равны для приборов, предназначенных:

для измерения валов

$$B_B = L_T - y_B = L_{\text{бл}} - y_B; \quad (52)$$

для измерения отверстий

$$B_0 = L_T + y_0 = L_{\text{бл}} + y_0. \quad (53)$$

Для упрощения расчета желательно, чтобы базовый размер имел округленное значение. Этого добиваются изменением установочного размера y .

7. Проводят измерения и определяют действительный размер деталей:

при измерении валов

$$d_{\text{дейст}} = B_B + u_B; \quad (54)$$

при измерении отверстий

$$D_{\text{дейст}} = B_0 - u_0, \quad (55)$$

где u — измеряемый натяг, определяемый по прибору.

§ 18. ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ ОПТИМЕТР

Горизонтальный оптиметр типа ИКГ-3 — универсальный прибор для измерения относительным методом валов и отверстий. Он характеризуется следующими диапазонами измерений: наружных длин и диаметров 0...500 мм, внутренних длин 13,5...400 мм, внутренних диаметров 13,5...150 мм, внутренних длин и диаметров с помощью электрореконтактной головки 1...13,5 м.

Оптиметр устроен следующим образом. Основанием прибора служит литая, с ребрами жесткости станина / (рис. 49). Верхняя часть представляет собой плоские направляющие для установки и перемещения по ним пинольной бабки 5 и измерительной бабки 22 с трубкой оптиметра /5. В средней части основания помещается предметный стол 12, Станина покоится на трех опорах с регулируемыми винтами 23, которые позволяют установить основание горизонтально по круглому уровню 4. Пинольная бабка, расположенная слева от предметного стола, перемещается по направляющим с помощью маховика 2 и фиксируется в необходимом положении с помощью стопора 3. В верхней части бабки 5, на линии измерения прибора, встроена пиноль 7, представляющая собой трубку, внутри которой перемещается точно пригнанный стержень. Пинольная трубка закрепляется винтом 9. Левый торец стержня упирается в микрометрический винт б, с помощью которого можно плавно перемещать стержень вдоль оси. Стержень закрепляется в необходимом положении винтом 8. На правом конце стержня укреплен измерительный штифт, па котором крепится сменный измеритель, ный наконечник (на рисунке он скрыт корпусом дуги 31). Штифт может наклоняться на небольшой угол с помощью двух регулировочных винтов 10. Измерительная бабка 22 расположена справа от предметного стола и перемещается вдоль направляющих с помощью маховика 20 и фиксируется в необходимом положении стопорным винтом 21. В верхней части бабки зажимным винтом 9а укрепляется трубка оптиметра 18, Предметный стол 12 предназначен для установки и крепления измеряемых изделий и различных приспособлений. Стол может изменять положение в вертикальной- и горизонтальной плоскости, поворачиваться вокруг вертикальной и горизонтальной осей.

Изделие в вертикальной плоскости устанавливают с помощью маховика 28 и фиксируют винтом 27. Подъем стола ограждается упорами, устанавливаемыми и закрепляемыми винтами 26 и 29. Упоры устанавливают поочередно: сначала нижний упор винтом 29, а затем верхний упор винтом 26. Стол на линии измерения в горизонтальной плоскости устанавливают с помощью микрометрического винта 24 и поворачивают вокруг вертикальной оси маховиком 16. Качение стола вокруг горизонтальной оси и его фиксацию осуществляют с помощью маховиков 25 и 30. На верхней площадке стола имеются два Т-образных паза для установки прижимов, закрепляющих измеряемое изделие. Фиксатор для установки «плавающей» площадки стола в среднее положение включают поворотом рукоятки 14. Для измерения внутренних диаметров к прибору прилагаются дуги 15. Дуга, которая ставится на оптиметр, должна быть закреплена в таком положении, чтобы отводка 17 перемещалась свободно, т. е. чтобы измерительная дуга 15 перемещалась возвратно-поступательно,

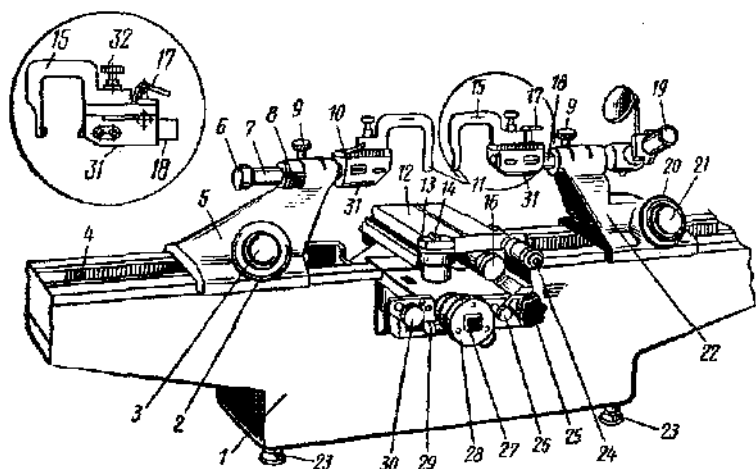


Рис. 49. Горизонтальный оптиметр типа ИКГ-3:

1 — станина; 2 — маховик для перемещения пинцольной бабки; 4 — уровень; 5 — пинцольная бабка; 6 — микрометрический винт пинцольной; 7 — трубка пинцольной; 8 — стопорный винт для фиксации стержня пинцольной; 9 — винт крепления трубки пинцольной; 9а — винт крепления трубки оптиметра; 10 — винт для регулировки штифта (под втулку корпуса дуги); 11 — измерительный наконечник (под втулку корпуса дуги); 12 — предохранительный стержень; 13 — отводный рычаг трубки оптиметра; 14 — рукоятка выключателя фиксатора; 15 — дуга; 16 — маховик для поворота стола в горизонтальной плоскости; 17 — отводка; 18 — трубка оптиметра; 19 — окуляр трубки оптиметра; 20 — маховик для перемещения измерительной бабки; 21 — стопорный винт бабки оптиметра; 22 — измерительная бабка; 23 — регулировочные опорные винты станины; 24 — микрометр для перемещения стола в поперечном направлении; 25 — маховик для качания стола вокруг горизонтальной оси; 26 — стопорный винт верхнего упора; 27 — стопор махованка; 28 — маховик для перемещения стола вверх-вниз; 29 — стопорный винт нижнего упора; 30 — стопор-ограничитель поворота стола вокруг горизонтальной оси; 31 — держатели дуг; 32 — стопорные винты.

Настройка оптиметра для измерения валов. Прибор настраивается в такой последовательности.

1. Устанавливают необходимый измерительный наконечник.

2. Регулируют наконечники. Сферические наконечники регулируют на соосность. Для этого приводят их в соприкосновение и, поворачивая винты на конце пинцольной трубки, добиваются наибольшего показания по оптиметру. Плоские наконечники регулируют на параллельность измерительных плоскостей. Для этого, надежно закрепив наконечники на измерительных штифтах и закрепив трубки оптиметра в пинцольной, сдвигают кронштейны так, чтобы между плоскостями наконечников поместилась концевая мера от 1 до 2 мм, и закрепляют кронштейны. Когда в поле зрения окуляра будет видно изображение шкалы, микровинтом пинцольной устанавливают шкалу приблизительно на нуль. Наблюдая в окуляр, поочередно поворачивают отверстие установленные винты пинцольной до тех пор, пока не получится наименьшее показание на шкале. После этого установку плоских наконечников можно считать законченной.

3. Определяют класс концевых мер и составляют блок на заданный размер.

4. Проверяют положение прибора по уровню 4. Положение оптиметра регулируют при помощи винтов 23. Пузырек уровня должен быть в середине.

5. Устанавливают «плавающий» стол в среднее положение с помощью фиксатора 14.

6. Ставят блок концевых мер на предметный стол 12 и укрепляют прижвмом.

7. Ослабляют винты 3 и 21 и сближают бабки 5 и 22 настольно, чтобы блок концевых мер свободно разместился между измерительными наконечниками.

8. Не закрепляя бабок с помощью маховика 28, выводят блок концевых мер на линию измерения. В этом положении стол закрепляют стопорным винтом 27.

9. Микрометром 24 перемещают верхнюю часть стола так, чтобы середина блока встала против наконечников.

10. Маховиком 2 перемещают линейную бабку 5 до соприкосновения наконечника микрометра с измерительной плоскостью блока концевых мер и закрепляют стопорным винтом 3.

11. Маховиком 20 перемещают бабку с оптиметром до соприкосновения с блоком концевых мер и закрепляют винтом 21.

12. Наблюдая в окуляр 19 и меняя положение зеркала, добиваются наибольшей освещенности шкалы.

13. Продолжая наблюдать в окуляр, с помощью микрометрического винта 6 устанавливают изображение шкалы приблизительно на нулевом делении. Это положение закрепляют стопорным винтом 8.

14. Настраивают прибор по блоку концевых мер:

поворачивают стол с концевой мерой с помощью маховика 25 при ослабленном стопорном винте 30 до тех пор, пока в окуляре не появится наименьший отсчет по шкале. В этом положении маховик закрепляют стопором 30;

вращая маховик 16, поворачивают стол вокруг вертикальной оси до тех пор, пока не будет найден наименьший отсчет по шкале.

Положение концевой меры считается правильным, если при качании и повороте стола получается один и тот же отсчет в пределах 0,2 мкм. Ослабив винт 8 и вращая микрометрический винт 6, устанавливают шкалу на нуль и закрепляют это положение стопорным винтом 8. Если при этом изображение шкалы немного смещается, его выравнивают тем же микрометрическим винтом 6. Правильность установки на нуль проверяют троекратным арретированием (отжимая и отпуская отводку 17).

15. Нажав на отводку 17, снимают блок концевых мер со стола. Прибор подготовлен для проведения измерений.

16. Проводят измерение одним из трех способов в зависимости от того, какую конфигурацию имеет деталь и как она установлена на столе:

если деталь имеет форму, подобную концевой мере, то, установив ее на линию измерения, проводят последовательно все операции, предусмотренные в пункте 14. Полученное отклонение от нулевого положения и будет отклонением Δ_d ;

если деталь имеет цилиндрическую форму и ее ось параллельна плоскости стола, то, пользуясь отводным рычагом 17, вводят измеряемую деталь на линию измерения так, чтобы ее левая часть кос-

нулась измерительного стержня пиноли. В этом положении отводной рычаг опускают и, вращая маховик 28, перемещают деталь в вертикальном направлении до получения наибольшего отсчета. Закрепив стол винтом 27, вращают его маховиком 16 до получения наименьшего отсчета. Эти действия повторяют до тех пор, пока наибольший отсчет при перемещении стола в вертикальном направлении и меньший отсчет при вращении стола не будут совпадать. Ошибка допускается в пределах 0,2 мкм. Отсчет покажет разность в измерениях детали и блока концевых мер;

если деталь имеет цилиндрическую форму и ее ось перпендикулярна к плоскости стола, то, пользуясь отводным рычагом 13, вводят деталь между измерительными стержнями так, чтобы она коснулась левым боком стержня пиноли. Отпустив отводной рычаг, перемещают стол с деталью с помощью микровинта 24 до наблюдателя и обратно, пока не получат наибольшего отсчета. Наклоняя стол с помощью винта 25 в ту и другую сторону, находят наименьший отсчет. Эти операции повторяют несколько раз, пока не получат стабильные показания, отличающиеся друг от друга не более чем на 0,2 мкм. Отсчет и будет искомым отклонением $\Delta_{изм}$.

Настройка оптиметра для измерения отверстий. Горизонтальный оптиметр настраивают в следующем порядке.

1. Устанавливают измерительные наконечники. На измерительные штифты пиноли и трубки оптиметра ставят плоские наконечники (с белым ободком) параллельно один другому.

2. Надевают держатели дуг 31 и дуги 15 (рис. 49) на трубку пиноли и оптиметра. Держатели ставят до упора и закрепляют шпильками. Вращая маховики 2 и 20, сдвигают бабки так, чтобы выступ дуги держателя пиноли вошел в паз дуги держателя трубки оптиметра. При перекосе освобождают зажимные винты и поворачивают держатели так, чтобы выступ и паз совместились, а дуги заняли вертикальное положение. Изображение шкалы трубки оптиметра должно находиться с правой стороны поля зрения окуляра.

3. Определяют класс и составляют блок концевых мер под заданный размер и закрепляют его в струбцинке.

4. Устанавливают на стол блок концевых мер в струбцинке и закрепляют его с помощью специального прижима. Блок устанавливают так, чтобы измерительные поверхности боковичков были приблизительно на линии измерения. Для этого перемещают стол вверх, выводя скобу на линию наконечников дуг так, чтобы их концы находились между боковичками скобы, почти касаясь их, а «плавающая» часть стола — в среднем положении.

5. Вращая маховик 2, ставят бабку с пинолью в такое положение, чтобы наконечник дуги коснулся измеряемой детали. Вращая маховик 20, приводят наконечник правой дуги в соприкосновение с правым боковичком. Дугу подводят до тех пор, пока изображение шкалы не переместится в левую сторону поля зрения окуляра. В этом положении с помощью винтов 3 и 21 закрепляют бабки.

6. Вращая микрометрический винт 6, устанавливают изображение шкалы на нулевом делении и закрепляют это положение винтом 8.

7. Окончательно настраивают прибор на заданный размер при помощи маховика 16 поворотом стола вокруг вертикальной оси. При этом находят наименьший отсчет по шкале, а затем устанавливают наименьший отсчет с помощью маховика 25, покачивая стол

покруж горизонтальной оси. Последнюю операцию выполняют при ослабленном винте 30. Стол поворачивают вокруг вертикальной и горизонтальной осей до тех пор, пока отсчеты по шкале не будут одинаковы (с ошибкой не более 0,5 мкм).

В этом положении с помощью микровинта 6 устанавливают шкалу на нуль.

8. Проверяют правильность установки на нуль. Для этого поворачивают стол вокруг горизонтальной и вертикальной осей и убеждаются в том, что минимальное показание шкалы совпадает с нулем. В этом положении трубку пинноли стопорят винтом 8.

9. Отводят наконечник трубки оптиметра и одновременно, вращая маховик 28, опускают стол настолько, чтобы можно было снять блок концевых мер, а вместо него закрепить измеряемый объект.

10. Отжимают рычаг 17 и поднимают стол так, чтобы измерительные дуги вошли в измеряемое отверстие. Когда изделие станет на линии измерения, отпускают отводной рычаг.

11. Отсчитывают действительное отклонение размера детали от размера блока концевых мер. Для этого выполняют две последовательные операции:

перемещая стол в направлении на себя и от себя микрометром 24, фиксируют наибольшие показания по шкале;

с помощью маховика 25 вращают стол вокруг горизонтальной оси до тех пор, пока на шкале не будет отмечено наименьшее отклонение. Повторяя эти две операции, добиваются совпадения наибольшего и наименьшего отсчетов (с погрешностью не более 0,5 мкм). В этом положении фиксируют показания по шкале.

§ 19. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ

К средствам измерения углов относятся угломеры — накладные приборы, в которых точное определение размера угла ведется с помощью нониуса.

Угломер конструкции Кушникова предназначен для измерений только наружных углов в пределах от 0 до 180°. Цена деления основной шкалы 1°, а отсчет по нониусу 2' и 5'.

Основанием угломера является полудиск 2 (рис. 50), на котором нанесена основная шкала на дуге в 120°. С диском жестко скреплена линейка 1. Подвижная линейка 7 вращается вместе с нониусным сектором 5 вокруг оси А. Нониусный сектор 5 связан с микровинтом 4. Для точной установки необходимо застопорить винт 3 и, вращая микровинт 4, добиться требуемого положения нониусной шкалы, зафиксировав его стопорным винтом 6. На подвижной линейке 7 можно закреплять хомутиком 8 угольник 9. Углы от 0 до 90° измеряют с установленным угольником. На рисунке этой позиции соответствует положение при измерении угла α . При измерении углов больше 90° угольник снимают. В последнем случае к показаниям угломера нужно прибавить 90°. На рисунке эта позиция показана углом $90^\circ + \alpha$.

Правила отсчета по угловому нониусу аналогичны правилам отсчета по нониусу штангенинструментов, только измеряемое значение выражается в угловых единицах.

Измерения угломером проводят в следующем порядке.

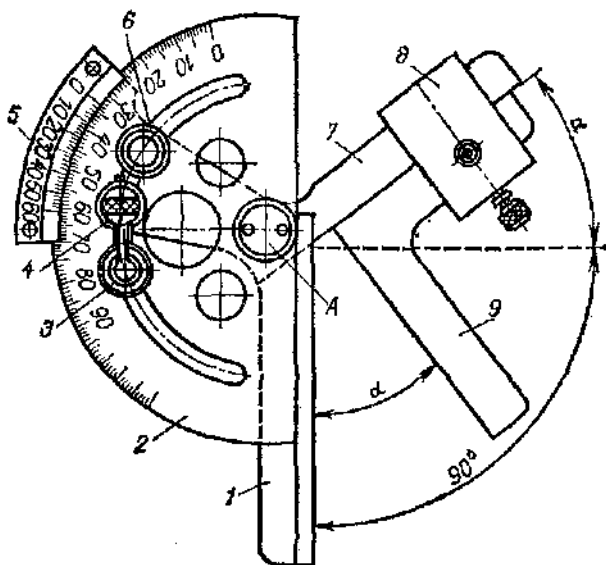


Рис. 50. Угломер конструкции Кушникова:

1 — линейка; 2 — сектор-основание; 3 — стопор микровинта; 4 — микровинт; 5 — нониусный сектор (нониусная шкала); 6 — стопорный винт; 7 — ползунковая линейка; 8 — хомут; 9 — угольник.

1. Вводят измеряемый угол изделия между линейкой 1 и угольником 9 при измерении углов меньше 90° или между линейками 1 и 7 при измерении углов больше 90° . Одну сторону измеряемого угла изделия прижимают к измерительной поверхности линейки 1, а к другой подводят либо угольник 9, либо линейку 7. Между линейками прибора и сторонами детали, образующими угол, не должно быть просвета. Точную установку выполняют микровинтом 4 при застопоренном винте 3.

2. Стопорят нониусный сектор винтом 6 и проводят отсчет. Если измерение ведут без угольника, то к результату отсчета по шкале и нониусу прибавляют 90° .

Угломер конструкции Семенова предназначен для измерений наружных и внутренних углов. Устанавливая детали в различных комбинациях, измеряют углы в диапазоне от 0 до 320° , причем наружные углы измеряют от 0 до 180° , а внутренние — от 40° до 180° . Цена деления основной шкалы 1° , а отсчет по нониусу $2'$.

Угломер состоит из сектора 6 (рис. 51), на котором нанесена основная градусная шкала, и сектора 9, соединенного с нониусной шкалой 5. На основном секторе 6 одна шкала располагается вправо от нуля, а другая влево. В зависимости от измеряемого угла отсчет ведут или по одной, или по другой шкале. С основным сектором жестко связана линейка 7. Основной сектор легко перемещается вдоль нониусной шкалы и стопорится прижимом 8. К плас-

тие конического сектора 9 хомутиком 4 присоединяется угольник 3. В свою очередь, к угольнику 3 хомутиком 1 крепится линейка 2. Для удобства установки угломера в тесных местах один конец линейки 2 скошен. Рабочую грань сектора устанавливают точно относительно рабочей грани линейки основания микрометрической подачи путем вращения гайки 10 с накаткой. Гайка 10 расположена на обратной стороне конического сектора 9.

Измерение наружных углов. Угломер ставят в следующем порядке:

при измерении углов от 0 до 50° угломер используют в полном сборе. В такой комбинации одной гранью угла будет грань линейки 7, а другой — грань линейки 2. Отсчет ведут по правой шкале;

при измерении наружных углов от 50 до 140° линейку 2 вводят в хомутик 4, удалив угольник 3. Распор между измерительными гранями увеличивается на 90°. Если при измерениях не требуется высокая точность, то достаточно выдвинуть угольник 3 и, если нужно, удалить линейку 2 вместе с хомутиком 1. При измерениях углов от 50 до 90° используют левую шкалу, а при измерениях углов от 90 до 140° — правую;

при измерениях наружных углов от 140 до 180° отъединяют от угольника 3 линейку 2 вместе с хомутиком 1. Распор между измерительными гранями линеек увеличивается еще на 90°. Отсчет ведут по левой шкале.

Измерения внутренних углов. Угломер готовят в следующем порядке:

при измерениях внутренних углов от 180 до 130° используют ту же компоновку деталей угольника, что и при измерениях наружных углов от 140 до 180°. Но в этом случае отсчет ведут по правой шкале;

при измерениях внутренних углов от 130 до 40° снимают с угломера угольник 3, линейку 2 и соединяющие их хомутики 4 и 1. В этом случае измерительными гранями будут грань линейки 7 и

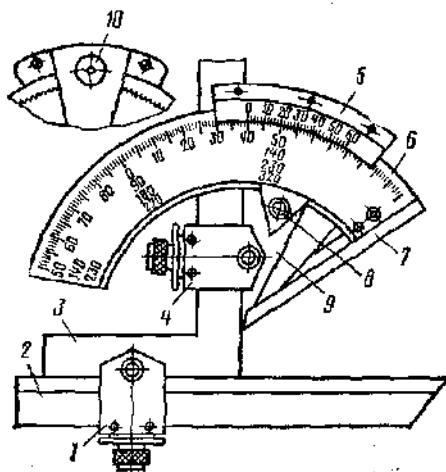


Рис. 51. Угломер конструкции Семсенова:

- 1 и 4 — хомутики крепления линейки и угольника; 2 — сменная линейка; 3 — угольник; 5 — коническая шкала; 6 — сектор-основание; 7 — линейка; 8 — пружина; 9 — конический сектор; 10 — гайка.

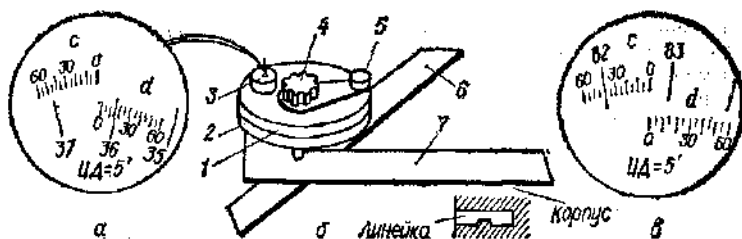


Рис. 52. Оптический угломер:

1 — крышка корпуса; 2 — корпус; 3 — лупа; 4 — зажимной маховик; 5 — рукоятка стопора; 6 — сменная линейка; 7 — неподвижная линейка.

грань пластинки воннусового сектора 9. Внешний угол, заключенный между ними, увеличивается на 90° и будет изменяться от 230° до 320° , что соответствует измеряемым внутренним углам 130° , 140° .

Оптический угломер. Пределы измерения угломера (ГОСТ 11197—73) от 0 до 180° , цена деления лимба 1° , минутной шкалы — $5'$.

Угломер состоит из подвижной линейки 6 (рис. 52) фасонного сечения и неподвижной двойной линейки 7, которая жестко соединена с корпусом 2. В корпусе помещен стеклянный диск со шкалой. Для наблюдения за шкалой при отсчете показаний в корпус вмонтирована лупа 3. Подвижную линейку 6 можно перемещать вдоль паза и поворачивать вокруг оси корпуса, для чего рукоятка 5 стопора должна быть повернута против часовой стрелки. Для закрепления смежной линейки в определенном положении служит зажимной маховик 4, который для этой цели необходимо повернуть по часовой стрелке.

Градусный диск состоит из двух шкал (рис. 53): правая шкала d построена на меньшем диаметре, а левая шкала c — на большем. Правая шкала предназначена для измерения действительных углов меньше 90° , а левая — для измерения дополнительных углов. Значение измеряемого угла определяют по формуле:

$$\alpha_{\text{изм}} = 180^\circ - \alpha_{\text{доп}} \quad (56)$$

где $\alpha_{\text{доп}}$ отсчитывается по левой шкале.

На диске имеются также две минутные шкалы c и d (рис. 52), которые остаются в поле зрения в неизменном положении. Неподвижную минутную шкалу d используют совместно с правой градусной шкалой, а неподвижную минутную шкалу c — с левой.

Целое число градусов в измеряемом угле определяют по жирному штриху градусной шкалы, находящемуся в поле зрения минутной шкалы. Минуты определяются числом делений, лежащих между жирным штрихом градусной шкалы и нулевым делением минутной шкалы, умноженных на цену деления этой шкалы.

На рисунке 52, а дан пример отсчета по правой шкале. Видно, что на фоне минутной шкалы расположен жирный штрих, соответствующий 36° , а число делений минутной шкалы, лежащих между жирной чертой и нулевым штрихом, равно трем. Это значит, что при цене деления минутной шкалы в $5'$ угол между нулевым штрихом

и жирной линией будет равен $15'$. Таким образом, значение измеряемого угла будет $36^{\circ}15'$ (при отсчете нельзя путать минутные шкалы).

На рисунке 52, б пример отсчета по левой шкале. Жирный штрих основной градусной шкалы, лежащей на фоне минутной шкалы, соответствует 82° , а значение угла между жирной линией и нулевым штрихом будет равно $8 \times 5' = 40'$. Таким образом, дополнительный угол будет $82^{\circ}40'$, а измеренный тупой угол $\alpha_{изм} = 180^{\circ} - 82^{\circ}40' = 97^{\circ}20'$.

Настройку оптического угломера и измерение выполняют следующим образом.

1. Ослабляют зажим 4 сменной линейки, повернув маховик против часовой стрелки.
2. Вставляют выбранную сменную линейку *b* в прорезь корпуса (см. рис. 52) и поворотом маховика по часовой стрелке закрепляют ее в необходимом для измерения положении.
3. Поворачивая рукоятку 5 против часовой стрелки, освобождают угловой стопор.
4. Вводят объект измерения между границами линеек *b* и 7. Степень прилегания линеек оценивают по просвету. Если одна из сторон измеряемого угла представляет собой цилиндрическую или коническую поверхность, пользуются специальной приставкой, приложенной к инструменту.
5. Фиксируют положение линеек путем поворота рукоятки *b* стопора по часовой стрелке.
6. Проводят отсчет по шкале. Для этого, приложив глаз к отверстию лупы 3, направляют ее окно в сторону источника света.

§ 20. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МИКРОСКОП

В ремонтном производстве часто возникает необходимость измерения деталей или их элементов, имеющих сложную форму: профилей кулачков и шаблонов, закруглений, профилей зубьев и т. п. Такие измерения могут быть выполнены при помощи измерительных микроскопов. Существует два вида инструментальных микроскопов — большой (БМИ) и малый (ММИ). Конструкции их подобны.

Малый инструментальный микроскоп (ГОСТ 3074—71) смонтирован на массивном основании 1 (рис. 54) с опорой 14 и стойкой 12, которая может поворачиваться относительно горизонтальной оси в пределах $\pm 10^{\circ}$. Угловое отклонение стойки 12 регулируют винтом 16. Вдоль направляющих стойки 12 перемещается кронштейн 6 с тубусом.

Вертикальная подача микроскопа относительно кронштейна осуществляется маховиком 11. На основании 1 микроскопа установлен предметный стол 2, который может перемещаться в продольном направлении при помощи микрометрической головки 17, в поперечном — при помощи микрометрической головки 4. Цена деления обеих

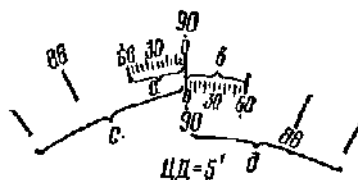


Рис. 53. Видимая шкала:

a и *b* — неподвижные минутные шкалы; *c* и *d* — подвижные градусные шкалы (*d* — до 90° ; *c* — свыше 90°).

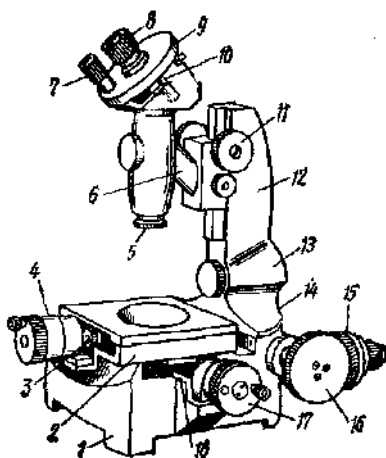


Рис. 54. Малый инструментальный микроскоп:

1 — основание; 2 — предметный стол; 3 — головка механизма поворота стола вокруг вертикальной оси; 4 — микрометр поперечной подачи; 5 — объектив; 6 — кронштейн с тубусом; 7 — угломерный микроскоп; 8 — окуляр; 9 — окулярная головка; 10 — головка для поворота угломерной шкалы; 11 — маховик для вертикальной подачи тубуса; 12 — стойка; 13 — ось стойки; 14 — опора стойки; 15 — осветитель; 16 — винт установки стойки под углом; 17 — микрометр продольной подачи; 18 — площадка для укладки концевых мер.

микрометрических головок 0,005 мм. Пределы перемещения каждой головки 25 мм. Предел перемещения в продольном направлении может быть увеличен до 75 мм путем введения между столом 2 и микрометрической головкой 17 концевой меры размером до 50 мм. Пята головки 17 и стол прижимаются к концевой мере пружиной. После удаления концевой меры стол под действием той же пружины возвращается к опору. В центре стола имеется круглое отверстие, закрытое стеклом, через которое проходит свет от осветителя 15, расположенного в задней части основания 1. Проверяемую деталь укладывают на стекло или помещают над ним на опорах.

В верхней части тубуса устанавливается одна из четырех окулярных головок. В комплект прибора входят четыре окулярные головки: угломерная окулярная головка 9, радиусная головка, резьбо-профильная головка и головка двойного изображения.

Линейная и угломерная окулярная головка предназначена для выполнения линейных и угловых измерений. Эта головка постоянно соединена с прибором и является основной. Пучок лучей света от лампочки через систему световодов проходит через диафрагму и светофильтр к полю зрения микроскопа и стекло, на котором располагается измеряемая деталь. Контур детали хорошо просматривается в проходящем свете. Источником света служит матовая лампа накаливания 25 или 40 Вт. Ирисовая диафрагма позволяет получить наилучшее для работы освещение объекта. Это регулирование достигается поворотом кольца, установленного на осветителе. В призме лучи последовательно преломляются три раза и, проходя через защитные стекла, направляются в окулярную головку (рис. 55, а). Здесь лучи освещают штриховую стеклянную пластинку, хорошо видимую в поле зрения окуляра 2. Освещенный контур изделия проектируется в увеличенном виде на эту пластинку и рассматривается через окуляр 2. Небольшие изделия (размером не более 4...6 мм) укладываются полностью в поле зрения окуляра, а крупные — только частично. Поэтому крупные изделия помещают на столе так, чтобы освещалась та часть, которая подлежит измерению.

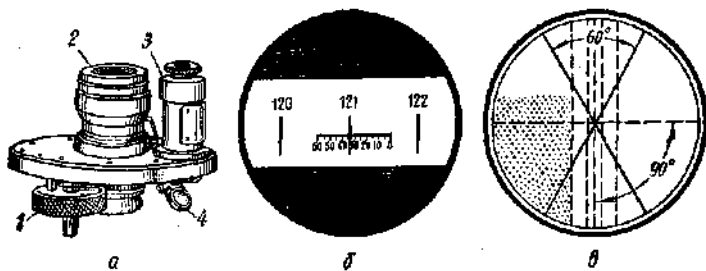


Рис. 55. Окулярная головка:

а — общий вид; *б* — угловая шкала; *в* — сетка; 1 — головка для поворота угломерной шкалы; 2 — окуляр; 3 — угломерный микроскоп; 4 — зеркало.

На штриховой пластинке нанесены лунитириое перекрестие и несколько вспомогательных линий (рис. 55, *в*). Эти линии или перекрестие наводят на грани освещенной детали, которые видны в окуляре 2. Со штриховой пластинкой жестко соединен поворотный лимб, разделенный на градусы. Лимб освещается светом, отраженным зеркалом 4. Источником света может служить дневной свет или электрическая лампочка.

Угловые деления отсчитывают по угломерному микроскопу 3, на сетке которого нанесена шкала из 60 делений с ценой деления 1'. Минутные деления видны наложенными на градусную шкалу. Угол отсчитывают по штриху градусной шкалы, видимому в пределах минутной шкалы. На рисунке 55, *б* приведен пример шкалы, установленной на значении угла, равном $121^{\circ}34'$.

Радиусная головка предназначена для определения радиусов закруглений разных изделий путем сопоставления профилей дуг определенных радиусов, нанесенных на стеклянный диск, с дугой измеряемого объекта.

Резьбопрофильная головка служит для измерения угла, высоты и наклона профиля, шага и среднего диаметра резьбы. Измерять можно также путем сопоставления контура измеряемой детали с контурами метрических и дюймовых резьб, нанесенными на стеклянном диске.

Окулярная головка двойного изображения предназначена для измерения расстояний между центрами отверстий, а также между штрихами шкал и сеток.

К прибору прилагается контактное приспособление (оптический щуп) для измерения отверстий. Его закрепляют на оправе объектива гайкой. Кроме того, микроскоп снабжен установочной оправой, которую закрепляют на оси центров бабки. Она служит для фокусировки микроскопа на линию центров исследуемого изделия. Оправа имеет лезвие, которое находится на ее оси и на оси центров бабки, а следовательно, и на оси изделия.

Пределы измерения микроскопа (расстояние от объектива до стола) — 190 мм; наибольший размер деталей, устанавливаемых в центрах бабки, в зависимости от конструкции микроскопа: по длине 150...200 мм, по ширине 40...55 мм.

Квалитет находят по номиналу и значению допуска из таблицы 21.

Задачу выбора и назначения средств измерения решают в следующем порядке. Например, требуется подобрать средства измерения для вала размером $d = 35_{-0,028}^{+0,010}$ мм. Допуск вала $T_d = 38$ мкм.

1. Определяют по формуле (57) случайную составляющую допустимой погрешности измерения Δ . Значение δ находят по таблице 21 в соответствии с номиналом и допуском. В данном случае квалитет надо искать по допуску, равному 38 мкм, в графе, соответствующей размерам от 30 до 50 мм. Больше всего подходит 8-й квалитет с допуском, равным 39 мкм. Этому квалитету и допуску соответствует $\delta = 10$ мкм. Следовательно, $\Delta = 6$ мкм.

2. В соответствии с номиналом изделия и полученным значением Δ по таблице 22 находят тип прибора, измерительную головку и класс концевых мер, по которым настраивают прибор. При выборе прибора необходимо, чтобы:

прибор использовали для измерения конкретного размера (нельзя шейку колеччатого вала измерять в легкой или тяжелой стойке или микрометром замерять отверстие и т. д.);

изделия проходили по высоте и диаметру между измерительными стержнями;

допуск изделия укладывался в пределах шкалы отсчитывающего механизма (микрокатора, рычажной скобы и т. д.);

предельная погрешность прибора или головки Δ_{lim} была меньше или равна Δ .

В данном примере по таблице 22 этим условиям будут удовлетворять два прибора:

тяжелая стойка С-II с микрокатором с ценой деления 0,005 мм и с пределами измерения ± 30 мкм. Значение Δ_{lim} прибора равно 6 мкм с использованием концевых мер 4-го класса;

рычажный микрометр в руках (МР) с ценой деления 0,002 мм, пределами измерения ± 200 мкм и $\Delta_{lim} = 6$ мкм при настройке концевыми мерами 4-го класса. Выбирают тяжелую стойку (например, потому, что в мастерской отсутствует рычажный микрометр).

3. Подбирают блок концевых мер под установочный размер L_y и определяют $\Delta_{lim(бл)}$ по формуле (28). В данном случае $L_y = 35$ мм. Из таблицы 6 находят, что блок концевых мер может быть составлен из двух плиток: концевая мера 30 мм, погрешность ее (таблица 5) для 4-го класса равна $\pm 3,5$ мкм и концевая мера 5 мм, погрешность ее для 4-го класса равна $\pm 2,0$ мкм. Окончательно получают

$$\Delta_{lim(бл)} = \pm \sqrt{3,5^2 + 2,0^2} = 4,04 \text{ мкм.}$$

4. Находят значение разрешенного выхода за границу поля допуска S . Для 8-го квалитета S будет равно 0,057_{зад}, т. е. $S = 0,057 \times 38 = 1,9$ мкм.

5. Проверяют соответственно S и $\Delta_{lim(бл)}$. Значение $\Delta_{lim(бл)}$ должно быть меньше или равно S . В данном примере $\Delta_{lim(бл)} > S$, поэтому необходимо повысить класс концевых мер, т. е. взять концевые меры 3-го или 2-го класса точности.

6. Настроить прибор для измерения отклонений от заданного значения или действительного размера в границах допуска.

вочную оправку. Центр перекрестия совмещают с образующей цилиндра оправки (с правым ее краем). Затем стол быстро отводят вправо и при его обратном движении влево наблюдают за положением центра перекрестия относительно образующей оправы. Если центр отходит от направляющей, то верхнюю плиту стола поворачивают в нужную сторону.

8. Устанавливают угловую шкалу на нуль. При этом пунктирные линии штриховой сетки должны быть параллельны продольному перемещению стола.

9. Проводят измерения. Наиболее распространенные способы измерения прямых и наклонных линий, радиусов кривизны, конусности, углов и т. д. подробно излагаются в инструкциях, прилагаемых к прибору заводом-изготовителем.

§ 21. ВЫБОР И НАЗНАЧЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ЛИНЕЙНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Средства измерения выбирают с учетом метрологических (пределы погрешности прибора и шкалы, точность инструмента и предельную погрешность средств и методов измерения) и экономических (стоимость средств измерения, продолжительность их работы до повторной установки и до ремонта, время, затрачиваемое на установку и на процесс измерения и необходимая квалификация оператора) факторов.

На выбор средств измерения влияет характер производства. При большом количестве контролируемых изделий целесообразно применять специальные средства измерения и калибры, при малом преимуществом остается за универсальными средствами измерения.

Правильный выбор средств измерения обеспечивает требуемую точность изготовления детали, ускоряет процесс измерения, сокращает время обработки и сборки и уменьшает себестоимость выпускаемой продукции.

Основным метрологическим показателем является погрешность метода измерения. В этот показатель входят погрешности: показания прибора; мер, по которым настраивают прибор; температурная и др.

Все эти погрешности в процессе измерения проявляются одновременно, носят случайный характер и подчиняются закону нормального распределения. В качестве предельного значения случайной погрешности однократного измерения принята величина, обозначаемая в метрологии через Δ_{lim} и равная трем среднеквадратичным ошибкам. Погрешность средств и методов измерения — явление неизбежное, в результате которого наблюдаемые размеры не соответствуют действительным измеряемым размерам. Под наблюдаемыми понимают такие размеры, которые получены по показаниям прибора, а под действительными — такие, которые можно было бы получить в результате использования приборов с бесконечно малой погрешностью.

Детали, размеры которых выходят за границы установленного допуска, представляют собой мерный брак. За такой брак несет ответственность не тот, кто измеряет детали, а тот, кто назначает средства измерения. Переход действительных размеров за границу установленного допуска регламентирован. В принятой системе расположения полей допусков зона наблюдаемых размеров должна ле-

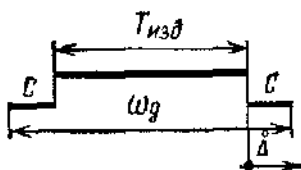


Рис. 56. Зоны наблюдаемых и действительных размеров:

$T_{изд}$ — зона наблюдаемых размеров; $\omega_{д}$ — зона действительных размеров; C — разрешенный выход за границу поля допуска.

жать в границах допуска изделия T (рис. 56), установленного государственными стандартами, а действительные размеры с учетом разрешенного стандартами выхода за границу поля допуска C должны находиться в пределах поля рассеяния $\omega_{д}$.

Если при известном значении допустимого перехода за границу поля допуска изделия выбирать средства измерения, сопоставляя их погрешность $\Delta_{изм}$ с C , то фактические размеры изделий действительно не выйдут за границу установленного гарантированного допуска T , но затраты на приобретение средств измерения будут далеко не оптимальными. Это можно доказать, используя при выборе средств измерения методы расчета, применяемые в теории вероятностей. Действительно, если $T_{изд} = 124$ мкм, а $C = 6$ мкм и распределение деталей, так же как и погрешностей измерения, подчиняется закону нормального распределения, то на основании закона сложения случайных и независимых величин можно определить суммарную зону рассеивания деталей $\omega'_{д}$. В данном случае

$$\omega'_{д} = 2 \sqrt{\left(\frac{T_{изд}}{2}\right)^2 + C^2} = 2 \sqrt{62^2 + 6^2} = 124,6 \text{ мкм.}$$

Из расчета видно, что $\omega_{д} \neq \omega'_{д}$; следовательно, разрешенная зона рассеивания $\omega_{д} = 136$ не использована. Для полного использования разрешенного поля рассеивания нужно сопоставить погрешность измерения $\Delta_{изм}$ не с C , а с величиной $\overset{\circ}{\Delta}$ (рис. 56), которая определяется по зависимости:

$$\overset{\circ}{\Delta} = 0,66, \quad (57)$$

где δ — значение допускаемой погрешности измерения, связанной с допуском изделия (кавалитетом) и номинальным размером изделия (табл. 21) (Ст. СЭВ 303—76).

Значение $\overset{\circ}{\Delta}$ много больше значения C . Это соотношение позволяет расширить область применения различных измерительных средств, резко уменьшить требования к их точности и, следовательно, уменьшить расходы, связанные с приобретением и эксплуатацией этих средств. Значение C также связано с допуском изделия (кавалитетом). На основании опыта рекомендуется принимать

для квалитетов	значение C
1...4	$0,1 T_{изд}$
5...6	$0,07 T_{изд}$
7...8	$0,05 T_{изд}$
9...15	$0,03 T_{изд}$

21. Значение суммарной допустимой погрешности измерения

Номинальные размеры, мм		Квалитеты													
		5		6		7		8		9		10		11	
		мкм													
		IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ
До 3		4	1,4	6	1,8	10	3,0	14	3,0	25	6	40	8	60	12
Свыше	3 до 6	5	1,6	8	2,0	12	3,0	18	4,0	30	8	48	10	75	16
>	6 > 10	6	2,0	9	2,0	15	4,0	22	5,0	36	9	58	12	90	18
>	10 > 18	8	2,8	11	3,0	18	5,0	27	7,0	43	10	70	14	110	30
>	18 > 30	9	3,0	13	4,0	21	6,0	33	8,0	52	12	84	18	130	30
>	30 > 50	11	4,0	16	5,0	25	7,0	39	10,0	62	16	100	20	160	40
>	50 > 80	13	4,0	19	5,0	30	9,0	46	12,0	74	18	120	30	190	40
>	80 > 120	15	5,0	22	6,0	35	10,0	54	12,0	87	20	140	30	220	50
>	120 > 180	18	6,0	25	7,0	40	12,0	63	16,0	100	30	160	40	250	50
>	180 > 250	20	7,0	29	8,0	46	12,0	72	18,0	115	30	185	40	290	60
>	250 > 315	23	8,0	32	10,0	52	14,0	81	20,0	130	30	210	50	320	70
>	315 > 400	25	9,0	36	10,0	57	16,0	89	24,0	140	40	230	50	360	80
>	400 > 500	27	9,0	40	12,0	63	18,0	97	26,0	155	40	250	50	400	80

Продолжение

Номинальные размеры, мм	Квалитеты											
	12		13		14		15		16		17	
	мкм											
	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ
До 3	100	20	140	30	250	50	400	80	600	120	1000	200
Свыше 3 до 6	120	30	180	40	300	60	480	100	750	160	1200	240
» 6 » 10	150	30	220	50	360	80	580	120	900	200	1500	300
» 10 » 18	180	40	270	60	430	90	700	140	1100	240	1800	380
» 18 » 30	210	50	330	70	520	120	840	180	1300	280	2100	440
» 30 » 50	250	50	390	80	620	140	1000	200	1600	320	2500	500
» 50 » 80	300	60	460	100	740	160	1200	240	1900	400	3000	600
» 80 » 120	350	70	540	120	870	180	1400	280	2200	440	3500	700
» 120 » 180	400	80	630	140	1000	200	1600	320	2500	500	4000	800
» 180 » 250	460	100	720	160	1150	240	1850	380	2900	600	4600	1000
» 250 » 315	520	120	810	180	1300	260	2100	440	3200	700	5200	1100
» 315 » 400	570	120	890	180	1400	280	2300	460	3600	800	5700	1200
» 400 » 500	630	140	970	200	1550	320	2500	500	4000	800	6300	1400

Штангенрейсмус с отсчетом по нониусу 0,1 мм	250	300	350	350	350	350	350	350	350	400	400	400
Микрометр типа МК и МП												
в руках	5	10	10	15	15	15	20	20	25	50	50	50
в стойке	5	5	10	10	10	10	10	10	15	15	20	20
Микрометр рычажный типа МР и МРИ с отсчетом 0,002 мм:												
в руках	4	6	10	10	15	15	20	20	25	30	40	50
в стойке	3	4	5	6	10	10	10	10	10	10	10	10
настроенный по концевым мерам 2-го класса	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	6	7
Нутромер микрометрический типа МН (штихмас), настроенный по установочной мере	—	—	15	15	20	20	20	20	20	30	30	—
Глубиномер микрометрический типа ГМ												
при абсолютных измерениях	5	20	20	20	—	—	—	—	—	—	—	—
настроенный по концевой мере	5	5	5	5	—	—	—	—	—	—	—	—
настроенный по установочной мере	5	5	10	10	—	—	—	—	—	—	—	—

Наименование	Тип стойки	Класс концевых мер, применяемых при настройке	Предельные размеры, мм												
			1...3	3...6	6...10	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180	180...260	280...360	380...500	
			значение $\pm \Delta_{\text{изм}}$, мкм												
Индикатор типа ИЧ и ИТ с ценой деления 0,01 мм на нормированном участке	С-III и С-IV	3	6	6	6	6	7	7	7	7	7	8	8	9	
			легкая стойка штатив	3	6	6	6	7	10	10	10	10	10	10	10
			в пределах одного оборота стрелки												
легкая стойка штатив	С-III и С-IV	3	6	6	6	6	7	7	7	7	7	8	8	9	
			штатив	3	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
			в пределах двух и более оборотов												
легкая стойка штатив	С-III и С-IV	4	10	10	10	10	10	11	11	12	13	14	16	19	
			штатив	5	11	11	11	12	13	14	14	17	20	23	35
			штатив	5	20	20	20	20	20	20	20	20	25	30	30

Индикатор типа
МИГ с ценой де-
ления, мм

0,001 (0...1 мм)

С-II	3	3	3	3	3,5	4	4	4	4,5	4,5	—	—	—
С-III	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2	—	—	—

0,002 (0...2 мм)

С-II	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	—	—	—
С-III	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	—	—

Микатор типа
ИПМ с ценой
деления, мм0,001 ($\pm 0,05$
мм)

С-II и С-III	1	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	—	—	—	—
-----------------	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	---	---	---

0,001 ($\pm 0,05$
мм)

III	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2,5	3,5	4,5
-----	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	---	-----	-----	-----

Микромер типа ИГ
с ценой деления,
мм0,001 ($\pm 0,05$
мм)

С-II и С-III	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	—	—
-----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

0,002
($\pm 0,1$ мм)

III	2	2	2	2	2,5	2,5	2,5	2,5	3	3,5	4	—	—
III	3	4	4	4	4	4	4	4	5	6	8	—	—
С-II и С-III	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	—	—	—

Микрокатор типа
ИГП с ценой де-
ления, мм0,001
($\pm 0,03$ мм)

С-II	1	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	—	—	—
С-III	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	—	—	—

0,002
($\pm 0,06$ мм)

С-II	2	1,0	1,0	1,0	2	2	2	2	2	2	—	—	—
------	---	-----	-----	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Наименование	Тип стойки	Класс концевых мер, применяемых при настройке	Предельные размеры, мм											
			1...3	3...6	6...10	11...16	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180	180...260	260...360	360...500
			значение $\pm \Delta_{lim}$, мкм											
Микрокастор типа ИГП с ценой деления, мм														
0,005 ($\pm 0,15$ мм)	С-II	4	5	5	5	6	6	6	7	9	9	—	—	—
0,01 ($\pm 0,3$ мм)	С-II	4	6	6	6	7	7	7	8	10	10	—	—	—
0,0001 ($\pm 0,003$ мм)	С-I	Разряд 2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,35	0,35	0,35	0,45	0,45	—	—	—
0,0002 ($\pm 0,006$ мм)	С-I	Разряд 2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	—	—	—
0,0005 ($\pm 0,015$ мм)	С-I	Разряд 2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	—	—	—
Оптиметр ($\pm 0,1$) и оптикатор ($\pm 0,125$ и $\pm 0,25$) типа П с ценой деления, мм														
0,001	С-II	0	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	—	—	—

		1	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	1,0	1,2	1,4	—	—	—
		2	0,7	0,7	0,7	1,0	1,0	1,0	1,4	1,8	2,0	—	—	—
		3	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0	2,5	3,0	—	—	—
0,0001 ($\pm 0,012$ мм)	C-I	Разряд 2	0,25	0,25	0,25	0,3	0,3	0,3	0,35	0,4	0,4	—	—	—
0,002 ($\pm 0,025$ мм)	C-I	Разряд 2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	—	—	—
0,0005 ($\pm 0,05$ мм)	C-I	Разряд 2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	—	—	—
Индикаторный ну- тромер с изме- рительной го- ловкой с ценой деления 0,01 мм при работе:	НИ	4 или микро- метр												
в границах			—	15	15	15	20	20	25	25	25	25	30	30
всего диапа- зона шкалы			—	10	10	10	10	10	15	15	15	15	20	20
на участке в 0,1 мм														
Индикаторный ну- тромер с изме- рительной го- ловкой с ценой одного деления 0,001 и 0,002 мм при работе в границах участ- ка, мм	НИ	1 или устано- вочное кольцо												
0,1				4,5	4,5	4,5	5,5	5,5	6,5	6,5	7,5	4,5	11	11

Индикаторный глубиномер с из- мерительной го- ловкой точ- ностью 0,01 мм, настроенный	ГИ	по установоч- ной мере	—	20	20	20	20	20	20	20	20	—	—	—	—	
		по кольцевой мере	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	—	—	—	—
			4	5	5	5	5	10	10	10	10	10	—	—	—	—
Индикаторный ну- тромер с голов- кой точностью 0,001 мм, настро- енный по конце- вой мере	НИ	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	—	—	—	—		
Рычажная скоба с ценой деле- ния 0,002 мм (±0,14)	СР	в руках	3	4	4	4	4	4	5	10	40	20	25	—	—	
		в стойке		4	4	4	4	4	4	5	5	10	10	—	—	
		при плоском и линейном контакте	3	3	3	3	3	3	3,5	3,5	—	—	—	—	—	

Оптиметр с ценой деления 0,001 ($\pm 0,1$ мм) в горизонтальной стойке при измерении валов с контактом

сферическим или линейным

0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	—	—	—
1	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,8	1,0	1,2	1,8	—	—
2	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	1,3	1,6	1,8	2,5	—	—
3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9	—	—
3	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,2	—	—

точечным

Оптиметр с ценой деления 0,001 мм ($\pm 0,06$) в горизонтальной стойке при измерении отверстий

0	—	—	—	0,9	0,9	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	—	—
1	—	—	—	1,0	1,0	1,0	1,3	1,6	1,8	2,3	—	—
2	—	—	—	1,4	1,4	1,4	1,8	2,0	2,2	3,0	—	—
3	—	—	—	0,4	1,5	1,5	2,2	2,5	5,0	5,0	—	—

Микроскоп инструментальный ММИ при измерении линейных размеров

без применения концевых мер

—	5	5	5	5	5	5	10	10	—	—	—	—
---	---	---	---	---	---	---	----	----	---	---	---	---

с применением концевых мер

2	2,5	2,5	3,5	3,5	3,5	4,0	4,0	—	—	—	—	—
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	---	---	---	---

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Температура характеризует степень нагретости вещества. Для ее измерения используют зависимость свойств тел от температуры.

Термометры — это приборы, предназначенные для измерения температуры. Приборы, предназначенные для измерения температур выше 600 °С, называют пирометрами.

Единицей температуры по практическим температурным шкалам, так же как и единицей термодинамической температуры, является кельвин (К). Допускается применение единицы температуры — градуса (°С).

Между температурой T , выраженной в кельвинах, и температурой t , выраженной в градусах Цельсия, установлено соотношение:

$$t = T - T_0, \quad (58)$$

где $T_0 = 273,15$ К.

Термометрическое тело — тело, используемое в термометрах. В зависимости от его свойств термометры делятся на следующие типы.

Термометры расширения, основанные на свойстве температурного расширения твердых и жидких тел. К ним относятся: жидкостные и ртутные стеклянные. В них жидкость или ртуть является термометрическим телом. Тепловое изменение объема жидкости или ртути вызывает перемещение в капиллярах мениска, служащего указателем для отсчета температуры по шкале;

жидкостные манометрические и биметаллические;

газовые манометрические, в которых используется зависимость от температуры давления газа, заключенного в постоянном объеме; паровые манометрические, основанные на зависимости от температуры давления насыщенных паров различных жидкостей, обычно низкокипящих.

Термометры сопротивления, в которых используется температурное изменение электрического сопротивления металлов, сплавов или полупроводниковых материалов.

Термоэлектрические термометры, в которых применяется зависимость от температуры термоэлектродвижущей силы (термо-э.д.с.), возникающей в месте соединения двух разнородных проводников.

Оптические монохроматические пирометры, основанные на интенсивности излучения раскаленного тела в узком спектральном интервале.

Оптические цветные пирометры, в которых для измерения температуры используется изменение цвета накаливаемого тела.

Радиационные пирометры, принцип действия которых основан на зависимости, существующей между суммарной энергией излучения тела и его температурой.

§ 2. ЖИДКОСТНЫЕ СТЕКЛЯННЫЕ ТЕРМОМЕТРЫ

Действие термометра основано на тепловом расширении жидкости в стеклянной оболочке.

Термометры изготовляют из термометрического стекла для измерения температур в диапазоне от -200 до $+300$ °C (до $+500$ °C применяют боросиликатное стекло, до 1200 °C — кварцевое стекло). В качестве термометрического тела используют ртуть (от -30 до $+500$ °C), толуол (от -80 до 100 °C), этиловый спирт (от -80 до 80 °C), петролейный эфир (от -120 до 20 °C), пентан (от -200 до 20 °C).

Чаще всего применяют термометры с вложенной шкальной пластинкой и палочные: первые — в качестве технических приборов, вторые — как лабораторные и образцовые.

Капилляр над жидкостью в термометрах с верхним пределом измерения до $+150$ °C заполняют парами термометрической жидкости или инертным газом (азотом), в высокотемпературных термометрах — азотом под давлением.

Для защиты от повреждений отсчетную часть технических термометров монтируют в металлической оправе. Погруженную часть закрывают защитной металлической гильзой, нижнюю часть которой для улучшения теплопередачи и уменьшения тепловой инерции заполняют машинным маслом или медными опилками.

Технические данные термометров, применяемых в сельском хозяйстве, приведены в таблице 23.

Почвенный вытяжной термометр ТПВ-50 предназначен для наблюдения за почвой на глубинах от 0,2 до 3,2 м. Он позволяет измерять температуру почвы в интервале $-10...+40$ °C. Длина наземной части термометров бывает 0,4 и 1 м. В комплект входят пять или восемь термометров каждого типа. Трубы для вытяжных термометров устанавливают в почве на открытом месте. Располагают их в один ряд с востока на запад на расстоянии 0,5 м один от другого. Скважины для труб делают при помощи бура.

Почвенный термометр-щуп АМ-6 для измерения температуры пахотного слоя. Толуоловый термометр используют для измерения температуры почвы в полевых условиях. Он заключен в металлическую оправу с заостренным наконечником, изолированную нетеплопроводной перемычкой. Деление «0» находится на металлическом наконечнике на уровне резервуара термометра. Предел измерений $40...+50$ °C. Точность отсчета ± 1 °C. Наименьшая глубина погружения 1,5 см, наибольшая 30 см. При проведении наблюдений термометр-щуп заглубляют вертикально и выдерживают 5 мин.

Ртутные максимальные термометры служат для измерения максимальной температуры воздуха за определенный промежуток времени.

Внутри его оболочки вложена шкальная пластинка из стекла молочного цвета. В термометре имеется приспособление в виде стеклянного штифта, препятствующее спаданию столбика ртути при пони-

23. Ртутные термометры

Наименование	Тип	Пределы измерения, °С	Цена деления	Погрешность измерения, °С
Метеорологический для определения температуры поверхности почвы	ТМ-3	-35...+50 -25...+70 -10...+85	0,5	±0,5...±0,7
Метеорологический психрометрический для измерения температуры и определения влажности воздуха	ТМ-4	-35...+40 -25...+50	0,2	На каждые 10°С 0,3...0,4
Працевой для быстрого измерения температуры окружающей среды	ТМ-8	-30...+50 -35...+40	0,5	±0,5...±0,8
Метеорологический почвенноглубинный	ТМ-10	Для почвы -20...+30, -10...+40 Для воды +5...+40	0,2	±0,2...±0,3

жения температуры. Точность отсчета 0,5°С, пределы измерения -36...+51°С или -21...+71°С.

Ртутные психрометрические термометры применяют попарно в жалюзийных будках для определения температуры и влажности воздуха. Внутри оболочки термометра вложена шкальная пластинка из стекла молочного цвета. По разности показаний сухого и мокрого термометров судят об относительной влажности воздуха. Вода, залитая в специальный приемник, при испарении охлаждает капилляр мокрого термометра. Сухой термометр показывает температуру окружающего воздуха. Градуировка шкалы -36...+41°С, точность отсчета 0,2°С.

Точность показаний прибора зависит от правильного выбора места и способа установки. При неправильной установке погрешность измерения может достигать 10...15%. Активную часть термометра (резервуар) располагают в центре потока измеряемой среды на максимальной глубине. Прямые и угловые жидкостные стеклянные термометры устанавливают в защитных металлических гильзах (оправах) или непосредственно погружают термометр в измеряемую среду.

Металлические оправы выпускают прямые и угловые. Для них длина, мм:

верхней части	нижней части
285	63...1000
215	63...400

Основным параметром, по которому определяют отказ термометров, служит погрешность их показаний.

§ 3. РТУТНЫЕ СТЕКЛЯННЫЕ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫЕ ТЕРМОМЕТРЫ

Термометры типа ТЗК и ТПК предназначены для поддержания постоянной температуры или сигнализации о достижении заданной температуры в интервале $-30...+300^{\circ}\text{C}$.

Термометры выполнены из стекла молочного цвета с вложенной внутрь оболочки шкальной пластинкой и магнитной регулировкой положения рабочего контакта в пределах шкалы. Термометры бывают прямыми и угловыми.

В комплекте с ртутным электроконтактным термометром типа ТЗК или ТПК используют усилительное устройство УКТ-4, схема которого показана на рисунке 57. Устройство применяют для двухпозиционного регулирования температуры или сигнализации о температурном режиме в контролируемой среде (в сушильных шкафах, термокамерах, нагревательных печах и т. п.).

Условия эксплуатации устройства следующие:

окружающая среда невзрывоопасна, не содержит агрессивных паров и газов в концентрациях, разрушающих металл и изоляцию; температура окружающей среды $-10...+40^{\circ}\text{C}$;

относительная влажность окружающей среды до 95 % при температуре 25°C ;

отсутствует солнечная радиация;

вибрационные ускорения в диапазоне частот 5..60 Гц не более 20 м/с^2 ;

ускорение воздействующих одиночных ударных нагрузок не более 200 м/с^2 ;

рабочее положение в пространстве — горизонтальное (допускается вертикальное положение, при этом величина максимального допустимого тока нагрузки не должна превышать 2,5 А).

Мощность, потребляемая устройством при выключенной нагрузке, не более 5 Вт. Допускается использовать в качестве нагрузки управляющие катушки магнитных пускателей переменного тока напряжением 220 В.

Устройство снабжено розеткой для присоединения внешних цепей к устройству.

Срок гарантии — 18 мес со дня ввода устройства в эксплуатацию, но не более 24 мес со дня отгрузки потребителю.

Терморегулятор состоит из усилительного блока типа УКТ-4 и ртутного контактного преобразователя.

Принцип работы терморегулятора таков. Сигнал с контактного преобразователя усиливается устройством УКТ и используется в схемах поддержания необходимого температурного режима. По принципу действия устройство УКТ представляет собой тиристорный выключатель, управляемый генератором и транзисторным ключом.

В конструкцию устройства входят малогабаритный компактный блок, состоящий из печатной платы, на которой смонтированы элементы управления, и силовой части. На передней стенке находятся элементы сигнализации «Нагрузка вкл.» и «Нагрузка откл.».

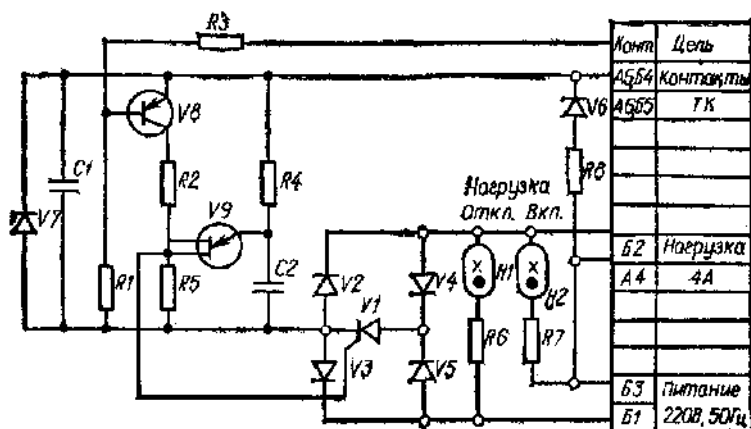


Рис. 57. Электрическая принципиальная схема усилительного устройства УКТ-4:

$C1$ и $C2$ — конденсаторы; $R1...R8$ — резисторы; $V1$ — тиристор; $V2...V6$ — диоды; $V7$ — стабилитрон; $V8$ и $V9$ — транзисторы; $H1$ и $H2$ — индикаторы.

Терморегулятор устанавливают в помещении или под навесом. Терморегулятор включают внешним выключателем, при этом загорается сигнальная лампа «Нагрузка вкл.». Если сначала на короткое время загорается лампа «Нагрузка откл.», то это не свидетельствует об неисправности устройства.

При достижении заданной температуры в регулируемом объекте терморегулятор автоматически отключает нагрузку — загорается сигнальная лампа «Нагрузка откл.». Терморегулятор отключают от сети внешним выключателем.

Терморегуляторы нормально работают при вертикальном положении (резервуаром вниз) и при отклонении от этого положения на угол до 90° . Угловые термометры опускают в измеряемую среду до изгиба угла.

Термометры настраивают на требуемую температуру контактирования, вращая магнитное приспособление (предварительно настраивают по верхней шкале).

В электрическую схему термометры и термоконтакты включают, замкая соединительный (нижний) контакт на «—», рабочий — на «+».

Показателем надежности устройства служит вероятность безотказной работы за заданное время — 2000 ч или 1 500 000 циклов включений или выключений нагрузки.

Технические данные контактных термометров приведены в таблице 24.

У термометров типа ТПК диаметр оболочки верхней части 18 ± 1 мм, нижней части — 9 ± 1 мм. Допустимое отклонение температуры контактирования от настройки термометра по его шкале не должно превышать цены одного деления.

24. Контактные термометры

Наименование	Тип	Пределы измерений, мм	Цена деления, °С	Длина, мм		Пределы установки точек контактирования, °С	Минимальный интервал между точками контактирования, °С
				верхней части	нижней части		
С переменным контактом с магнитной регулировкой прямой	ТПК	0...+50	1	330±10	80 ₋₁₀ ; 100 ₋₁₀ ;	—	—
		0...+100	2		120 ₋₁₀ ; 160 ₋₁₀ ;		
		-30...+70	3		200 ₋₁₀ ; 250 ₋₁₀ ;		
		0...+150	4		320 ₋₁₀ ; 400 ₋₁₀ ;		
		0...+300	5		500 ₋₂₀		
С заданной температурой контактирования угловой	ТЗК	0...+50	1 или 2	20±10	130 ₋₁₀ ; 150 ₋₁₀ ;	5...45	5
		0...+100	1; 2 или 5		170 ₋₁₀ ; 210 ₋₁₀ ;		
		0...+200	2 или 5		250 ₋₁₀ ; 300 ₋₁₀ ;		
		0...+300	5		370 ₋₁₀ ; 450 ₋₁₀ ;		
					550 ₋₂₀ ; 680 ₋₂₀ ;	10...90	10
					850 ₋₃₀ ; 1050 ₋₃₀	20...180	20
						50...250	30

Отклонение показаний термометра типа ТЗК от точки контактирования, нанесенной на шкалу: при одной точке контактирования в диапазоне измерения $0...+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ — $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$; в диапазоне $+100...+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ — $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$; в диапазоне $+200...+300\text{ }^{\circ}\text{C}$ — $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$; при двух или трех точках контактирования в диапазоне измерений $0...+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ — $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$; $+100...+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ — $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$; $+200...+300\text{ }^{\circ}\text{C}$ — $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Нагрузка на термометры типа ТЗК и ТПК не должна превышать 0,5 мА, напряжение 0,3 В, частота контактирования 5 раз в минуту. Термометрическим телом служит ртуть.

Термометр палочный, ртутный двухконтактный типа ТК-12 предназначен для замыкания и размыкания цепи электрического тока с целью поддержания постоянной температуры воздуха в инкубаторах. Он представляет собой стеклянный прибор с тремя являющимися в массивный капилляр контактами. В нижней части капилляра к контактам припаяны провода типа МГШВ и ПМВТ сечением 0,14... 0,2 мм².

Верхняя часть капилляра заполнена осушенным воздухом под давлением не менее 665 Па.

Мощность тока во время работы не должна превышать 2 В·А при токе 0,2 А (омическая нагрузка) и 0,07 А (индуктивная нагрузка).

Разрешается перегрев термоконтактора на 30 °С выше температуры контактирования и охлаждение до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Допустимое отклонение температуры контактирования от 37,5 °С составляет $\pm 0,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и от 37,9 °С — $\pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Общая длина термоконтактора 245 ± 20 мм.

§ 4. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ТЕРМОМЕТРЫ РАСШИРЕНИЯ

Биметаллический термометр. Чувствительный элемент термометра состоит из двух соединенных металлических пластин, имеющих различные коэффициенты температурного удлинения. По величине изгиба пластин при нагревании судят о температуре среды, в которой они находятся.

Обычно применяют биметаллические ленты, согнутые в форме плоской или винтовой спирали. Шкала термометра в диапазоне 100...150 °С практически равномерна; при более высоких температурах (до $+600\text{ }^{\circ}\text{C}$) — неравномерна. Пределы измерения зависят от прочности и стойкости против окисления при высоких температурах применяемых биметаллических лент. В диапазоне измерений $-70...+600\text{ }^{\circ}\text{C}$ приведенная (относительная) погрешность прибора составляет не более 0,5...1 %.

Дилатометрический термометр состоит из металлической трубки и стержня соответственно с большим и малым температурным коэффициентом линейного расширения.

Дилатометрический и биметаллический термометры просты по устройству, имеют малую точность, и поэтому их используют в качестве сигнализаторов и регуляторов температуры.

Мегастатический термометр применяют для измерения температуры с высокой точностью (до 0,01 °С). Для смещения интервала измерения часть ртути переводят в сифообразное расширение в верхней части капилляра, нагревают термометр, а затем легким встряхиванием разрывают столбик ртути.

§ 5. МАНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗЫВАЮЩИЕ ТЕРМОМЕТРЫ

Термометры предназначены для дистанционного измерения температуры жидких и газообразных сред в стационарных установках.

Технические данные термометров приведены в таблице 25.

Все термометры предназначены для работы при температуре окружающего воздуха от 5 до 50 °С, термометр ТПП4-III — от 30 до 50 °С. Термометры работают при относительной влажности 30..80 % во всем диапазоне температур.

Дистанционный капилляр по всей длине защищен металлической или полиэтиленовой оболочкой. Капилляр с полиэтиленовой оболочкой во взрывоопасных помещениях применять не рекомендуется.

Термосистему заполняют аргоном для интервала 0..600 °С; для остальных — азотом. Жидкостный термометр заполняют полиметилсилоксановой жидкостью; термометры ТПП4-III — фреоном, хлористым метилом, ацетоном или этилбензолом.

Основные части термометров — манометрическая термосистема и передаточный механизм. Кроме того, термометры ТПП4-III имеют в качестве преобразователя электрического сигнала два предельных контакта, механизм настройки и сигнальный блок; термометры ТПЖ4-V, ТПЖ4-V снабжены пневматическим преобразователем, а термометры ТПЖ4-VI и ТПЖ4-VI — механоэлектрическим преобразователем.

Действие манометрических термометров основано на зависимости давления (объема) заполнителя термосистемы от температуры измеряемой среды. Изменение температуры контролируемой среды воспринимается заполнителем термосистемы через термобаллон 1 (рис. 58) и преобразуется в изменение давления, под действием которого манометрическая пружина 5 через передаточный (трибко-секторный) механизм перемещает показывающую стрелку 3 относительно шкалы 4 термометра. Одновременно это перемещение через соответствующие устройства передается у термометров ТПП4-III на сигнальное устройство; у термометров с пневматическим выходным сигналом ТПЖ4-V и ТПЖ4-V — на пневматический преобразователь; у термометров с электрическим выходным сигналом ТПЖ4-VI и ТПЖ4-VI — на механоэлектрический преобразователь.

Манометрическая термосистема термометров состоит из манометрической пружины 5, дистанционного капилляра 8 и термобаллона 1. В термометрах с сигнальным устройством преобразователями электрического сигнала служат два предельных контакта.

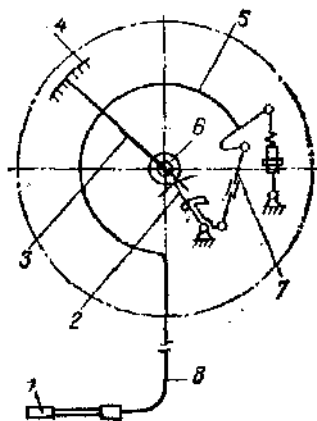


Рис. 58. Принципиальная схема газового и жидкостного манометрических термометров типа ТПЖ4 и ТПП4:

1 — термобаллон; 2 — сектор; 3 — стрелка; 4 — шкала; 5 — манометрическая пружина; 6 — трибка; 7 — тяга; 8 — капилляр.

128 25. Манометрические термометры

Наименование	Обозначение	Пределы измерения, °С	Длина дистанционного капилляра, м	Длина погружения термобаллона, мм	Класс точности
Газовый показывающий	ТПГ4	-50...+50	1,6; 2,5; 4;	160; 200; 250; 315;	1
		-50...+100	8; 10; 16; 25	400; 500; 630	1
		-50...+150			1
		+50...+150			1,5
		0...+400			1,5
Газовый показывающий с пневматическим выходным сигналом	ТПГ4-V	0...+100			1,5
Газовый показывающий с электрическим выходным сигналом	ТПГ4-VI	0...+150			1
		0...+200			1
		0...+300			1
		+100...+300			1
		0...+600	1,6; 2,5; 4;	200; 250; 315; 400;	1,5
+100...+500	6; 10; 16	500; 630	1,5		
		+200...+500			1,5
		+200...+500			1,5
Жидкостный показывающий	ТПЖ4	0...+50		125; 160; 200; 250;	1
		-50...+50		315; 400	1
		0...+100		100; 125; 160; 200;	1
				250; 315; 400	
Жидкостный показывающий с пневматическим выходным сигналом	ТПЖ4-V	+50...+150		80; 100; 125; 160;	1
		0...+150		200; 250; 315; 400	1
Жидкостный показывающий с электрическим выходным сигналом	ТПЖ4-VI	-50...+100			1,5
		-50...+150			1,5
Показывающий конденсационный сигнализирующий	ТПП4-III	-25...+35		125; 160; 200; 250	1,5

9-867

128

В термометрах с пневматическим выходным сигналом изменение температуры воспринимается манометрической пружиной и посредством рычажного механизма передается на свободный конец пружины обратной связи. Действие узла обратной связи основано на силовой компенсации.

В термометрах с электрическим выходным сигналом изменение температуры воспринимается манометрической пружиной и затем на выходе механоэлектрического преобразователя появляется сигнал постоянного тока.

Расстояние от термометра до места измерения температуры (места установки термобаллона) определяется длиной дистанционного капилляра. Термометр устанавливают так, чтобы было удобно обслуживать и наблюдать за показаниями. Термометр должен быть расположен вертикально. Вблизи термометра и его капилляра не должны находиться нагревательные приборы во избежание дополнительной температурной погрешности. Окружающая среда не должна содержать примесей агрессивных газов и паров. Тряска и вибрация не допускаются. В противном случае применяют амортизирующие приспособления.

Положение термобаллона может быть любым: вертикальным, наклонным, горизонтальным. Основное условие правильности измерения температуры — полное погружение термобаллона в измеряемую среду.

Термометры устанавливают на стене или на щите в зависимости от условий эксплуатации.

§ 6. ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ТЕРМОМЕТРЫ

Термоэлектрический термометр (термопара) предназначен для автоматического контроля и управления температурными режимами технологических процессов и дистанционной передачи показаний. Термопара не является самостоятельным прибором, а работает только с милливольтметрами или потенциометрами.

Термоэлектрический термометр представляет собой спай двух разнородных металлических проводников — термоэлектродов 7 (рис. 59). Конец термопары 1, помещаемый в объект измерения температуры, называется рабочим или «горячим» спаем, свободные или «холодные» концы 2 термопары соединены с измерительным прибором. В термопаре осуществляется преобразование тепловой энергии в электрическую.

Принцип работы термоэлектрического термометра заключается в том, что при изменении температуры «горячего» спаев на «холодных» концах термопары изменяется термоэлектродвижущая сила (термо-э. д. с.) постоянного тока. В замкнутой электрической цепи, образованной двумя проводниками, возникает термо-э. д. с., пропорциональная разности температур спаев. Значение термо-э. д. с. зависит только от температуры «горячего» и «холодного» спаев и природы материалов, образующих термопару. На «холодном» конце накапливается отрицательный заряд, на «горячем» — положительный. Разность этих потенциалов определяет термо-э. д. с. термопары.

Конструктивно термопара состоит из двух термоэлектродов 7, изолированных фарфоровыми или керамическими бусами или трубками 6 и заключенных в защитный металлический чехол, представляющий собой трубу, заваренную с одного конца. Сваренные концы

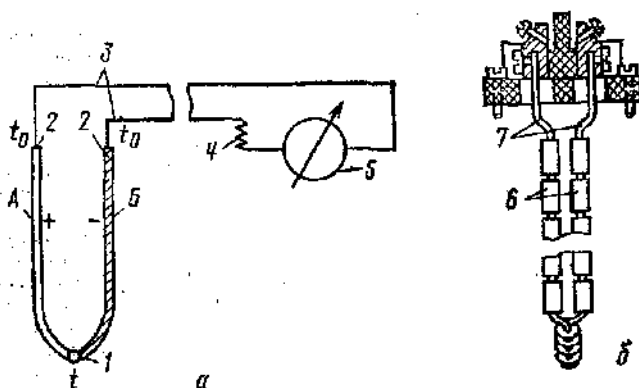


Рис. 59. Термоэлектрический термометр (термопара):

a — схема; *b* — конструкция; 1 — горячий спай; 2 — холодный спай; 3 — соединительные провода; 4 — коробка для автоматической компенсации температуры свободного конца термопары; 5 — измерительный прибор; 6 — фарфоровая или керамическая изоляция; 7 — термоэлектроды.

электродов образуют рабочий спай термопары, который служит чувствительным элементом. Металлический чехол защищает термопару от механических повреждений, химического воздействия среды, высоких температур и давлений. Рабочий спай располагается в одном конце защитного чехла. Свободные концы термопары выводятся на клеммы в головке, укрепленной на другом (открытом) конце защитного чехла. Измеряемая температура воспринимается чувствительным элементом через стенки чехла.

Термопару устанавливают так, чтобы ее рабочий спай находился в центре потока. В случае горизонтальной установки погружаемая и выступающая части термопары при длине более 500 мм должны иметь опору.

Термопара при помощи соединительных проводов связана с измерительным прибором. Сопротивление соединительных проводов в сумме с сопротивлением термопары должно быть меньше значения, указанного на шкале милливольтметра. Для подгонки сопротивления, указанного на приборе, служит добавочное сопротивление, которое называется подгоночным или подгоночной катушкой. Температура холодных концов термопары должна быть постоянной для обеспечения правильных показаний измерительного прибора.

Соединительные линии от термопары до милливольтметра часто бывают значительной длины. Вследствие высокого электрического сопротивления линий не всегда возможно продолжить их компенсационными проводами. В этих случаях компенсационные провода доводят до коробки свободных концов, расположенной в зоне постоянной температуры, а от нее к милливольтметру прокладывают медные соединительные провода.

В схемах измерений применяют коробки для автоматической компенсации температуры свободного конца термопары. Электрическая схема коробки представляет собой неуравновешенный мост с

26. Термоэлектрические термометры

Тип	Условное обозначение градуировки	Наименование материалов термоэлектродов	Диапазон измеряемых температур при длительном применении, °С
ТХК	ХК	Хромель-копель	-200...+600
ТХА	ХА	Хромель-алюмель	-200...+1000
ТПП	ПП	Платинородий (10 % родия) -платина	0...+1300
ТПР	ПР-30/6	Платинородий (30 % родия) -платинородий (6 % родия)	+300...+1600
ТВР	ВР-5/20	Вольфрамрений (5 % рения) -вольфрамрений (20 % рения)	0...+2200

питанием от источника постоянного тока. При отклонении температуры окружающей среды от 20 °С нарушается равновесие моста; возникающая при этом в диагонали моста разность потенциалов по своему значению равна изменению э. д. с. термопары, но противоположна по направлению. Поэтому на показания термоэлектрического термометра не влияет изменение температуры ее холодных концов, находящихся в коробке.

Термометры выпускают следующих типов:

по используемому материалу — вольфрам-ренийевый (ТВР), хромель-копелевый (ТХК), хромель-алюмелевый (ТХА), платинородий-платиновый (ТПП), платино-родиевый (ТПР);

по способу контакта с измеряемой средой — погружаемые и поверхностные;

по условиям эксплуатации — стационарные и переносные;

по герметичности — обыкновенные, герметичные и взрывозащищенные;

по воздействию климатических факторов — холодоустойчивые, теплоустойчивые и влагоустойчивые;

по инерционности — средней (СИ), большой (БИ), ненормированной (НИ) инерционности и малоинерционные (МИ);

по количеству горячих спаев для измерения температуры в одной зоне — одинарные и двойные;

по числу зон — одно- и многозонные.

Основные параметры термоэлектрических термометров указаны в таблице 26.

Длина монтажной и погружаемой частей термоэлектрических термометров 10 мм, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 3150 мм.

У всех термометров маркируют положительный термоэлектрод. У двойных и многозонных термометров, кроме полярности, обозначают номер зоны. На каждом термометре указывают товарный знак предприятия-изготовителя, условное обозначение градуировки, дату выпуска, пределы измерения, условное давление, марку материала погружаемой части защитной арматуры, номер стандарта.

В комплект термоэлектрического термометра входят присоединительные и монтажные детали, специальный эксплуатационный инструмент и приспособления, запасные части и принадлежности.

§ 7. МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МИЛЛИВОЛЬТМЕТРЫ

В качестве измерительных приборов с термоэлектрическими термометрами применяют показывающие, самопишущие и электронные милливольтметры и электронные потенциометры.

Действие милливольтметра основано на взаимодействии между магнитным потоком, создаваемым постоянным магнитом, и электрическим проводником, по которому протекает ток.

Распространенные типы милливольтметров:

МВ1-02 — с регулирующим устройством; МР264-02 — с двухдиапазонным регулирующим устройством; МПЩПр-54 — показывающий щитовой с профильной шкалой. Измерительный механизм представляет собой прибор магнитоэлектрической системы с внутрирамочным магнитом.

При подключении термопары 1 (рис. 60) на клеммы 3 прибора через обмотку рамки 10 проходит постоянный электрический ток. В результате взаимодействия магнитного потока постоянного магнита 9 с током рамки возникает вращающий момент, под действием которого рамка 10 с указательной стрелкой 8 поворачивается. При этом вращающий момент уравнивается моментом пружинки 6.

Для компенсации влияния окружающей температуры на показания прибора в цепи обмотки рамки установлен термокомпенсатор, имеющий отрицательный температурный коэффициент.

Регулирующая часть прибора состоит из двух элементов — высококачественного автогенератора и трехкаскадного усилителя.

На лицевой части прибора находится утопленный шлиц для установки задатчиком температуры регулирования или сигнализации.

Пирометрический милливольтметр типа МПП-054, показывающий, переносный, контрольный, магнитоэлектрической системы, класса 1,0, с длиной шкалы по дуге, равной 140 мм, предназначен для работы с термопарой, а также с телескопом радиационного пирометра.

Приборы изготавливаются в трех модификациях:

МПП-154 — для работы в комплекте с термопарой и в качестве милливольтметра. Выпускается в корпусе с тремя зажимами;

МПП-254 — для работы в комплекте с термопарами, имеющими различное сопротивление внешней линии (одной градуировки). Выпускается в корпусе с пятью зажимами. Зажим МВ дает возможность использовать прибор как обычный милливольтметр. Прибор с градуировкой ПП 0...1600 °С имеет четыре зажима: «+», «15», «1,6» и «МВ»;

МПП-354 — для работы в комплекте с телескопом радиационного пирометра. Корпус прибора изготовлен из пластмассы и для удобства переноски снабжен специальным кожаным ремнем.

Корректор на лицевой части корпуса дает возможность установить стрелку на нулевую отметку, а в случае работы прибора в комплекте с термопарами — на температуру свободных концов термопары.

Для предохранения подвижной части от сотрясений при транспортировке служит специальная приспособление, позволяющее замыкать накоротко цепь рамки (электрический арретир).

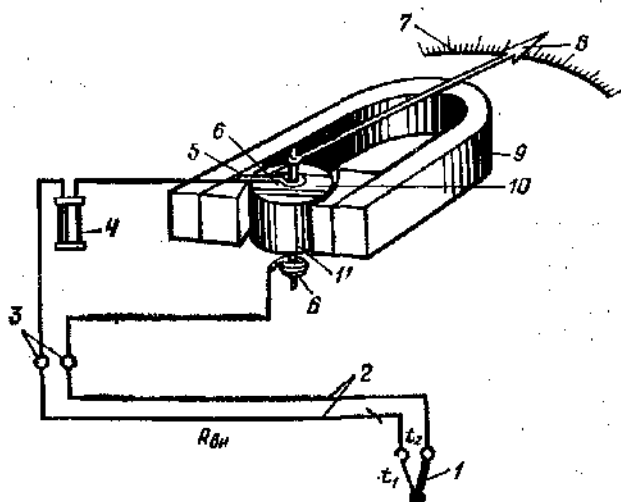


Рис. 60. Схема работы показывающего магнитоэлектрического милливольтметра с термопарой:

1 — термопара; 2 — соединительные линии; 3 — клеммы; 4 — катушка добавочного сопротивления; 5 — полюсные наконечники; 6 — спиральные пружинки; 7 — шкала; 8 — стрелка; 9 — постоянный магнит; 10 — рамка; 11 — сердечник.

Шкалы приборов МПП-154 и МПП-254 двойные. По верхнему ряду цифр отсчитывают показания в мВ, а по нижнему — в °С. Прибор МПП-354 рассчитан для работы при температуре окружающей среды +10...+35 °С при относительной влажности до 80 %.

Пределы измерений и внешнее сопротивление милливольтметров даны в таблице 27.

27. Милливольтметры

Термопара	Обозначение градировки	Пределы измерения шкалы, °С	Внешнее сопротивление, Ом
Хромель-копель	ХК	0...+300; 0...+400; 0...+600	0,6; 5; 15
Хромель-алюмель	ХА	0...+300; 0...+800; 0...+1100; 0...+1300	0,6; 5; 15
Платинородий-платина	ПП	0...+1600	0,6; 1,6; 15
Радиационный пирометр	РП	+900...+1800	5

§ 8. ПОТЕНЦИОМЕТРЫ

Потенциометры применяются в качестве измерительных приборов термоэлектрических термометров. Выпускают электронные потенциометры, обладающие высокой точностью измерений, высокой чувствительностью и непрерывной балансировкой.

На рисунке 61 дана схема автоматического самопишущего потенциометра КСП-2, в основу работы которого положен компенсационный метод измерения э. д. с.

Термопара включена последовательно с усилителем УПД в диагональ измерительного моста *ab*. В диагональ *cd* включен источник стабилизированного питания ИПС, создающий постоянный рабочий ток в измерительной схеме. Если э. д. с. термопары не равна падению напряжения в точках *a* и *b*, то на вход усилителя УПД (клеммы 1 и 2) подается сигнал постоянного тока, равный разности э. д. с. и падения напряжения в точках *a* и *b*. Сигнал постоянного тока преобразуется вибропреобразователем в переменный ток и усиливается до напряжения, достаточного для приведения в действие реверсивного двигателя РД (клеммы 3 и 4). Ротор двигателя вращается, передвигая движок реохода со стрелкой прибора до тех пор, пока существует сигнал, вызванный разбалансом схемы. При равенстве э. д. с. термопары и падения напряжения в точках *a* и *b* восстанавливается равновесие схемы, сигнал на входе усилителя отсутствует, ротор двигателя находится в покое, движок реохода и стрелка прибора занимают соответствующее положение.

28. Автоматические потенциометры

Наименование термопары	Обозначение градуировки	Пределы измерения, °С
ТХК	ХК	-50...+50; -50...+100; -50...+150; 250...+200; 0...+100; 0...+150; 0...+200; 0...+300; 0...+400; 0...+600
ТПП	ПП-1	0...+1300; 0...+1600; +500...+1300
ТПР	ПР-30/6	+300...+1000; +300...+1600
ТХА	ХА	+200...+600; +200...+800; 0...+400; 0...+600; 0...+800; 0...+900; 0...+1100; 0...+1300; +400...+900; +200...+1200; +600...+1100; +700...+1300
ТНС	НС	+300...+1000
ТПР	ПР-30/6	+1000...+1600; +1000...+1800

Пределы измерений и градуировку автоматических потенциометров для работы в комплекте с термопарами выбирают из таблицы 28.

При проверке термопар и потенциометров пользуются данными таблиц 29 и 30.

29. Перевод градусов Цельсия в абсолютные милливольты

Свободные концы при 0 °С

Температура рабочего конца, °С	Милливольты, соответствующие температуре, °С									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	<i>Хромель-конель, градуировка ХК</i>									
0	0	0,65	1,31	1,98	2,66	3,55	4,05	4,76	5,48	6,21
100	6,95	7,69	8,43	9,18	9,93	10,69	11,46	12,24	13,03	13,84
200	14,66	15,48	16,30	17,12	17,95	18,77	19,60	20,43	21,25	22,08
300	22,91	23,75	24,60	25,45	26,31	27,16	28,02	28,89	29,76	30,62
400	31,49	32,35	33,22	34,08	34,95	35,82	36,68	37,55	38,42	39,29
500	40,16	41,02	41,91	42,79	43,68	44,56	45,45	46,34	47,23	48,12
600	49,02	49,90	50,78	51,66	52,53	53,41	54,28	55,15	56,03	56,90
700	57,77	58,64	59,51	60,37	61,24	62,11	62,97	63,83	64,70	65,56
800	66,42									
	<i>Хромель-алюмель, градуировка ХА</i>									
0	0	0,40	0,80	1,20	1,61	2,02	2,43	2,85	3,26	3,68
100	4,10	4,51	4,92	5,33	5,73	6,13	6,53	6,93	7,33	7,73
200	8,13	8,53	8,93	9,34	9,74	10,15	10,56	10,97	11,38	11,80
300	12,21	12,62	13,04	13,45	13,87	14,30	14,72	15,14	15,56	15,99
400	16,40	16,83	17,25	17,67	18,09	18,51	18,94	19,37	19,79	20,22
500	20,65	21,08	21,50	21,93	22,35	22,78	23,21	23,63	24,06	24,49

600	24,91	25,33	25,76	26,19	26,61	27,04	27,46	27,88	28,30	28,76
700	29,15	29,57	29,99	30,41	30,83	31,24	31,66	32,08	32,49	32,90
800	33,32	33,72	34,13	34,55	34,95	35,36	35,76	36,17	36,57	36,97
900	37,37	37,77	38,17	38,57	38,97	39,36	39,76	40,15	40,54	40,93
1000	41,32	41,71	42,09	42,48	42,88	43,26	43,64	44,02	44,40	44,78
1100	45,16	45,54	45,91	46,29	46,66	47,03	47,40	47,77	48,14	48,50
1200	48,87	49,23	49,59	49,95	50,31	50,67	51,02	51,38	51,73	52,08
1300	52,43	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Платинородий-платина, градуировка ПП-1

0	0,000	0,055	0,112	0,178	0,234	0,299	0,364	0,432	0,500	0,571
100	0,643	0,717	0,792	0,869	0,947	1,026	1,106	1,187	1,269	1,352
200	1,436	1,521	1,606	1,692	1,779	1,867	1,955	2,044	2,133	2,223
300	2,314	2,406	2,498	2,591	2,684	2,777	2,871	2,965	3,060	3,154
400	3,249	3,345	3,440	3,536	3,633	3,730	3,826	3,923	4,021	4,119
500	4,218	4,316	4,415	4,515	4,615	4,715	4,815	4,915	5,016	5,118
600	5,220	5,322	5,425	5,528	5,631	5,734	5,837	5,941	6,046	6,151
700	6,256	6,362	6,467	6,573	6,679	6,786	6,893	7,000	7,108	7,216
800	7,325	7,434	7,543	7,653	7,763	7,872	7,983	8,094	8,205	8,316
900	8,428	8,540	8,653	8,765	8,878	8,992	9,106	9,220	9,334	9,449
1000	10,732	10,850	10,868	11,086	11,205	11,324	11,443	11,563	11,683	11,803
1100	10,732	10,850	10,968	11,086	11,205	11,324	11,443	11,563	11,683	11,803
1200	11,923	12,043	12,163	12,284	12,404	12,525	12,645	12,766	12,887	13,008
1300	13,129	13,250	13,371	13,492	13,613	13,734	13,855	13,975	14,096	14,217
1400	14,338	14,458	14,579	14,699	14,819	14,939	15,059	15,179	15,298	15,418
1500	15,537	15,656	15,775	15,893	16,011	16,129	16,247	16,364	16,481	16,598
1600	16,714	—	—	—	—	—	—	—	—	—

30. Таблица для проверки потенциометров, работающих с термопарами Гр ПП-1

Температура медной катушки, °С	Расчетные значения в. д. с. мВ, для проверяемой отметки шкалы, °С								
	0	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
18	-0,101	1,335	3,148	5,119	7,224	9,463	11,822	14,237	16,613
19	-0,107	1,329	3,142	5,113	7,218	9,457	11,816	14,231	16,607
20	-0,112	1,324	3,137	5,108	7,213	9,452	11,811	14,226	16,602
21	-0,118	1,318	3,131	5,102	7,207	9,446	11,805	14,220	16,596
22	-0,124	1,312	3,125	5,096	7,201	9,440	11,799	14,214	16,590
23	-0,131	1,305	3,118	5,089	7,194	9,433	11,792	14,207	16,583
24	-0,137	1,299	3,112	5,083	7,188	9,427	11,786	14,201	16,577
25	-0,143	1,293	3,106	5,077	7,182	9,421	11,780	14,195	16,571
26	-0,149	1,287	3,100	5,071	7,176	9,415	11,774	14,189	16,565
27	-0,155	1,281	3,094	5,065	7,170	9,409	11,768	14,183	16,559
28	-0,161	1,275	3,088	5,059	7,164	9,403	11,762	14,177	16,553
29	-0,167	1,269	3,082	5,053	7,158	9,397	11,756	14,171	16,547
30	-0,173	1,263	3,076	5,047	7,152	9,391	11,750	14,165	16,541

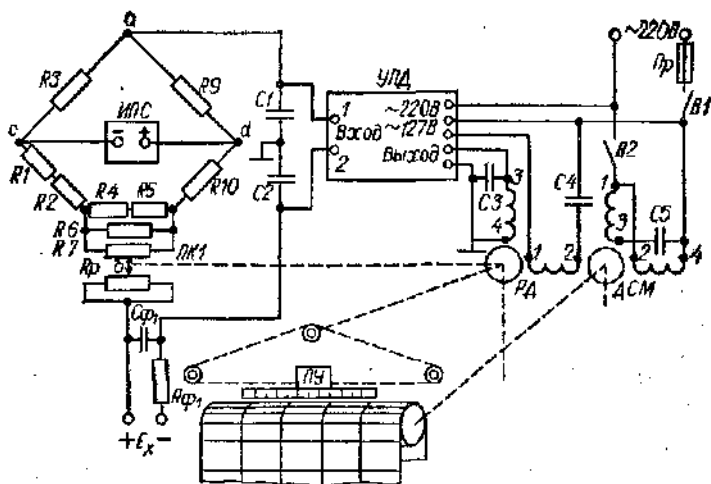


Рис. 61. Автоматический самоинирующий потенциометр КСП-2:

ИПС — источник постоянного тока; *УЛД* — электронный усилитель; *РД* — реверсивный двигатель для привода измерительной стрелки прибора; *ДСМ* — двигатель привода диаграммы; *ПУ* — пульт управления.

§ 9. ПОДГОТОВКА МИЛЛИВОЛЬТМЕТРА И ПОТЕНЦИОМЕТРА К РАБОТЕ И ИХ ЭКСПЛУАТАЦИЯ

Градировки терморпар и измерительных приборов, работающих в комплекте, должны совпадать. Монтируют приборы в чистом помещении с влажностью, не превышающей 80 %. В воздухе не должно содержаться химически активных веществ. Место для установки прибора выбирают так, чтобы была хорошо видна шкала и чтобы можно было свободно подойти к прибору. Вблизи прибора не должно быть мощных источников переменных электромагнитных полей.

Приборы устанавливают на щитах, панелях или на специальных стенах. Для защиты от вибрации приборы устанавливают на резиновых прокладках, пружинах и т. п. Приборы заземляют медным проводом диаметром 2...3 мм.

Измерительные приборы подключают к терморпаре компенсационными проводами, соблюдая полярность. Материал компенсационных проводов для терморпар ХА — медь-константан; для терморпар ПП-1 — медь-сплав (99,4 % меди, 0,6 % никеля); для терморпар ХК — хромель-копель.

Сопротивление внешней линии подбирают, сматывая часть провода с подгоночной катушки. Суммарное сопротивление внешней линии и терморпар должно быть равно значению, указанному на циферблате прибора.

Перед работой разарретрируют прибор. Заливают по 10 см³ приборного масла в редукторы реверсивного и синхронного двигателей. Через отверстия для винтов вводят 3 см³ приборного масла в зад-

ний опорный подшипник двигателей. Заливают в кожух реохода трансформаторное масло.

Заправляют прибор диаграммной лентой. Устанавливают нужную скорость ее движения и цикл печатания в многоточечных приборах. Подключают провода питания, компенсационные и заземления.

Подают напряжение питания и включают выключатель, прогревая электронные лампы в течение 2...3 мин. Нажав кнопку контроля исправности прибора или кнопку «0» для шеститочечных приборов, убеждаются в том, что прибор работает правильно, т. е. нулевая отметка на шкале прибора находится против неподвижного указателя с погрешностью не более ± 1 %.

§ 10. ТЕРМОМЕТРЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Действие электрического термометра сопротивления основано на зависимости от температуры электрического сопротивления металлического проводника или полупроводника.

Термометр применяют в комплекте с прибором для измерения сопротивления (показывающим, самопишущим и т. п.) и источником питания. Технические приборы обычно градуируют в градусах.

Термометр сопротивления в виде металлического проводника или полупроводникового элемента, с соответствующей условиям применения монтажной и защитной арматурой монтируют на объекте измерения и соединяют проводной линией с измерительным прибором (логометр или мост) и источником питания. Питание может быть от сухой батареи, аккумулятора или сетевого через выпрямитель.

Линия, соединяющая термометр сопротивления с измерительным прибором, должна иметь определенное сопротивление. Для подбора соответствующего сопротивления линии измерительный прибор снабжен подгоночными катушками.

Термометры сопротивления устанавливают в горизонтальном, вертикальном или наклонном положениях на глубину 150...1900 мм с таким расчетом, чтобы чувствительный элемент находился в центре измеряемой среды.

В месте установки прибора недопустимы сотрясения и вибрация. Нежелателен монтаж прибора непосредственно у печей, на открытом воздухе, вблизи силовых щитов, мощных источников переменных электромагнитных полей. Для удобства обслуживания и пользования приборы следует монтировать на высоте, чтобы шкала была на уровне 1500 мм от пола.

К зажиму «земля» на задней стенке присоединяют заземленный медный провод.

По виду термометрического тела термометры сопротивления можно разделить на металлические и полупроводниковые.

Металлический термометр сопротивления (рис. 62) выполнен из платиновой или медной изолированной проволоки 2, намотанной на изоляционный каркас 1. Для защиты от механических повреждений и удобства монтажа термометры заключают в арматуру.

Медные термометры сопротивления используют при измерениях от -50 до 180 °С, платиновые — от -200 до 650 °С.

Медные и платиновые термометры выпускают со строго определенными значениями сопротивлений. Медные термометры сопротивления имеют градуировки 23, 24; платиновые — 21, 22. При 0 °С

Рис. 62. Чувствительные элементы термометра сопротивления:

а — платиновый; б — медный; 1 — изоляционный каркас; 2 — обмотка; 3 — выводы.

термометры гр. 20 имеют сопротивление 10 Ом; гр. 21—46 Ом; гр. 22—100 Ом; гр. 23 — 53 Ом и гр. 24 — 100 Ом.

У платинового термометра чувствительный элемент состоит из платиновой проволоки 2 (рис. 62, а) диаметром 0,07 мм и длиной около 2 м, намотанной на слюдяную пластину 1. Концы обмотки припаяны к серебряным выводам 3. Каркас с обмоткой обложен с двух сторон слюдяными обкладками, весь пакет скреплен серебряной лентой.

Внутренней защитной арматурой служит алюминиевый вкладыш, в который вставлен чувствительный элемент. Серебряные выводы изолируют фарфоровыми бусами. Гильзу с чувствительным элементом вставляют в наружный защитный чехол из стали 20 или 1Х18Н9Г, снабженный неподвижным резьбовым штуцером для монтажа термометра.

В алюминиевой головке помещен бакелитовый вкладыш с зажимами для соединительных проводов. Конструкция защитной арматуры герметична и надежно защищает чувствительный элемент от воздействия среды, температура которой измеряется.

Чувствительный элемент медного технического термометра состоит из эмалированной проволоки 2 (рис. 62, б) диаметром 0,1 мм, намотанной в несколько слоев на цилиндрический пластмассовый каркас 1 с выводами 3 из медной проволоки диаметром 1...1,5 мм.

Термометры сопротивления подразделяются:

по точности на три класса;

по инерционности — на малоинерционные (до 9 с), среднеинерционные (10...80 с), высокоинерционные (до 4 мин).

Для уменьшения инерционности применяют различные конструкции чувствительных элементов.

Лепестковый чувствительный элемент обеспечивает хорошую теплопроводность и пониженную теплоемкость защитной арматуры.

Для понижения инерционности термометра применяют перфорированную защитную трубку и тонкую опрессованную оболочку чувствительного элемента.

Хорошими защитными свойствами, виброустойчивостью и пониженной инерционностью обладают чувствительные элементы, герметизированные в стекле. В них платиновая проволока намотана на цилиндрический стеклянный каркас и оплавлена снаружи стеклом. Чувствительный элемент обернут гофрированной медной фольгой и вставлен в пружинящую разрезную металлическую трубку с асбестовыми опорными пробками. Разрезная трубка вставляется в стальной защитный чехол.

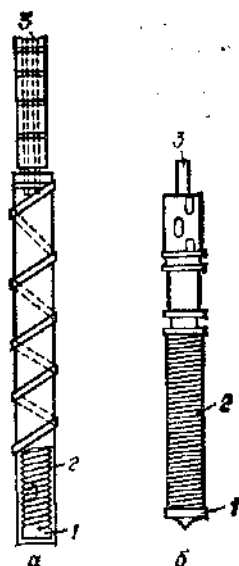
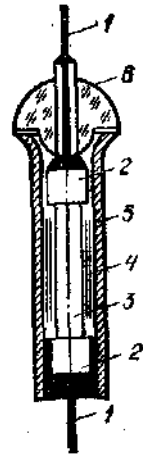


Рис. 63. Полупроводниковое стерженьковое термосопротивление:

1 — вывод; 2 — контактный колачок; 3 — тело термосопротивления; 4 — фольга; 5 — защитный чехол; 6 — стеклянный изолятор.



Высокие температурные коэффициенты сопротивления придают полупроводниковым термометрам весьма высокую чувствительность, что делает их пригодными для измерения температур в сравнительно узких интервалах с большой точностью. Небольшие размеры и малый вес чувствительного элемента способствуют уменьшению инерционности и в сочетании с высокой чувствительностью позволяют измерять температуру живых тканей животных и растений и т. п.

Конструкция чувствительных элементов и защитной арматуры для них может быть различной в зависимости от условий применения. На рисунке 63 представлено полупроводниковое стерженьковое термосопротивление.

В конструкции почвенного электротермометра с термосопротивлением защитной арматурой служит резиновая трубка. Выводы выполнены из манганиновой проволоки для уменьшения теплопередачи между термосопротивлением и соединительными проводами.

Полупроводниковый элемент бусинкового термосопротивления имеет форму шарика диаметром 0,5 мм, защищенного стеклянной оболочкой толщиной удлинено около 0,05 мм. В шарик вмонтированы электроды из платиновой проволоки, соединенные с никелевыми выводами. Рабочий диапазон температур $-70...+150^{\circ}\text{C}$.

Зерновой электротермометр предназначен для измерения температуры в межазрном пространстве по всей высоте зерновой насыпи. Чувствительным элементом является полупроводниковый термометр МТ-54.

Электротермометр состоит из термошупа, трех удлинительных шлангов и измерительного блока, по шкале которого ведут отчет температуры.

Техническая характеристика: диапазон измеряемой температуры $-5...+70^{\circ}\text{C}$; основная погрешность $\pm 2^{\circ}\text{C}$; глубина измерения до 5 м; инерционность не более 3 мин; питание от сухой батареи с начальной э. д. с. 4,5 В; время работы прибора от одной батареи 50 ч; масса с тремя удлинительными стержнями 6 кг.

Мешкотарный электротермометр служит для измерения температуры муки или крупы в мешках способом погружения наконечника с полупроводниковым термистором на нужную глубину.

Электрическая схема прибора представляет собой уравновешенный мост постоянного тока, в одно из плеч которого включен термистор.

Техническая характеристика: диапазон измеряемой температуры $-5...+70^{\circ}\text{C}$ при влажности воздуха не выше 16 %, основная погрешность $\pm 2^{\circ}\text{C}$; инерционность не более 3 мин; питание электротермометра от четырех аккумуляторов Д-0,1; для подзарядки ба-

нику стабилизированного питания. В измерительную диагональ подключены рамки.

Логометр допускает двух- и трехпроводную схему включения термометра сопротивления. При двухпроводной схеме сопротивления обоих проводов, соединяющих термометр с логометром вместе с подгоночной катушкой, подключенной к зажиму прибора, должны быть равны половине значения сопротивления линии, указанного на шкале логометра. Сопротивление линии всех типов современных логометров составляет 5 и 15 Ом. Сопротивление линии подбирают изменением сопротивления подгоночной катушки. При трехпроводной схеме включения каждый из проводов линии вместе с соответствующей подгоночной катушкой должен иметь сопротивление, равное половине значения сопротивления линии, указанного на шкале логометра.

На рисунке 65 показана задняя панель логометра типа ЛПр-53. На ней расположены четыре зажима. Термометр сопротивления подключен к зажимам 1 и 2, а источник питания через уравнивающие сопротивления R_x напряжением 4 В — к зажимам 1 и 3, причем плюс подключен к зажиму 3 при двухпроводной схеме включения и к зажимам 3 и 5, находящимся у термометра сопротивления, при трехпроводной схеме включения. Зажим 4 панели предназначен для проверки правильности установки прибора. Для такой проверки отключают источник питания и соединительный провод с зажима 2 логометра соединяют с зажимом 4. Провода у термометра сопротивления закорачивают. Если при включении питания стрелка логометра устанавливается на красной черте шкалы, то это указывает на правильность монтажа и симметричность по сопротивлению соединительных линий.

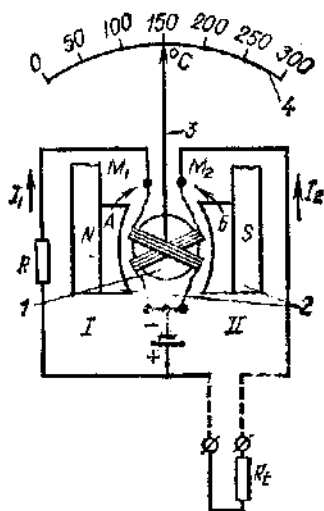


Рис. 64. Схема логометра:

A и Б — рамки; R — резистор; R_x — термосопротивление; NS — постоянный магнит; 1 — сердечник; 2 — полюсные наконечники; 3 — стрелка; 4 — шкала.

Если при включении питания стрелка логометра устанавливается на красной черте шкалы, то это указывает на правильность монтажа и симметричность по сопротивлению соединительных линий.

Логометры устанавливают на панелях или шкафных щитах таким образом, чтобы обслуживающий персонал мог свободно подходить к приборам. Перед работой разаретируют прибор. Для этого

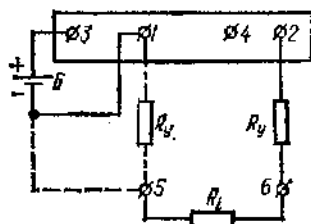


Рис. 65. Панель логометра ЛПр-53:

1, 2, 3 и 4 — зажимы логометра; 5 и 6 — зажимы на колодке термосопротивления.

снимают перемычку с зажимом на колодке логометра, поворачивают отверткой шлиц арретира против часовой стрелки относительно отметки «0».

§ 12. УРАВНОВЕШЕННЫЕ МОСТЫ

Электронные мосты — это приборы, работающие с различными преобразователями, в которых измеряемый параметр преобразуется в изменение сопротивления.

Уравновешенные автоматические мосты, у которых подвижной контакт на реохорде переставляется специальным механизмом, применяют в качестве приборов при работе с термометрами сопротивления.

Существуют различные типы автоматических мостов: показывающие ЗМВ2, МП4 и МПР4; самопишущие с записью на дисковой диаграмме (ЭМД, ЭМ и МЭД); самопишущие с записью на ленточной диаграмме (ЭМП, МС, МСР, КСМ).

Автоматический показывающий самопишущий мост КСМ имеет полупроводниковый усилитель. Измерительная схема прибора состоит из трех плеч (рис. 66) с постоянными сопротивлениями R_1 , R_2 , R_3 и четвертого плеча, состоящего из термометра сопротивления R_t и сопротивления реохода R_p . Для питания измерительной схемы используется переменное напряжение 6,3 В, включенное в диагональ моста.

Термометр сопротивления R_t подключается к прибору по трехпроводной схеме. Для подгонки сопротивления линии в цепи тер-

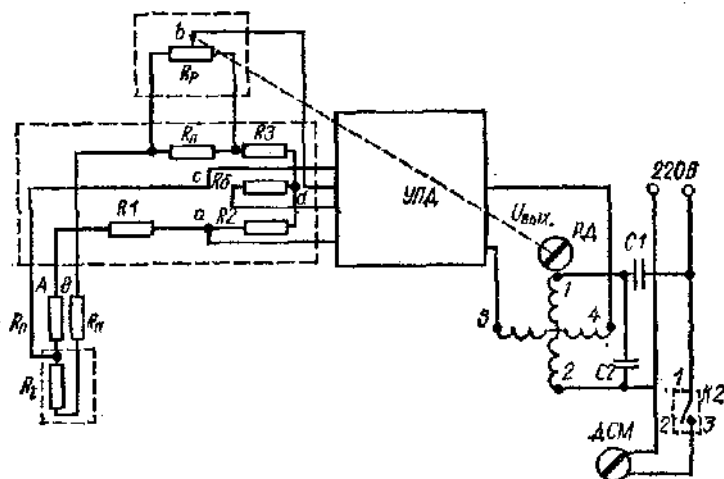


Рис. 66. Схема подключения термометра сопротивления к электронному мосту типа КСМ:

R_t — термосопротивление; $R_{п}$ — подгоночное сопротивление; R_p — сопротивление реохода; УПА — полупроводниковый усилитель; РД — реверсивный двигатель; ДСМ — двигатель привода диаграммы.

31. Технические данные мостов

Тип термосопротивления	Номинальное сопротивление термометра, Ом	Обозначение градуировки	Пределы измерения, °С
ТСП	10	гр. 20	0...+300; 0...+400; 0...+500; 0...+650; +300...+650
ТСП	100	гр. 22	-200...-70; -200...+50; -120...+30; -90...+50; -70...+180; -25...+25; 0...+50; 0...+100; 0...+150*; +200...+500
ТСП	46	гр. 21	-200...-70; -120...+30; -70...+180; 0...+100; 0... +150; 0...+200*; +200...+500
ТСМ	53	гр. 23	-50...0; -50...+50; -50... +100; 0...+50; 0...+100; 0... +150; 0...+180; +50...+100

* Далее через 100° до +500 °С.

мометра устанавливают сопротивление R_n . При трехпроводной схеме устраняется влияние сопротивления соединительных проводов и снижается температурная погрешность измерений.

При изменении сопротивления термометра под влиянием температуры контролируемого объекта нарушается условие равновесия моста; возникает напряжение разбаланса, которое подается на вход УИД. Усиленное напряжение подается на управляющую обмотку РД. Под действием вращающегося магнитного потока ротор двигателя начинает вращаться, передвигая при этом движок реохорда и указательную стрелку прибора. Ротор вращается до тех пор, пока движок реохорда не установит положение равновесия моста. В этом положении напряжение в диагонали моста равно нулю; следовательно, напряжение на входе и выходе усилителя равно нулю и ротор реверсивного двигателя находится в покое. По измерительной шкале прибора определяют значение измеряемой величины. Диаграмму прибора приводит к движению двигателя ДСМ.

Пределы измерения и градуировки мостов, предназначенных для работы с термометрами сопротивления, выбирают по таблице 31.

Уравновешенный мост переменного тока самопишущий типа КСМ1 предназначен для работы в стационарных условиях при температуре окружающего воздуха +5...+50 °С и относительной влажности 30...80 % во всех диапазонах температур.

Технические данные: класс точности 1; основная погрешность показаний при 20 ± 2 °С и относительной влажности до 80 % не более ± 1 % от диапазона измерений; основная погрешность записи при 20 ± 2 °С и относительной влажности до 60 % равна ± 1 % от диапазона измерений; погрешность срабатывания двух- и трехконтактного сигнализирующего (регулирующего) устройства относительно заданного значения по шкале не более ± 1 % от диапазона

измерений; число микропереключателей сигнализирующего (регулирующего) устройства с одним переключающим контактом 2...3 шт.; скорость перемещения диаграммной ленты 10 мм/ч; 20; 40; 60 и 120 мм/ч в зависимости от модификаций; питание от сети переменного тока напряжением 220_{-33}^{+22} В; потребляемая мощность 16 В·А; вероятность безотказной работы за 1000 ч не менее 0,9; длина шкалы и ширина диаграммной ленты 100 мм; масса 12,5 кг.

Уравновешенный мост автоматический показывающий самопишущий типа КСМЗ работает при температуре окружающего воздуха $+5...-50^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 30...80 % во всех диапазонах температур.

Технические данные: основная погрешность показаний $\pm 0,5\%$ и записи $\pm 1\%$ от диапазона измерений; погрешность срабатывания позиционного регулирующего устройства $\pm 1,5\%$ от разности пределов измерения; диаграмма дисковая Д1250; длина отсчетной дуги 95 мм; длина градуированной части шкалы около 600 мм; время одного оборота диаграммы 24 ч; допустимый ток 1 А через контакты сигнального устройства при безындуктивной нагрузке и при напряжении 220 В; питание от сети переменного тока напряжением $220_{-15}^{+10}\%$; потребляемая мощность не более 60 В·А; масса не более 15 кг.

§ 13. ПИРОМЕТРЫ

При измерении температуры пирометрами используют свойство нагретых тел испускать тепловое и световое излучение. Температуру в этом случае измеряют без непосредственного контакта прибора с объектом измерения, что позволяет контролировать температуру сильно нагретых тел, а также движущихся объектов.

Оптический пирометр с исчезающей нитью представляет собой телескоп с объективом 1 (рис. 67) и окуляром 4. Перед окуляром помещен красный светофильтр 3. В фокусе объектива находится вольфрамовая нить пирометрической лампочки 5. Питание лампочки от аккумулятора; накал можно регулировать вручную реостатом 6.

В поле зрения телескопа виден участок излучающей поверхности накаливаемого тела и на этом фоне нить лампы (рис. 67, б). Если яркость нити и объекта измерения неодинаковы, нить будет видна более темной или более светлой, чем фон. Регулируя накал нити реостатом, добиваются равенства яркостей, при этом изображения нити сольется с фоном и станет неразличимо (нить исчезнет). В этот момент яркостная температура нити равна яркостной температуре объекта измерения. Шкала показывающего прибора проградуирована в $^{\circ}\text{C}$ яркостной температуры. Температура нити лампы пирометра не должна превышать 1500°C во избежание перегрева нити. Поэтому при измерениях в диапазоне более высоких температур перед лампой устанавливают поглощающий фильтр, уменьшающий видимую яркость излучения объекта.

Пирометры выпускают с диапазонами измерения $+1200...+3200$ и $+1500...+6000^{\circ}\text{C}$, разделенными на два поддиапозона. Поэтому пирометр имеет две шкалы. При переходе с одного диапазона на другой вводят или выводят поглощающий светофильтр. Основная

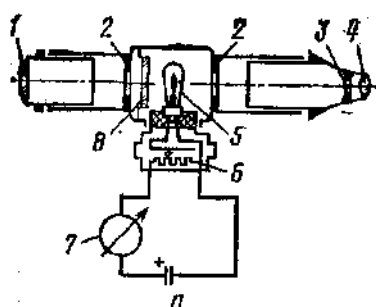


Рис. 67. Оптический пирометр:

а — схема; б — вид поля зрения; 1 — объектив; 2 — диафрагма; 3 — красный светофильтр; 4 — окуляр; 5 — пирометрическая лампочка; 6 — реостат; 7 — показывающий прибор; 8 — поглощающий светофильтр.

допустимая погрешность измерения яркостной температуры составляет 1...2,5 % верхнего предела используемой шкалы прибора.

Оптические пирометры предназначены для периодических измерений и конструктивно оформлены как переносные приборы.

Фотоэлектрический пирометр ФЭП. Принцип его действия заключается в том, что излучение от объекта измерения вместе с излучением от эталонной лампы в противофазе попадают на фотоэлемент. Разность этих световых потоков усиливается усилителем и подается на выходной каскад, нагрузкой которого является эталонная лампа накаливания. Последовательно с лампой установлено калиброванное сопротивление. Падение напряжения на калиброванном сопротивлении измеряется электронным потенциометром, шкала которого проградуирована в единицах температуры.

Пирометр выпускают для измерения температуры +500...+4000 °С. Основная погрешность не превышает $\pm 1\%$ при измерении температуры не выше 2000 °С и 1,5 % — при температуре выше 2000 °С.

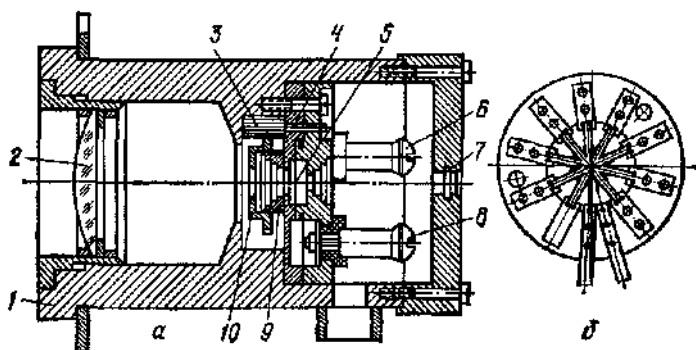


Рис. 68. Телескоп радиационного пирометра:

а — схема телескопа; б — схема термобатарей; 1 — корпус; 2 — объектив; 3 — регулировочная шестерня; 4 — компенсационная катушка; 5 — термобатарея; 6 и 8 — выводы; 7 — окуляр; 9 — камера; 10 — диафрагма.

Радиационные пирометры основаны на тепловом действии полного излучения нагретого тела (видимого и невидимого), поэтому их называют также пирометрами полного излучения. На рисунке 68 показана схема телескопа радиационного пирометра. В корпусе 1 помещены объектив 2 и окуляр 7. Окуляр 7 служит для визирования телескопа на объект измерения. Излучение объекта через объектив 2, ограничительную диафрагму 10 и камеру 9 с зачерненными стенками попадает на рабочие концы термопар, соединенных последовательно и образующих термобатарею 5. Свободные концы термопар приварены к тонким металлическим пластинкам, укрепленным в стальной кольце, зажатом в корпусе телескопа. Для частичной компенсации влияния изменения температуры свободных концов применена никелевая катушка сопротивления, шунтирующая термобатарею.

Чувствительность регулируют осевым перемещением ограничительной диафрагмы. Выводы термобатареи присоединяются к измерительному прибору — милливольтметру или автоматическому потенциометру, градуированному в °С. Радиационные пирометры применяют для измерения температур в диапазоне 100...2500 °С.

§ 14. СИГНАЛИЗАТОРЫ И РЕГУЛЯТОРЫ ТЕМПЕРАТУРЫ

Ртутные бесшкальные сигнализаторы по устройству подобны стеклянным термометрам и имеют впаянные в капилляр электрические контакты, которые замыкаются ртутью при достижении заданной температуры. Термоконтракты типа ТК применяют в диапазоне температур $-5...+300$ °С. Допустимая погрешность датчиков не превышает в зависимости от рабочего диапазона температур $\pm 2... \pm 5$ °С, разрывная мощность контактов не более 2 Вт при токе до 0,2 А.

Манометрические сигнализаторы используют для автоматического контроля температуры неагрессивных жидкостей и газов. По конструкции и принципу действия они подобны манометрическим термометрам. В качестве наполнителя в термосистеме применяют фреон-12, фреон-22 и другие низкокипящие жидкости. Дистанционные двухдиапазонные терморегуляторы типов ГДК и ГДД работают в интервале $-30...+50$ °С. Регуляторы настраивают переставкой указателя-задатчика.

Дилатометрические сигнализаторы типа ТРДЭ и РТ-200 основаны на принципе изменения линейных размеров тел в зависимости от температуры нагрева. Сигнализаторы ТРДЭ имеют четыре модификации с диапазонами регулируемых температур $0...+40$ °С; $-30...+40$; $+30...+100$ и $0...+250$ °С. Основная погрешность в зависимости от модификации составляет 1,5...2,5 % от рабочего диапазона температур.

Принцип действия дилатометрического сигнализатора типа ТРДЭ показан на рисунке 69. Латунная трубка 1 имеет больший коэффициент линейного расширения, чем инварные пластины 2, поэтому при изменении температуры контролируемой среды длина трубки 1 изменяется больше, чем длина пластины. В результате этого изменяется положение контакта 4. Настраивают сигнализатор на определенную температуру винтом 5.

Биметаллические сигнализаторы в зависимости от типа и модификации используют при температуре $-30...+250$ °С. В качестве чувствительных элементов в сигнализаторах применяется сплав из

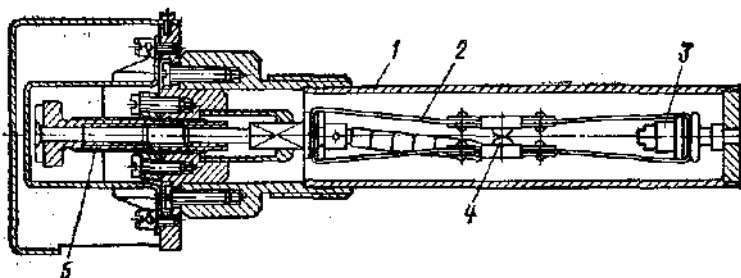


Рис. 69. Температурное реле типа TR-206

1 — латунная трубка; 2 — сварные пластины; 3 — державка; 4 — контакты;
5 — регулировочный винт.

двух металлов, имеющих различные коэффициенты линейного расширения (биметалл). При повышении температуры измеряемой среды в пластине биметалла возникает деформирующее усилие, пластина изгибается и замыкает или размыкает закрепленный на ней электрический контакт.

Основные типы биметаллических сигнализаторов: РБ-1; РБ-3; РБ-7; TR-4 и ДТКМ. Погрешность сигнализаторов составляет $\pm 1... \pm 5^\circ\text{C}$.

Термисторные сигнализаторы — элементы автоматической температурной защиты технологического оборудования. Они обладают высокой надежностью и малыми размерами. В качестве чувствительного элемента в таких сигнализаторах применяют термисторы типов ММТ, ДВС и ДАС.

К основным типам термисторных сигнализаторов относятся полупроводниковые регуляторы температуры ПТР и АТВ-229. У ПТР диапазон регулируемых температур в зависимости от модификации составляет $-30... +100^\circ\text{C}$. Область контролируемых температур АТВ-229 — $+24... +131^\circ\text{C}$. Этот регулятор применяют для температурной защиты подшипников вращающихся механизмов. Прибор снабжен температурным реле РТ-230у и десятью термопреобразователями типа ТДП. Термопреобразователь (термистор) включен последовательно с выходным реле сигнализации.

Если температура контролируемой среды не достигла заданного значения, то сопротивление термистора велико и ток в цепи мал для срабатывания реле. При достижении заданной температуры сопротивление преобразователя резко уменьшается (в сотни раз), ток в цепи возрастает и реле срабатывает, включая своими контактами световую или звуковую сигнализацию, а при необходимости отключая защищаемый объект. Контакты реле также защищают термистор от большого тока срабатывания (закорачивают его сопротивление). Термопреобразователь снабжен переключателем.

Электронные регуляторы температуры применяют в системах регулирования параметров окружающей среды. Они характеризуются высокой точностью, надежностью, малой инерционностью, значительной дистанционностью, универсальностью применения в самых различных отраслях народного хозяйства.

Унифицированные полупроводниковые регуляторы температуры типа ПТР предназначены для автоматического регулирования температуры жидких и газообразных сред путем подачи команды на исполнительный механизм.

Двухпозиционный регулятор ПТР-2 выпускают в двух вариантах: «А» — с замыканием контактов реле при повышении температуры, «Б» — с размыканием контактов при понижении температуры.

Прибор ПТР-2 состоит из чувствительного элемента, измерительного моста, задатчика, блока питания, усилителя, фазочувствительного каскада, переключающего устройства, реле.

Чувствительным элементом прибора служит терморезистор, включенный в плечо измерительного моста. Мост реагирует на отклонение температуры регулируемого объекта от заданной.

Трехпозиционный регулятор ПТР-3 включает в себя чувствительный элемент, измерительный мост, усилитель, фазочувствительный каскад, два переключающих устройства, блок питания, два реле и задатчик.

Прибор ПТР-3 работает аналогично прибору ПТР-2, с той разницей, что имеет два переключающих устройства, каждое из которых срабатывает соответственно при повышении или понижении температуры объекта. Переключающие устройства управляют электромагнитными реле. Коммутируемые ими напряжения воздействуют на исполнительные механизмы с целью повышения или понижения регулируемого параметра. При балансе моста оба реле обесточены, что соответствует нормальному значению регулируемой температуры. Прибор может быть использован в качестве сигнализатора предельных температур.

Регулятор ПТР-П аналогичен регулятору ПТР-3. Отличие состоит в том, что в измерительном мосте прибора ПТР-П предусмотрено введение изменения сопротивления резистора обратной связи от исполнительного механизма, что приводит мост в положение равновесия и выходное реле — в нормальное состояние. Прибор может быть использован с исполнительными механизмами любого ти-

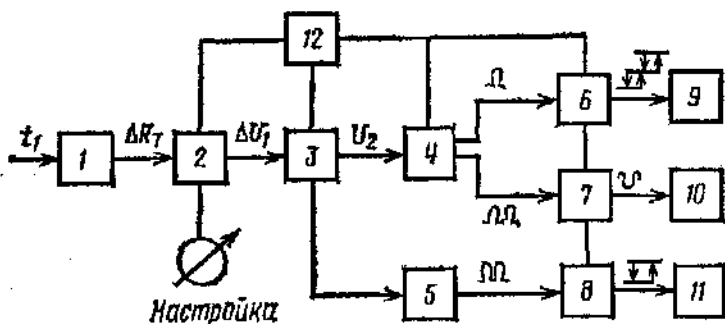


Рис. 76. Функциональная схема регулятора температуры РТИ-3:

1 — измерительный мост; 2 — мост переменного тока; 3 — усилитель переменного тока; 4 и 5 — фазочувствительные каскады; 6, 7 и 8 — спусковые устройства; 9 и 11 — релейные блоки; 10 — тиристор; 12 — термометр сопротивления.

па, имеющими реостат обратной связи сопротивлением 120..220 Ом.

Регулятор РТИ-3 предназначен для регулирования температуры в инкубаторе (рис. 70). В качестве измерительного элемента в приборе использован стандартный платиновый термометр сопротивления ТСП-955А, включенный в плечо моста переменного тока. При изменении регулируемой температуры изменяется сопротивление измерительного элемента и на выходе моста появляется напряжение разбаланса, которое поступает на вход усилителя переменного тока.

Точность поддержания температуры высока за счет большой чувствительности терморегулятора РТИ-3. Применение платинового термометра сопротивления обеспечивает стабильность регулирования во времени, а наличие бесконтактных элементов — надежность системы регулирования.

Термореле защиты электродвигателей ТРЭ-2 предназначено для защиты встроенных фреономаслостойких электродвигателей компрессоров от перегрева. Прибор работает с тремя последовательно соединенными преобразователями температуры и состоит из измерительного моста, усилителя постоянного тока, блока питания спускового устройства (триггера), кнопки управления.

В качестве преобразователей применены терморезисторы с положительным температурным коэффициентом типа СТ-14-1А. При нагревании одного, двух или трех преобразователей температуры, смонтированных в фазовые обмотки электродвигателя, рассогласуется измерительный мост, состоящий из резисторов, трех термочувствительных элементов и стабилитрона.

Питание прибора от источника переменного тока напряжением 220 (частота 50 Гц) и постоянного тока напряжением 24 В.

Регулятор перепада температуры типа РПТТ-РП предназначен для автоматического питания испарителей холодильных машин. В основу работы регулятора положен способ измерения разности температур путем определения разности сопротивления преобразователей мостовым методом. Преобразователями служат термометры сопротивления гр. 22.

В регулятор входят измерительный мост, усилитель, блок задания гистерезиса, фазочувствительный каскад, триггер, блокинг-генератор, блоки коммутации и питания. Линии для подключения термометров сопротивления входят в плечи моста. Первичные преобразователи регуляторов измеряют температуру жидкого фреона на входе в испаритель и температуру пара на выходе из испарителя. С увеличением перепада температур прибор срабатывает и при помощи соленоидного вентиля открывает доступ фреона в испаритель. Уровень фреона в испарителе повышается, соответственно температура пара на выходе из испарителя понижается. Если разность температур оказывается ниже заданной на значение зоны гистерезиса, прибор отключает соленоидный вентиль и прекращает доступ фреона в испаритель.

Перепад температур задается от 0 до 10 °С. Размер зоны гистерезиса регулируется: минимальная зона не более 0,2 °С, максимальная — не менее 1 °С.

§ 15. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

При измерении температуры в электрических схемах используют вспомогательные элементы.

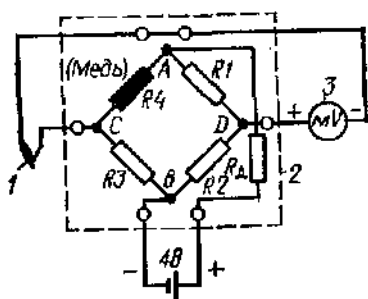


Рис. 71. Схема соединения термопары с милливольтметром через компенсационную коробку:

1 — термопара; 2 — коробка; 3 — милливольтметр.

20°C за счет сопротивления R_4 в мостовой схеме возникает выходное напряжение, которое встречным включением компенсирует термоэлектродвижущую силу, возникшую при изменении температуры свободного конца термопары.

Устройства питания СВ-4 и ИСП представляют собой выпрямители, смонтированные вместе с понижающим трансформатором. Они предназначены для питания логометров с напряжением постоянного тока $4 \pm 0,2$ В. Максимальная нагрузка устройств питания составляет 0,5 А.

Компенсационные провода используют для подключения термопар к приборам и для переноса свободных концов термопар в зону с постоянной температурой. Компенсационные провода имеют определенную маркировку. Так, для термопар хромель-копель используют компенсационный провод ХК; для термопар хромель-алюмель — провод М; для термопар платинородий-платина — провод П.

На рисунке 71 приведена схема соединения термопар с милливольтметром при использовании вспомогательных элементов.

Переключающие устройства служат для поочередного подключения термопар или термометров сопротивления к измерительному прибору. Переключатели ПМТ допускают подключение от 4 до 20 первичных преобразователей и соответственно обозначаются ПМТ-4, ПМТ-6, ПМТ-8 и т. д. Малогабаритный переключатель МГП-10 допускает подключение 10 преобразователей.

Компенсационная коробка КТ-54 дает возможность компенсировать влияние изменения температуры свободных концов термопар на показания милливольтметра. Компенсация осуществляется мостовой схемой из сопротивлений $R_1 \dots R_4$ (рис. 71). При отклонении окружающей температуры от

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Число приборов для измерения давления и разрежения, используемых в отраслях агропромышленного комплекса, очень велико. Их применяют при контроле работы различных машин, технологического оборудования на животноводческих комплексах, в системах контроля и регулирования давления, при ремонте и испытании сельскохозяйственных машин и т. п.

Основная единица давления, установленная Международной системой единиц СИ (ГОСТ 8417—81), — ньютон на квадратный метр — называется паскалем ($\text{Па} = 1 \text{ Н/м}^2$). Один паскаль — это давление, которое испытывает 1 м^2 плоской поверхности под действием равномерно распределенной и перпендикулярной к этой поверхности силы в 1 ньютон. Эта единица пригодна для измерения очень малых давлений. Для измерения средних и высоких давлений применяют кратные единицы: килопаскаль ($1 \text{ кПа} = 1000 \text{ Па}$), мегапаскаль ($1 \text{ МПа} = 10^6 \text{ Па}$) и др.

В связи с тем что в эксплуатации еще встречаются приборы, проградуированные в несистемных единицах давления, в таблице 32 представлен перевод одних единиц в другие.

Приборы, измеряющие давление и разрежение в несистемных единицах, в прибороремонтных и поверочных лабораториях постепенно переградуируют в паскали в соответствии с методикой МИ 221—80. Для этого у показывающих и других манометров с имено-

32. Соотношение между единицами давления

Единица измерения	Па	бар	кгс/см ²	мм вод. ст.	мм рт. ст.
Па	1	10^{-5}	$1,02 \times 10^{-5}$	0,102	$7,5 \cdot 10^{-3}$
бар	10^5	1	1,02	$1,02 \cdot 10^4$	750
кгс/см ²	$9,81 \times 10^4$	0,981	1	10^4	735,6
мм вод. ст.	9,81	$9,81 \times 10^{-5}$	10^{-4}	1	$7,35 \times 10^{-2}$
мм рт. ст.	133,3	$1,33 \times 10^{-3}$	$1,36 \times 10^{-3}$	13,6	1

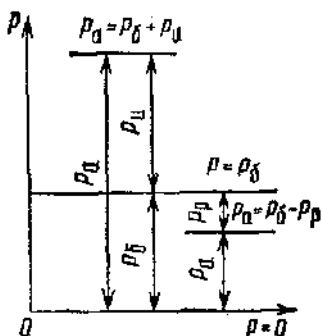


Рис. 72. График соотношений видов давления.

Вакуумметрическое (разрежение среды) P_p характеризует давление (вакуум), недостающее до барометрического давления; $P_p = P_b - P_a$.

Иногда вакуумметрическое давление выражают в процентах барометрического давления:

$$V = \frac{P_p}{P_b} 100.$$

Графическое изображение различных видов давления представлено на рисунке 72.

§ 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИБОРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

Приборы для измерения давления классифицируют по различным признакам: виду и значению измеряемого давления, принципу действия прибора, его назначению и классу точности.

По виду измеряемого давления приборы делят на манометры, вакуумметры, мановакуумметры и барометры.

Манометры — это приборы, предназначенные для измерения давления или разности давлений. Абсолютные давления измеряют манометрами абсолютного давления, а разность давлений в двух произвольных точках — дифференциальными манометрами.

Вакуумметры — это приборы для измерения разрежения (вакуума).

Избыточное давление и разрежение измеряют мановакуумметрами, а барометрическое — барометрами.

Манометры, вакуумметры и дифференциальные манометры, предназначенные для измерения небольших давлений, разрежений и разности давлений газовых сред (до 40 кПа), называют соответственно напоромерами, тягомерами и тягонапоромерами.

Приборы, предназначенные для высокоточных измерений малых давлений (до 2,5 кПа), называют микроманометрами.

ванными шкалами регулируют передаточный механизм и заменяют или переделывают шкалы.

Виды давления жидких и газообразных сред различают следующие:

барометрическое (или атмосферное) P_b создается массой воздушного столба земной атмосферы. Оно изменяется в зависимости от метеоусловий, широты места и высоты над уровнем моря;

абсолютное P_a — полное давление, под которым находится жидкость или газ. Оно может быть больше или меньше атмосферного;

избыточное (или манометрическое) P_c выражает превышение давления среды над атмосферным; $P_c = P_a - P_b$;

По принципу действия приборы для измерения давления делят на жидкостные, деформационные (пружинные), грузопоршневые и электрические.

Жидкостные приборы — это такие, в которых усилие, вызываемое измеряемым давлением, уравновешивается массой столба жидкости, залитой в прибор.

В деформационных приборах измеряемое давление определяют по деформации различных упругих чувствительных элементов или по развиваемой ими силе.

В грузопоршневых приборах измеряемое давление уравновешивается массой грузов, действующих на поршень определенного диаметра.

В электрических приборах сила давления преобразуется в электрический сигнал, а мерой давления служит изменение электрической величины (сопротивления, емкости, индуктивности и т. д.).

По назначению приборы подразделяются на технические (рабочие), контрольные, образцовые и эталонные.

Технические приборы предназначены для измерения давления непосредственно в ходе производственных процессов, на рабочих местах.

Контрольные приборы служат для контроля за правильностью показаний технических приборов непосредственно на месте их установки в производственных условиях.

Образцовые приборы используют для проверки как технических, так и контрольных приборов в специальных лабораторных условиях.

Эталонные приборы служат для хранения размера единиц давления в целях единообразия, достоверности и высокой точности измерений давления.

По классу точности приборы для измерения давления выпускают следующие:

образцовые — 0,02 1-го разряда, 0,05 2-го разряда, 0,15 и 0,25 3-го разряда, 0,4 4-го разряда;
технические (рабочие) — 0,4; 0,6; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0.

§ 3. ЖИДКОСТНЫЕ ПРИБОРЫ

Жидкостные манометры и тягонапоромеры — наиболее простые и точные приборы, служащие для определения небольших избыточных давлений или разрежений. Их применяют при наладочных и контрольных работах, а также для технических измерений. В качестве уравновешивающей жидкости в них используется ртуть, дистиллированная вода или этиловый спирт.

Двухтрубный U-образный манометр, состоящий из двух соединенных внизу стеклянных измерительных трубок, укрепленных на вертикальном основании, является простейшим прибором для измерения небольшого давления или разрежения. Между трубками помещена шкала с нулевой отметкой посередине. Трубки заполнены уравновешивающей жидкостью до нулевой отметки шкалы. Одна из них сообщается с измеряемой средой, другая — с атмосферой. Трубка, соединенная со средой большего давления, обозначается знаком «+» (плюсовая трубка), а трубка, соединенная со средой меньшего давления, знаком «-» (минусовая трубка).

При включении манометра измеряемое давление уравновешивается столбом жидкости высотой h , отсчитываемой по шкале прибора. Так как уровень жидкости в плюсовой трубке понижается, а в минусовой поднимается, то общая высота будет равна сумме отсчетов по шкале выше и ниже нулевой отметки.

Если уравновешивающей жидкостью служит вода или спирт, то показания отсчитывают по нижней границе мениска, если ртуть по верхней.

Значение измеряемого давления или разрежения P (Па) определяют по выражению:

$$P = 0,001h\rho q, \quad (59)$$

где h — разность уровней рабочей жидкости, мм; ρ — плотность рабочей жидкости, кг/м³; q — местное ускорение свободного падения, м/с².

Выпускают двухтрубные манометры с диапазоном показаний 1; 1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10 кПа. Приведенная погрешность измерения при высоте столба жидкости $h=100$ мм составляет 2%, при $h=1000$ мм — 0,2%.

При пользовании двухтрубным манометром неудобно отсчитывать уровни жидкости одновременно в обеих трубках, поэтому применяют однотрубные (чашечные) манометры, в которых одна из трубок заменена широким сосудом. Высоту столба жидкости отсчитывают по одной трубке от нулевого деления.

Жидкостный дифференциальный тягонапормер ТДЖ — прибор чашечного типа для технических измерений. Он служит для измерения избыточного и вакуумметрического давлений, а также разности давлений газа. Основные части прибора — стеклянная измерительная трубка 3 (рис. 73), расположенная вертикально и соединенная резиновой трубкой 6 с металлическим сосудом 4. Сосуд служит для установки мениска жидкости на нулевую отметку шкалы 2 и может перемещаться по вертикали с помощью ходового винта 5. Тягонапормер собирают из отдельных приборов, рассчитанных на одну, четыре и шесть точек измерения. Он имеет общую фронтальную раму 1, приспособленную для утепленного монтажа. Ковеч-

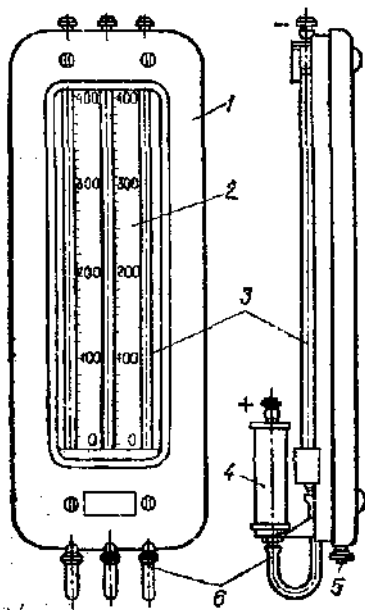


Рис. 73. Жидкостный дифференциальный тягонапормер ТДЖ:

1 — рама; 2 — шкала; 3 — стеклянная трубка; 4 — металлический сосуд; 5 — винт; 6 — резиновая трубка.

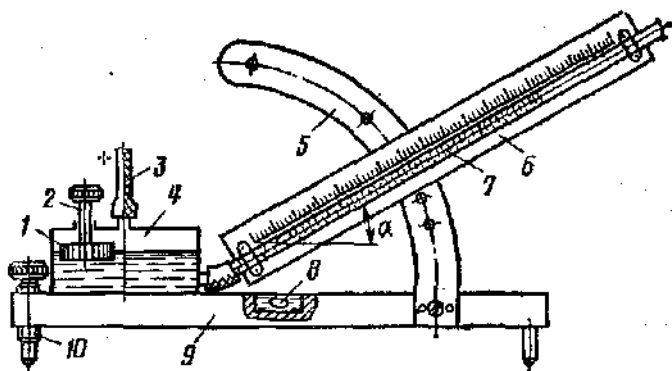


Рис. 74. Схема микроманометра ММН-240:

1 — поршень; 2 — корректор; 3 — резиновая трубка; 4 — металлический сосуд; 5 — стойка; 6 — миллиметровая шкала; 7 — стеклянная трубка; 8 — уровень; 9 — плита; 10 — ножка.

ное значение шкалы 1,6...6,3 кПа; класс точности прибора 1,5; рабочее давление 0,05 МПа. Уравновешивающей жидкостью служит подкрашенная дистиллированная вода.

Жидкостный микроманометр ММН-240 с наклонной трубкой служит для точных измерений небольших давлений, разрежений или разности давлений газа. Этот прибор имеет широкий металлический сосуд 4 (рис. 74), соединенный гибкой трубкой с измерительной стеклянной трубкой 7, закрепленной на миллиметровой шкале 6. Сосуд сообщается с измеряемой средой резиновой трубкой 3. Уровень жидкости на нулевую отметку шкалы устанавливают винтом корректора 2, перемещающего в сосуде поршень 1. Посредством дугообразной стойки 5 с отверстиями шкала с измерительной трубкой может быть закреплена под лятью углами наклона к горизонтали. Прибор смонтирован на треугольной плите 9, снабженной для правильной установки двумя винтовыми ножками 10 и двумя взаимно перпендикулярными уровнями 8.

Применение наклонной стеклянной трубки позволяет, уменьшив угол α , увеличить длину столба жидкости и тем самым повысить точность отсчета. Результат измерения давления (Па) выражается формулой:

$$P = 0,001 \rho q \sin \alpha, \quad (60)$$

где l — длина столба жидкости, отсчитываемая по шкале прибора, мм; ρ и q — см. формулу (59).

Уравновешивающей рабочей жидкостью служит дистиллированная вода. Диапазон показаний в зависимости от угла наклона трубки (при $q=9,81$ м/с²) составляет 600 Па; 900; 1200; 1500 и 2400 Па; класс точности микроманометра 1,5.

Тягонапометр ТНЖ-Н с наклонной измерительной трубкой, приспособленный для настенного монтажа, имеет устройство, анало-

гичное ММН-240. Прибор применяют при измерении небольших давлений и разрежений (до ± 2400 Па).

Монтаж и техническое обслуживание. При выборе жидкостных манометров необходимо помнить, что предел измерения давления или разрежения не должен превышать $\frac{3}{4}$ конечного значения шкалы прибора. Во избежание выбрасывания жидкости из манометра нельзя нагружать их давлением, превышающим верхний предел их измерения, а также резко включать давление. Точность измерения давления зависит от установки прибора, отсчета высоты столба и определения плотности уравновешивающей жидкости.

Жидкостные U-образные манометры и тягонапоромер ТДЖ закрепляют на щите или стене вертикально по отвесу в местах, не подверженных вибрации и нагреву, вблизи точки отбора давления. Микроманометр ММН-240 устанавливают на столе или плите; положение его регулируют ножками так, чтобы в каждом уровне пузырек стоял в центре. Если манометр расположен выше или ниже места отбора давления, а соединительная линия и пространство над жидкостью в плюсовой измерительной трубке или сосуде заполнены другой, более легкой жидкостью (водой при измерении ртутным манометром), то вводят поправку на показания прибора, учитывающую давление, оказываемое столбом этой жидкости.

С учетом поправки уравнение давления примет вид:

$$P = 0,001q (h_p \pm h_{p0}), \quad (61)$$

где H — высота столба жидкости от точки отбора давления до уравновешивающей жидкости в плюсовой измерительной трубке или сосуде, мм; ρ_c — плотность жидкости в соединительной линии.

При установке манометра выше места отбора давления поправка положительна, а ниже — отрицательна. Если соединительная линия и плюсовая измерительная трубка или сосуд над уравновешивающей жидкостью заполнены газом (воздухом), то ввиду незначительной его плотности поправка не вводится. Плотность уравновешивающей жидкости, заполняющей манометры, определяют в зависимости от температуры по соответствующим таблицам.

Жидкостные манометры подключают к контролируемому объекту при помощи резиновых трубок; при этом плюсовую трубку (сосуд) соединяют с объектом, а минусовую — с атмосферой; при измерении разрежения — наоборот. В случае измерения разности давлений большее давление подводят к плюсовой трубке (сосуду), а меньшее — к минусовой.

В процессе эксплуатации жидкостных манометров следят за плотностью соединительной линии, контролируют уровень уравновешивающей жидкости, при обнаружении в ней воздушных пробок прибор продувают. При смещении мениска жидкости с нуля корректором устанавливают прибор на нулевую отметку шкалы.

При монтаже и эксплуатации ртутных манометров соблюдают особую осторожность. Операции с ртутью разрешается выполнять в специально отведенном помещении вентиляции.

§ 4. ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ

Деформационные приборы применяют для измерения давления и разрежения жидкостей, газов и паров в трубопроводах на животных фермах и комплексах, в ремонтных мастерских, транспортных

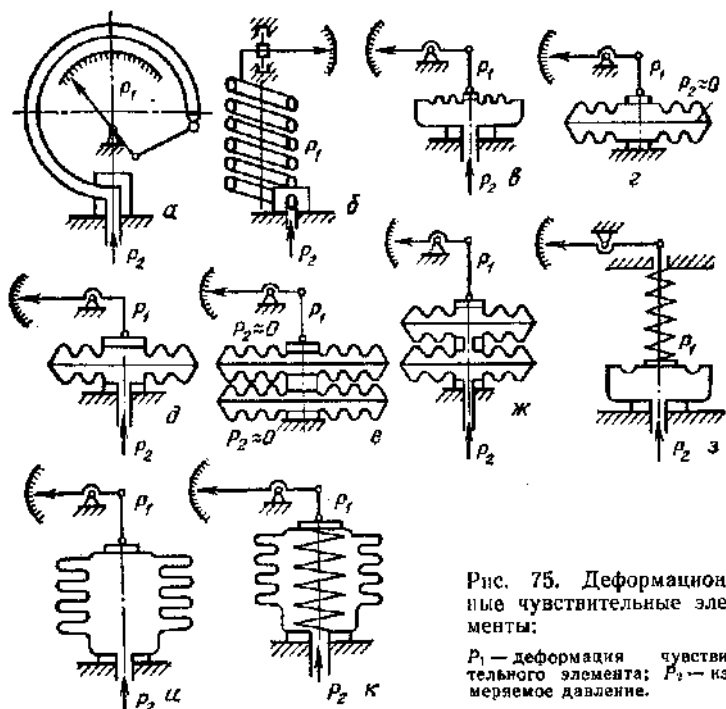


Рис. 75. Деформационные чувствительные элементы:

P_1 — деформация чувствительного элемента; P_2 — измеряемое давление.

средствах и т. п. Эти приборы обеспечивают достаточно высокую для технических целей точность измерений в широком диапазоне давлений и разрежений (от 100 Па до 1000 МПа). Они портативны, просты по конструкции и надежны в эксплуатации.

Действие деформационных приборов основано на уравновешивании усилия, вызванного измеряемым давлением, силой упругости чувствительного элемента прибора. Чувствительные элементы приборов бывают различных типов. Используют одновитковые (рис. 75, а) и многovitковые (рис. 75, б) трубчатые пружины, упругие мембраны (рис. 75, в) и мембранные коробки (рис. 75, г, д), двойные упругие мембранные коробки (рис. 75, е, ж) пружинно-мембранные с гибкой (вялой) мембраной (рис. 75, з), сильфонные (рис. 75, и) и пружинно-сильфонные (рис. 75, к).

Наиболее распространены в сельскохозяйственном производстве трубчато-пружинные приборы.

Трубчато-пружинные показывающие манометры, вакуумметры и мановакуумметры. Трубчато-пружинные манометры и вакуумметры по своему назначению разделяются на технические (рабочие) и образцовые. Технические используют для производственных измерений, образцовые — для проверки технических манометров и вакуумметров, а также для выполнения точных измерений давлений в лабораторных установках.

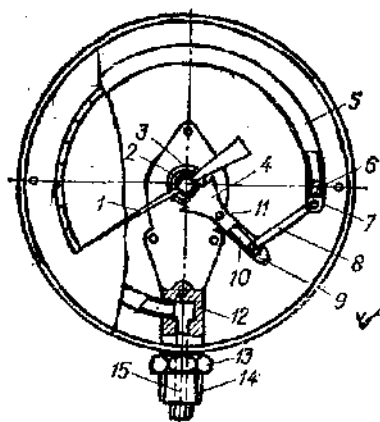


Рис. 76. Показывающий трубчато-пружинный манометр:

1 — стрелка; 2 — шестеренка-трибка; 3 — спиральная пружина; 4 — зубчатый сектор; 5 — трубчатая пружина; 6 — пробка; 7 — упко; 8 — тяга (поводок); 9 — хвостовик зубчатого сектора; 10 — прорезь; 11 — ось зубчатого сектора; 12 — держатель; 13 — шестигранник под ключ; 14 — штуцер; 15 — канал.

Манометры. Чувствительным элементом показывающего трубчато-пружинного манометра (рис. 76) служит одновитковая трубчатая пружина 5, представляющая собой пружинистую трубку эллиптического или овального сечения, согнутую по спирали. Нижний конец трубки впаян в держатель 12, в верхний конец трубки впаяно упко 7. Нижний конец держателя снабжен штуцером 14 с резьбой для подсоединения манометра к объекту измерения.

Под действием измеряемого давления сечение трубчатой пружины деформируется, стремясь принять круглую форму, вследствие чего в материале возникают напряжения, приводящие к раскручиванию трубки. Для передачи упругой деформации на стрелку прибора служит механизм с зубчатой передачей. При деформации свободный конец трубки перемещается и тянет за собой поводок 8, поворачивая при этом зубчатый сектор 4 и шестеренку-трибку 2, на оси которой жестко закреплена стрелка 1. В хвостовике сектора сделана прорезь 10, предназначенная для перемещения места крепления поводка при регулировке манометра.

Для устранения свободного хода в зубчатом зацеплении спиральная пружина (волосок) 3 постоянно прижимает трибку к одной стороне зубцов сектора. При снижении давления до атмосферного трубка принимает первоначальную форму.

Для устранения свободного хода в зубчатом зацеплении спиральная пружина (волосок) 3 постоянно прижимает трибку к одной стороне зубцов сектора. При снижении давления до атмосферного трубка принимает первоначальную форму.

По положению стрелки над шкалой судят о значении измеряемого давления. Зависимость между давлением и перемещением свободного конца стрелки — прямолинейная, поэтому шкалы манометров равномерные, что является их достоинством.

Показывающие манометры имеют равномерную круговую шкалу с центральным углом 270...300° и диаметром корпуса 60...250 мм, класс точности приборов 0,5...4. В зависимости от условий монтажа приборы изготовляют с радиальным или осевым штуцером (рис. 77), с передним или задним фланцем на корпусе (для утопленного или выступающего монтажа) или без фланца (для местного монтажа). Соединительный штуцер приборов с диаметром корпуса 40 мм выполняют с резьбой М10×1,0; с диаметрами 60 мм, 100 и 160 мм — соответственно М12×1,5, М20×1,5 и М20×1,5. Длина резьбы 8, 10 и 18 мм.

Основные типы применяемых в сельском хозяйстве показывающих трубчато-пружинных манометров в их технические данные приведены в таблице 33.

33. Промышленные показывающие манометры с трубчатой пружиной (ГОСТ 2405—80)

Тип	Характеристика	Верхние пределы измерения, МПа	Класс точности	Диаметр корпуса, мм	Масса, кг
ОБМ1-100	Без фланца с радиальным штуцером для измерения избыточного давления жидкости, газа и пара	0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6	2,5	100	0,8
ОБМ1-160		0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6	1,5	160	1,4
МП-3	Для измерения давления азотилена, аммиака и его водных растворов	0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 60	1,5	100	0,7
МП-4А		0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 60	1,5	160	1,4
ОБМ1-1006	С задним фланцем и радиальным штуцером для измерения избыточного давления жидкости, газа и пара	0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6	2,5	100	0,9
ОБМ1-1606		0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6	1,5	160	1,5
МОШП-100	С передним фланцем и осевым штуцером для измерения избыточного давления жидкости, газа и пара	0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6	2,5	100	0,9
МОШП-160		0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6	1,5	160	1,4
ММ-40	Показывающие малогабаритные для измерения избыточного давления жидкости и газа	0,16; 0,25; 0,40; 0,60; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 25	2,5	40	0,07
МТП-60С	С сифонным разделителем для измерения избыточного давления масла и топлива	1,6	2,5	60 (крепление— кольцом)	0,2
МТП-60С1		1,6	2,5	60 (крепление— винтом М3×10)	0,2
МТП-100	Без фланца с радиальным штуцером для измерения избыточного давления жидкости, пара и газа	0,06; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60	2,5; 1,5	100	0,8
МТП-160		0,06; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160	1,5	160	1,4
МТП-100/1-ВУМ	С мембранным разделителем для измерения избыточного давления в трубопроводах сепараторов пищевых продуктов	0,4; 0,6; 1	2,5	100	1,5
МТ-1	Без фланца с радиальным штуцером для измерения избыточного давления жидкости и газа	0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 25; 40	4	60	0,2
ММ60/1	Без фланца с радиальным штуцером для измерения избыточного давления жидкости и газа (также для кислорода и ацетилена)	0,1; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 25; 40	1,5; 2,5	60	0,2
МТ-2	С задним фланцем и радиальным штуцером для измерения избыточного давления жидкости и газа	0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 10; 25; 40	4	60	0,2

Тип	Характеристика	Верхние пределы измерения, МПа	Класс точности	Диаметр корпуса, мм	Масса, кг
ММ60/2	С задним фланцем и радиальным штуцером для измерения избыточного давления жидкости и газа (также для кислорода и ацетилена)	0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 25; 40	1,5; 2,5	60	0,2
МТ-3	С передним фланцем и осевым штуцером для измерения избыточного давления жидкости и газа	0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 25; 40	4	60	0,2
ММ60/3	С передним фланцем и осевым штуцером для измерения избыточного давления жидкости и газа (также для кислорода и ацетилена)	0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 25; 40	1,5; 2,5	60	0,2
МТ-4	Без фланца с осевым штуцером для измерения избыточного давления жидкости и газа	0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 25; 40	4	60	0,2
МТ-4	Без фланца с осевым штуцером для измерения избыточного давления жидкости и газа (также для кислорода и ацетилена)	0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 25; 40	1,5; 2,5	60	0,2

34. Промышленные показывающие трубчато-пружинные вакуумметры и мановакуумметры (ГОСТ 2405—80)

Тип	Характеристика	Верхние пределы измерения, МПа	Класс точности	Диаметр корпуса, мм	Масса, кг
ОВВ1-100	Вакуумметры без фланца с радиальным штуцером для измерения разрежения воздуха и неагрессивных газов	-0,1 . . . 0	2,5	100	0,8
ОВВ1-160		-0,1 . . . 0	1,5	160	1,4
ВТП-100	То же, в том числе кислорода	-0,1 . . . 0	2,5	100	0,8
ВТП-160		-0,1 . . . 0	1,5	160	1,4
ВП-3	Вакуумметры для измерения разрежения ацетилена и аммиака	-0,06 . . . 0	1,5	100	0,7
ВП-4		-0,1 . . . 0	1,5	160	1,4
ОВВ1-1006	Вакуумметры с задним фланцем и радиальным штуцером для измерения разрежения воздуха и неагрессивных газов	-0,1 . . . 0	2,5	100	0,9
ОВВ1-1606		-0,1 . . . 0	1,5	160	1,5
ВОШ1-100	То же, с передним фланцем и осевым штуцером	-0,1 . . . 0	2,5	100	0,9
ВОШ1-160		-0,1 . . . 0	1,5	160	1,4
ОБМВ1-100	Мановакуумметры без фланца с радиальным штуцером для измерения разрежения и давления неагрессивных газов, паров и жидкостей	0,06; 0,15; 0,3; 0,5; 0,9; 1,5; 2,4	2,5	100	0,8
ОБМВ1-160		0,06; 0,15; 0,3; 0,5; 0,9; 1,5; 2,4	1,5	160	1,4
МВОШ1-100	То же, с передним фланцем и осевым штуцером	0,06; 0,15; 0,3; 0,5; 0,9; 1,5; 2,4	2,5	100	0,9
МВОШ1-160		0,06; 0,15; 0,3; 0,5; 0,9; 1,5; 2,4	1,5	160	1,4
МВТП-100	Мановакуумметры без фланца с радиальным штуцером для измерения разрежения и давления пара, газа, в том числе кислорода	0,06; 0,15; 0,3; 0,5; 0,9; 1,5; 2,4	2,5	100	0,8
МВТП-160		0,06; 0,15; 0,3; 0,5; 0,9; 1,5; 2,4	1,5	160	1,4
МВП3	Мановакуумметры для измерения разрежения и давления ацетилена и аммиака	0,06; 0,15; 0,3; 0,5; 0,9; 1,5; 2,4	2,5	100	0,8
МВП4		0,06; 0,15; 0,3; 0,5; 0,9; 1,5; 2,4	1,5	160	1,4

35. Промышленные электроконтактные трубчато-пружинные манометры, вакуумметры
вакуумметры и мановакуумметры (ГОСТ 13717—74)

Тип	Характеристика	Верхние пределы измерения, МПа	Класс точности	Диаметр корпуса, мм	Масса, кг
ЭКМ-IV ЭКМ-2У	Манометры с задним фланцем и радиальным штуцером для измерения, сигнализации и позиционного регулирования давления неагрессивных жидкостей и газов	0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6;	1,5	160	2,2
		2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160	1,5	160	2,5
МПЧ-III		0,06; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4,6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160	1,5	160	2,8
ВЭ-16р6		0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 160	1,5	160	5,9
ЭКВ-IV	Вакуумметры с задним фланцем и радиальным штуцером для измерения, сигнализации и позиционного регулирования разрежения газов	—0,1 . . . 0	1,5	160	2,2
ВПЧ-III		—0,06 . . . 0; —0,1 . . . 0	1,5	160	2,8
ВЭ-16р6		—0,1 . . . 0	1,5	160	5,9
ЭКВМ-1	Мановакуумметры с задним фланцем и радиальным штуцером для измерения, сигнализации и позиционного регулирования разрежения и давления	0,06; 0,15; 0,3; 0,5; 0,9; 1,5; 2,4	1,5	160	2,2
МВПЧ-III		0,06; 0,15; 0,3; 0,5; 0,9; 1,5; 2,4	1,5	160	2,8
ВЭ-16р6		0,06; 0,15; 0,3; 0,5; 0,9; 1,5; 2,4	1,5	160	5,9

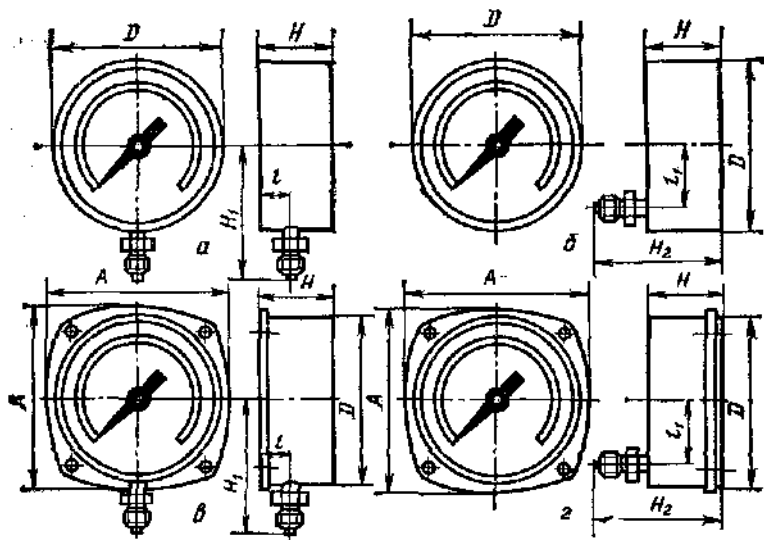


Рис. 77. Технические трубчато-пружинные манометры:

а — без фланца с радиальным штуцером; б — без фланца с осевым штуцером; в — с задним фланцем и радиальным штуцером; г — с передним фланцем и осевым штуцером.

Основные размеры, мм, показывающих трубчато-пружинных манометров (СТ СЭВ 2407—80)

Д	А	Н	Н ₁	Н ₂	t	t ₁
60	63	45	60	75	20	—
100	106	60	100	105	25	35
160	170	70	125	120	30	60
250	265	70	175	120	35	100

Трубчато-пружинные манометры некоторых типов имеют корректор нуля. Устройство его следующее. К свободному концу трубчатой пружины присоединен конец небольшой винтовой пружины, закрепленной на куличке корректора. Головка последнего выведена наружу с задней стороны корпуса прибора. При ее повороте изменяется натяжение винтовой пружины, а следовательно, и положение конца трубчатой пружины, связанного с указательной стрелкой.

Вакуумметры и мановакуумметры по своему устройству и принципу действия аналогичны трубчато-пружинным манометрам. Основные типы применяемых в сельскохозяйственном производстве показывающих трубчато-пружинных вакуумметров и мановакуумметров и их технические данные приведены в таблице 34. Ва-

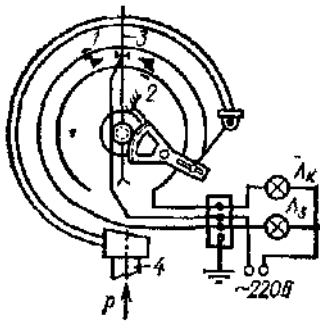


Рис. 78. Принципиальная схема электроконтактного манометра типа ЭКМ:

1 и 2 — регулируемые контакты; 3 — указательная стрелка с контактом; 4 — штуцер; L_1 и L_2 — лампочки красного и зеленого цвета.

казана на рисунке 78. В качестве чувствительного элемента используется одновитковая трубчатая пружина. Прибор имеет указательную стрелку 3 с расположенным на ней контактом и задающие сигнальные (минимальную и максимальную) стрелки с контактами 1 и 2. Контакты 1 и 2 устанавливаются на заданные значения шкалы прибора вращением винта. Прибор сообщается с измеряемой средой через штуцер 4. При достижении любого из заданных предельных давлений контакт, связанный с указательной (рабочей) стрелкой, соприкасается с контактом, расположенным на соответствующей сигнальной стрелке, и замыкает цепь сигнализации. Например, если измеряемое давление среды в объекте уменьшится и достигнет того минимального значения шкалы, на которое установлен контакт 1, стрелка с помощью контакта 3 замкнет цепь и включит лампу L_2 , зеленого цвета. Если же давление среды увеличится до верхнего заданного значения, то стрелка 3 с помощью контакта замкнет контакт 2, а следовательно, и цепь красной лампы L_1 .

Приборы типа ЭКМ пригодны для измерения плавно изменяющегося избыточного или вакуумметрического давления. Они применяются для работы при температуре окружающего воздуха от 0 до 60 °С при относительной влажности от 30 до 80 %. Контактное устройство приборов питается от сети постоянного или переменного тока напряжением 220 В, разрывная мощность контактов 10 Вт при максимальной силе тока до 1 А.

Для измерения давления и управления внешними электрическими цепями от сигнализирующего устройства выпускаются приборы типа МПЧ-III, корпус которых снабжен задним фланцем для вертикального монтажа на штахетках. Приборы имеют радиальные штуцер и два разъёмных контактных соединения для подключения источника питания и цепи сигнализации. В качестве преобразователей в сигнализирующем устройстве используются два генератора высокой частоты, выдающие сигнал соответственно при максимальном и минималь-

вакуумметры имеют одностороннюю шкалу с конечным значением диапазона показаний вакуумметрического давления — 0,06 или 0,1 МПа, а мановакуумметры — двустороннюю шкалу, влево от нуля которой нанесены отметки вакуумметрического давления до 0,1 МПа, а вправо — избыточного до 0,06...2,4 МПа.

Электроконтактные трубчато-пружинные манометры — это деформационные показывающие манометры общего назначения, снабженные дополнительным для автоматической подачи сигнала к устройству технологической сигнализации и регулирования. Типы применяемых электроконтактных трубчато-пружинных манометров, вакуумметров и мановакуумметров и их технические данные см. в таблице 35.

Принципиальная схема сигнализирующего прибора типа ЭКМ по-

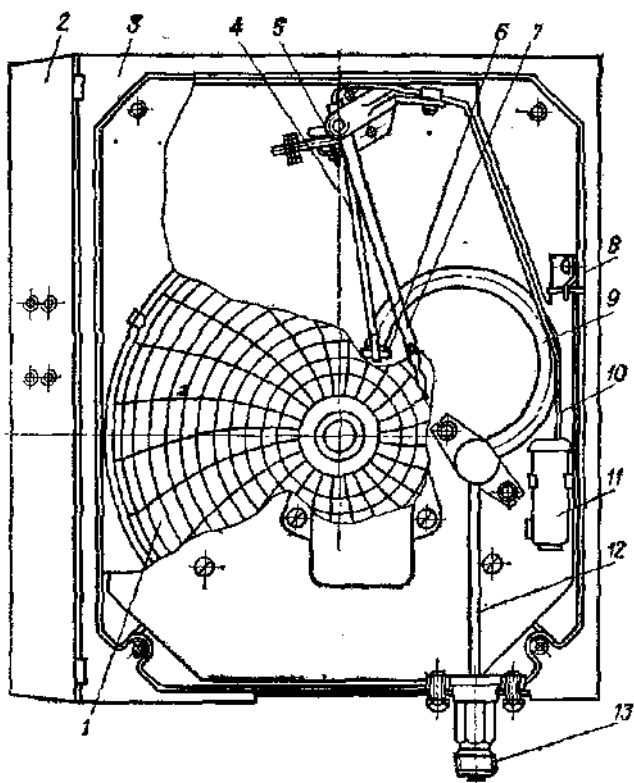


Рис. 79. Самопишущий трубчато-пружинный манометр типа МТС:

1 — диаграмма; 2 — корпус; 3 — крышка; 4 — тяга; 5 — корректор нуля; 6 — наконечник; 7 — перо; 8 — фиксатор; 9 — трубчатая пружина; 10 — капилляр; 11 — чернильница; 12 — трубка; 13 — штуцер.

ном отклонениях измеряемого давления от заданных значений. Для этого вместе с указательной стрелкой манометра перемещается легкий алюминиевый флажок, который при входе в зазор генератора нарушает его колебания, в результате чего на выходе блока реле появляется сигнал. Погрешность срабатывания сигнализирующего устройства $\pm 2,4\%$ конечного значения шкалы.

Приборы МПЧ-III и ВЭ-16рб питаются от сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц. Допускаемая нагрузка цепи сигнализации составляет 40 В·А. Они рассчитаны для работы при температуре окружающего воздуха $-50...+60^\circ\text{C}$ и относительной влажности до 80%. Приборы ВЭ-16рб выполнены во взрывозащищенном корпусе и предназначены для эксплуатации во взрывоопасных помещениях.

Трубчато-пружинные самопишущие манометры, вакуумметры и мановакуумметры предназначены для измерения и записи на диаграмме избыточного или вакуумметрического давления жидких и газообразных сред. Они бывают односторонними (МТС, ВТС, МВТС) и двухсторонними (МТ2С, ВТ2С, МВТ2С). Все приборы имеют однотипную конструкцию.

Самопишущий трубчатый манометр типа МТС показан на рисунке 79. Рабочая среда под давлением поступает через трубку 12 в полость трубчатой пружины 9. Под действием упругой деформации начинается перемещение свободного конца трубки, которое через тягу 4 и кривошип передается на перо 7, записывающее значение измеряемого давления на диаграмму 1. Один конец трубчатой пружины закреплен на корпусе прибора с трубкой 12 и штуцером 13, служащий для подвода давления, второй опаян, закрыт наконечником 6 и свободно перемещается под действием давления. Систему передачи движения стрелки регулируют, изменяя длину кривошипа. Диаграмма вращается с помощью часового механизма или синхронного микродвигателя переменного тока, рассчитанного на 220 В и 50 Гц. Питание к двигателю подводится через штепсельный разъем. Диаметр диаграммного диска 250 мм, время его оборота 12 или 24 ч.

Во время регулировки прибора перо с помощью корректора 5 нуля устанавливают на нуль диаграммы. Кривая записывается на диаграмме чернилами, которые наливают в чернильницу 11, откуда по капилляру 10 они подаются на конец пера.

В самопишущих приборах типа МТ2С находятся две трубчатые пружины, что позволяет измерять давление одновременно в двух точках.

Основные типы и технические данные применяемых самопишущих манометров, вакуумметров и мановакуумметров с трубчатой пружиной приведены в таблице 36. У мановакуумметров типа МВТС и МВТ2С — двусторонняя шкала (диаграмма), влево от нуля которой нанесены отметки вакуумметрического давления до $-0,1$ МПа, а вправо — избыточного до $0,06...2,5$ МПа.

Сильфонные тягонапоромеры.

Для измерения небольших разрежений и избыточных давлений газа, воздуха в газо- и воздуховодах и других системах применяются напоромеры (для давления), тягомеры (для разрежения) и тягонапоромеры (для разрежения и давления).

Сильфонные тягонапоромеры выпускают показывающие и самопишущие. Чувствительный элемент сильфонных показывающих и самопишущих

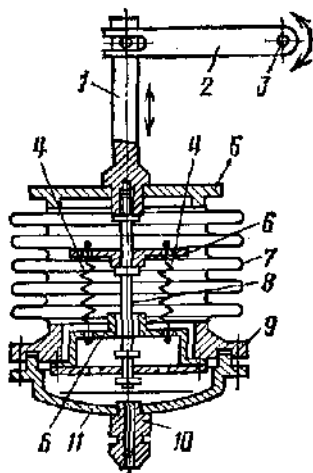


Рис. 80. Чувствительный элемент сильфонного тягомера:

- 1 — толкатель; 2 — рычаг; 3 — ось рычага; 4 — пружина; 5 и 9 — фланцы; 6 — опорные тарелки; 7 — сильфон; 8 — шток; 10 — штуцер; 11 — крышка.

36. Самопишущие трубчато-пружинные манометры, вакуумметры и мановакуумметры (ГОСТ 7919—80)

Тип	Характеристика	Верхние пределы измерения, МПа
МТС-711	Самопишущий одното- чечный манометр с приводом диаграммы синхронным микродви- гателем	0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 25; 40; 60; 100; 160
МТС-712	То же, с приводом диа- граммы часовым ме- ханизмом	0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 25; 40; 60; 100; 160
МТ2С-711	Самопишущий двухточеч- ный манометр с приво- дом диаграммы син- хронным микродви- гателем	0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 25; 40; 60; 100; 160
МТ2С-712	То же, с приводом диа- граммы часовым меха- низмом	0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 25; 40; 60; 100; 160
ВТС-711	Самопишущий одното- чечный вакуумметр с приводом диаграммы синхронным микродви- гателем	—0,06 . . . 0 —0,1 . . . 0
ВТС-712	То же, с приводом диа- граммы часовым меха- низмом	—0,06 . . . 0 —0,1 . . . 0
ВТ2С-711	Самопишущий двухто- чечный вакуумметр с приводом диаграммы синхронным микродви- гателем	—0,06 . . . 0 —0,1 . . . 0
ВТ2С-712	То же, с приводом диа- граммы часовым меха- низмом	—0,06 . . . 0 —0,1 . . . 0
МВТС-711	Самопишущий одното- чечный мановакуум- метр с приводом диа- граммы синхронным микродвигателем	0,06; 0,15; 0,3; 0,5; 0,9; 1,5
МВТС-712	То же, с приводом диа- граммы часовым меха- низмом	0,06; 0,15; 0,3; 0,4; 1; 1,6; 2,5
МВТ2С-711	Самопишущий двухто- чечный мановакуум- метр с приводом диа- граммы синхронным микродвигателем	0,06; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 1; 1,6; 2,5
МВТ2С-712	То же, с приводом диа- граммы часовым ме- ханизмом	0,06; 0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 1; 1,6; 2,5

Примечание. Все приборы имеют класс точности 1, габариты 340Х
Х280Х125 мм, массу 9 кг.

ших тягомеров ТмС, напоромеров НС и тягонапоромеров ТНС — сильфонный блок (рис. 80). Он состоит из сильфона 7 с фланцами 5 и 9, крышки 11 со штуцером 10 для подключения соединительной линии, диапазонных цилиндрических пружин 4, закрепленных на опорных тарелках 6, штока 8 и толкателя 1. Крышка 11, присоединенная к фланцу 9, закреплена неподвижно в корпусе прибора. Измеряемое вакуумметрическое или избыточное давление через штуцер передается во внутреннюю полость сильфона и уравновешивается силами упругой деформации сильфона и пружин.

Перемещение под действием давления свободного конца сильфона с фланцем 5 вызывает посредством толкателя 1 и рычага 2, закрепленного на оси 3, угловое ее перемещение. Это перемещение через систему промежуточных рычагов тяг и осей в показывающем приборе передается зубчатому сектору, поворачивающему стрелку, сидящую на оси указательной стрелки, а в самопишущем — непосредственно рычагу с пером.

Основные типы и технические данные применяемых сильфонных тягомеров, напоромеров и тягонапоромеров приведены в таблице 37.

Сигнализирующее устройство показывающего тягонапоромера содержит два фоторезистора, закрепленных соответственно на задающих (минимальной и максимальной) сигнальных стрелках, сидящих на специальных кронштейнах и устанавливаемых в пределах шкалы при помощи рукояток. На каждом кронштейне расположена небольшая лампочка. Между ней и фоторезистором помещена шторка, закрепленная на оси указательной стрелки прибора. Если измеряемое давление находится в заданных пределах, то на крышке тягонапоромера горит сигнальная лампочка «Норма». При отклонении давления на установленный предел шторка открывает щель в кронштейне и свет от лампочки падает на фоторезистор, что приводит к увеличению тока в цепи последнего. В результате этого с помощью усилителя реле срабатывает и выдает сигнал во внешнюю цепь. Одновременно с появлением сигнала на крышке прибора загорается сигнальная лампочка «Минимум» или «Максимум». Питание сигнализирующего устройства — от сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц.

Корпус всех приведенных в таблице 37 приборов приспособлен для вертикального утолненного монтажа на щитах. Тягомеры и тягонапоромеры подключают к соединительной линии толстостенной резиновой трубкой внутренним диаметром 6...8 мм, места соединений бандажируют. Перед прибором помещают трехходовой кран, предназначенный для продувки соединительной системы и проверки показаний прибора.

Мембранные тягонапоромеры — показывающие пружинные приборы. К их преимуществам относятся простота устройства, небольшие размеры, наглядность показаний, удобство размещения на щитах управления.

На рисунке 81 изображена схема показывающего мембранного тягомера типа ТмМП-52. Чувствительный элемент этих приборов — герметичная мембранная коробка. Измеряемое разрежение (или давление) подводится к штуцеру, соединенному трубкой 1 с внутренней полостью мембранной коробки. Изменяющееся разрежение или давление вызывает перемещение штифта, припаянного к центру верхней мембраны 5, которое через поводок 6, рычаг 7 и тягу 2 передается на ось 3 стрелки 4. Конец стрелки передвигается вдоль горизонтальной профильной шкалы.

37. Сильфонные тягомеры, напоромеры и тягонапоромеры (ГОСТ 2448—78)

Тип	Характеристика	Верхние пределы измерения, кПа	Класс точности	Масса, кг
ТМС-718	Показывающие тягомеры, напоромеры и тягонапоромеры для измерения небольших разрежений и избыточных давлений газа и воздуха	-6; -10; -16; -25; -40	1,5	10
НС-718		6; 10; 16; 25; 40	1,5	10
ТНС-718		$\pm 3; \pm 5; \pm 8; \pm 12,5; \pm 20$	1,5	10
ТМС-711	Самодвижущие тягомеры, напоромеры и тягонапоромеры с приводом диаграммы синхронным микродвигателем	-0,16; -0,25; -0,40; -0,60; -1,0; -1,6; -2,5; -4; -6; -10; -16; -25; -40	2,5; 1,5	11
НС-711		0,16; 0,25; 0,40; 0,60; 1,0; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40	2,5; 1,5	11
ТНС-711		$\pm 0,5; \pm 0,8; \pm 1,25; \pm 2; \pm 3; \pm 5; \pm 8;$ $\pm 12,5; \pm 20$	1,5	11
ТМС-712	То же, с приводом диаграммы часовым механизмом	-0,16; -0,25; -0,40; -0,60; -1; -1,6; -2,5; -4; -6; -10; -16; 25; -40	2,5; 1,5	11
НС-712		0,16; 0,25; 0,40; 0,60; 1,0; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40	2,5; 1,5	11
ТНС-712		$\pm 0,5; \pm 0,8; \pm 1,25; \pm 2; \pm 3; \pm 5; \pm 8;$ $\pm 12,5; \pm 20$	1,5	11
ТМС-717Сч	Показывающие с сигнализирующим устройством	-6; -10; -16; -25; -40	1,5	11
НС-717Сч		6; 10; 16; 25; 40	1,5	11
ТНС-717Сч		$\pm 3; \pm 5; \pm 8; \pm 12,5; \pm 20$	1,5	11

Примечание. Все приборы имеют габариты 290×340×260 мм.

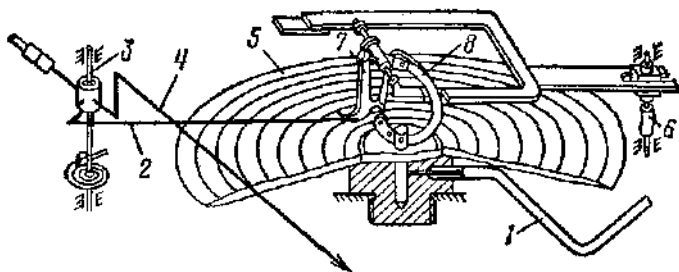


Рис. 81. Мембранный тягомер ТММП-52:

1 — трубка; 2 — тяга; 3 — ось; 4 — стрелка; 5 — мембрана; 6 — корректор нуля; 7 — рычаг; 8 — поводок.

Для установки стрелки прибора на начальную отметку шкалы служит корректор 6 нуля, выполненный в виде ходового винта с квадратной муфтой. При вращении винта перемещающаяся муфта изгибает пружину, что вызывает передвижение стрелки. Спиральная пружина (волосок), закрепленная одним концом на оси стрелки, а другим на неподвижной части прибора, служит для устранения влияния зазоров в сочленениях рычажного механизма.

Основные типы и технические данные применяемых мембранных тягомеров, напорометров и тягонапорометров приведены в таблице 38.

К измеряемому объекту приведенные в таблице 38 типы мембранных приборов подсоединяются трубками с внутренним диаметром 6...8 мм. Запаздывание показаний приборов — не более 4 с.

Образцовые манометры и вакуумметры типов МО и ВО применяются для проверки технических (рабочих) приборов давления, а также для выполнения точных измерений давления в лабораторных установках. Приборы имеют высокого качества трубчатую пружину и тщательно выполненный зубчато-секторный передаточный механизм, расположенные в металлическом корпусе диаметром 160 и 250 мм. Для подключения к контрольному объекту они имеют радиальный присоединительный штуцер с резьбой М20×1,5. Шкала приборов разбита на 100 условных делений с числовыми отметками через каждые 5 делений. Для пересчета условных делений в кПа или МПа образцовые манометры снабжены переводной таблицей или графиком.

По ГОСТ 6521—72 выпускают приборы типов МО и ВО классов точности 0,16 и 0,25 с ценой деления 0,2 условной единицы. Они предназначены для применения при температуре окружающего воздуха от 10 до 35 °С и относительной влажности до 80 %. Их масса не более 0,6 кг, исполнение обычное. Приборы класса точности 0,4 имеют цену деления 0,5 условной единицы и выпускаются в корпусе диаметром 160 мм. Они предназначены для использования при температуре окружающего воздуха 20±5 °С. Масса приборов не более 0,2 кг.

Пределы измерений образцовых манометров составляют: 0,1 МПа; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 40; 60 МПа, вакуумметров — 0,1 МПа. Конечное значение давления указывается на шкале прибора.

38. Мембранные тягомеры, напоромеры и тягонапоромеры (ГОСТ 2648—78)

Тип	Характеристика	Верхние пределы измерения, кПа	Класс точности	Габариты прибора, мм	Масса, кг
ТММП-52	Показывающий для измерения не- большого вакуумметрического да- вления газов	-0,16; -0,25; -0,4; -0,6; -0,1; -1,6; -2,5; -4; -6; -10; -16; -25; -40	2,5; 1,5	200×312× ×100	3
ТММП-100		-0,4; -0,6; -1; -1,6; -2,5; -4; -6; -10; -16; -25; -40	2,5	∅100×108	1
НМП-52	Показывающий для измерения не- большого избыточного давления га- зов	0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40	2,5; 1,5	200×312× ×100	3
НМП-100		0,4; 0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40	2,5	∅100×108	1
ТНМП-52	Показывающий для измерения не- большого избыточного и вакууммет- рического давления газов	±0,08; ±0,125; ±0,2; ±0,3; ±0,5; ±0,8; ±1,25; ±2; ±3; ±5; ±8; ±12,5; ±20	2,5	200×312× ×100	3
ТНМП-100		±0,2; ±0,3; ±0,5; ±0,8; ±1,25; ±2; ±3; ±5; ±8; ±12,5; ±20	2,5	100×108	1

§ 3. ВЫБОР И УСТАНОВКА ДЕФОРМАЦИОННЫХ МАНОМЕТРОВ

Деформационные приборы выбирают в соответствии со значением давления и разрежения, родом и свойствами измеряемой среды и требуемой точностью измерений; при этом учитывают особенности конструкции приборов и условия измерения. Исходя из надежности работы манометров и вакуумметров, конечное значение шкалы подбирают с таким расчетом, чтобы при среднем рабочем давлении стрелка находилась в пределах не более $\frac{3}{4}$ верхнего предела шкалы прибора при постоянном и не более $\frac{2}{3}$ верхнего предела при колеблющемся давлении. В обоих случаях минимальное измеряемое давление не должно быть меньше $\frac{1}{3}$ конечного значения шкалы.

Приборы для измерения давления и разрежения устанавливают в таких местах и монтируют так, чтобы обеспечить надлежащую точность измерения, свободный доступ к приборам, хорошую видимость и удобство их обслуживания. Приборы не следует располагать в местах, подверженных вибрации и сотрясению. Нормальное (рабочее) положение показывающего манометра — штуцером вниз (при радиальном штуцере) или вбок (при осевом штуцере). Самопишущие приборы устанавливают строго вертикально.

При работе с вязкими, загрязненными и агрессивными средами должны быть предусмотрены соответствующие вспомогательные устройства, обеспечивающие безаварийную работу систем.

Для измерения давления в системах пищевых продуктов, горячих сред устанавливают мембранные разделители (рис. 82). Их применяют в комплексе с манометрами, вакуумметрами или мановакуумметрами.

Упругим элементом разделителя служит металлическая эластичная мембрана 2, прогибающаяся пропорционально измеряемому давлению (разрежению). Манометр ввертывают в разделитель; разъединение их запрещено. Внутренние пространства манометра и разделителя заполняют рабочей жидкостью, которая служит для передачи давления от мембраны разделителя к чувствительному элементу манометра. Комплекты таких приборов заполняют кремнийорганической жидкостью под вакуумом.

При измерении давления среды с высокой температурой необходимо исключить ее влияние на чувствительный элемент прибора, так как это приводит к дополнительным трудноопределимым погрешностям. Поэтому между местом измерения давления и прибором располагают соединительную (импульсную) трубку такой длины, чтобы температура вещества, поступающего в прибор, приняла температуру окружающего воздуха.

Если при измерениях давлений водяного пара манометр располагается выше точки измерения, перед ним устанавливают специальную сифонную трубку. В ней скапливается конденсат, постепенно охлаждающийся до температуры окружающей среды и играющий роль водяного затвора.

В случае присоединения манометра к горизонтальному участку трубопровода (рис. 83, а) между местом отбора и манометром б устанавливают кольцеобразную сифонную трубку 4 и трехходовой кран 5. Для манометров, устанавливаемых на вертикальном трубопроводе (рис. 83, б), применяют U-образную сифонную трубку 4, которая крепится к трубопроводу 1 муфтой 2 и контргайкой 3.

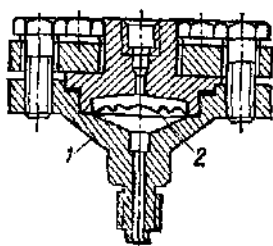


Рис. 82. Мембранный разделитель:

1 — корпус; 2 — мембрана.

лы — с атмосферой. Посредством этого же крана периодически продувают соединительную линию.

Соединительная линия между местом отбора давления и прибором выполняется в виде трубки с внутренним диаметром 6...15 мм. Во избежание запаздывания показаний прибора она должна быть

После монтажа стрелку манометра устанавливают на нуль поворотом головки корректора нуля.

Для установки манометра при рабочем давлении среды до 2,5 МПа применяется трехходовый пробковый кран, при более высоком давлении — трехходовой вентиль. Иногда в соединительной линии используют два вентиля: один — для отключения прибора, другой — для сообщения его с атмосферой.

При наличии трехходового крана манометр для измерений может быть сообщен со средой, а для отключения прибора или проверки нулевой отметки шкалы

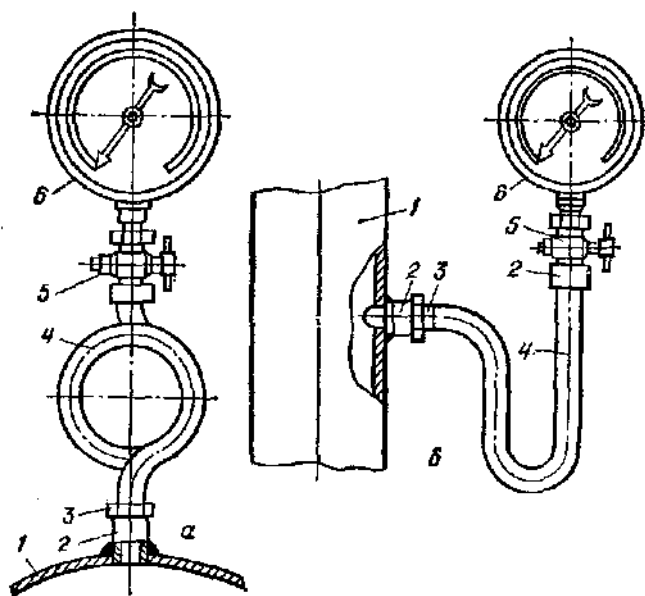


Рис. 83. Установка пружинного манометра для измерения давления пара или горячей воды:

а — на горизонтальном участке трубопровода; б — на вертикальном; 1 — трубопровод; 2 — муфта; 3 — контргайка; 4 — сифонная трубка; 5 — трехходовый кран; 6 — манометр.

не более 50 м. Соединительная линия должна быть плотной и проложена по кратчайшему расстоянию с уклоном 0,1 к манометру, обеспечивающим периодическое удаление газа, воздуха и конденсата из линии. Манометры устанавливают выше места отбора давления при измерении давления газа и ниже — при измерении давления жидкости и пара. Если такая установка манометров невозможна, то при измерении давления газа в нижних точках соединительной линии применяют отстойные сосуды, а при измерении давления жидкости и пара в верхних точках — газосборники. При длине импульсных линий более 50 м ставят приборы с дистанционной передачей показаний.

§ 6. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАНОМЕТРЫ И ВАКУУММЕТРЫ

Электрические приборы используются главным образом как манометры с дистанционной передачей показаний на расстоянии 50 м и более от места отбора давления и для измерения давления при быстротекущих процессах.

В первом случае применяются бесшкальные деформационные манометры с электрической дистанционной передачей показаний, работающие в комплекте с вторичными показывающими или самопишущими приборами. Эти унифицированные приборы входят в единую Государственную систему промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП). Для измерения давлений, пульсирующих с высокой частотой, наиболее часто встречающихся при испытании сельскохозяйственной техники и техническом диагностировании машин, применяются электрические преобразователи давления с реостатным индуктивным, пьезоэлектрическим и тензометрическим первичными преобразователями.

В деформационном электрическом манометре упругая деформация чувствительного элемента, состоящего из трубчатой пружины, мембраны или сильфона, преобразуется в непрерывный электрический выходной сигнал, который передается по проводам установленному в удобном для наблюдений месте вторичному прибору, градуированному в единицах давления.

Манометры с дифференциально-трансформаторным преобразователем. К бесшкальным манометрам с дифференциально-трансформаторным преобразователем относятся взаимозаменяемые трубчатопружинные электрические манометры типа МЭД с унифицированным выходным параметром (сигналом). Они предназначены для дистанционного измерения, записи и регулирования избыточного давления или разрежения газов и жидкостей, неагрессивных по отношению к стали и медным сплавам.

Действие прибора основано на преобразовании упругой деформации трубчатой пружины в электрический сигнал, передаваемый индуктивным преобразователем на вторичный прибор. Выходной параметр манометра — взаимная индуктивность между первичной и вторичной цепями дифференциального трансформатора, изменяющаяся пропорционально измеряемому давлению.

Устройство манометра типа МЭД показано на рисунке 84. Среда, находящаяся под измеряемым давлением (или разрежением), через штуцер 5 воздействует на трубчатую пружину 1, закрепленную в держателе 4. Держатель, соединенный с корпусом 6 манометра, несет на себе катушку 9 дифференциального трансфор-

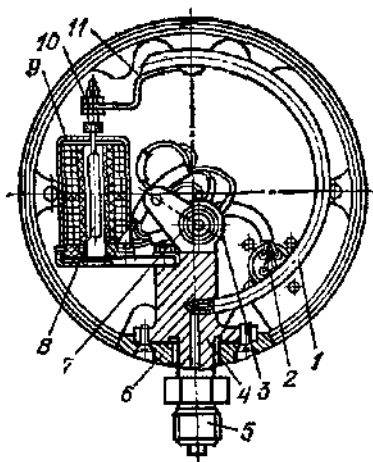


Рис. 84. Трубочато-пружинный манометр типа МЭД модели 22364:

1 — трубчатая пружина; 2 — штепсельный разъем; 3 и 7 — переменный и постоянный резисторы; 4 — держатель; 5 — шунт; 6 — корпус; 8 — сердечник; 9 — катушка дифференциального трансформатора; 10 — шток; 11 — рычаг.

матора, в которую помещен стальной сердечник 8, скрепленный штоком 10 и рычагом 11 со свободным концом трубчатой пружины. В верхней части держателя расположены постоянный 7 и переменный 3 резисторы, шунтирующие вторичную обмотку катушки трансформатора. Соединительные провода выведены из манометра через штепсельный разъем, установленный на задней стенке прибора и служащий для подключения его к вторичному прибору.

При измерении давления трубчатая пружина, изменяя свою кривизну, перемещает сердечник в катушке дифференциального трансформатора, что приводит к изменению взаимной индуктивности между ее цепями, т. е. выходного параметра манометра. Первичная обмотка трансформатора питается от вторичного прибора переменным током 0,125 А частотой 50 Гц; продолжительность установления выходного параметра не более 1 с. Пределы изменения взаимной индуктивности 0...10 мГ.

Основные типы и технические данные манометров и вакуумметров типа МЭД с дифференциально-трансформаторным преобразователем приведены в таблице 39.

Манометры МЭД работают в комплекте с одним из вторичных автоматических дифференциально-трансформаторных приборов КСД, КПД и др., отградуированных в единицах давления. Измерительные схемы этих приборов подобны.

Принципиальная электрическая схема соединения манометра МЭД и вторичного показывающего и самопишущего прибора КСД2 приведена на рисунке 85. Манометр и вторичный прибор имеют одинаковые дифтрансформаторы, катушки которых I и II с сердечниками содержат первичную и вторичную обмотки. Кроме того, в средней части катушки II расположена дополнительная вторичная обмотка III, шунтированная переменным резистором R_1 , которая служит для корректировки электрического нуля вторичного прибора. Первичные обмотки A_1 и A_{II} катушек I и II дифтрансформаторов соединены последовательно и питаются переменным током напряжением 24 В, частотой 50 Гц от зажимов а и б силового трансформатора электронного полупроводникового усилителя ЭУ. Вторичные обмотки этих катушек состоят из двух одинаковых секций и включены встречно, т. е. индуктируемые в них э. д. с. имеют противоположное направление. Все вторичные обмотки катушек дифтрансформато-

39. Взаимозаменяемые трубчато-пружинные манометры и вакуумметры типа МЭД

Тип	Характеристика	Верхние пределы измерения, МПа	Класс точности	Масса, кг
Манометр 22364	Для непрерывного преобразования избыточного давления жидкости, газа или пара в унифицированный выходной сигнал переменного тока, основанный на изменении взаимной индуктивности	0,1; 0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6	1; 1,5	Не более
Манометр 22365		2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 160	1; 1,5	2
Вакуумметр 22364	Для непрерывного преобразования вакуумметрического давления газа в унифицированный электрический выходной сигнал	-0,1 . . . 0	1; 1,5	2
Мановакуумметр 22364	Для непрерывного преобразования избыточного и вакуумметрического давления газа и пара в унифицированный электрический выходной сигнал	-0,1 . . . +0,06; 0,15; 0,3; 0,5; 0,9; 1,5	1; 1,5	2
Мановакуумметр 22364		-0,1 . . . +2,4	1; 1,5	2

Примечание. Все приборы имеют габариты 160×205×155 мм.

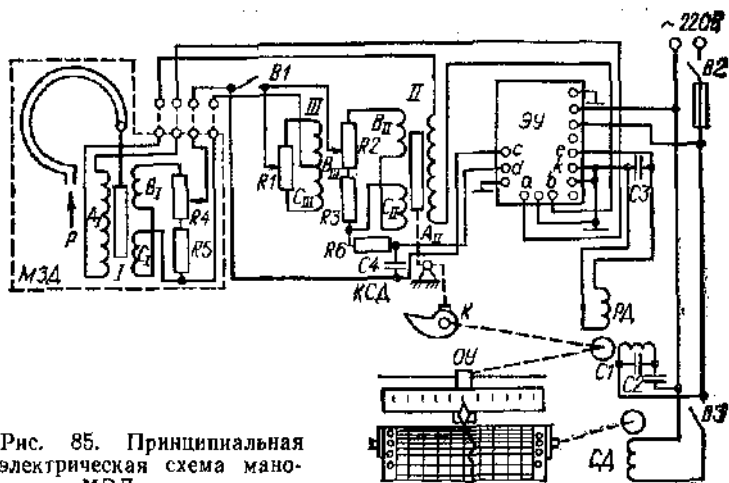


Рис. 85. Принципиальная электрическая схема манометра МЭД и вторичного прибора КСД-2:

I и *II* — катушки дифтрансформаторов манометра МЭД и прибора КСД; *III* — дополнительная обмотка; ЭУ — электронный усилитель; РД — реверсивный микродвигатель; К — кулачок; СД — синхронный микродвигатель; ОУ — отсчетное устройство.

ров соединены последовательно и подключены к входным зажимам *c* и *d* усилителя ЭУ.

Измеряемое давление вызывает перемещение сердечника в катушке *I* манометра, вследствие чего наводимые в секциях ее вторичной обмотки э. д. с. будут различны. Тогда на вход усилителя поступает разность (разбаланс) напряжений между вторичными обмотками катушек.

В электронном усилителе напряжение разбаланса усиливается до значения, необходимого для работы реверсивного асинхронного микродвигателя РД, управляющая обмотка которого присоединена к выходным зажимам *e* и *k* усилителя.

Двигатель РД, связанный с подвижной кареткой (указательной стрелкой и пером) отсчетного устройства ОУ, с помощью кулачка К перемещает сердечник в катушке *II*, что приводит к уравниванию э. д. с., наводимых в ней и в катушке *I*, а следовательно, к новому состоянию равновесия передающей системы. Таким образом, каждому положению сердечника дифтрансформатора манометра соответствует определенное положение сердечника прибора, следовательно, и определенное положение каретки с указателем на шкале прибора. Максимальное перемещение сердечников в катушках дифтрансформаторов составляет 4 мм.

Диаграммная лента шириной 160 мм движется от встроенного в прибор синхронного микродвигателя СД со скоростью 20...2400 мм/ч в зависимости от диаметра зубчатых колес редуктора. Выключатели В2 и В3 служат для подачи напряжения сети соответственно на прибор и на микродвигатель СД.

Питание вторичного прибора — от сети переменного тока напря-

жением 220 В, частотой 50 Гц; потребляемая прибором мощность 35 В·А.

Взаимозаменяемость позволяет одному вторичному прибору работать совместно с несколькими манометрами при периодическом подключении точек измерения, а также быстро заменять вышедший из строя прибор без тарировки комплекта.

Монтаж и техническое обслуживание. Манометры типа МЭД устанавливают вблизи места отбора давления и закрепляют вертикально штуцером вниз. Приборы располагают в удобных для монтажа и обслуживания местах, не подверженных действию вибрации, высокой температуры, пыли, водяных брызг и агрессивных газов. Они должны быть удалены от мощных источников переменных магнитных полей (электродвигателей, трансформаторов и др.). Температура окружающего воздуха — 5...50 °С, относительная влажность — 30...80 %.

Соединительную линию от места отбора давления до манометра прокладывают с соблюдением тех же правил, что и при установке обычного манометра с трубчатой пружиной.

Манометр соединен с вторичным прибором через штепсельный разъем четырехжильным кабелем с жилами сечением 0,75...1,5 мм²; допускаемая длина линии 250 м.

Для удобства обслуживания прибор монтируют на уровне 1200...1500 мм от пола. Вторичные приборы нельзя располагать непосредственно у печей, вблизи силовых щитов и агрегатов. После установки вторичный прибор надежно заземляют медным проводом диаметром 2...3 мм.

При эксплуатации манометра следят за уплотнением соединительной линии. Манометр включают плавно во избежание резкой подачи давления в подводящую линию.

Для проверки правильности работы вторичного прибора служит контрольная кнопка *VI*, при нажатии на которую замыкаются коротко вторичная обмотка катушки *I* и дополнительная обмотка *III*. Тогда на вход усилителя подается напряжение от основной вторичной обмотки *II*, которое (если прибор исправен) заставляет реверсивный двигатель переместить ее сердечник в среднее положение и установить стрелку прибора напротив контрольной отметки шкалы.

При смещении нуля системы его корректируют движком резистора *RI*, задающего дополнительное напряжение, подаваемое на вход усилителя.

К рассматриваемой группе приборов следует отнести индуктивные датчики пульсирующих давлений ДИ-6, ДИ-10, ДИ-25, ДИ-60, ДИ-150 и ДИ-400 с дифференциально-трансформаторным преобразователем, входящие в комплект диагностической установки «Урожай-IT», для определения технического состояния тракторов и двигателей на стационарных постах диагностирования.

Манометры с магнитомодуляционным преобразователем. Эти приборы, входящие в ГСП, представляют собой магнитомодуляционные измерительные преобразователи с компенсацией магнитных потоков, содержащие упругий трубчато-пружинный, сильфонный или мембранный чувствительный элемент. Они предназначены для непрерывного измерения избыточного, абсолютного и вакуумметрического давления жидких и газообразных сред и преобразования измеряемого параметра в унифицированный электрический токовый выходной сигнал. Приборы могут работать при повышенной температуре окружающего воздуха и при наличии в нем пыли и водяных брызг, об-

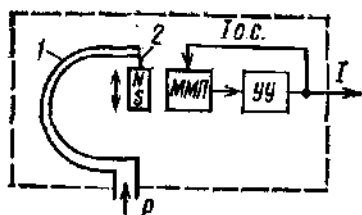


Рис. 86. Структурная схема трубчато-пружинного манометра типа МП-9:

1 — упругий элемент; 2 — постоянный магнит.

ра) 2. При движении плунжер оказывает влияние на магнитомодуляционный преобразователь ММП, выходной сигнал которого после усиления в устройстве УУ поступает в виде унифицированного сигнала постоянного тока I на вторичный прибор.

Принципиальная схема манометров пружинного (МП-Э1) и сильфонного (МС-Э1) типов показана на рисунке 87, а и б). Измеряемое давление преобразуется на чувствительном элементе 9 измерительного блока 10 в пропорциональное усилие P , которое через рычажный механизм, состоящий из рычагов 1 и 3, автоматически уравнивается усилием, развиваемым силовым механизмом обратной связи при протекании по его обмоткам постоянного тока I , являющегося одновременно выходным сигналом первичного преобразователя.

Изменение выходного усилия вызывает перемещение рычажной системы и жестко связанного с ней нуля-органа 5 индикатора рассогласования 6. Сигнал рассогласования $U_{\text{вх}}$ поступает на вход уси-

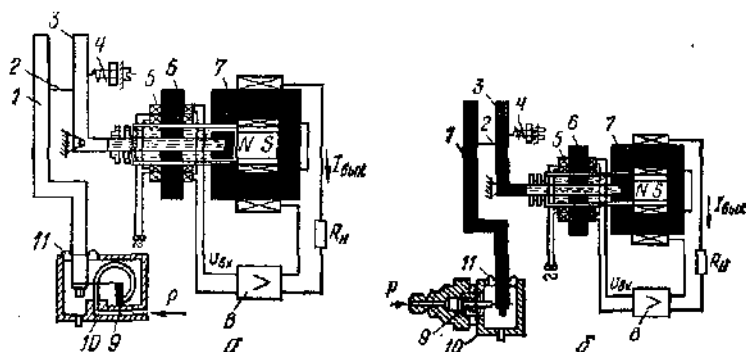


Рис. 87. Принципиальные схемы электрических манометров:

а — трубчато-пружинного; б — сильфонного; 1 и 3 — рычаги; 2 — лента; 4 — корректор нуля; 5 — нуль-орган (плунжер); 6 — индикатор рассогласования; 7 — механизм обратной связи; 8 — усилительное устройство; 9 — чувствительный элемент; 10 — измерительный блок; 11 — мембранный вывод.

ладают высокой надежностью, вибростойкостью, быстродействием.

Манометры структурно состоят из электросилового магнитомодуляционного преобразователя с полупроводниковым усилительным устройством, выполненным на интегральной микросхеме, и измерительного блока с чувствительным элементом. Измеряемое давление P воздействует на упругий элемент 1 (рис. 86), деформация которого приводит к перемещению небольшого постоянного магнита (плунжера)

40. Электрические манометры и вакуумметры с магнитомодуляционным преобразователем

Тип	Характеристика	Верхние пределы измерения, МПа	Значение выходного тока I, мА	Класс точности	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
ММ-Э	Для непрерывного преобразования избыточного давления жидкости, газа или пара в унифицированный электрический выходной сигнал	0,16; 0,25; 0,4; 0,6; 1; 1,6	0 . . . 5	1	240×210×225	11
МП-Э		2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60	0 . . . 5	1	190×212×240	4,5
МП-Э1-В4	То же, взрывозащищенное	0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60	0 . . . 5	1	205×297×288	16
МП-Э2-В4		0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60	0 . . . 20	1	205×297×288	16
МС-Э1-В4		0,1; 0,16; 0,25; 0,4	0 . . . 5	0,6; 1	205×330×288	14
МС-Э2-В4		0,1; 0,16; 0,25; 0,4	0 . . . 20	0,6; 1	205×330×228	14
ВС-Э1	Для непрерывного преобразования вакуумметрического давления газовых сред в унифицированный электрический сигнал	-0,1 . . . 0	0 . . . 5	1	242×257×295	8,5*
ВС-Э2		-0,1 . . . 0	0 . . . 20	1	242×257×295	8,5*
МВС-Э1	Для непрерывного преобразования избыточного и вакуумметрического давления газовых сред в унифицированный электрический сигнал	0,06; 0,15; 0,5; 0,9; 1,5; 2,4	0 . . . 5	1	242×257×295	8,5*
МВС-Э2		1,5; 2,4	0 . . . 20	1	247×257×295	8,5*

* Без усилителя.

лительного устройства δ , усиливается по напряжению и мощности, выпрямляется и поступает в виде унифицированного сигнала постоянного тока $I_{вых}$ в обмотки силового механизма и одновременно в соединенную последовательно с ним линию дистанционной передачи с полезной нагрузкой R_n .

Начальное нулевое значение токового выходного сигнала устанавливают при помощи корректора 4 нуля.

Диапазон измерения настраивают изменением передаточного отношения рычажного механизма путем перемещения ленты 2, передающей усилие с рычага 1 на рычаг 3.

Измерительный блок манометра содержит чувствительный элемент 9 и мембранный выход 11 измерительного усилия из полости измерительного блока 10. В качестве чувствительного элемента используют трубчатую пружину, сильфон или мембрану.

Манометры подключают к сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц, потребляемая мощность 5 В·А. Зависимость между измеряемым давлением и токовым выходным сигналом линейная. Рабочий диапазон изменения выходного сигнала составляет 0...5 или 0...20 мА.

Манометры типов МП-Э, МС-Э, ММ-Э могут быть использованы для работы в комплекте с различными вторичными приборами, градуированными в единицах давления, регуляторами, сигнализаторами, машинами центрального контроля и системами автоматического управления.

Основные типы и технические данные электрических манометров и вакуумметров с магнитомодуляционным преобразователем приведены в таблице 40.

Приборы МС-Э1-В4 (МС-Э2-В4) и МП-Э1-В4 (МП-Э2-В4) могут применяться во взрывоопасных помещениях и установках всех классов при температуре окружающего воздуха $-50...+50^\circ\text{C}$ и относительной влажности до 95 %.

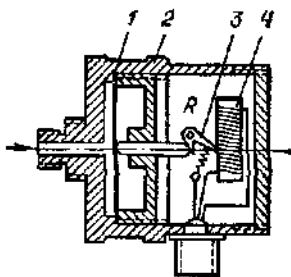


Рис. 88. Реостатный преобразователь давления:

1 — мембрана; 2 — корпус;
3 — рычаг с подвижным контактом; 4 — реостат (потенциометр).

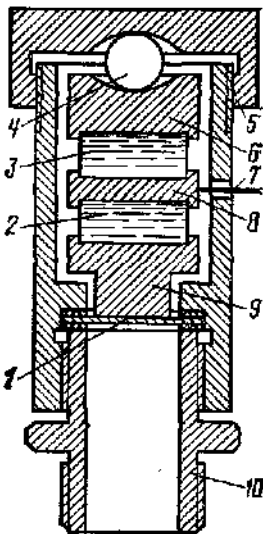


Рис. 89. Пьезоэлектрический преобразователь давления:

1 — мембрана; 2 и 3 — пьезоэлементы; 4 — шарик; 5 — колпачок; 6, 8 и 9 — пружины; 7 — проводник; 10 — штуцер.

Измеряемое давление во внутреннюю полость чувствительного элемента передается через мембранный разделитель и кремнийорганическую жидкость, заполняющую объем между разделителем и внутренней поверхностью элемента.

Для защиты от осадков и прямой радиации датчики устанавливают в закрытых шкафах.

Электрические преобразователи давления построены по принципу преобразования давления или вакуума в электрический сигнал. Для измерения пульсирующих давлений в гидравлических и пневматических системах при испытании сельскохозяйственных машин и при определении их технического состояния на стационарных пунктах диагностирования используют реостатные, пьезоэлектрические, индуктивные и тензометрические преобразователи давления.

Реоcтaтный (потенциометрический) преобразователь давления основан на преобразовании давления, приложенного к мембране 1 (рис. 88), в перемещение подвижного контакта рычага 3 по виткам реостата 4, что приводит к изменению сопротивления измерительной цепи.

В диагностической установке «Урожай-1Т» применяют малогабаритные потенциометрические преобразователи давления ДМП-1А, ДМП-4А, а в приборах КИ-4998 и КИ-4897 — МД-10Т и ЭДМУ-1. Преобразователи давления подключают к источнику постоянного тока напряжением 6,5 В.

Пьезоэлектрический преобразователь используют для измерения пульсирующего с высокой частотой давления манометрами, в основе действия которых лежит пьезоэлектрический эффект. Под пьезоэлектрическим эффектом понимают появление электрических зарядов на поверхности некоторых кристаллических диэлектриков при их деформации. Чувствительными элементами в пьезоэлектрических манометрах, преобразующими механические напряжения в колебания электрического тока, служат пластины из кварца, титаната бария или пьезокерамики типа ЦТС (цирконат-титанат свинца).

Измеряемое давление через мембрану 1 (рис. 89) действует на два пьезоэлемента 2 и 3, расположенные так, что на их внутренних гранях, соприкасающихся с металлической прокладкой 8, возникают одноименные заряды.

Потенциал с внутренних граней пластинок снимается тщательно изолированным проводником 7, присоединенным к прокладке 8, а с внешних — корпусом и металлическими прокладками 6 и 9, мембраной 1 и шариком 4. Наличие шарика 4 и колпачка 5 способствует более равномерному распределению контактного давления по поверхности пластинок.

Штуцер 10, зажимающий мембрану 1, служит для присоединения чувствительного элемента к объекту измерения.

Пьезоэлементы располагают обычно таким образом, что отрицательные электрические заряды возбуждаются на прокладке 8 и от нее по проводнику 7 подаются к измерительной схеме прибора. Положительные заряды через корпус отводятся на землю.

Значение электрического заряда, возникающего вследствие пьезоэффекта, прямо пропорционально давлению и зависит от пьезомодуля материала пластины. Заряды не могут долго сохраняться из-за утечек в элементах измерительной схемы, поэтому пьезоэлектрические преобразователи давления применяют для измерения быстроменяющихся давлений с диапазонами частот от 10 до 80 000 Гц. Преобразователи давления с элементами из кварца имеют более высокую,

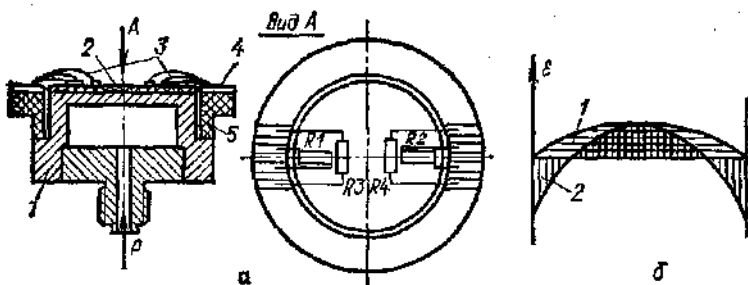


Рис. 90. Тензометрический преобразователь давления типа «Кристалл»:

а — схема прибора: 1 — корпус; 2 — пластина; 3 — провода; 4 — сборные пластины; 5 — диэлектрик; *б* — деформации мембраны: 1 — радиальные; 2 — окружные.

чем керамические, рабочую частоту, однако последние обладают большей чувствительностью. Кварцевые преобразователи применяются при температуре окружающей среды $-240...+260^{\circ}\text{C}$; керамические — при $-55...+100^{\circ}\text{C}$.

Тензометрический манометр работает по принципу преобразования деформации упругого чувствительного элемента (мембраны, тонкостенной трубки и т. п.) в изменение электрического сопротивления (ΔR) наклеенного на нем тензопреобразователя (тензорезистора). Это изменение пропорционально измеряемому давлению P :

$$\frac{\Delta R}{R} = mP, \quad (62)$$

где m — коэффициент пропорциональности.

Преобразователь давления тензометрического манометра типа «Кристалл» имеет цилиндрический корпус 1 (рис. 90, *а*), образующий в верхней части упругую мембрану диаметром 9,6 или 14,4 мм, и штуцер для подвода измеряемого давления P . К мембране припаяна круглая сапфировая пластина 2, на поверхность которой нанесены тонкопленочные полупроводниковые тензорезисторы $R1...R4$ из монокристаллического кремния, обладающие высоким значением коэффициента тензочувствительности.

Тензорезисторы при помощи припаянных к ним выводных проводов 3 соединены со сборными пластинами 4, закрепленными на кольце из диэлектрика 5.

Манометры с верхним пределом измерения 0,4 МПа металлической мембраны не имеют. Давление воспринимается сапфировой пластиной (мембраной) толщиной 2,25 мм с тензорезисторами, припаянными по окружности к торцовой поверхности корпуса манометра.

Давление в манометре измеряется при помощи неуравновешенного моста, плечами которого служат тензорезисторы $R1...R4$. Под воздействием давления мембрана с сапфировой пластиной и тензорезисторами подвергается радиальным (кривая 1) и окружным (кривая 2) деформациям (рис. 90, *б*). Тензорезисторы сориентированы

вая 2) деформациям рис. 90, б). Тензорезисторы сорентированы относительно пластины таким образом, что при деформации сопротивления $R1$ и $R2$ уменьшаются, а $R3$ и $R4$ — увеличиваются. В результате этого возникает разбаланс моста в виде напряжения, которое при помощи встроенного в корпус манометра микроэлектронного усилителя преобразуется в пропорциональный измеряемому давлению токовый выходной сигнал дистанционной передачи 0...5 мА.

Питание манометра — постоянным током напряжением 36 В от блока стабилизированного питания БПС-36, присоединенного к сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц; потребляемая манометром и блоком питания мощность 4 В·А.

Манометры типа «Кристалл» работают в комплекте с теми же вторичными приборами, что и манометры с магнитомодуляционным преобразователем.

Для измерения быстроизменяющихся давлений жидких и газообразных сред применяют тензометрические преобразователи давления, работающие в комплекте с усилительной тензометрической аппаратурой. Они имеют чувствительный элемент в виде мембраны или тонкостенной трубки (рис. 91), на которую наклеены тензорезисторы, соединенные по мостовой или полумостовой схеме.

Основные типы и технические данные применяемых тензометрических преобразователей давления приведены в таблице 41.

Преобразователи давления оценивают с точки зрения возможности их применения для тех или иных целей в соответствии с их частотными характеристиками, точностью, чувствительностью к изменению внешних условий (температуры и вибрации), видом и значением выходного сигнала. Технические данные наиболее распространенных преобразователей давления приведены в таблице 42.

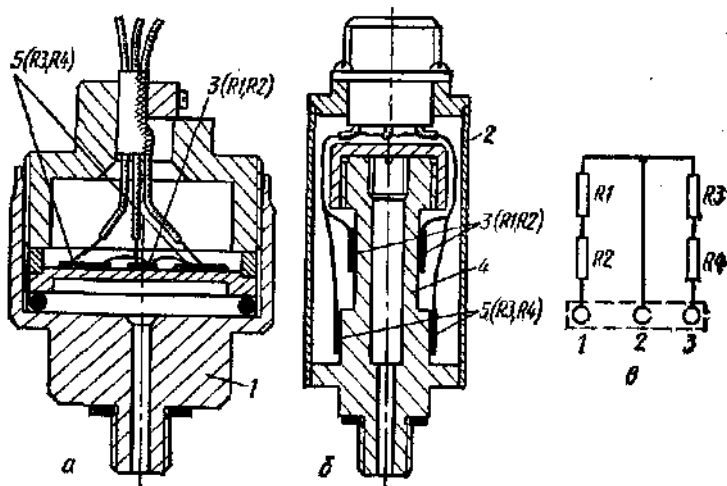


Рис. 91. Тензометрические преобразователи давления:

а — ТДМ; б — ТДД; в — схема их измерительного полумоста; 1 — корпус; 2 — стакан; 3 — рабочие тензорезисторы $R1$ и $R2$; 4 — упругий цилиндр; 5 — компенсационные тензорезисторы $R3$ и $R4$; б — мембрана.

41. Тензометрические преобразователи давления

Тип	Характеристика	Верхние пределы измерения, МПа	Частотный диапазон, Гц	Схемы включения датчика	Габариты мм	Масса, кг
ТДДМ	Для измерения пульсирующего избыточного давления жидкости в гидравлических системах и газа в пневматических системах	0,1; 0,2; 0,5; 1; 2,5	0 . . . 1000	Полумост	∅35×50	0,1
ТДД-2		0,1; 0,2; 0,5; 1; 4; 10; 25; 40	0 . . . 1000	Полумост, мост	∅55×70	0,29
ЛХ-415	Для измерения быстроменяющегося давления жидких и газообразных сред (допускается длительный нагрев мембраны до 200 °С)	1; 1,5; 2; 3; 4	0 . . . 500	Мост	∅53×115	0,5

42. Технические данные преобразователей давления

Тип датчика	Частотный диапазон, Гц	Достоинства	Недостатки	Конструктивные особенности
Реостатный или потенциометрический	0 . . . 50	Высокий уровень выходного сигнала, питание переменным или постоянным током, стабильная статическая характеристика	Большая инерционность, малая разрешающая способность, чувствительность к вибрациям	
Индуктивный	0 . . . 5000	Возможность получения на выходе частотно-модулированного сигнала, использование усилителя переменного тока, стабильная статическая характеристика	Питание только переменным током частотой до 50 кГц	Возможна термокомпенсация чувствительных элементов
Пьезокристаллический (кварцевый)	10 . . . 20 000	Хорошая частотная характеристика, механическая прочность	Высокое выходное сопротивление (10^{13} Ом), отсутствие статической	Для длительной работы при повышенных температурах требуется

§ 7. РЕГУЛЯТОРЫ ДАВЛЕНИЯ И ВАКУУМА

Регуляторы давления предназначены для регулирования в системах давления пара, воды, газа и других сред.

Принцип работы регулятора давления прямого действия РД-32 основан на изменении проходного сечения клапана при изменении входного давления и расхода и на поддержании таким образом постоянного давления регулируемой среды. Положение регулирующего органа определяется равновесием двух сил: упругой деформации пружины настройки и создаваемой давлением на чувствительном элементе. При изменении давления равновесие сил нарушается, чувствительный элемент вместе с регулирующим органом перемещается, вследствие чего изменяют проходное сечение клапана и расход среды и регулируемое давление восстанавливается в пределах зоны пропорциональности.

Регулятор состоит из корпуса 1 (рис. 92) с седлом 2, регулирующего органа 3, сальника 4, выполненных из двух фторопластовых колец, пружины 6, винта 7, гайки настройки 8 и узла 8 чувствительного элемента. Регулятор настраивают на

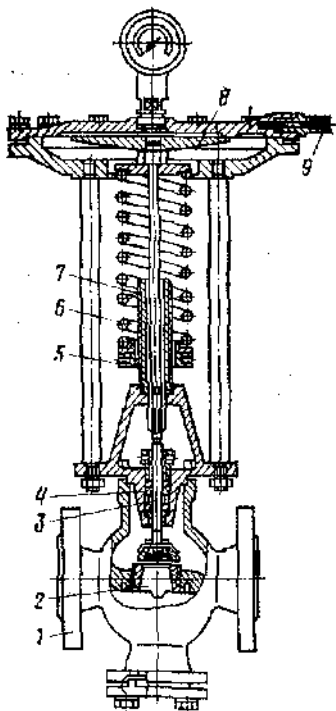


Рис. 92. Регулятор давления РД-32:

1 — корпус; 2 — седло; 3 — регулирующий орган; 4 — сальник; 6 — гайка настройки; 6 — пружина; 7 — винт; 8 — узел чувствительного элемента; 9 — штуцер.

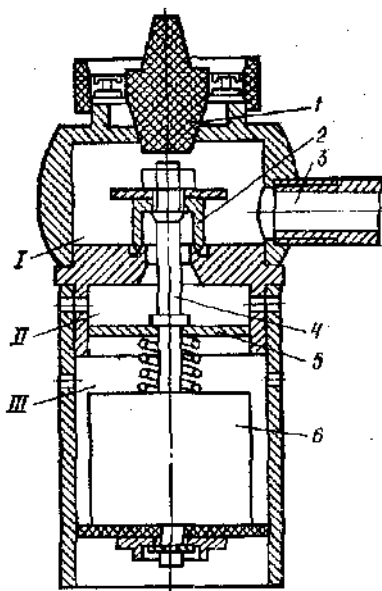


Рис. 93. Трехрежимный быстродействующий вакуум-регулятор:

1 — пробка; 2 — клапан; 3 — трубопровод; 4 — стержень; 5 — диск; 6 — груз; I, II и III — камеры.

Продолжение

Тип датчика	Частотный диапазон, Гц	Достоинства	Недостатки	Конструктивные особенности
Пьезокерамический	3...2000	Хорошая частотная характеристика, сравнительно высокий уровень выходного сигнала	Высокое выходное сопротивление (10^{12} Ом), необходимость использования усилителя постоянного тока, отсутствие стабильной статической характеристики, чувствительность к изменению температуры	То же
Тензометрический	0...2000	Хорошая частотная характеристика, питание переменным и постоянным током, стабильная статическая характеристика	Низкий уровень выходного сигнала, чувствительность к тепловым ударам	Возможна термокомпенсация тензоэлементов

заданное давление, изменяя гайкой осевую деформацию пружины. Регулируемое давление подводится в полость чувствительного элемента через штуцер 9.

Устанавливают регуляторы на горизонтальном участке трубопровода в местах, доступных для осмотра, настройки и регулировки. Диаметр условного прохода трубопровода должен быть равен диаметру условного прохода прибора. Регуляторы располагают вертикально мембранной головкой вверх и крепят так, чтобы направление стрелки на корпусе регулятора совпадало с направлением потока среды в трубопроводе. Импульсную трубку одним концом при помощи гайки соединяют с трубопроводом, к которому для этой цели приваривают штуцер (со стороны выхода регулятора). Другой конец трубки соединяют штуцером с мембранной головкой регулятора.

Убедившись в правильности монтажа, проверяют герметичность линии. Для этого подают среду со стороны входа прибора. При отсутствии утечки регулятор готов к работе.

Включают прибор следующим образом. Гайку настройки перемещают вниз до упора. Открывают запорный вентиль, находящийся за регулятором, затем медленно открывают запорный вентиль перед регулятором. Вращая гайку настройки, настраивают прибор на заданное давление. Давление периодически контролируют по манометру, а утечку среды в местах уплотнений обнаруживают визуально.

Вакуумметрические регуляторы служат для поддержания устойчивого рабочего вакуума в доильной установке, который должен составлять 47 995...53 328 Па. Вакуум-регулятор состоит из корпуса, клапана и груза. При работе насоса на клапан снизу действует сила, возникающая в результате разности атмосферного давления и создаваемого в трубопроводе вакуума. Под действием этой силы клапан поднимается и впускает в магистраль атмосферный воздух. Груз подбирают такой массы, чтобы клапан срабатывал тогда, когда вакуум в трубопроводе достигнет рабочего значения. При уменьшении рабочего вакуума клапан опускается и доступ воздуха в магистраль прекращается. Вакуум-регулятор монтируют у вакуумного насоса. Устанавливают его по уровню.

Трехрежимный вакуум-регулятор (рис. 93) состоит из трех камер: верхней *I*, свободно сообщающейся с вакуумным трубопроводом, средней *II* и нижней *III*, сообщающихся с атмосферой. Клапан 2 и диск 5 регулятора смонтированы на стержне 4 и соответственно разделяют верхнюю, среднюю и нижнюю камеры. Противоположный груз расположен внизу на стержне. Отношение диаметров диска и клапана двукратное. Компенсирующий воздух на всех режимах работы проходит в систему последовательно через атмосферные отверстия, среднюю камеру и клапан. При малых изменениях вакуума в системе незначительная скорость воздуха не вызывает заметных падений давления в средней камере. Если же вакуум в системе меняется и скорость прохождения воздуха по трубопроводу возрастает, то в средней камере давление очень резко падает и возникает разность сил, действующих сверху и снизу на диск. В результате этого между хвостовым отверстием и крышкой образуются круговой зазор. Через него воздух попадает в полость клапана, а оттуда — в систему. По колебательным движениям пробки и ее хвостовика можно приблизительно определить значение вакуума в системе.

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Расходомерами называют приборы для определения количества жидкости, газа или пара, протекающего через поперечное сечение трубопровода в единицу времени. Расходомеры измеряют объемный Q_0 или массовый Q_m расходы, выражаемые в м³/ч, л/с или в кг/с, кг/ч соответственно. Объемный и массовый расходы связаны между собой зависимостью:

$$Q_m = Q_0 \rho, \quad (63)$$

где ρ — плотность жидкости или газа.

Расходомеры подразделяются на следующие типы: переменного и постоянного перепада давления, тахометрические, объемные и др. Наиболее широко применяются расходомеры переменного перепада.

Комплект приборов для измерения расхода методом переменного перепада состоит из сужающего устройства, устанавливаемого в трубопроводе и служащего для измерения перепада давления на сужающем устройстве; вторичного прибора, подключаемого к дифманометру при передаче результатов на расстояние.

В качестве сужающих устройств используют нормализованные диафрагмы. Диафрагмы бывают камерные типа ДК, если давление отбирается из кольцевых камер, и бескамерные типа ДБ при отборе давления через отдельные отверстия. Камерные диафрагмы удобнее и точнее бескамерных, но более трудоемки в изготовлении.

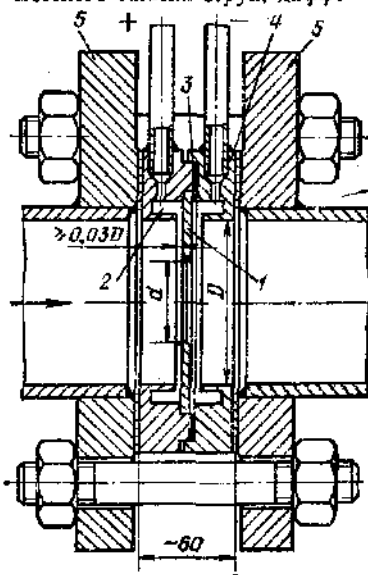


Рис. 94. Камерная диафрагма:

1 — диск; 2 — кольцевая камера;
3 — прокладка; 4 — обойма; 5 —
фланцы

Стандартная камерная диафрагма ДК (рис. 94) состоит из диска с цилиндрическим отверстием 1, имеющим со стороны входа потока острую кромку, а со стороны выхода — сточенную на конус, и двух кольцевых камер 2, предназначенных для отбора давления. Уплотнение камер и диска обеспечивается тонкой промежуточной прокладкой 3. Когда измеряемая среда протекает через отверстие диафрагмы (диаметр которого меньше внутреннего диаметра трубопровода), средняя скорость потока увеличивается, что приводит к уменьшению статического давления. Поэтому давление перед диафрагмой больше, чем за ней. Разность этих давлений называется перепадом давления и служит мерой расхода.

Согласно действующим стандартам камерные нормализованные диафрагмы изготавливаются на условные давления P_n , равные 0,6 МПа; 1,6; 2,5; 4 и 10 МПа для технологических трубопроводов с условными проходами D_n , равными 50 мм; 65; 80; 100; 125; 150; (175); 200; (225); 250; 300; 350; 400; (450) и 500 мм. Диафрагмы, размеры которых приведены в скобках, применять не рекомендуется.

Для измерения перепада давления в сужающем устройстве служат дифманометры различных конструкций: жидкостные, поплавковые, мембранные, силфонные, колокольные.

§ 2. ЖИДКОСТНЫЕ ДИФМАНОМЕТРЫ

Жидкостные дифманометры относятся к двухтрубным приборам. Они обладают простым устройством и большой надежностью в работе. Дифманометры выпускаются типов ДТ-5 и ДТ-50 на рабочее давление соответственно 0,5 и 5 МПа. В первом из них уравновешивающей рабочей жидкостью служит вода, во втором — ртуть.

Ртутный двухтрубный дифманометр состоит из сообщающихся внизу стеклянных измерительных трубок 2 и 16 (рис. 95), закрепленных при помощи сальников в стальных колодках 1 и 5 с каналами. Трубки заполнены до половины высоты ртутью.

В колодке 5 расположены пять игольчатых вентилей. Вентили 8 и 10 служат для продувки соединительных линий, 6 и 12 — для включения и отключения измерительных трубок, 14 — для уравновешивания в них давления при проверке нулевой отметки шкалы. Трубки 2 и 16 соеди-

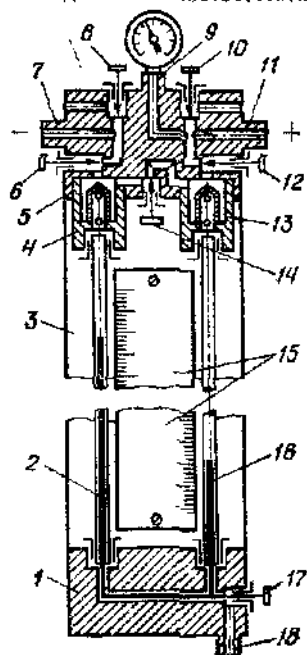


Рис. 95. Схема ртутного двухтрубного дифманометра:

1 и 5 — колодки; 2 и 16 — измерительные трубки; 3 — основание; 4 и 13 — ртутьуплотнители; 6 и 12 — продувочные вентили; 7, 9, 11 и 13 — штуцеры; 8 и 10 — продувочный вентиль; 14 — уравновешивающий вентиль; 15 — шкала; 17 — игольчатый вентиль.

няются с колодкой 3 через камерные ртутеуловители 4 и 13, предотвращающие выброс ртути при случайном превышении измеряемым перепадом давления предельно допускаемого значения. Соединительные линии от сужающего устройства подключаются к боковым штуцерам 11 (плюсовой) и 7 (минусовой) колодки 5 посредством накидных гаек. Штуцер 11 сообщается со штуцером 9, предназначенным для установки трубчато-пружинного манометра, измеряющего давление среды перед сужающим устройством.

В колодке 1 имеется игольчатый вентиль 17, соединяющий через штуцер 18 полость прибора с атмосферой. При помощи этого вентиля и штуцера прибор заполняют ртутью и освобождают от нее.

Между измерительными трубками установлена миллиметровая шкала 15 с нулем посередине. Прибор собран на плоском основании 3.

Устройство водяного дифманометра ДТ-5 аналогично устройству ртутного, но у ДТ-5 отсутствуют ртутеуловители. Предел измерения прибора ДТ-5 составляет 2,5 кПа, а ДТ-50 — 93 кПа.

Основная погрешность показаний двухтрубных дифманометров составляет ± 20 Па; допускаемая температура окружающей среды при измерении 5...35 °С.

§ 3. ПОПЛАВКОВЫЕ ДИФМАНОМЕТРЫ-РАСХОДОМЕРЫ

Поплавковые дифманометры действуют по принципу уравновешивания измеряемого перепада давления высотой столба жидкости в дифманометрической части прибора. Они состоят из сообщающихся сосудов 6 (рис. 96) и минусовой 15 сосудов, соединенных трубкой 2, поплавка 5 и показывающего или регистрирующего механизма. Оба сосуда герметичны; до определенного уровня в них залита жидкость. Ход поплавка дифманометров ДП 35, 25 мм, диаметр плюсового сосуда 78 мм.

Рабочая среда подводится к сосуду 6 под большим (плюсовым) давлением через вентиль 11, к сосуду 15 под меньшим (минусовым) давлением через вентиль 13. Вентиль 12 является уравнительным и при работе прибора закрыт.

Под действием перепада давлений изменяются уровни жидкости в обоих сосудах, что вызывает вертикальное перемещение поплавка 5 и соответственно поворот через рычаг 7, сектор 9 и шестерню магнитопровода магнитной муфты. Магнитопровод обеспечивает синхронную передачу вращения от зубчатой пары на выходную ось. На этой оси расположено лекало, по профилю которого скользит шуп. При вращении лекала шуп поворачивает рычажный механизм и далее перо прибора. Одновременно движение шупа передается и на лекало интегратора, которым оборудованы дифманометры ДП-712Р и ДПМ-712Р.

Поплавковые дифманометры-расходомеры для измерения расхода жидкости, газа или пара выпускаются следующих типов: показывающие ДП-780Р и ДПМ-780Р без дополнительных устройств; ДП-781Р с интегратором; ДП-778Р с сигнальным устройством; ДП-787Р и ДПМ-787Р с пневмодатчиком; самопишущие ДП-710Р, ДПМ-710Р, ДП-710чР и ДПМ-710чР без дополнительных устройств, ДП-712Р и ДПМ-712Р с интегратором. Буква «ч» в типе прибора, как и у других типов дифманометров, обозначает, что привод диаг-

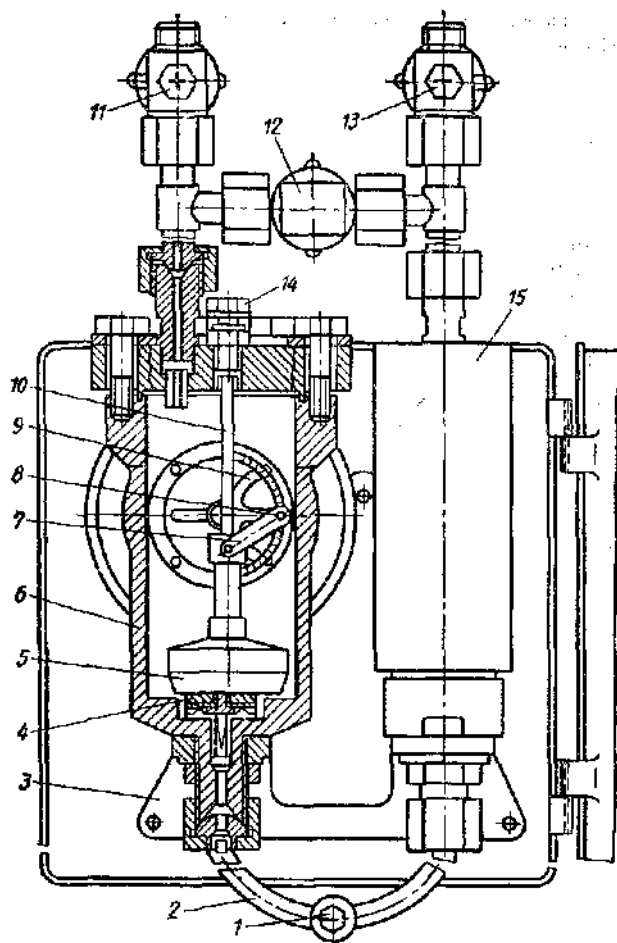


Рис. 96. Поплавковый дифманометр-расходомер типа ДП:

1 — пробка сливного отверстия; 2 — трубка; 3 — кронштейн; 4 — предохранительный клапан; 5 — поплавок; 6 — плюсовой сосуд; 7 — рычаг; 8 — ось; 9 — сектор; 10 — стержень; 11 и 13 — запорные вентили; 12 — уравнивательный вентиль; 14 — пробка заливного отверстия; 15 — минусовой сосуд.

раммы — от часового механизма; у остальных приборов привод диаграммы и интегратора — от синхронного двигателя. Поплавковое устройство в приборах типа ДПМ выполнено с уплотнительной муфтой.

Основные технические данные поплавковых дифманометров-расходомеров приведены в таблице 43.

43. Поплавковые показывающие и самопишущие дифманометры-расходомеры

Тип	Статическое давление измеряемой среды, МПа	Заполнитель поплавкового сосуда	Предельные номинальные перепады давления, кПа	Основная погрешность от верхнего предела измерения, %
ДПМ-710Р ДПМ-710чР ДПМ-712Р	0,25	Масло МВП	0,63; 1; 1,6; 2,5; 4	±1,6 для приборов на перепад давления 0,63 кПа ±1,0 для приборов с остальными перепадами
ДПМ-780Р ДПМ-787Р				
ДП-710Р ДП-710чР ДП-712Р ДП-778Р ДП-780Р ДП-781Р ДП-787Р	25,0	Ртуть	6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100	±1,0

Примечание. Все приборы работают при температуре окружающей среды $-6...+50^{\circ}\text{C}$.

В приборах с пневмодатчиком угол поворота выходной оси магнитной муфты преобразуется в пропорциональное давление сжатого воздуха. Питание пневматического устройства — от системы сжатого воздуха давлением 0,14 МПа, дальность передачи пневматического сигнала до 300 м.

Сигнализирующее устройство приборов имеет два фоторезистора, положение которых определяется задающими стрелками по шкале прибора. Если параметр находится в установленных пределах, горит лампа «Норма». При достижении параметром установленного предела связанная с поплавком шторка открывает щель в крошечейне и лучок света от осветителя падает на фотосопротивление. Срабатывает одно из двух реле, и на приборе загорается сигнальная лампа «Максимум» или «Минимум». Возможна дистанционная передача сигналов.

§ 4. МЕМБРАННЫЕ ДИФМАНОМЕТРЫ-РАСХОДОМЕТРЫ

Мембранные дифманометры-расходомеры выпускаются типов ДМ с дифференциально-трансформаторным преобразователем (дифтрансформатором), ДМ-ЭР с магнитомодуляционным преобразователем и ДМ-П с пневмосиловым преобразователем (табл. 44).

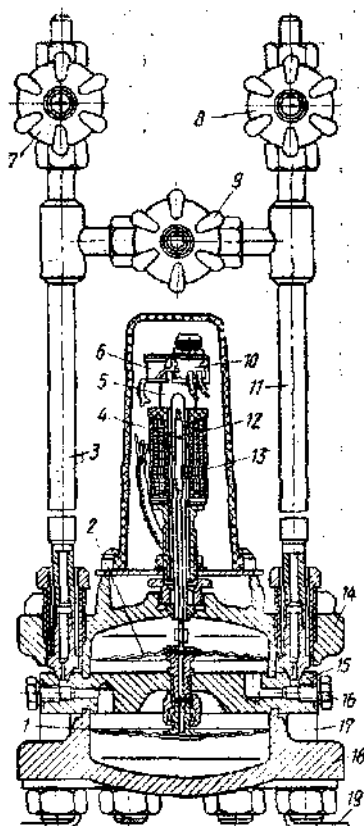
Мембранные электрические дифманометры-расходомеры типа ДМ моделей 3573, 3574, 3582 и 3583 — это взаимозаменяемые приборы с унифицированным выходным параметром (сигналом), относящиеся к ГСП.

200 4. Мембранные дифманометры-расходомеры

Тип	Пределы номинальные перепада давления	Допустимое аб- солютное давление кПа, МПа	Выходной сигнал	Класс точности	Допустимая тем- пература среды, °С
ДМ-3582	40; 63; 100; 160; 250; 400; 630 кПа	83		1,5	
ДМ-3573	1,6; 2,5; 4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63;	6,3	0...10 мПа	1; 1,5	
ДМ-3574	100; 160; 250; 400; 630 кПа	25			+5...+50
ДМ-3583		16	10...10 мПа	1,5	
ДМ-3583Ф					
ДМ-П3	6,3; 10; 16; 25; 40 кПа	10	0,02...0,1 МПа	0,6; 1	-30...+50
ДМ-П4	40; 63; 100; 160 кПа				
ДМ-П1	1; 1,6; 2,5; 4; 6,3; 10 гПа	0,25	0,02...0,1 МПа	1; 1,5;	-30...+50
ДМ-П2	10; 16; 25; 40; 63 гПа	1		2,5	
ДМ-ЭП1	1,6; 2,5; 4; 6,3; 10 кПа	0,25	0,5 мВ 0...20 мА по- стоянного тока	1,5	-30...+50
ДМ-ЭП2	10; 16; 25; 40; 63 кПа	1			
ДМ-ЭР	4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630 кПа	40	0...5 мА посто- янного тока	1,5	0...+50

Рис. 97. Мембранный дифманометр-расходомер типа ДМ (модели 3573 и 3574):

1 и 2 — мембранные коробки; 3 и 11 — импульсные трубки; 4 — сердечник; 5 — скоба; 6 и 10 — постоянный и переменный резисторы; 7 и 8 — запорные вентили; 9 — уравнительный вентиль; 12 — дифтрансформатор; 13 — обмотки дифтрансформатора; 14 и 18 — крышки; 15 — разделительная диафрагма; 16 — пробка; 17 — болт; 19 — основание.



Действие мембранных дифманометров основано на использовании деформации упругого чувствительного элемента при воздействии на него измеряемого перепада давления. Чувствительным элементом служит блок, состоящий из двух мембранных коробок 1 и 2 (рис. 97), закрепленных в разделительной диафрагме 15. Диафрагма расположена между крышками 14 и 18 и затянута болтами 17. В результате образуется две камеры: нижняя (плюсовая) между крышкой 18 и диафрагмой и верхняя (минусовая) между крышкой 14 и диафрагмой. Внутренние полости коробок сообщаются через отверстие в диафрагме. Коробки заполнены дистиллированной водой и герметизированы.

Измеряемое рабочее давление подводится через импульсные трубки 3 и 11, на которых установлены запорные вентили 7 и 8 и уравнительный вентиль 9. На маховичках вентилей нанесены обозначения: на вентиле плюсовой камеры — знак «+», на вентиле минусовой камеры — знак «-», на уравнительном — «0». В диафрагме сделаны клапаны для продувки и заполнения дифманометра.

Из-за перепада давлений в плюсовой и минусовой камерах нижняя мембранная коробка сжимается и жидкость из нее перетекает в верхнюю коробку, которая расширяется, вызывая перемещение сердечника 4 дифтрансформатора 12. Чувствительный элемент деформируется до тех пор, пока силы, вызванные перепадом давления, не уравновесятся упругими силами мембранных коробок. Рабочий ход сердечника 4 составляет 2...5 мм. В зависимости от предельного номинального перепада давления в дифманометре устанавливают мембранные коробки определенной жесткости.

Индукционная катушка дифтрансформатора имеет три обмотки: одну первичную и две вторичные, которые включены навстречу друг другу. Такая же катушка находится во вторичном приборе. Обе катушки соединены и работают по дифференциально-трансформаторной схеме. При перемещении сердечника 4 внутри катушки взаимная индуктивность между первичной и вторичной цепями дифтрансформатора меняется пропорционально измеряемому перепаду давления в пределах 0...10 мГ. Питание первичной обмотки катушки дифтрансформатора — от вторичного прибора переменным током 0,125 А, частотой 50 Гц. Для подсоединения кабеля линии связи служит штепсельный разъем. Электрическая схема соединений дифманометра показана на рисунке 98.

Дифманометры применяют для работы в комплекте со вторичными взаимозаменяемыми дифференциально-трансформаторными приборами типов КСД, КПД, ЭПИД, машинама централизованного контроля и другими приемниками, способными принимать стандартный сигнал в виде взаимной индуктивности.

Свойство взаимозаменяемости позволяет одному вторичному прибору работать совместно с несколькими дифманометрами при периодическом подключении точек измерения, а также быстро заменять вышедший из строя прибор без тарировки комплекта.

Электрическая схема дистанционной передачи показаний дифманометра та же, что и у трубчато-пружинного манометра типа МЭД (см. рис. 85).

Мембранные дифманометры-расходомеры типа ДМ-П (рис. 99) входят в общий комплекс унифицированной систе-

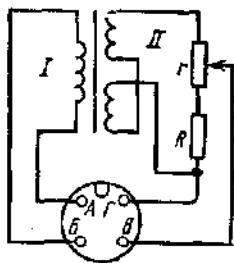
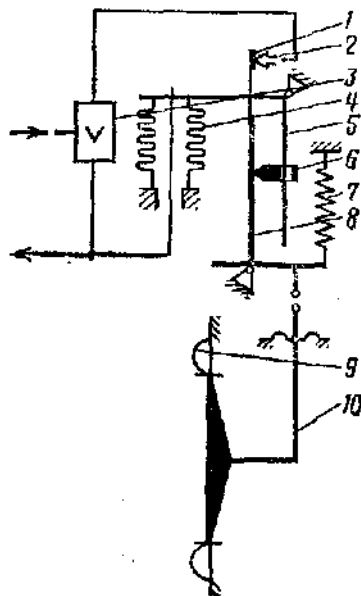


рис. 98. Схема электрических соединений дифманометра-расходомера типа ДМ:

/ и // — первичная и вторичная обмотки дифтрансформатора; А/В — вход, В/ — выход.

Рис. 99. Принципиальная схема дифманометра-расходомера типа ДМ-П:

1 — заслонка; 2 — сопло; 3 — пневматическое реле; 4 — сильфон обратной связи; 5 — Г-образный рычаг; 6 — подвижная опора; 7 — пружина корректора нуля; 8 — Т-образный рычаг; 9 — чувствительный элемент — мембрана; 10 — рычаг вывода.

мы пневматических взаимозаменяемых преобразователей ГСП. Конструктивно они состоят из измерительного блока и пневмосилового преобразователя. Чувствительным элементом измерительного блока служит мембрана 9, которая при изменении перепада давления воздействует через рычаг вывода 10 и T-образный рычаг 8 на подвижные заслонки 1 относительно неподвижного сопла 2 (индикатор рассогласования), что приводит к изменению давления в линии сопла 2 и пневмореле 3.

Возникший на индикаторе сигнал рассогласования через пневматическое реле 3 поступает в сельфон обратной связи 4 и одновременно в линию дистанционной передачи, являясь выходным сигналом дифманометра. Значение этого сигнала прямо пропорционально перепаду давления и изменяется в пределах 0,02...0,1 МПа. Питание пневмореле — от системы сжатого воздуха с давлением 0,14 МПа.

Мембранные дифманометры-расходомеры типа ДМ-ЭР относятся к серии приборов ГСП с электросиловым преобразователем. Они имеют такой же чувствительный элемент, как и мембранный дифманометр типа ДМ (см. рис. 97). Электросиловой квадратичный преобразователь и усилительное устройство их аналогичны соответствующим элементам электрических деформационных манометров типа МП-Э и ММ-Э. Выходной сигнал пропорционален квадратному корню из перепада давления (т. е. расходу) и изменяется в пределах 0...5 мА или 0...20 мА. Питание приборов — от сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц.

§ 3. СИЛЬФОННЫЕ ДИФМАНОМЕТРЫ-РАСХОДОМЕТРЫ

Сильфонные показывающие дифманометры-расходомеры типа ДСП и самопишущие типа ДСС по сравнению с аналогичными поплавковыми приборами обладают большим преимуществом: в них не используется ртуть.

Действие сильфонных дифманометров основано на уравнивании измеряемого перепада давлений силами упругих деформаций сильфонов. Сильфонный блок (рис. 100) имеет две полости А и Б, ограниченные крышками 2 и разделенные основанием 6 и двумя сильфонами 1. К полости А через штуцер 3 подводится большее рабочее давление (плюсовое), к полости Б через штуцер 7 — меньшее (минусовое). Оба сильфона жестко соединены штоком 10, в выступ которого упирается рычаг 5, жестко закрепленный на оси 14. Внутренний конец оси находится на роликовой опоре 16, другой ее конец выходит из сильфонного блока и соединяется с передаточным механизмом записывающего или показывающего устройства. Ось из полости рабочего давления сильфонного блока выходит при помощи торсированной трубки 13. Объем между сильфонами и каналами сильфонного вывода заполнен жидкостью. Конец штока 10, находящийся в минусовой полости, при помощи втулки соединен с винтовыми цилиндрическими (диапазонными) пружинами 8; конец же штока, находящийся в плюсовой полости, закреплен на держателе.

Под действием перепада рабочих давлений возникает сила, которая вызывает деформацию сильфонов и перемещение штока. Эта сила уравнивается упругой деформацией диапазонных пружин 8. Движение штока с помощью рычага 5 вызывает также уп-

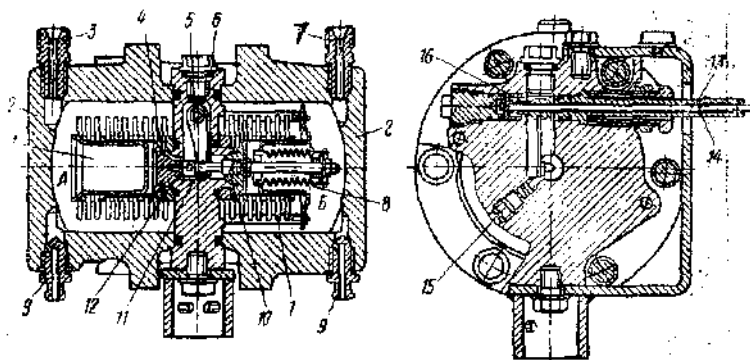


Рис. 100. Сильфонный блок:

1 — сильфоны; 2 — крышки; 3 и 7 — штуцеры; 4 — уплотнительное кольцо; 5 — рычаг; 6 — основание; 8 — диафрагменная пружина; 9 — пробки; 10 — шток; 11 — шарикоподшипник; 12 — кольцо; 13 — торсионная трубка; 14 — ось; 15 — дроссель; 16 — роликовая опора; А и В — полости.

ругую деформацию кручения трубки 13, ось поворачивается и приводит в движение передаточный механизм записывающего или показывающего устройства. Дифманометр имеет демпферное устройство для устранения пульсации. Изменяя проходное сечение отверстия дросселем 15, можно добиться погашения импульсов пульсирующих колебаний. Шкалы и диаграммы сильфонных дифманометров нелинейны, что является одним из основных недостатков этих приборов. Класс точности дифманометров 1 и 1,5. Приборы не должны подвергаться тряске и вибрации.

Верхние пределы измерений по шкале дифманометров-расходомеров выбирают из ряда $A = a \cdot 10^n$, где n — целое число или нуль; a — одно из чисел: 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8. Единицы измерения кг/ч, т/ч, м³/ч, л/ч.

Сильфонные дифманометры-расходомеры дополнительно обозначают буквами Н или В, например ДСП-780Н или ДСП-780В. Приборы, обозначенные буквой В, выпускаются на рабочее давление 32 МПа и имеют предельные номинальные перепады давления 63...160 кПа.

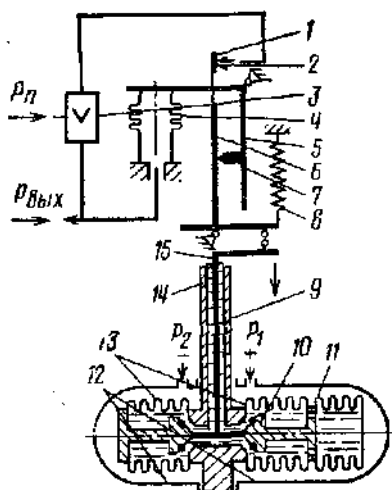
Основные типы и технические данные показывающих и самопишущих сильфонных дифманометров-расходомеров приведены в таблице 45.

Сильфонные дифманометры-расходомеры типа ДС-П с пневмостолым преобразователем входят в ГСП.

Чувствительными элементами измерительного блока 14 (рис. 101) служат сильфоны 13, одним концом жестко связанные с основанием рычага 9, а другим концом — с клапанами 10. Внутренняя полость чувствительных элементов заполнена кремнийорганической жидкостью. Конструкция вывода обеспечивает возможность поворота рычага 9 вместе с траверсой 15 относительно его оси, что позволяет изменять влияние рабочего избыточного давления на выходной сигнал прибора.

Рис. 101. Принципиальная схема дифманометра-расходомера типа ДС-П:

1 — заслонка; 2 — сопло; 3 — пневмореле; 4, 11 и 13 — сильфоны; 5 — Г-образный рычаг; 6 — Т-образный рычаг; 7 — опора; 8 — пружина; 9 — рычаг вывода; 10 — клапаны; 12 — корпус; 14 — измерительный блок; 15 — траверса.



Пневмосилового преобразователя состоит из передаточного механизма (Г-образный рычаг 5 и Т-образный рычаг 6, один конец которого прикреплен к пружине 8 корректора нуля и связан шарниром с траверсой 15 измерительного блока), индикатора рассогласования (сопло 2 — заслонка 1), усилителя 3 и сильфона обратной связи 4.

К плюсовой камере измерительного блока 1 подводят большее давление P_1 , а к минусовой — меньшее P_2 . Под воздействием измеряемого перепада давления на сильфонах 13 измерительного блока прибора возникает пропорциональное перепаду усилие, которое через рычажную систему 5, 6 и 9 измерительного блока и преобразователя автоматически уравновешивается усилием, развиваемым в компенсационном сильфоне 40 обратной связи. При изменении измеряемого перепада давления происходит незначительное перемещение рычажной системы и связанной с ней заслонки 1 индикатора рассогласования.

Возникший на индикаторе сигнал рассогласования через пневматический усилитель 3 поступает в сильфон обратной связи и одновременно в линию дистанционной передачи. Величина этого сигнала прямо пропорциональна измеряемому перепаду давления и изменяется в пределах 0,02...0,1 МПа.

В качестве вторичных приборов применяются пневматические приборы типов ПВ1.3, ППВ1.2 и др.

Сильфонные дифманометры-расходомеры типа ДС-ЭР относятся к серии приборов ГСП с электросиловым преобразователем. Конструктивно прибор состоит из измерительного сильфонного блока и электросилового квадратичного преобразователя. Данные дифманометры имеют ту же структурную и принципиальную схему, что и сильфонные манометры типа МС-Э (см. рис. 87, б). Значение выходного сигнала пропорционально квадратному корню из перепада давления и изменяется в пределах 0...5 мА или 0...20 мА. Питание приборов — от сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц.

Основные типы и технические данные дифманометров типов ДС-П и ДС-ЭР приведены в таблице 46.

45. Сильфонные показывающие дифманометры-расходомеры ДСП и самопишущие ДСС

Тип	Дополнительные устройства	Предельные номинальные перепады давления, кПа	Статическое давление измеряемой среды, МПа	Допустимая температура окружающей среды, °С
ДСС-710Н(В) ДСС-710чН(чВ) ДСП-780Н(В)	Без дополнительного устройства	6,3; 10; 16; 25; 40; 63; (63; 100; 160)	6,3; 16; (32)	±5...+50
ДСС-712Н(В) ДСП-781Н(В)	С интегратором			
ДСС-732Н(В)	С интегратором и дополнительной записью давления			
ДСС-734Н(В) ДСС-734чН(чВ)	С дополнительной записью давления			
ДСП-778Н(В)	С сигнализирующим устройством			
ДСП-786Н(В)	С электрическим датчиком постоянного тока			
ДСП-787Н(В)	С пневмодатчиком			
ДСС-711Ин	Без дополнительного устройства	6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630	16; 32	-10...+50
ДСП-160М		25; 40; 63; 100; 160; 250	2,5	-50...+90

48. Сильфонные дифманометры-расходомеры типов ДС-П и ДС-ЭР

Тип	Наименование	Предельные номинальные перепады давления, кПа	Выходной сигнал	Класс точности	Допустимое давление измеряемой среды, МПа	Допустимая температура окружающей среды, °С		
ДС-ЭР3	Бесшкальный с электрическим преобразователем постоянного тока	4	0...5 или 0...20 мА постоянного тока	1,5	10; 40	-50...+50		
ДС-ЭР4		6,3; 10; 16; 25		1; 1,5				
ДС-ЭР5		40; 63; 100; 160						
ДС-ЭР3		250; 400; 630						
ДСЭР		1; 1,6; 2,5; 4	0...5 мА постоянного тока	1,5	0,025	+5...+50		
ДС-П3	Бесшкальный с пневматическим преобразователем	4	0,02...0,1 МПа	1,5	10; 40	-30...+50		
ДС-113-1		6,3; 10; 16; 25		1; 1,5				
ДС-П3-1В		6,3; 10; 16; 25		1			10	
ДС-П4		40; 63; 100; 160		1			32	-50...+50
ДС-П4-1В		40; 63; 100; 160		0,6; 1; 1,5			10; 40	
ДС-П5		250; 400; 630		0,6; 1; 1,5	10; 40	-50...+50		

§ 6. ВЫБОР И УСТАНОВКА ДИФФАНОМЕТРОВ-РАСХОДОМЕРОВ ПЕРЕМЕННОГО ПЕРЕПАДА

Технический дифманометр-расходомер выбирают, исходя из характеристики прибора и условий измерения.

Предельный номинальный перепад давления ΔP_n дифманометра выбирают из нормального ряда чисел, учитывая то, что при заданном расходе среды чем больше перепад, тем меньше относительная площадь m отверстия сужающего устройства. Для круглой формы отверстий $m = d^2/D^2$ (см. рис. 94), где d и D — проходные сечения сужающего устройства и трубопровода. Уменьшение m повышает точность измерения, сокращает длину прямых участков трубопровода и снижает влияние отклонения действительного диаметра трубопровода от расчетного. Однако при этом возрастает потеря давления в сужающем устройстве. Поэтому если задано значение допустимой потери давления, то перепад ΔP_n выбирают с учетом этого значения. Если потеря давления в сужающем устройстве не имеет существенного значения, перепад ΔP_n принимают таким, чтобы m было близко к 0,2.

Большое влияние на точность измерений оказывают сужающие устройства в трубопроводах. Такое устройство следует устанавливать весьма тщательно, предварительно проверив соответствие его диаметру трубопровода и номеру дифманометра. Лучше всего его установить на прямолинейном участке трубопровода, а не у колена, задвижки и т. п. В противном случае возникают дополнительные, не поддающиеся учету погрешности измерения. Регулирующие задвижки и вентили рекомендуется ставить за сужающим устройством. Длина прямого участка до камерной диафрагмы и за ней должна быть не менее шести диаметров трубопровода. Некруглость сечения трубопровода на длине, равной двум диаметрам трубопровода, перед диафрагмой не должна превышать $\pm 0,5\%$ (определяется с помощью питангенциркуля в двух поперечных сечениях). На внутренней поверхности участка трубопровода, равной двум его диаметрам, перед и за диафрагмой не должно быть видимых невооруженным глазом уступов, наростов и неровностей. Фланцы трубопровода, между которыми монтируют диафрагму, должны быть взаимно параллельны и перпендикулярны оси трубопровода. Неперпендикулярность входного торца сужающего устройства его оси не должна быть более $0,5^\circ$. Уплотнительные прокладки между диафрагмой и фланцами не должны выступать за внутреннюю полость трубопровода. Острая кромка диафрагмы должна располагаться со стороны входа потока. Направление потока должно соответствовать направлению стрелки на кольцевой камере; камеру «+» устанавливают со стороны входа потока.

После установки сужающего устройства диафрагму центрируют по фланцевым болтам, выверяя зазоры между ними и диафрагмой. Смещение оси отверстия устройства относительно оси трубопровода не должно превышать 0,6 мм для труб диаметром менее 200 мм и 1 мм — для труб диаметром 200...500 мм.

При измерении расхода жидкости располагают дифманометр-расходомер ниже сужающего устройства (рис. 102, а), для того чтобы воздух не попадал из трубопровода в соединительные линии. Если это сделать невозможно, то его устанавливают выше сужаю-

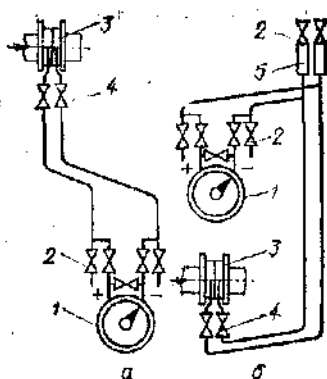


Рис. 102. Схема установки дифманометра при измерении расхода жидкости:

а — ниже сужающего устройства;
б — выше сужающего устройства;
 1 — дифманометр; 2 — продувочный вентиль; 3 — сужающее устройство; 4 — запорный вентиль; 5 — газосборник.

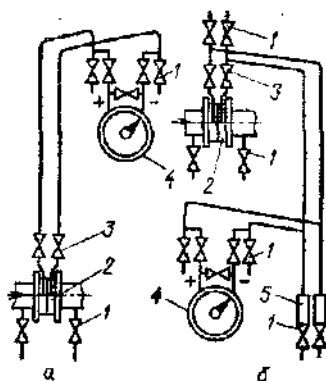


Рис. 103. Схема установки дифманометра при измерении расхода газа (воздуха):

а — выше сужающего устройства;
б — ниже сужающего устройства;
 1 — продувочный вентиль; 2 — сужающее устройство; 3 — запорный вентиль; 4 — дифманометр; 5 — отстойный сосуд.

щего устройства (рис. 102, *б*). При этом в верхних точках линий помещают газосборники с продувочными вентилями.

При измерении расхода газа (воздуха) дифманометр устанавливают выше сужающего устройства (рис. 103, *а*). В случае обратного расположения в низших точках соединительных линий ставят отстойные сосуды для улавливания конденсата (рис. 103, *б*).

При измерении расхода пара устанавливают дифманометр ниже сужающего устройства.

Приборы устанавливают и взаимно располагают таким образом, чтобы обеспечить наибольшую точность измерений, свободный доступ к запорным и настраивающим устройствам и достаточную освещенность шкал и диаграмм. Для удобного обслуживания шкала прибора должна находиться на уровне 1200...1700 мм от пола.

Дифманометры-расходомеры устанавливают по уровню и отвесу на стене или полу при помощи типовых конструкций «Узлы крепления и обвязки дифманометров». При монтаже на стене применяют унифицированные кронштейны и подставки, а при напольной установке — стойки и подставки. Обвязку дифманометров, устанавливаемых на кронштейнах или опорах, выполняют по типовым конструкциям из нормализованных отводов.

Соединительные (импульсные) линии между дифманометром и диафрагмой независимо от измеряемой среды прокладывают по кратчайшему расстоянию вертикально или с уклоном не менее 0,1 в сторону продувочных вентилях, газосборников или отстойных сосудов. Во избежание запаздывания показаний длина соединительных линий от места отбора перепада давлений до дифманометра не должна превышать 50 м, а внутренний диаметр труб должен быть не менее 8 мм.

Линии должны быть герметичны, легко разбираться для проверки или очистки. Обе линии, ведущие к дифманометру (плюсовая и минусовая), должны находиться в одинаковых температурных условиях.

Для измерения расхода неагрессивных жидкостей, пара или газа соединительные линии обычно прокладывают из стальных водопроводных труб (ГОСТ 3262—75) или бесшовных (ГОСТ 8734—75).

При монтаже дифманометров-расходомеров последовательность операций такая: устанавливают на трубопроводе камерную диафрагму; размечают и устанавливают узел крепления дифманометра (кронштейн, подставку); подготавливают и устанавливают узел обвязки дифманометра; устанавливают дифманометр и подключают к нему узел обвязки; подготавливают и монтируют соединительную линию от диафрагмы до дифманометра; устанавливают продувочную и (при необходимости) дренажную линии; подсоединяют дифманометр к питающей сети через штепсельный разъем.

§ 7. РОТАМЕТРЫ

Ротаметры относятся к расходомерам постоянного перепада давления, служащим для измерения объемного расхода жидкости или газа. Принцип действия ротаметра заключается в том, что при движении жидкости или газа снизу вверх через коническую трубку поплавочный внутри нее поплавок поднимается или опускается до тех пор, пока сила его тяжести не уравновесивается выталкивающей силой. Вследствие этого каждому значению расхода среды, проходящей через ротаметр при определенной плотности и вязкости, соответствует вполне определенное положение поплавка.

Ротаметры выпускают со шкалой для местных измерений и без шкалы (с дистанционной электрической или пневматической системой передачи показаний). Первые выполняются стеклянными, а вторые — металлическими.

Стекланные ротаметры имеют диаметр условного прохода 4...40 мм с верхними пределами измерения расхода по воде 0,025...3 м³/ч и по воздуху 0,063...40 м³/ч.

Ротаметры с электрической дистанционной передачей показаний состоят из двух блоков — ротаметрического и электрического. Основным элементом ротаметрического блока служит поплавок 2 (рис. 104), перемещающийся внутри кольцевой диафрагмы 1 (или грибовидный поплавок, движущийся внутри вертикально расположенной конической трубки). Электрический блок состоит из индукционной катушки 3 с сердечником 4, жестко связанным с поплавком 2. Катушка включена в дифференциально-трансформаторную схему дистанционной передачи показаний. Электрический блок прибора защищен разделительной трубкой 5 от попадания в него измеряемой среды. Снаружи катушка закрыта кожухом.

Ротаметры электрического типа РЭ бывают в двух исполнениях: РЭ — пыле- и взрывозащищенном; РЭВ — взрывозащищенном.

Основные типы и технические данные ротаметров с электрической дистанционной передачей показаний приведены в таблице 47.

В ротаметрах существует сложная зависимость между конической трубкой и поплавком, а также между расходом и вязкостью

Рис. 164. Ротаметр РЭ с электрическим выходным сигналом:

1 — кольцевая диафрагма; 2 — поплавок; 3 — индукционная катушка; 4 — сердечник; 5 — разделительная трубка.

среды, поэтому они требуют индивидуальной градуировки и поверки. Для этих операций используют воду при температуре $20 \pm \pm 3^\circ\text{C}$.

Наименьший предел измерения ротаметрами составляет 20 % от верхнего значения, основная погрешность измерения — 2,5 %. Рабочее давление измеряемой среды 0,6; 1,6 или 6,3 МПа. Температура измеряемой среды $-40 \dots +70^\circ\text{C}$, а окружающего воздуха $-30 \dots +50^\circ\text{C}$.

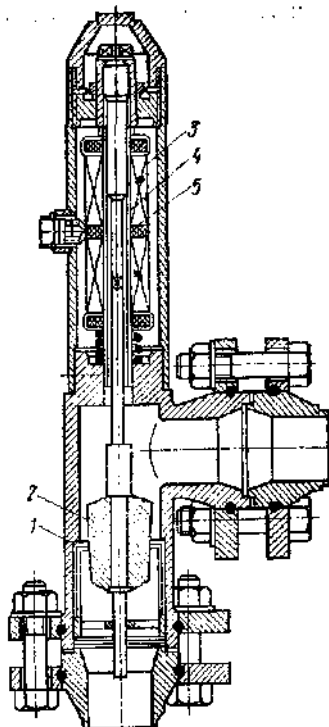
Расходомеры данного типа применяются для измерения мгновенного и среднего значений объемного расхода топлива при определении технического состояния дизелей тракторов, комбайнов, автомобилей.

Измеритель расхода топлива автотракторных двигателей КИ-12342 состоит из двух ротаметрических электрических преобразователей типа РЭ с пределами измерения $0,025 \text{ м}^3/\text{ч}$ (с условным проходом 6 мм) и $0,063 \text{ м}^3/\text{ч}$ (с условным проходом 10 мм); электронного блока преобразования; стрелочного индикатора, соединительных шлангов и соединительных штуцеров.

Ротаметрический преобразователь подключается в топливную магистраль двигателя между фильтром грубой очистки топлива и входом подкачивающей помпы. Расход топлива вызывает перемещение поплавка в ротаметре, которое с помощью дифференциального трансформатора преобразуется в электрический сигнал. Далее этот сигнал схемой электрического блока преобразуется в сигнал постоянного напряжения $0 \dots 20 \text{ мА}$ или постоянного тока $0 \dots 100 \text{ мкА}$ и подается на стрелочный прибор, шкала которого проградуирована в единицах расхода (л/ч).

Прибором КИ-12342 измеряют расход топлива в диапазоне от 2 до 70 л/ч. Он устойчив к вибрации до 25 Гц с амплитудой до 0,1 мм без нарушения работоспособности и метрологических параметров, может быть использован в стационарных и полевых условиях при оценке технического состояния двигателей.

Для измерения расхода топлива в двигателях внутреннего сгорания применяют также поршневые расходомеры, тахометрические, весового типа, которые рассматриваются в специальной литературе.



47. Ротаметры с электрической дистанционной передачей показаний

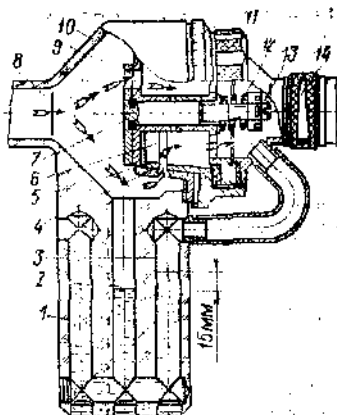
Тип	Верхний предел измерения расхода по воде, м ³ /ч	Диаметр условного прохода, мм	Габариты, мм
РЭ-0,025Ж	0,025	6	270×120×50
РЭВ-0,025Ж	0,025	6	290×190×50
РЭ-0,04Ж	0,04	6	270×120×50
РЭВ-0,04Ж	0,04	6	290×190×50
РЭ-0,063Ж	0,063	10	270×120×50
РЭВ-0,063Ж	0,063	10	290×190×50
РЭ-0,1Ж	0,1	10	385×166×112
РЭВ-0,1Ж	0,1	10	396×220×150
РЭ-0,16Ж	0,16	15	385×166×112
РЭВ-0,16Ж	0,16	15	396×220×150
РЭ-0,25Ж	0,25	15	385×166×112
РЭВ-0,25Ж	0,25	15	396×220×150
РЭ-0,4Ж	0,4	15	385×166×112
РЭВ-0,4Ж	0,4	15	396×220×150
РЭ-0,63Ж	0,63	25	438×194×136
РЭВ-0,63Ж	0,63	25	443×235×164
РЭ-1Ж	1	25	438×194×136
РЭВ-1Ж	1	25	443×235×164
РЭ-1,6Ж	1,6	40	438×194×136
РЭВ-1,6Ж	1,6	40	443×235×164
РЭ-2,5Ж	2,5	40	438×194×136
РЭВ-2,5Ж	2,5	40	443×235×164
РЭ-4Ж	4	40	438×194×136
РЭВ-4Ж	4	40	443×235×164
РЭ-6,3Ж	6,3	70	560×301×212
РЭВ-6,3Ж	6,3	70	560×301×212
РЭ-10Ж	10	70	560×301×212
РЭВ-10Ж	10	70	560×301×212
РЭ-16Ж	16	100	560×301×212
РЭВ-16Ж	16	100	560×301×212

§ 8. ДРОССЕЛЬНЫЙ РАСХОДОМЕР ПОСТОЯННОГО ПЕРЕПАДА

Для определения степени изношенности деталей цилиндропоршневой группы и плотности прилегания клапанов механизма газораспределения работающего двигателя применяют индикатор расхода газов КИ-4887 ГОСНИТИ. Он состоит из дроссельного расходомера постоянного перепада давления с жидкостным дифференциальным манометром 2 и 3 (рис. 105) для контроля перепада давления в дросселирующем устройстве, дросселя 14 и жидкостного манометра 1 и 2 для регулирования и контроля давления на входе в расходомер, соединительных шлангов и эжектора для отсоса газов.

Рис. 105. Индикатор расхода газов ИИ-4887 ГОСНИИ:

1, 2 и 3 — измерительные трубки и сверления в корпусе, сообщающиеся между собой в нижней части; 4 и 5 — втулки дросселирующего устройства; 6 — дросселирующее отверстие; 7 — заслонка; 8 — впускной патрубок; 9 — калиброванное отверстие; 10 — корпус прибора; 11 — шкала; 12 — пружина; 13 — выпускной патрубок; 14 — дроссель.



Действие прибора основано на зависимости количества газов, проходящих через дроссельный расходомер, от площади проходного сечения дросселирующего отверстия при заданном постоянном перепаде давления в дифференциальном манометре.

Дросселирующее устройство образовано двумя втулками 4 и 5. Эти втулки плотно соединены в результате предварительной совместной притирки их по конусным поверхностям и поджаты одна к другой распорной пружиной 12. Втулка 4 жестко закреплена на корпусе 10. Втулка 5 может поворачиваться относительно втулки 4. На половине окружности конусной части обеих втулок имеются поперечные щели, позволяющие плавно изменять площадь дросселирующего отверстия 6 при повороте втулки 5.

При постоянном перепаде давления в дросселирующем устройстве количество газов, проходящих через дросселирующее отверстие 6, будет зависеть только от площади отверстия, являющейся мерой расхода. Шкала 11 прибора тарируется при перепаде давления в дросселирующем устройстве, равном 150 Па, путем изменения площади проходного отверстия 6. Перепад давления устанавливается по дифференциальному манометру, измерительные трубки которого находятся в сверлениях 2 и 3 корпуса 10.

Для увеличения диапазона измерений в дне неподвижной втулки 4 имеется дополнительное калиброванное отверстие 9, прикрываемое заслонкой 7.

При проверке технического состояния цилиндропоршневой группы индикатором измеряют расход прорывающихся в картер двигателя газов. При проверке герметичности клапанов измеряют через закрытый клапан расход воздуха, подаваемого под постоянным давлением в камеру сгорания цилиндра.

Прибор может быть использован в стационарных и полевых условиях. Пределы измерения расхода 2...100 л/мин без дополнительных отверстий и 80...178 л/мин при открытых дополнительных отверстиях. Цена деления шкалы 2 л/мин. Масса прибора 4,7 кг. счетчика жидкости дополнительного

Лит: 4 — кулачок ротора; 6 — измерительная уплотнительная.

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Поток жидкости или газа количественно характеризуется средней скоростью и расходом.

Средняя скорость потока — это отношение объемного расхода к площади поперечного сечения потока. Физически средняя скорость представляет собой постоянную во всех точках сечения скорость, однако вследствие влияния сил вязкости скорость по сечению потока распределяется неравномерно. Максимальную скорость поток имеет в центре сечения. При удалении от центра к стенкам трубы скорость потока уменьшается до нуля.

Счетчики — это приборы, измеряющие количество вещества или суммарный расход. Счетчики отсчитывают количество жидкости, протекающей по трубопроводу и через прибор за определенный промежуток времени (л/ч, м³/ч и т. д.).

Отсчет ведется непрерывно в течение всего срока службы, в нарастающем порядке.

Для того чтобы определить, сколько жидкости протекло за определенный промежуток времени, замечают показания счетчика в начале и в конце учетного периода. Разность показаний равна расходу жидкости за период измерения.

Счетчики количества по принципу действия подразделяются на скоростные, объемные, весовые, по виду измеряемой среды — на счетчики жидкостей и газов. Объемные счетчики измеряют количество протекающей жидкости по объему; скоростные — ее количество по скорости движения потока. По принципу измерения скорости потока работают скоростные (или турбинные), шариковые, ультразвуковые, термоанемометрические и индукционные счетчики.

§ 2. СЧЕТЧИКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Счетчики жидкости лопастного типа предназначены для измерения объемами количества нефтепродуктов и других неагрессивных жидкостей вязкостью до 300 мм²/с.

Действие прибора основано на периодическом отсекании определенных объемов жидкости в процессе вращательного движения лопастей вращающемся вращающемся в полости между лопастями и регулирующим устройством. За один оборот ротора отсчет в расходомер, соединительных шлангах вместимость измерительной жидкости.

Учет количества жидкости, проходящей через камеру 5, основан на отсчете числа оборотов ротора, вращение которого с помощью кинематической связи передается на отсчетную головку. Суммарный механизм состоит из двухстрелочного (разового) и шестибарabanного (суммарного) счетных указателей. Счетная головка снабжена механизмом сброса показаний разового количества на нулевую отметку.

Унифицированный шестеренный счетчик жидкости типа ШЖУА-60-16 предназначен для измерения жидкостей с вязкостью от 0,55 до 300 мм²/с (мазута, масел, бензина, керосина и др.).

Счетчик состоит из измерительной камеры с овальными шестернями, передаточного механизма и счетной головки с устройством сброса показаний стрелочного указателя на нуль.

Принцип действия счетчика заключается в следующем. В измерительной камере 5 (рис. 107) расположены две овальные шестерни 3 и 4, находящиеся в непрерывном зацеплении между собой и обкатывающие одна другую. Со стороны входа жидкости в камеру 5 создается давление, а со стороны выхода вследствие расхода потребителями — значительное понижение его. Под действием разности (перепада) давлений в трубопроводе до и после счетчика вращаются шестерни.

Ведущей шестерней служит поочередно то одна, то другая. Каждая из них за половину своего оборота отсекает и вытесняет объем жидкости, равный $\frac{1}{4}$, а за полный оборот — $\frac{1}{2}$ объема измерительной камеры. Обе шестерни за один оборот вытесняют количество жидкости, равное объему измерительной камеры. Вращение шестерен посредством магнитной муфты и передаточного механизма передается стрелочному указателю и счетному механизму.

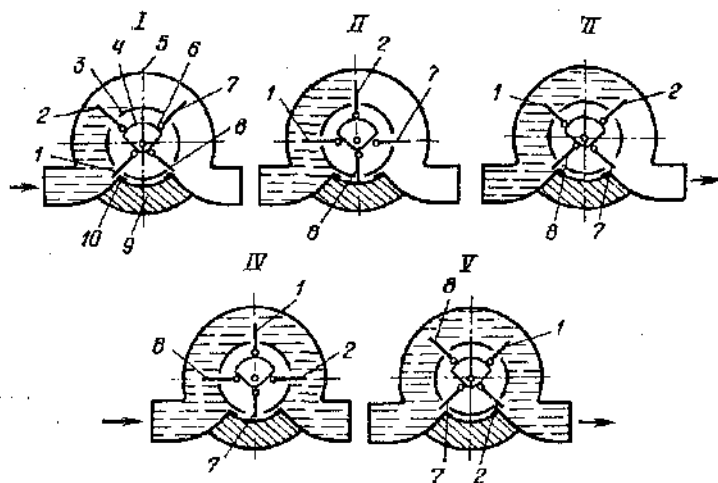


Рис. 106. Схема работы объемного счетчика жидкости лопастного типа:

1, 2, 7 и 8 — лопасти; 3 — барабан; 4 — кулачок ротора; 5 — измерительная камера; 6 — ролик; 9 — корпус; 10 — уплотнение.

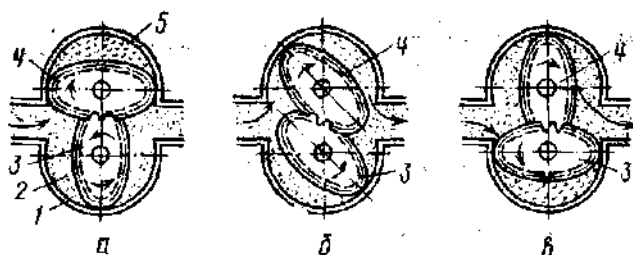


Рис. 107. Схема работы счетчика с овальными шестернями:

a — первое исходное положение; *б* — второе положение (через $\frac{1}{4}$ оборота); *в* — третье положение (через $\frac{3}{4}$ оборота); 1 — корпус; 2 — приемная камера; 3 и 4 — шестерни; 5 — измерительная камера.

Роликовый счетный указатель учитывает общее количество прошедшей через счетчик жидкости, а стрелочный указатель — разовые объемы.

Счетчик имеет счетную головку с однострелочным указателем и устройство для установки стрелок в исходное положение.

Счетчик устанавливают на линиях с движением потока слева направо, справа налево, сверху вниз и снизу вверх так, чтобы направление стрелки на кожухе счетчика совпало с направлением потока жидкости в трубопроводе.

При пропускании через счетчик жидкостью вязкостью выше $1,1 \text{ мм}^2/\text{с}$ устанавливают фильтр, при $0,55 \dots 1,1 \text{ мм}^2/\text{с}$ — фильтр-газоотделитель. Эксплуатация счетчика без фильтра категорически запрещена.

Не допускается использование счетчика на линиях со значительной пульсацией давления.

Технические данные счетчика ШЖУА-60-16

Условный проход, мм	60
Номинальный расход жидкости, $\text{м}^3/\text{ч}$, при вязкости, $\text{мм}^2/\text{с}$	
0,55...1,1	17
1,1...6	16
6...60	12
60...300	11
Рабочее давление, МПа	1,6
Температура, °С, жидкости	
измеряемой	-40...+50
проверочной	20±5
Пределы основной допустимой относительной погрешности при температуре проверочной жидкости, %	±0,5
Допустимая потеря давления при максимальном расходе, МПа	До 0,05
Верхний предел показаний, л, счетного указателя	
роликового	9 999 900
стрелочного	100

Цена деления: д; указателя

роликового 100
стрелочного 1

Вероятность безотказной работы в течение 2 000 ч Не менее 0,9

Мазутомер с показывающей головкой и электрической передачей на вторичный показывающий, самопишущий или суммирующий прибор приводится в действие протекающей через него жидкостью, количество которой при этом измеряется.

Устройство его следующее. В четырехцилиндровом блоке находится четыре поршня. Два из них попеременно опускаются под давлением жидкости, поступающей в цилиндры из входной камеры, а два в это время поднимаются, выталкивая жидкость в выходную камеру.

Камеры разделены сифоном. Штоки поршней соединены шаровыми шарнирами с диском и при движении обкатываются по опорной поверхности шайбы.

Золотниковый диск перемещается синхронно с движением поршня и поочередно сообщает цилиндры с камерами. При каждом ходе поршня в выходную камеру выталкивается определенный объем жидкости. Число ходов поршней и число оборотов кривошипного валика, перемещающего диск, пропорциональны количеству жидкости, протекающей через гидродвигатель.

Вращение кривошипного валика передается на фрикционный тахометр.

Диск тахометра вращается с постоянной угловой скоростью и прижимается к ролику, который перемещается по диску до тех пор, пока их угловые скорости одинаковы. Перемещение ролика по оси преобразуется реечной зубчатой передачей в поворот стрелки, показывающей расход контролируемой среды.

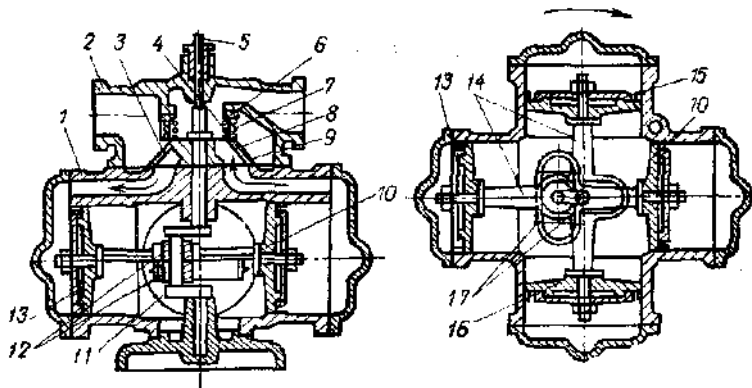


Рис. 108. Четырехпоршневой счетчик бензина:

1 — блок; 2 — распределительная головка; 3 и 6 — входное и выходное отверстия; 4 — винтовая пружина; 5 — винт; 6 — опорное кольцо; 7 — гофрированная пружина; 8 — золотник; 10, 13, 15 и 16 — поршни; 11 — коленчатый вал; 12 — ролики; 14 — шток; 17 — кулеса.

Четырехпоршневые счетчики используют для учета бензина, мазута, масла и других вязких жидкостей.

На рисунке 108 показан четырехпоршневой счетчик бензина, устанавливаемый на топливозаправочных колонках. Поршни 10, 13, 15 и 16 счетчика расположены в четырехцилиндровом блоке, они уплотнены дожанными манжетами. Над блоком находится распределительная головка 2.

Золотник 9 в виде усеченного конуса через входное 3 и выходное 8 отверстия сообщает поочередно цилиндры, в которых перемещаются поршни. Плотность прилегания золотника, притертого к опорным поверхностям корпуса, достигается с помощью пружин 7. Жидкость поступает к поршню, находящемуся в крайнем положении, и одновременно к поршню, уже прошедшему половину пути. При этом два других поршня перемещают уже отмеренную жидкость к выходному отверстию и будут продолжать первоначальное движение, пока также не займут крайнее положение. Таким образом осуществляется непрерывная подача жидкости. При движении поршней приводится в движение и коленчатый вал, а вместе с ним — золотник, связанный со счетным механизмом.

Максимальная подача равна $2,4 \text{ м}^3/\text{ч}$, погрешность измерения $\pm 0,5 \%$. Один оборот коленчатого вала соответствует расходу 500 см^3 жидкости. Максимальная частота вращения вала 80 об/мин.

Шариковые счетчики типа «Вихрь». В них скорость потока измеряется при помощи шарика, помещенного в рабочей полости прибора. Перед рабочей полостью расположено направляющее устройство типа заторможенной турбинки. Поток, проходя через направляющее устройство, приобретает угловую скорость, пропорциональную линейной скорости потока, и увлекает шарик. Угловую скорость шарика измеряют при помощи магнитондукционных устройств, сигнал от которых посредством нормирующего преобразователя превращается в унифицированный электрический сигнал $0...5 \text{ мА}$ постоянного тока.

§ 3. СЧЕТЧИКИ МОЛОКА

Счетчик молока УЗМ-1 (устройство зоотехнического учета молока) используют на молочнотоварных фермах для постоянного контроля удоя каждого животного. Счетчик присоединяют между доильным аппаратом и молокопроводом.

Молоко из аппарата через отверстие в патрубке 7 (рис. 109) поступает в приемную камеру I, откуда через отверстия 8 и 11 перетекает в камеру II и заполняет ее. По мере заполнения камеры II поплавок 5 всплывает и перекрывает доступ молока в камеру III. Воздух, поступающий в камеру II, плотно прижимает поплавок 5 к отверстию 8, и в камере II создается повышенное давление. 2 % общего количества молока из камеры III через калиброванное отверстие 11 направляется в мензурку I, а остальное — в сливную камеру III и через патрубок 22 отсасывается в молокопровод.

После полного вытеснения молока из камеры II начинает отсасываться воздух. Давление в камере II уравнивается с давлением в камерах I и III. Поплавок 5 под действием собственной массы падает, тем самым открывает доступ молока в камеру I, и весь процесс повторяется.

Рис. 109. Счетчик молока УЗМ-1;

1 — мензурка; 2 — рукоятка; 3 — шток; 4, 15, 18 и 24 — пробки; 5 — поплавок; 6 — стенка камеры; 7, 8, 11 и 13 — отверстия; 9 и 23 — трубки; 10 — коллак; 12 — отражатель; 14 — жиклер; 16 — крючок; 17, 21 и 22 — патрубки; 19 — палец; 20 — замок; I, II, III — камеры.

Для определения количества полученного молока по окончании доения его удаляют из камеры II, перекрывая поплавком 5 отверстие в камере II. По уровню молока, поступившего в мензурку I, находят надой.

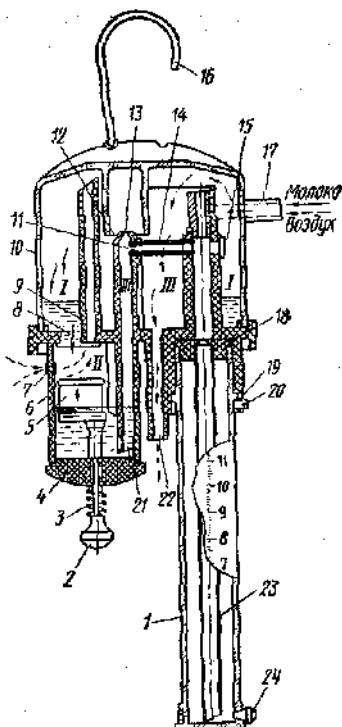
Шкала мензурки отградуирована в килограммах. Одно деление соответствует 100 г молока, прошедшего через счетчик. Надоенное молоко взвешивают с точностью до 10 г и определяют разницу между показанием счетчика и фактическим количеством молока. При разнице показаний, превышающей 3 %, проходное сечение отверстия II регулируют жиклером 14. При повышенных значениях жиклер заворачивают на 0,5 оборота, при заниженных — отвертывают.

Групповой счетчик молока типа МГБ предназначен для автоматического учета количества молока при доении группы коров в молокопровод.

Счетчик состоит из двух измерителей объема, двух успокоителей, одного двухканального сумматора (или двух одноканальных сумматоров, установленных на раме), рамы, присоединительной арматуры, кабеля МКШ длиной 10 м (при двух измерителях объема и сумматоре).

Действие счетчика основано на измерении объемного количества молока путем последовательного автоматического наполнения и опорожнения мерных камер измерителей объемов.

Молоко через входной патрубок I (рис. 110) подается во внутренний распределительный цилиндр барабана. Из цилиндра оно последовательно поступает в камеры 3 и 7. По мере заполнения камеры 3 из нее вытесняется воздух и барабан перестает вращаться. Центр тяжести системы барабан-жидкость находится на одной вертикали, проходящей через ось барабана. Равновесие системы нарушается в тот момент, когда молоко начинает заполнять камеру 7 и центр тяжести системы перемещается влево. При этом создается вращающий момент, поворачивающий барабан против хода часовой стрелки. Приток молока в камеру 3 прекращается. При дальней-



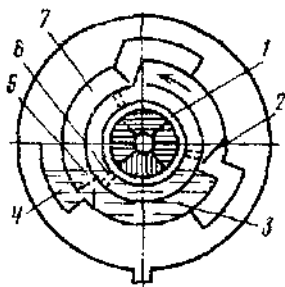


Рис. 110. Схема работы измерителя объема счетчика молока типа МГБ:

- 1 — входной патрубок;
 2 — кромка распределительного цилиндра; 3 и 7 — камеры; 4 — канал; 5 — щель; 6 — отверстие.

шем повороте жидкость из камеры 3 начинает поступать в полость корпуса. Вторая камера 7, постепенно заполняясь, перемещается на место первой 3, которая в это время освобождается от жидкости. Таким образом, при последовательном наполнении и опорожнении мерных камер барабан будет вращаться до тех пор, пока в него не прекратится подача жидкости. Жидкость, поступившая в корпус измерителя объема, удаляется из него по молокопроводу порционно.

Действие сумматора основано на отсчете числа импульсов (при соответствии каждого импульса принятой цене деления — 1 л), а успокоителя — на расщеплении пульсирующего потока с помощью решетки. Успокоитель состоит из корпуса цилиндрической формы, крышки, решетки, прокладок и двух зажимов для крепления крышки к корпусу.

В состав измерителя входят барабан, крышка и корпус. Измерительная часть счетчика — барабан, вращающийся на оси. Он заключен в корпус и закрыт крышкой, закрепленной четырьмя зажимами. В барабане находятся два цилиндра: внутренний — распределительный и наружный — измерительный. Последний разделен на три мерные камеры равного объема. На торцовой поверхности барабана укреплены три магнита, которые при его вращении замыкают контакт, управляющий работой счетного механизма одного канала сумматора.

На задней стенке корпуса сумматора предусмотрены два крепления с отверстиями для подвешивания к корпусу счетного механизма; на передней, лицевой стенке расположены фонарь сигнальной лампы, тумблер для включения в сеть и два счетных указателя с ручками сброса.

Сумматор снабжен также двумя ручками для извлечения передней панели вместе с шасси и держателем предохранителя. Сбоку к сумматору прикреплена коробка с тремя вводными устройствами и крышкой.

Измеритель объема устанавливают на раме таким образом, чтобы направление потока жидкости в молокопроводе совпадало с направлением стрелы на корпусе.

Счетчик МГБ предназначен для присоединения к доильной установке АДМ-8, а счетчик МГБ-1 — к установкам ДУ-150 и ДУ-150А.

Технические данные счетчика МГБ

Тип измерителя объема	Барабанный
Вакуум в молокопроводе, ГПа (мм рт. ст.)	
рабочий	466,6...966
максимальный	(350...600)
	933,3 (700)
Измеряемый расход, м ³ /ч	
минимальный	0,03

номинальный	0,4
максимальный	0,6
Температура, °С	
молока	20...35
жидкости для циркуляционной промывки молокопровода	15...75
Основная относительная погрешность, %	Не более $\pm 1,5$
Показание счетчика	Дистанционное
Расстояние между каждым измерителем объема и сумматором, м	Не более 100
Емкость каждого из счетных указателей сумматора, л	999 999
Цена деления счетных указателей, л	1
Питание сумматоров	От сети переменного тока напряжением 200 ⁺²² ₋₃₃ В, частотой 50 \pm 1 Гц
Масса счетчиков без сумматора и кабеля, кг	35,7

Нижнее значение вероятности безотказной работы одной измерительной секции типа МГВ в течение 500 ч при доверительной вероятности 0,8 не менее 0,98. Признаком отказа является выход допускаемой погрешности за пределы $\pm 1,5$ %. Счетчик работает при температуре воздуха 5...40 °С, при относительной влажности до 80 %.

§ 4. СЧЕТЧИКИ КОЛИЧЕСТВА ВОДЫ

Счетчик воды ВД-180 предназначен для учета суммарного и разового количества оросительной воды при поливе сельскохозяйственных культур.

Действие счетчика основано на преобразовании энергии потока жидкости в механическую энергию на валу крыльчатки. Поток измеряемой жидкости, проходя через первичный преобразователь, приводит во вращение крыльчатку, на валу которой возникает крутящийся момент, передаваемый счетному роликовому указателю.

Счетчик состоит из первичного преобразователя и указателя. Первичный преобразователь включает в себя крыльчатку, закрепленную на валу; цапфы, которые находятся в подшипниках, установленных в корпусе; магнитную муфту; редуктор, снабженный блоком сменных шестерен; стакан, герметично соединенную с ним фигурную диафрагму и поплавки. Внутренняя полость диафрагмы заполнена смазкой.

Счетный роликовый указатель представляет собой механизм, состоящий из указателей учета разового и суммарного количества измеряемой жидкости. Указатель разового учета снабжен устройством для сброса показаний на нуль.

Технические данные счетчика ВД-180

Диаметр условного прохода, мм	180
Расход измеряемой жидкости, л/с	
минимальный	40
максимальный	140

Рабочее давление жидкости, Па, в трубопроводе	До 882
нагнетательном	До 49
всасывающем	
Верхний предел показаний указателя:	
суммарного	999 999,9
разового	9 999,9
Цена деления счетных указателей, л (м ³)	100 (0,1)
Нижнее значение вероятности безотказной работы за 2000 ч при доверительной вероятности 0,8	0,85

Скоростные счетчики-водомеры ВВ работают следующим образом. Поток жидкости, поступая в прибор, выравнивается струевыпрямителем, имеющим продольные пластины, и направляется на лопатки вертушки, выполненной в виде многозубчатого винта. Вращение вертушки через червячную пару и передаточный механизм передается счетному устройству.

Прибор регулируют более короткой пластиной, продолжением которой служит лопасть. При повороте лопасти в ту или другую сторону струя закручивается по ходу или против хода вертушки, что приводит к изменению частоты ее вращения.

Скоростные счетчики рассчитаны на измерение расхода холодной (до 30 °С) и горячей (до 90 °С) воды и отрегулированы на рабочее давление до 980 кПа; погрешность их показаний $\pm 2\%$.

Корпуса счетчиков горячей воды окрашены в красный цвет. Счетчики-водомеры устанавливаются на горизонтальных участках трубопровода. Для успокоения потока длина прямого участка перед счетчиком должна быть равна 8..10 диаметрам трубопровода, а за ним — 5 диаметрам.

В более совершенных скоростных счетчиках угловую скорость вертушки измеряют бесконтактным способом с использованием магнитноиндукционного устройства, состоящего из катушки и постоянного магнита. Устройство крепят на корпусе счетчика, у которого винтовые лопасти вертушки выполнены из ферромагнитного материала.

При прохождении лопасти под магнитным устройством происходит пульсация магнитного потока, создаваемого постоянным магнитом, и в катушке наводится импульсная электродвижущая сила. Частота импульсов отображает измеряемое количество жидкости, сумма импульсов — интегральное.

Шкалу счетчика градуируют в м³. Чем больше расход протекающей жидкости, тем выше скорость потока и с тем большей частотой вращается вертушка счетчика.

Счетчики с вертикальной вертушкой предназначены для измерения малых расходов, а с горизонтальной — больших.

Счетчик-дозатор воды СДВ-80 используют для подачи электрического сигнала по окончании выдачи предварительного заданного количества воды в технологической линии кормоприготовления свиноводческого комплекса.

Поток воды приводит во вращение винтообразные лопасти турбинки. Вращение турбинки предназначается редуктору и счетному механизму. Ось вращения турбинки параллельна направлению потока воды.

Счетчик состоит из преобразователя скорости потока, системы магнитного управления и задатчика дозы.

Преобразователь скорости потока имеет регулятор, предназначенный для регулирования погрешности счетчика. Поворот пластины отклоняет часть потока в ту или другую сторону, замедляя или ускоряя вращение турбины. Регулирующее устройство после регулировки счетчика пломбуют.

Система магнитного управления включает в себя корпус, внутри которого размещен герметичный электрический контакт, управляемый постоянным магнитом.

Задатчик дозы состоит из счетного указателя с передаточным механизмом, неподвижного фланца, кольца с указателем, смотрового стекла с кнопкой установки необходимой дозы. Дозу подают, вращая кольцо до тех пор, пока ограничитель не совпадет с заранее установленным на указателем количеством воды. Кольцо закрепляется винтом, затем нажатием кнопки вращают стрелку циферблата до тех пор, пока она не дойдет до ограничителя.

По окончании выдачи заданного количества воды происходит замыкание магнитоуправляемого контакта, клапан закрывается, подача воды прекращается.

Технические данные счетчика-дозатора СДВ-80

Диаметр условного прохода, мм	80
Расход, м ³ /ч	
минимальный	10
номинальный	42
максимальный (не более 1 ч в сутки)	84
Рабочее давление, МПа (кгс/см ²)	До 1 (10)
Температура воды, °С	Не более 45
Выдаваемая доза, л	
минимальная	800
максимальная	4500
Верхний предел показаний счетного указателя, л	
роликового	9 999 900
стрелочного	5 000
Цена деления счетного указателя, л	
роликового	100
стрелочного	50
Коммутируемая мощность, В·А	Не более 16
Коммутируемое напряжение, В	187...242
Частота, Гц	49...51
Вероятность безотказной работы счетчика за 2000 ч	0,98
Тип счетного указателя	Стрелочно-роликовый
Масса, кг	15,9

§ 5. СЧЕТЧИКИ КОЛИЧЕСТВА ГАЗА

Количество полученного или израсходованного газа измеряется газовым счетчиком. Они бывают мокрые и сухие. Наиболее точными являются мокрые счетчики. Их выпускают двух типоразмеров — производительностью 160 и 400 л/ч.

Клапанные счетчики. Сухие объемные счетчики низкого давления клапанного типа ГК-6 и ГКФ-6 используют для учета небольших количеств газа. Герметичный стальной корпус 3 (рис. 111) образует

измерительную камеру, разделенную на две части плоской металлической перегородкой 1, скрепленной с гибкой диафрагмой 2 из полихлорвинилового пластика. Газ поступает через патрубок 3 и выходит через патрубок 4. Под давлением входящего газа перегородка 1 перемещается до крайнего правого положения и связанный с ней механизм переводит шток 6 в нижнее положение, переключая впускной 7 и выпускной 5 клапаны. Теперь газ поступает в другую часть измерительной камеры и будет перемещать перегородку в крайнее левое положение. При каждом ходе перегородки через счетчик проходит определенный объем газа.

Технические данные счетчиков клапанного типа

	ГКФ-6	ГК-6	ГСВ-160	ГСВ-400
Номинальная пропускная способность, м ³ /ч . . .	6	6	0,16	0,4
Вместимость измерительной камеры, л . . .	5	5	—	—
Предел измерения по отношению к номинальному расходу, % . . .	4...150		4...150	5...50
Минимальный регистрируемый расход, л/ч . . .	60	80	—	—
Максимально допустимое давление учитываемого газа, Па . . .	294	294	—	—
Частота вращения барабана, об/ч . . .	—	—	80	80
Число пар клапанов . . .	2	2	—	—
Погрешность, % . . .	—	—	±2	±2

Роликовый счетный механизм, связанный с перегородкой, отсчитывает число ее ходов и показывает объем газа в м³.

Счетчики ГК выпускают на номинальные расходы 2,5; 6 и 25 м³/ч. Они рассчитаны на давление газа 294 Па при температуре 5...35 °С. Основная допустимая погрешность ±2 % от измеренного количества газа. Потеря давления в счетчике при номинальной нагрузке составляет 78...177 Па. Клапанные счетчики надежно работают как при расходах, близких к номинальному, так и при весьма малых расходах.

Ротационные счетчики. Для учета количества неагрессивного очищенного газа применяют ротационные счетчики.

Газ, поступающий через входной патрубок корпуса 2 (рис. 112) под определенным давлением, заставляет вращаться в противоположных направлениях два профилированных ротора 1, при этом давление уменьшается. За один оборот роторов счетчик пропускает определенный объем газа.

На оси одного из роторов установлен счетный механизм. Поскольку количество газа, прошедшее через счетчик, пропорционально числу оборотов ротора, счетный механизм указывает расход в объемных единицах.

Работа счетчика контролируется дифманометром, указывающим потери давления при прохождении газа через прибор. Потери давления не должны превышать установленного для данного типа счетчика значения.

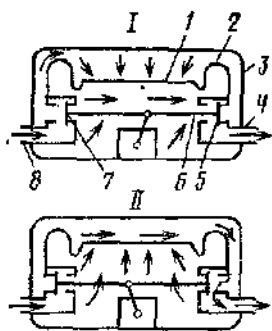


Рис. 111. Схема работы клапанного счетчика газа:

1 — перегородка; 2 — диафрагма; 3 — корпус; 4 — выходной патрубок; 5 — выпускной клапан; 6 — впускной клапан; 7 — впускной патрубок; 8 — входной патрубок.

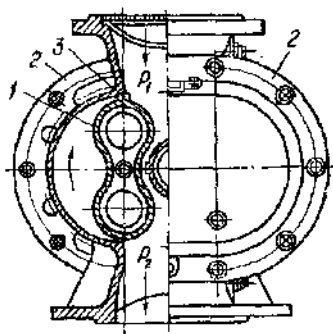


Рис. 112. Ротационный счетчик газа:

1 — ротор; 2 — корпус; 3 — площадка.

Количество газа зависит от зазора между корпусом и прямоугольными площадками 3, расположенными на концах роторов. Зазоры равны 0,04...0,1 мм в зависимости от типоразмера счетчика. Кроме того на концах этих площадок способствуют самоочистке счетчика.

Ротационные счетчики РС выпускают шести типоразмеров, они рассчитаны на расход 40...1000 м³/ч, предельное входное давление 98 кПа и температуру измеряемого газа 0...50 °С; погрешность ±2...±3; потеря напора при номинальном расходе 24,19 Па.

Цифра в марке счетчика (например, РС-40, РС-100, РС-400, РС-1000) указывает номинальный расход газа (м³/ч).

Барабанные газовые счетчики применяются для точного измерения малых расходов газов.

Основными элементами счетчика являются барабан 1 (рис. 113) с четырьмя равными измерительными камерами и счетный механизм. Металлический барабан 1 погружен в затворную жидкость 2. Под действием разности давлений газа на входе и выходе счетчика барабан 1 вращается, при этом газ вытесняется жидкостью из его камер. Посредством счетного механизма определяется расход измеряемого газа.

Погрешность барабанных счетчиков ±0,2...±1 %.

Для правильной работы в счетчике должна быть определенная вы-

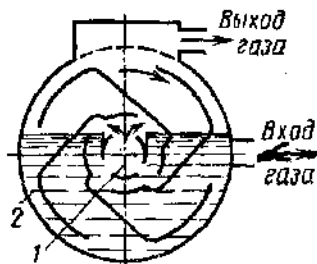


Рис. 113. Схема работы барабанного счетчика газа:

1 — барабан; 2 — затворная жидкость.

сота уровня затворной жидкости (воды). Прибор устанавливают горизонтально по уровню.

При эксплуатации газовых счетчиков на обводных линиях должны быть предусмотрены запорные вентили. Если счетчик врезают в трубопровод, то плоскости фланцев должны быть параллельны и располагаться перпендикулярно к оси трубопровода. Соединения уплотняют прокладками. Они не должны выступать внутрь трубопроводов.

Без фильтров пользоваться счетчиками ротационного типа не разрешается. Коробку шестерен и редуктор счетного механизма не реже одного раза в 3 мес заправляют свежим маслом (индустриальное марки 20 или 12). Перед заливкой свежего отработанное масло спускают, полости счетчика промывают бензином до полной очистки. Работу ротационного счетчика контролируют дифференциальным манометром. Если потери напора больше номинального значения, прибор проверяют, промывают и регулируют.

Газовые счетчики монтируют лица, имеющие специальное разрешение, прошедшие соответствующий инструктаж и знающие правила обращения с газом. Прежде чем приступить к установке счетчика, оформляют наряд-допуск и назначают лицо, ответственное за безопасность работ.

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

При практических измерениях концентрация веществ выражается в весовых и объемных единицах.

Весовая концентрация выражается весовым количеством вещества в единице объема: числом граммов вещества в 1 м^3 ($\text{г}/\text{м}^3$); числом граммов вещества в 1 л ($\text{г}/\text{л}$); числом граммов вещества в 100 г смеси (весовые %); числом миллиграммов вещества в 1 м^3 ($\text{мг}/\text{м}^3$); числом миллиграммов вещества в 1 л ($\text{мг}/\text{л}$). При малых измерениях весовую концентрацию удобно выражать в гаммах: $1 \text{ гамма} = 10^{-3} \text{ мг}$; $1 \text{ мг}/\text{м}^3 = 1 \text{ гамма}/\text{л}$.

Объемная концентрация выражается числом миллиграммов вещества в 1 м^3 , числом миллилитров вещества в 1 л . При измерении объемной микроконцентрации используют также единицы ppm (миллионная доля) и ppb (миллиардная доля). Миллионная доля соответствует такой объемной концентрации, когда в миллионе молекул вещества находится одна молекула определенного компонента. Миллиардная доля соответствует такой объемной концентрации, когда в миллиарде молекул вещества находится одна молекула определенного компонента.

Газоанализаторы — приборы для количественного анализа газов. Их можно разделить на две группы: анализаторы для контроля и управления производственными процессами; анализаторы безопасности производства.

По принципу действия газоанализаторы бывают химические и физические.

Химические газоанализаторы основаны на измерении изменения объема в результате поглощения одной или нескольких составных частей газовой смеси веществом, вступающим в химическое соединение с анализируемым компонентом газовой смеси.

Физические газоанализаторы — это приборы, в которых для анализа газовой смеси используется зависимость физического свойства газовой смеси от содержания определенного компонента. В качестве такого свойства может быть выбрана плотность, теплопроводность, теплота сгорания и т. д.

Концентратомеры, pH-метры и солемеры — приборы для контроля концентрации вещества в водных растворах. Концентрация выражается в процентном или весовом содержании вещества в единице объема воды (% , $\text{мг}/\text{л}$).

§ 2. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ГАЗОАНАЛИТИЧЕСКОГО ПРИБОРА

Автоматические приборы представляют собой единую сложную газоаналитическую систему, в которой автоматически отбирается проба анализируемой газовой смеси, проводится анализ, фиксируются результаты анализа и проба удаляется из прибора.

В полуавтоматических приборах пробы отбирают и удаляют вручную.

Блок-схема газоаналитической установки представлена на рисунке 114. Основным функциональным звеном газоаналитического прибора является преобразователь, в котором в зависимости от состава пробы газа возникает и формируется выходной сигнал (ток, напряжение), пропорциональный концентрации анализируемого компонента.

Выходной сигнал преобразователя усиливается (преобразуется) и поступает на вторичный прибор 9, где происходят измерение и фиксация значения сигнала. Питание преобразователя и вторичного прибора — от стабилизированного источника питания 8.

В качестве вторичных приборов газоанализаторов используют типовые автоматические электронные потенциометры и уравновешенные мосты с незначительными изменениями в электрической схеме.

Для нормальной работы газоанализаторов анализируемая смесь газов, поступающая на вход первичного преобразователя, должна иметь определенные физико-химические параметры. Отклонение от требуемых параметров приводит либо к увеличению погрешности анализа, либо к невозможности его проведения.

Подготовку газа к анализу выполняют вспомогательные устройства. К ним относятся средства отбора пробы, очистки ее от механических примесей и влаги, транспортировки пробы к первичному преобразователю, а также устройства контроля и стабилизации расхода и давления анализируемой газовой смеси. В некоторых случаях используют специальные устройства, предназначенные для химической очистки газовой смеси от агрессивных примесей, приспособления для отбора проб из нескольких точек (помещений).

Различают следующие виды газоанализаторов: по характеру монтажа — настен-

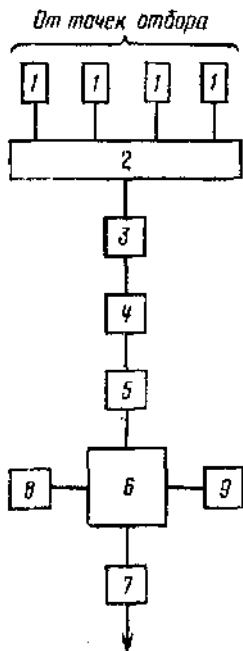


Рис. 114. Блок-схема газоаналитической установки:

1 — очистительные и осушительные устройства; 2 — газораспределительное устройство; 3 — специальное очистительное устройство; 4 — устройство, стабилизирующее расход; 5 — устройство для контроля расхода; 6 — преобразователь; 7 — будитель расхода; 8 — источник питания; 9 — вторичный прибор.

ные, рамные, щитовые, шкафовые; по исполнению — пылезащитные, брызгозащитные, водозащитные, герметичные, коррозионно-стойкие, виброустойчивые и др.

§ 3. ГАЗОАНАЛИЗАТОРЫ

Газоанализаторы типа МН предназначены для измерения концентрации кислорода в воздухе производственных помещений.

Приборы выпускаются в следующих модификациях:

МН5121 — показывает концентрацию кислорода в воздухе помещения, обеспечивает дублирование показаний двумя выносными показывающими приборами, замыкает и размыкает контакты типового сигнального устройства при достижении двух значений концентрации кислорода;

МН5122 — показывает концентрацию кислорода попеременно в четырех помещениях (точках), обеспечивает дублирование световых сигналов на выносном табло, замыкает и размыкает контакты сигнального устройства;

МН5125 — показывает концентрацию кислорода в воздухе помещения, обеспечивает подачу сигналов автоматическому дозирующему устройству, дублирование показаний одним выносным прибором, замыкание и размыкание контактов типового сигнального устройства.

На рисунке 115 показана схема автоматического самопишущего и показывающего газоанализатора типа МН.

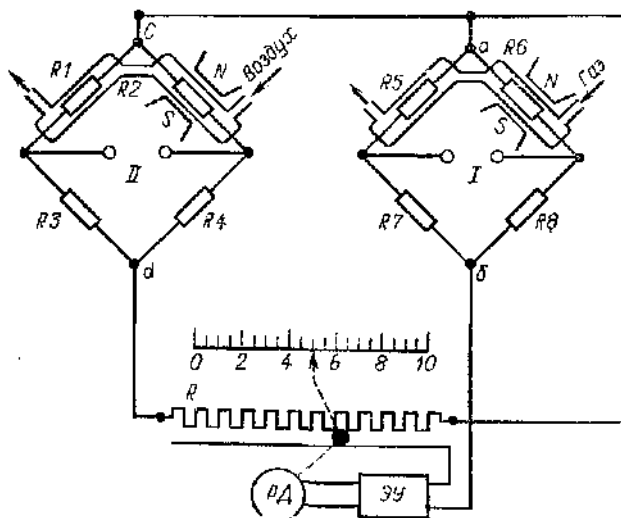


Рис. 115. Измерительная схема газоанализатора типа МН:

I — рабочий мост; *II* — сравнительный мост; *РД* — реверсивный двигатель; *ЭУ* — электронный усилитель; *R* — реохорд; *R1* и *R2* — чувствительные плечевые элементы моста *I*; *R5* и *R6* — чувствительные плечевые элементы моста *II*; *R3*, *R4*, *R7* и *R8* — постоянные плечи мостов.

В состав газоанализатора входят приемник, стабилизатор напряжения и вторичный самопишущий прибор.

Приемник преобразует изменение концентрации кислорода в анализируемой газовой смеси в напряжение переменного тока. Основными элементами приемника являются два моста — рабочий *I* и сравнительный *II*. Рабочий мост используется для определения содержания кислорода в газах, сравнительный — для проверки чувствительности прибора по воздуху.

В двух ячейках находятся чувствительные элементы *R1* и *R2* рабочего моста, которые обтекается анализируемая газовая смесь; в двух других установлены чувствительные элементы *R5* и *R6* сравнительного моста, которые обтекается воздух. Чувствительные элементы изготавливают из платиновой проволоки в виде спирали, впаянной в стеклянные капилляры.

Если кислород в анализируемой смеси отсутствует, то рабочий мост сбалансирован и прибор имеет нулевые показания. При появлении кислорода в газовой смеси изменяется ее сопротивление и нарушается условие равновесия рабочего моста. Реверсивный двигатель начинает вращаться и вращается до момента установления равновесия в измерительной схеме. Стрелка прибора укажет при этом концентрацию кислорода.

Пределы измерений прибора — 0...100 % кислорода. Основная погрешность измерений не превышает $\pm 0,5... \pm 2,5$ %. Температура анализируемой газовой смеси должна находиться в пределах 5...50 °C, расход газа через газовую схему прибора составляет 0,7 л/мин.

В качестве вторичного прибора в газоанализаторах типа МН используют электронные самопишущие мосты типа КСМ.

Универсальный переносной газоанализатор предназначен для определения в воздухе производственных помещений концентрации вредных газов; аммиака, окиси углерода, сероводорода и др.

Действие прибора основано на изменении окраски порошка в индикаторной трубке после просасывания через нее воздуха, содержащего вредные газы. Значение концентрации находят на шкале прибора по длине изменившегося окраску столбика порошка. Для просасывания воздуха служит воздухозаборное устройство (рис. 116). При помощи фильтрующих патронов улавливаются примеси, мешающие анализу (карбонаты металлов, пары кислот, щелочей и аминов).

Если в воздухе содержится сероводород, порошок окрашивается в темно-коричневый цвет; если аммиак — в синий; если окись углерода — в коричневый (кольцо).

Газоанализатор можно использовать в производственных помещениях с содержанием пыли не более 40 мг/м³, относительной влажностью не более 90 % и температурой 10...30 °C.

Фотоколориметрические ленточные газоанализаторы переносного типа ФЛП2 предназначены для определения содержания сероводорода в воздухе производственных помещений.

Лампа накаливания *1* (рис. 117) образует два световых потока Φ_0 и Φ_1 . Световой поток Φ_0 — сравнительный. Проходя через диафрагму *2* и светофильтр *3*, он попадает на сравнительный фотозлемент *4*. Поток Φ_1 — рабочий. Пройдя линзу, он падает на индикаторную ленту *7*, отражаясь от нее, поступает через светофильтр *6* на рабочий фотозлемент *5*. Действие схемы основано на сравнении этих световых потоков.

Пределы измерения 10 и 30 мг/м³, основная погрешность ± 20 %; питание от батарей напряжением 15,5 В; длительность прогрева не

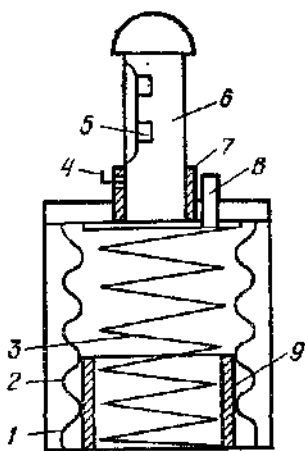


Рис. 116. Воздухозаборное устройство универсального переносного газоанализатора:

1 — корпус; 2 — сальфон; 3 — пружина; 4 — стопор; 5 — углубление в штоке; 6 — шток; 7 — направляющая втулка; 8 — штуцер; 9 — станин для пружины.

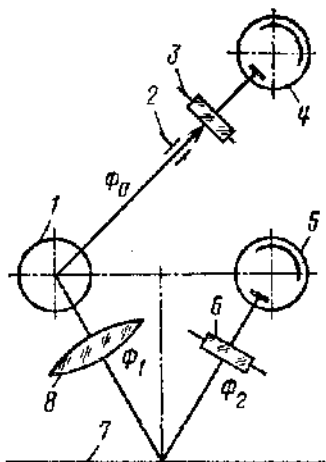


Рис. 117. Принципиальная оптическая схема фотоколориметрического ленточного газоанализатора:

1 — лампа накаливания; 2 — диафрагма; 3 и 6 — светофильтры; 4 — сравнительный фотоземлет; 6 — рабочий фотоземлет; 7 — индикаторная лента; 8 — линза.

более 15 мин. Условия эксплуатации: температура окружающей среды 10...35 °С, относительная влажность 30...80 % при атмосферном давлении 90,6...104,6 кПа.

Газоанализатор для определения содержания оксида углерода в воздухе типа ФЛ-2101. Действие газоанализатора основано на фотометрическом методе измерения и заключается в сравнении светового потока, отраженного от окрашенного в результате цветной реакции пятна на ленте, с эталонным световым потоком.

В комплект газоанализатора входят щит вспомогательных устройств для настенного монтажа или блок подачи газа и блок фильтров для утопленного монтажа, первичный преобразователь.

Преобразователь работоспособен при температуре окружающей среды 5...50 °С, относительной влажности 45...98 % и давлении 90,7...114,7 кПа. Пределы измерения 0...10 мг/м³. Основная погрешность ± 15 %. Время пуска не более 1 мин, запаздывание показаний не более 20 мин. Расход газовой смеси 0,5...0,025 л/мин. Напряжение питания 220 В.

Газоанализатор переносной типа ПАКиА. В газоанализаторе для определения процентного содержания по объему кислорода и азота в кислородно-азотных смесях использован метод поглощения кислорода медью и поглотительными реактивами из определенного объема газа. Оставшаяся часть объема непоглощенного газа принимается за азот.

Основные части газоанализатора: измерительная бюретка, два двухходовых крана, трехходовый кран, две пипетки с компенсационными сосудами, уравнительный сосуд и эмсвкл.

В одной вилетке находятся медные спирали с поглотительным реактивом (аммиаком), в другой — стеклянные трубки, залитые раствором пирогаллола «А».

Технические данные: диапазон измерений для кислорода 0,3...99,8 %; для азота 0,2...99,7 % (по объему); цена деления по высоте бюретки, %, для кислорода: при 0,3...4 % — 0,1; при 4...40 % — 1; при 40...95 % — 2,3; при 97,3...99,8 % — 0,1; для азота: при 0,2...2,7 % — 0,1; при 2,7...5 % — 2,3; при 5...60 % — 5; при 60...96 % — 1; при 96...99,7 % — 0,1.

Основная погрешность, %:

в диапазоне с ценой деления	$\pm 0,2$	не более	0,1
»	»	»	1
»	»	»	5

§ 4. СОЛЕМЕРЫ И КОНЦЕНТРАТОМЕРЫ

Солемер типа СС работает по принципу измерения электропроводности солевого раствора. Чем меньше содержание соли, тем больше электрическое сопротивление раствора.

Электропроводность раствора измеряют при помощи моста переменного тока, в котором электроды первичного преобразователя составляют одно плечо моста, остальные сопротивления являются постоянными сопротивлениями. При отсутствии солей в воде мост уравновешен.

Солемер применяют в диапазоне солесодержания от 0,05 до 1000 мг/л. Температура контролируемой среды 15...85 °С, основная погрешность прибора ± 3 % от верхнего предела измерения.

Лабораторный индикатор солесодержания ЛИС-58 предназначен для лабораторного контроля содержания солей, растворенных в конденсатах, питательных и котловых водах на электростанциях. Прибором можно контролировать воду с температурой 18...38 °С. Прибор состоит из измерительного устройства, в которое входят силовой трансформатор, выходной трансформатор генератора, конденсаторы и другие элементы электрической схемы; первичных преобразователей для контроля конденсата пара, питательных и котловых вод. Пределы измерения электропроводности от $5,5 \cdot 10^{-5}$ до $275 \cdot 10^{-5}$ Ом. Напряжение питания прибора 127 и 220 В.

Электрический солемер СВЭ-254 применяют для измерения солесодержания и сигнализации предельного солесодержания питательной воды в магистралях. В комплект солемера входят первичный преобразователь, автоматический, показывающий и регулирующий мосты, фильтр и запорный клапан. Действие прибора основано на измерении удельной электропроводности контролируемой воды, протекающей через преобразователь. Удельная электропроводность водного раствора измеряется в солемере методом уравновешенного моста переменного тока, в одно из плеч которого включен преобразователь. Погрешность измерения солемера ± 4 % от верхнего предела измерения, предел измерений 0...5° по Бранту. Прибор работает при температуре 0...50 °С и относительной влажности до 98 %. Конструк-

Рис. 118. Измерительный электрод концентратомера:

1 — шарик; 2 — раствор бромоводородной кислоты; 3 — бромосеребряный электрод; 4 — корпус; 5 — выводной проводник.

для ударно- и виброустойчивая, корпус водонепроницаемый. Питание прибора — от сети переменного тока напряжением 127 В.

Концентратомеры используют для определения концентрации кислот и щелочей в технологических процессах очистки и нейтрализации производственных стоков, растворов и т. п.

Датчики концентратометров включают в одну из плеч мостовой измерительной схемы подобно датчикам солемеров. При измерении концентрации растворов изменяется ток в измерительной диагонали и измерительном приборе, шкала которого отградуирована в единицах измерения концентрации.

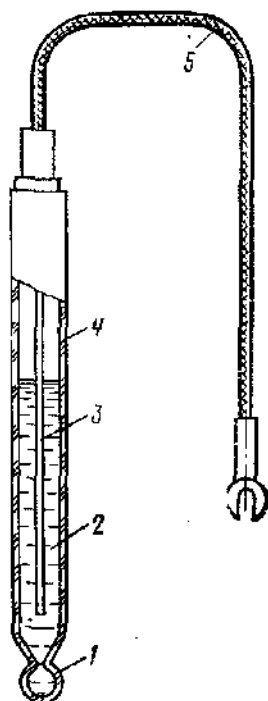
Первичные преобразователи концентратометров бывают проточные типа ДПр и погруженные типа ДПг. Проточные предназначены для измерения концентрации растворов, протекающих по трубопроводам или отбираемых из аппарата; погруженные — для измерения концентрации растворов в открытых и закрытых емкостях и аппаратах.

В преобразователях ДПр и ДПг в качестве измерительных электродов применяют стеклянные электроды. Корпус 4 (рис. 118) электрода изготовлен из калиброванной стеклянной трубки. Шарик 1, выполненный из электродного стекла, является активной частью электрода. В корпусе установлен контактный бромосеребряный электрод 3, а в полость заливается раствор 2 бромосеребряной кислоты. Электрическая связь между контролируемым раствором и раствором, находящимся во внутренней части электрода, осуществляется по поверхности шарика. Дополнительно к основному стеклянному электроду в концентратометре используют вспомогательный проточный или непроточный электрод. Для получения более высокой точности контроля применяют преобразователи с проточным вспомогательным электродом.

§ 5. pH-МЕТРЫ, ТИТРАТОМЕРЫ

Многопредельный pH-метр ЛПУ-01 с преобразователем ДЛ-01 предназначен для определения активности ионов водорода в водных растворах. Показывающий прибор отградуирован в единицах pH и милливольтх. Для регистрации показаний к прибору может быть подключен автоматический потенциометр ЭПП-09.

Пределы измерения pH — 2...14; э. д. с. — 200...1400 мВ.



Наименование и тип	Измеряемые параметры	Диапазон измерения			Основная погрешность			Стабильность показаний за 8 ч, ед. рН
		pH	pNa	окислительно-восстановительного потенциала, мВ	pH	pNa	окислительно-восстановительного потенциала, мВ	
Лабораторный pH-метр типа pH-262	pH и окислительно-восстановительные потенциалы	1...2; 2...3; 3...4; 4...5; 5...6; 6...7; 7...8; 8...9; 9...10; 10...11	—	—12,5...+1,25	±0,01	—	±1	±0,01
		0...10; 1...11	—	—1250...+1250	±0,1	—	±25	
pH-метр-милли-вольтметр pH-340	pH, pNa и окислительно-восстановительные потенциалы	—1...+2; 2...5; 5...8; 8...11; 11...14	0...3	—100...+200; +100...—200; 220...500; —200...—500; 500...800; —500...+800; 800...1100; —800...—1100; 1100...1400; +1100...—1400	±0,05	±0,05	±5	±0,05
		—1...+14	0...—30; —100...+1400; 100...1400	—	±0,6	—	±60	
Лабораторный pH-метр-милли-вольтметр типа pH-673	pH, pNa и окислительно-восстановительные потенциалы	—1...+4; 4...9; 9...14	0...3	—100...+400; +100...—400; 400...900; —400...—900; 900...1400; —900...+1400; —100...+1400; +100...—1400	±0,05	±0,05	±5	±0,02
		—1...+14	—	—	±0,4	—	±40	
Лабораторный pH-метр-милли-вольтметр типа pH-121	pH, pNa и окислительно-восстановительные потенциалы	—1...+4; 4...9; 9...14	0...3	—100...+400; +100...—400; 400...—900; 900...1400; —900...—1400; —100...+1400; +100...—1400	+0,05	±0,05	±5	±0,02
		—1...+14	—	—	±0,4	—	±40	
Лабораторный pH-метр-милли-вольтметр типа pH-101	pH и окислительно-восстановительные потенциалы	0...14	—	—1500...+1500	±0,005	—	±0,5	±0,005

Допустимая основная погрешность от диапазона измерения $\pm 1,5... \pm 2,5\%$. Продолжительность установления показаний — не более 5 с. Температура окружающего воздуха $10...35^\circ\text{C}$, относительная влажность до 80%. Питание от сети переменного тока напряжением 220 В. В преобразователе рН-метра применена электродная система (рис. 119): измерительный электрод 2 — стеклянный; вспомогательный 6 — хлоросеребряный, насыщенный, проточный.

Электрод 2 представляет собой стеклянную трубку с напаянным на конус полым шариком 1 из литиевого электродного стекла. Электрод заполнен раствором 3, в который погружен контактный электрод 4. При погружении в раствор между поверхностью шарика электрода и раствором происходит обмен ионами, в результате которого ионы лития в поверхностных слоях стекла замещаются ионами водорода и стеклянный электрод приобретает свойства водородного.

Измеряя э. д. с. электродной системы с помощью милливольтметра, шкала которого отградуирована в единицах рН, определяют рН контролируемого раствора.

рН-метр для молока и молочных продуктов. Для контроля кислотности молока и молочных продуктов используют рН-метр типа рН-222.2.

Работа рН-метра основана на преобразовании э. д. с. электродной системы в постоянный ток, пропорциональный измеряемому значению рН.

В чувствительном элементе в качестве измерительных электродов применяют стеклянные электроды типов ЭСА-45-07 и ЭСА-45-08.

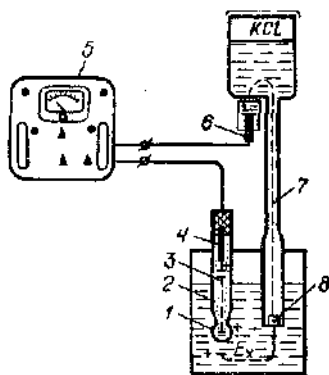


Рис. 119. Электрическая схема прибора ЛПУ:

1 — полый шарик; 2 — стеклянный электрод; 3 — раствор в полости электрода; 4 — внутренний контактный электрод; 5 — рН-метр; 6 — вспомогательный электрод; 7 — электрический контакт; 8 — пористая перегородка.

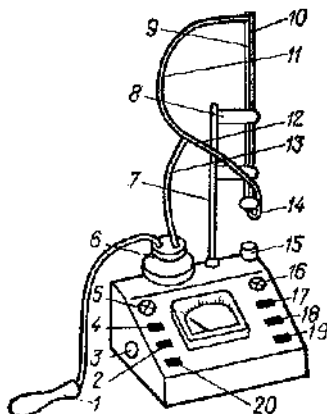


Рис. 120. Титратор ТВ-6Л:

1 — группа; 2 — ручка перемешивания; 3 — штепсель передключения сети; 4 — переключатель чувствительности; 5 — индикатор выключения мешалки; 6 — банка; 7 — штатив; 8 — зажим; 9, 10 и 14 — бюретки; 11 и 13 — полнетиленовые трубки; 12 — тройник; 15 — стакан; 16 — лампа; 17 — ручка «Грубо»; 18 — ручка «Точно»; 19 — тумблер; 20 — выключатель мешалки.

предназначенные для измерения рН растворов с температурой 0...40 °С. В качестве вспомогательного электрода в приборе применяется проточный хлоросеребряный электрод.

Прибор имеет блочную конструкцию. Элементы измерительной схемы прибора размещены в металлическом корпусе. Органы управления и показывающий прибор, отградуированный в единицах рН, расположены на лицевой стороне прибора.

Технические данные: пределы измерения 3...8 ед. рН; цена деления 0,01 ед. рН; диапазоны измерения 3...4; 4...5; 5...6; 6...7; 7...8 ед. рН; предел основной абсолютной погрешности преобразователя $\pm 0,015$ ед. рН; погрешность показаний $\pm 0,05$ ед. рН; время установления показаний 10 с; стабильность показаний преобразователя за 8 ч должна быть не более 0,01 ед. рН; питание от сети переменного тока напряжением $220 \pm_{35}^{22}$ В, частотой 50 ± 1 Гц, масса не более 9 кг.

Прибор работает нормально при температуре окружающего воздуха 5...35 °С и относительной влажности воздуха до 95 % при 25 °С.

В таблице 48 приведены технические данные рН-метров, применяемых в сельском хозяйстве. Действие этих рН-метров основано на измерении электрохимического потенциала исследуемого раствора.

Высокочастотный титратор ТВ-6Л1 предназначен для определения концентрации компонентов в растворах методом титрования. Прибор (рис. 120) служит для титрования водных и неводных растворов щелочей, кислот, солей с концентрацией 1...0,0001 %; растворов, загрязненных осадками, многокомпонентных и окрашенных, для которых трудно или невозможно подобрать цветные индикаторы.

В основу работы прибора положен метод кондуктометрии. Этот метод основан на измерении падения напряжения в ячейке титрования в зависимости от изменения электропроводности, а следовательно, и концентрации раствора. По количеству расхода титранта, затраченного для приведения смеси в эквивалентное соотношение, можно определить концентрацию титруемого раствора.

Технические данные: время прогрева прибора 30 мин; объем бюретки 25 мм; температура титруемых растворов 10...35 °С, окружающего воздуха 10...35 °С, относительная влажность 50...80 %; питание первичного преобразователя от высокочастотного генератора напряжением 20 В, частотой 30...40 Гц; питание прибора от сети переменного тока напряжением $220 \pm_{15}^{10}$ В, частотой 50 ± 1 % Гц; потребляемая мощность 50 В·А; вероятность безотказной работы за 100 ч 0,8; срок службы 6 лет; масса без бюретки 14 кг.

§ 6. ИЗМЕРИТЕЛИ ЗАПЫЛЕННОСТИ

Измерители запыленности используют для контроля запыленности воздушной среды, технологических газов и концентрации аэрозольных частиц.

Существуют нормы запыленности воздуха и газов на участках монтажа, сборки и испытаний изделий. Превышение допустимых норм запыленности воздуха и газов приводит к появлению брака изделий.

При помощи анализатора запыленности АЗ-5 определяют запыленность воздуха и технологических газов, концентрацию аэрозоля в

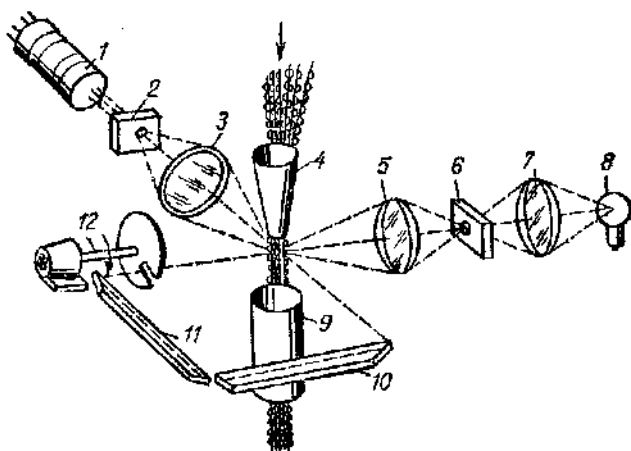


Рис. 121. Оптическая схема измерителя запыленности:

1 — фотоумножитель; 2 и 6 — диафрагмы; 3, 5 и 7 — объективы;
4 — сопло; 8 — источник света; 9 — трубка; 10 и 11 — волноводы;
12 — модулятор.

воздушном бассейне, источник запыленности аэрозольными частицами, проверяют эффективность работы технологических воздушных и газовых фильтров.

Прибор представляет собой фотоэлектрический счетчик аэрозольных частиц. Он позволяет измерять концентрацию пыли от 1 до 300 000 частиц в литре. В приборе имеются переключатель размера регистрируемых частиц (0,4...10 мкм) и два канала измерений: дозированного и непрерывного измерения. Последний используют при больших концентрациях (250...300 000 частиц в литре). Время цикла измерения 50 ± 2 с. Расход анализируемой среды за это время — один литр.

Работа прибора основана на явлении рассеяния света измеряемыми аэрозольными частицами. При этом существует количественная связь между размерами частиц и интенсивностью рассеянного света.

Основными элементами прибора являются оптический преобразователь и электрический блок. Анализируемая пыль просасывается через сопло 4 (рис. 121) и измерительную полость с постоянным расходом, определяемым по ротаметру, и выходит из преобразователя через трубку 9 вывода аэрозоля.

При попадании пыли в измерительную камеру появляется рассеянный свет от их частиц и на выходе фотоумножителя 1 возникает электрический сигнал, длительность которого равна времени пролета частиц через полость, а амплитуда сигнала определяется размером частиц. Количество пыли в зависимости от измеряемого предела определяется по электромеханическому счетчику или по шкале показывающего прибора, которая градуирована в единицах запыленности (частицы/л).

§ 7. ПРИБОРЫ ДЛЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ АНАЛИЗОВ

Анализатор жидкости пламенно-фотометрический типа ПАЖ-1 предназначен для определения микроколичеств калия, натрия, кальция и лития в растворах методом спектрометрии пламени. Действие основано на объективном измерении интенсивности эмиссии различных элементов, соли которых вводятся в газозоодушное пламя.

Основные узлы анализатора: пламенно-фотометрический датчик, мембранный компрессор и регулятор давления.

Пламенно-фотометрический датчик включает в себя блоки питания, возбуждения, фотометрический и оптический усилитель постоянного тока.

При установке анализатор ПАЖ-1 соединяют резиновым шлангом с компрессором, газовую магистраль — с редуктором давления газа и анализатор — с газобаллонным редуктором.

В приборе используют горючие смеси: пропан — бутан — воздух; природный газ — воздух. Пределы измерения и максимальная чувствительность приведены ниже.

Определяемый элемент	Пропан—бутан—воздух		Природный газ—воздух	
	пределы измерения мг/л	чувствительность, деленные шкалы, дел/мг/л	пределы измерения, мг/л	чувствительность, деленные шкалы, дел/мг/л
Натрий	0,005...50	4000	0,01...50	2000
Калий	0,01...50	2000	0,05...50	400
Литий	0,01...50	2000	0,05...50	400
Кальций	0,014...50	1400	0,1...50	200

Технические данные: среднеквадратичное отклонение результата измерения не более 4 делений шкалы; время установления показаний не более 30 с; расход исследуемой жидкости при давлении 0,08 МПа не более 6 мл/мин; суммарный дрейф электрического и фотометрического нуля за 30 мин не более 4 делений; питание прибора от сети переменного тока напряжением $220 \pm \frac{22}{\sqrt{3}}$ В; масса 3 кг.

Переносный потенциометрический иономер типа И-102 применяется для работы в полевых, цеховых и лабораторных условиях, предназначен для определения в водных растворах активности одновалентных и двухвалентных ионов (H^+ , Na^+ , K^+ , Ag^+ , CN^- , S^{--} , I^- , Cl^- , Br^-).

Действие иономера основано на измерении э. д. с., развиваемой ионоselectивной электродной системой, высокоомным измерительным преобразователем.

Технические данные: пределы измерения pH — 0...14 ед. pH ; pNa — 0...3 ед. pNa ; pK — 0...3 ед. pK ; pCN — 1...5 ед. pCN ; pI — 1...5 ед. pI ; pS — 1...16 ед. pS ; pAg — 1...4 ед. pAg ; pCl — 1...4 ед. pCl ; pBr — 1...4 ед. pBr ; MB — 0 ± 1200 МВ; MB — 0 ± 4 МВ; основная абсолютная погрешность при значении $pH=4 \pm 0,05$; при значении $pH=8 \pm 0,1$; при значении $pH=12 \pm 0,3$: для pNa — $\pm 0,1$; pK — $\pm 0,1$; pCN — $\pm 0,1$; pI — $\pm 0,1$; pCl — $\pm 0,1$; pS — $\pm 0,5$; pAg — $\pm 0,1$; pBr — $\pm 0,1$; термокомпенсация измерения э. д. с. ручная

0...100 °С; дрейф нуля при питании от сети — 2 мВ/ч; при питании от сухих элементов — 4 мВ/ч; питание от сети переменного тока напряжением 220_{-33}^{+23} В и от батарей типа «Рубин»; масса комплекта иономера 5 кг; наработка до отказа прибора не менее 1250 ч.

Прибор предназначен для эксплуатации при температуре окружающего воздуха 0...50 °С и относительной влажности до 95 % при 25 °С.

В комплект поставки входят иономер И-102, набор электродов и принадлежностей, электрометрическая ячейка, сосуды для дистиллированной воды и буферного раствора, блок питания от сети переменного тока, стакан для микроизмерений, фиксаторы для приготовления образцовых буферных растворов, кабели.

Автоматизированная линия агрохиманализов типа АЛА-101 предназначена для проведения массовых анализов почв, кормов, растений с выводом результатов анализа на аппаратуру для цифрового печатания и перфорации.

Основные элементы: пульт управления, транспортер с термостатирующей вилкой, дозатор реагентов, шприц-дозатор, нагреватель и блок охлаждения.

Технические данные: пределы скорости перемещения транспортера 100...230 циклов/ч; пределы частоты вращения механической мешалки 200...2000 об/мин; пределы дозирования дозатора реагентов 0,1...1,1...10 мл, шприц-дозатора — 0,1...9 мл.

Комплект оборудования для поточных линий агрохиманализов типа КОПЛА-101 предназначен для приготовления растворов при анализе почв, кормов и растений на содержание фосфора, калия, кальция, натрия и азота.

Составные части комплекта: четыре кассеты, подставка для кассет; блоки отстоя, мойки, сушки, сжигания и фильтрования; два блока экстрагирования; стол с устройством для перемещения кассет; дозатор; капельницы.

Основные технические данные: максимальная производительность при анализе почв — 250 проб/ч; при анализе кормов — 200 проб/смену, вместимость технологических емкостей 200, 100, 80 мл; число емкостей в кассетах 10 шт.

Автоматизированная линия агрохиманализов типа АЛП-111 используется для подготовки солевых вытяжек из анализируемых почвенных образцов и определения величины рН. Результаты анализов передаются на цифровое печатание и перфорирующее устройства.

Составные части комплекта: блоки управления и измерительный, конвейерное устройство.

Технические данные: диапазон измерения 3...9,99 ед. рН; производительность 250 анализов/ч; пределы допускаемого значения основной абсолютной погрешности $\pm 0,1$ ед. рН; питание от сети переменного тока напряжением $220 \pm 4,4$ В, частотой 50 ± 1 Гц; потребляемая мощность 200 В·А.

Установка для количественного анализа почвенных вытяжек типа ИСПО-5 предназначена для проведения экспресс-методом количественного анализа вытяжек из почв хлоридно-сульфатного, сульфатно-хлоридного, карбонатного и других типов засоления.

Измерительный прибор установки имеет цифровую индикацию. Результаты могут быть переданы на цифровое печатание устройства.

Работа прибора основана на автоматическом измерении электропроводности исследуемых вытяжек и решении уравнения, связы-

вающего определяемую концентрацию и измеренную электропроводность.

Установка состоит из измерительного блока «Экспресс-автомат-2», коллектора фракций, механизма дозирования, кондуктометрических преобразователей и ультратермостата.

В блоке «Экспресс-автомат-2» измеряется электропроводность, решаются уравнения и выдается цифровая индикация результатов. При помощи коллектора фракций перемещается поворотный стол с кюветами, в которые погружаются кондуктометрические преобразователи; через механизм дозирования в кюветы постулают разбавитель и реагент. Ультратермостатом поддерживают температуру вытяжек $25 \pm 0,1$ °C.

Технические данные: диапазон измерения концентрации сульфат-ионов — 50..60 мг·экв/л; диапазон измерения степени минерализации — 50..90 мг·экв/л; погрешность измерений ± 10 %; производительность — 300 анализов/смену; питание от сети переменного тока напряжением 220 ± 10 В; средняя наработка не менее 6 лет.

Установку эксплуатируют при отсутствии вибрации и механических нагрузок, температуре окружающей среды 10..35 °C и относительной влажности до 80 % при 25 °C.

Белкомер молока БМЦ-1. Фотоколориметрический электронно-цифровой прибор предназначен для определения содержания белка в коровьем молоке.

Работа прибора основана на взаимодействии 1 мл молока с 20 мл кислотного синего-черного красителя. При этом выпадает в осадок связанный с белком краситель, что приводит к уменьшению его концентрации и изменению оптических свойств раствора. Раствор свободного красителя центрифугируют и фотоколориметрическим способом определяют его оптические свойства.

Белкомер состоит из двух блоков — механического и измерительного. Механический блок включает в себя дозаторы и шприцы с электроприводом, механизм перемещения пилеток и мешалок, рейку и кассету со стаканчиками для молока и красителя, фотопреобразователь.

Устройство для преобразования сигнала с фотопреобразователя в цифровой код, цифровой индикатор и стабилизированный источник питания вместе образуют измерительный блок.

Технические данные: диапазон измерения содержания белка 2,5..5,5 %; производительность 100 анализов/ч; предел основной погрешности 0,2 % белка; питание от сети переменного тока 220 В, частота тока 50 Гц; масса 50 кг.

Прибор прост в эксплуатации, обслуживает его один человек.

Жироскоп молока применяют для определения процентного содержания жира на фермах и в молочноприемных пунктах.

Прибор снабжен цифровым индикатором процентного содержания жира. Результаты выводятся на цифropечатающее устройство.

Технические данные: пределы измерений массовой доли жира 0,1 %; 0..6,5 %; пределы измерений по шкале прибора 0..1 %; пределы допустимого значения основной погрешности измерения массовой доли жира в пределах измерений 0..1 % не более $\pm 0,12$ % и в пределах измерений 0..6 % не более $\pm 0,2$ %; дискретность отсчета массовой доли жира не более $\pm 0,01$ %; производительность 100 проб/ч; напряжение питания 220 В; потребляемая мощность

1500 В·А; потери молока при одном измерении не более 1 мл; масса 65 кг.

Лаборатория для определения кислотности молока типа ЛКМ. Кислотность молока определяют титрометрическим (арбитражным) методом и выражают в градусах Тернера.

Лаборатория состоит из трех приборов для определения: кислотности титрометрическим (арбитражным) методом (стационарный); кислотности титрометрическим (арбитражным) методом (переносной); кислотности молока предельным методом.

Стационарный прибор для определения кислотности молока титрометрическим методом состоит из четырех бюреток вместимостью по 50 мл; четырех склянок вместимостью по 3000 мл; пипетки вместимостью 10 мл. Масса прибора 65 кг.

Переносной прибор для определения кислотности молока титрометрическим (арбитражным) методом состоит из сосуда для поглощения углекислоты; стакана вместимостью 1000 мл; пипетки вместимостью 10,2 мл; бюретки на 25 мл с ценой деления 0,01 мл с автоматическим нулем без крана; приспособления для отмеривания реактива; груши.

Прибор для определения кислотности молока предельным методом состоит из штатива с пробирками вместимостью 20 мл, мерника и приспособления для отмеривания реактива.

По арбитражному методу на стационарном приборе в коническую колбу вместимостью 100 мл наливают пипеткой 10 мл молока, прибавляют 20 мл дистиллированной воды и три капли фенолфталеина из капельницы. Смесь тщательно перемешивают и титруют раствором едкого натра (кали) до появления не исчезающей в течение 1 мин розовой окраски (по эталону). По числу миллилитров 0,1 н. раствора едкого натра (кали), затраченному на нейтрализацию 10 мл молока и умноженному на 10, находят кислотность молока в градусах Тернера.

Порядок работы на переносном приборе по определению кислотности аналогичный.

По предельному методу определения кислотности молока готовят растворы едкого натра (кали) различной концентрации, соответствующие определенному градусу Тернера. Для этого берут 80 мл 0,1 н. раствора едкого натра (кали) на 16 градусов Тернера; 90 мл — на 18 градусов Тернера; 95 мл — на 19 градусов Тернера; 100 мл — на 20 градусов Тернера; 110 мл — на 22 градуса Тернера. В каждый реактив прибавляют по 10 мл фенолфталеина и доливают водой до 1 л. Затем в несколько пробирок наливают по 10 мл раствора едкого натра (кали), используя приспособление для отмеривания реактива. Далее при помощи мерника в каждую пробирку приливают по 5 мл испытуемого молока, перемешивают и устанавливают в штатив. Если содержимое пробирки обесцвечивается, то кислотность молока будет больше соответствующего данному раствору градуса, при сохранении красной или розовой окраски — меньше.

Предельный метод определения кислотности используют при приеме больших партий молока.

Лаборатория работает в закрытом помещении при температуре 5...35 °С и относительной влажности воздуха не более 80 %.

Автоматическое устройство для контроля биохимической потребности в кислороде сточных вод типа ОБПК-2 позволяет выявить динамику и общее количество потребления кислорода, потребление кислорода в данный момент и скорость этого процесса.

В основу работы устройства положен объемно-манометрический метод измерения. Контролируемые параметры регистрируются автоматически на самопишущих приборах и цифровпечатном устройстве. Пробы перемешиваются механически с плавным регулированием скорости в диапазоне 20...700 об/мин. Число анализируемых проб 3, объем каждой пробы 500 мл. Диапазон измерения содержания растворенного кислорода 0...10 мг/л с погрешностью $\pm 5\%$. Диапазон измерения рН 0...10 ед. рН с погрешностью $\pm 1\%$. Питание устройства от сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц. Потребляемый ток 5 А. Масса технологического блока 200 кг, измерительного — 100 кг.

ОБПК-2 работает при температуре окружающего воздуха 10...40 °С и относительной влажности до 80 %.

Переносной комбинированный прибор ПКП-КВ применяют для определения концентрации растворенного кислорода, электропроводности, прозрачности, рН воды в водоемах и водостоках.

Концентрацию растворенного кислорода определяют электрохимическим методом; электропроводность — контактным методом; прозрачность — турбидиметрическим методом с непосредственным измерением интенсивности светового потока, прошедшего через контролируемую среду; рН — методом измерения активности ионов контролируемой среды при помощи ионселективных электродов. Температуру воды определяют термосопротивлением. Прибор ПКП-КВ включает в себя измерительный блок, блок проточных кювет с датчиками и насос подачи воды с глубины до 10 м. Глубину погружения заборного устройства узнают по меткам, нанесенным на шланг насоса.

Пределы измерения: температуры 0...40 °С; концентрация растворенного кислорода 0...20 мг/л; электропроводности 10^{-1} ... 10^{-4} См/см; кислотности рН 0,8; прозрачности 10...100 % светопропускания; погрешности соответственно $\pm 1,5\%$, ± 4 , ± 3 , $\pm 2,5$, $\pm 4\%$; питание прибора от пяти аккумуляторов типа КНГ-1,5, потребляемый ток не более 200 мА; масса прибора 7 кг.

Прибор работает при температуре окружающего воздуха 0...50 °С и относительной влажности до 95 %.

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Все многообразие приборов, предназначенных для измерения уровня различных материалов, целесообразно классифицировать по принципу действия чувствительного элемента (датчика) и по воздействию прибора на исполнительный механизм (по характеру выходного сигнала).

По первому признаку все приборы можно разделить на три группы: сигнализаторы уровня, уровнемеры, регуляторы уровня.

Сигнализаторы уровня — это приборы, которые дискретно реагируют на один или несколько заданных уровней.

Уровеньмеры — приборы, непрерывно контролируемые в заданном диапазоне.

Регуляторы уровня — это приборы, которые имеют непосредственную связь (механическую или электрическую) с исполнительным механизмом, регулирующим подачу среды в контролируемую емкость. Регуляторы уровня могут быть построены на базе обычных сигнализаторов уровня и уровнемеров при оснащении их электрической связью, однако существуют и комплексные регуляторы уровня. Для этих приборов, так же как для сигнализаторов и уровнемеров, управляющий сигнал может быть дискретным или непрерывным.

По второму признаку приборы контроля уровня можно разделить на следующие группы: механические, электромеханические, электрические (электродные).

Механические приборы — наиболее многочисленная группа приборов, действие которых основано на использовании механических свойств контролируемой среды. Они делятся на визуальные указатели уровня, пьезометрические и поплавковые. Поскольку большинство существующих механических приборов применяется для измерения уровня жидкости, то из этой группы часто выделяют приборы под общим названием — гидростатические. Действие визуальных указателей уровня основано на принципе сообщающихся сосудов. В пьезометрических приборах используется свойство контролируемой среды оказывать давление на дно и стенки сосудов, а в поплавковых приборах — выталкивающая сила, действующая на погруженное в жидкость тело. Все механические приборы просты по конструкции и удобны в обслуживании. Практически их чаще всего применяют для контроля уровня жидкостей.

Электромеханические приборы являются более компактными и удобными по сравнению с механическими. Они делятся на омические, емкостные и индуктивные.

В омических приборах используется свойство контролируемых материалов проводить электрический ток, в емкостных — диэлектрические свойства материалов, а в индуктивных — электромагнитные свойства среды.

Электрические приборы, первичные преобразователи которых выполнены в виде электродов, называют электродными. Эти приборы применяют для контроля как жидкостей, так и сыпучих материалов.

Основным недостатком электрических приборов является ненадежная их работа при контроле уровня сыпучих материалов, резко меняющихся под воздействием различных факторов свои электрические свойства, а также в вязких и липких средах. Кроме того, некоторые приборы этой группы имеют сложную электрическую систему.

Максимальную высоту уровня, пределы и диапазон измерения уровня выражают в мм или м.

Уровень может быть также измерен косвенно, по весу резервуара с веществом.

§ 2. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ

Весовые уровнемеры. При использовании весового уровнемера значение уровня определяется по весу вещества, заполняющего сосуд. Для этого тем или иным способом его взвешивают совместно с тарой (сосуд, арматура на нем, трубопроводы и т. д.). Так как вес тары в процессе контроля уровня постояен, то в действительности измеряется только вес жидкости.

Применение сосуда с постоянной по его высоте площадью поперечного сечения существенно упрощает измерение уровня.

При сосуде сложной конфигурации взвешивают жидкость не в основном, а в сообщающемся с ним вспомогательном сосуде с постоянным по высоте сечением. При этом площадь поперечного сечения вспомогательного сосуда может быть намного меньше площади основного сосуда, что упрощает операцию взвешивания.

При взвешивании сосуда необходимо устранять или учитывать жесткость подводящих трубопроводов, крепежных деталей и т. д.

Особенно важно правильно выбрать способ передачи веса сосуда с жидкостью на воспринимающий элемент силоизмерителя. Обычно применяют подвеску в одной точке.

Относительная сложность весового метода ограничивает сферу его применения. Метод реализуют в тех случаях, когда использование других уровнемеров практически невозможно из-за специфики технологического процесса или некоторых свойств контролируемой жидкости (высокой вязкости или пленки на поверхности).

Гидростатические уровнемеры с механическими воспринимающими элементами (сильфонами, мембранами, трубками давления) устанавливают в сосуде или в непосредственной близости от него.

Выходным параметром механических воспринимающих элементов служит их деформация, пропорциональная гидростатическому давлению. Эта деформация может быть преобразована в соответствующее значение выходного параметра уровнемера — электрический или пневматический сигнал.

Преимущества гидростатических уровнемеров с механическими воспринимающими элементами — механическая прочность, простота монтажа, надежность и т. д. Однако в большинстве из них чувстви-

тельный элемент находится в непосредственном контакте с контролируемой средой, что требует применения специальных материалов, усложняет обслуживающие и т. д. Только в пьезометрических уровнемерах через импульсную трубку постоянно проходит активное тело — жидкость или газ.

На рисунке 122 представлена схема пьезометрического уровнемера. Газ, доступ которому в систему открывается отсечным клапаном K , проходит через фильтр Φ и дросселируется до определенного давления, зависящего от диапазона измерения, дросселем Dp глубокого перепада. Регулятор R_m малого расхода обеспечивает постоянный расход газа, не зависящий от текущего значения уровня. Давление, регистрируемое измерительным манометром M , находится в определенной зависимости от текущего значения уровня жидкости в сосуде. Продувочный клапан K_n служит для периодической продувки импульсной трубки газом повышенного давления.

При правильном выборе материала импульсной трубки агрессивность среды не влияет на работу уровнемера.

Пьезометрический уровнемер пригоден для измерения уровня жидкостей, вязкость которых не превышает $1800 \dots 2000 \text{ мм}^2/\text{с}$. При более высокой вязкости диаметр пузырьков, отрывающихся от обреза трубки, увеличивается, в результате чего возникают колебания в измерительной линии и уменьшается точность измерения уровня. Погрешность, возникающую при изменении удельного веса жидкости, компенсируют введением дополнительной импульсной трубки.

К преимуществам пьезометрических уровнемеров относятся их простота, пригодность для измерения уровня любой жидкости и легкость включения в систему автоматизированного управления технологическим процессом; к недостаткам — наличие на объекте сжатого газа и опасность растворения его в контролируемой жидкости.

Буйковые уровнемеры. Действие буйкового уровнемера основано на законе Архимеда. Чувствительный элемент уровнемера — буй представляет собой массивное тело (как правило, асимметричное),

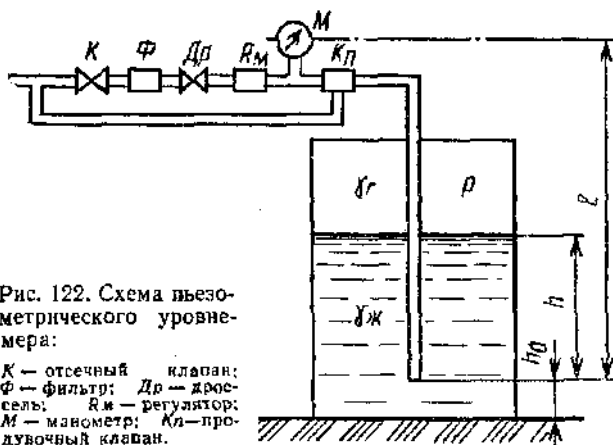


Рис. 122. Схема пьезометрического уровнемера:

K — отсечный клапан;
 Φ — фильтр; Dp — дроссель;
 R_m — регулятор;
 M — манометр; K_n — продувочный клапан.

подвешенное внутри сосуда с контролируемым уровнем жидкости. По мере изменения уровня жидкости меняется погружение буя и, следовательно, выталкивающая сила жидкости. Это явление компенсируется изменением усилия в подвеске и некоторым изменением осадки буя за счет деформации подвески. Система подвески буя одновременно выполняет функцию силоизмерителя.

Для буйкового уровнемера существует начальный (неконтролируемый) уровень, от которого ведется отсчет. Он необходим для устранения влияния сил поверхностного натяжения, которые имеют максимальное значение в момент касания буя поверхности жидкости (или отрыва от нее). Начальный уровень равен 4... 10 мм.

Буй изготавливают из материала, не взаимодействующего с контролируемой средой. Конструкция буя должна обладать такой жесткостью, чтобы его деформация под действием давления в сосуде была минимальной.

Буйковые уровнемеры различаются конструкцией подвески. Расположение элементов подвески может быть как одностороннее (только сверху), так и двухстороннее. В первом случае большое значение имеет вес буя, так как под действием выталкивающей силы появляется опрокидывающий момент. Его компенсируют реактивным моментом в подвеске. Во избежание опрокидывания применяют направляющие элементы, ограничивающие перемещение буя в горизонтальном направлении, или утяжеляют буй.

Из всех типов буйковых уровнемеров чаще всего применяют уровнемеры с торсионной подвеской и пневматическим выходом (рис. 123).

Стальной цилиндрический буй 8 подвешен на конце рычага 7, который связан с торсионной трубкой 6. На упругую трубку действует момент сил. Массу буя выбирают так, чтобы он не всплывал при полном погружении в жидкость. С повышением уровня жидкости увеличивается глубина погружения буя и за счет возрастания выталкивающей силы уменьшается его масса. Это вызывает пропорциональное уменьшение угла закручивания упругой трубки и стального стержня, закрепленного внутри нее. На противоположном конце стержня установлена заслонка 4 пневмоустройства 2, которая отклоняется относительно сопла 3 на тот же угол. Пневмоустройство 2 преобразует малое угловое перемещение заслонки 4 в пропорциональное изменение давления воздуха. Давление контролируется специальным манометром 1, шкала которого градуирована в единицах уровня.

Дистанционный индикатор уровня ДИУ-С4А. Индикаторы уровня выпускают следующих модификаций: ДИУ-С4А-630-320; ДИУ-С4А-1000-320. Они предназначены для непрерывного показания,

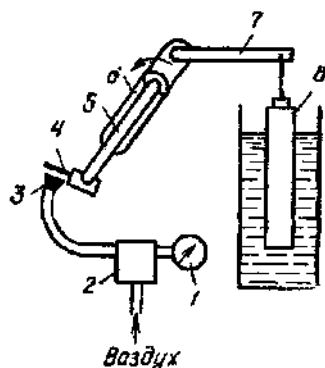


Рис. 123. Буйковый уровнемер:

- 1 — манометр; 2 — пневматическое устройство; 3 — сопло; 4 — заслонка; 5 — торсион; 6 — торсионная трубка; 7 — рычаг; 8 — буй.

регистрации и регулирования уровня жидкости в сосудах под давлением до 32 МПа.

Дистанционный индикатор уровня состоит из буйкового уровнемера, электрического взрывозащищенного преобразователя ДЭВ-П-СЧА и электронного прибора КСД-3.

Действие прибора основано на изменении положения буйка (рис. 124), частично погруженного в жидкость, в зависимости от изменения уровня жидкости. С буйком жестко связан сердечник 2 индукционной катушки 3. Перемещение сердечника вызывает изменение индуцируемой э. д. с. в секциях индукционной катушки, которое влияет на показания вторичного электронного показывающего и самопишущего прибора КСД-3.

На наружной поверхности корпуса нанесены круговые полосы: средний уровень жидкости — белого цвета; верхний и нижний — красного цвета.

Технические данные: пределы измерения уровня жидкости 0...630 мм; 0...1000 и 0...1600 мм, погрешность измерения уровня $\pm 5\%$; условное давление 32 МПа; температура рабочей среды $-30...80^\circ\text{C}$; разность удельных весов жидкой и газообразной фаз при рабочем давлении и температуре в зависимости от типа индикатора 0,6...1,6 г/см³; удельный вес газа при рабочем давлении и температуре 0,02...0,1 г/см³; масса прибора ДИУ-СЧА-630-320 — 51 кг; ДИУ-СЧА-1000-320 — 64 кг; ДИУ-СЧА-1600-320 — 75 кг. Прибор работает при температуре окружающей среды $-30...+50^\circ\text{C}$ и относительной влажности до 98%; питание вторичного прибора от сети переменного тока напряжением $220\pm_{15}^{10}$ В, частотой 50 ± 1 Гц.

При наружном монтаже предусмотрена защита электрического взрывозащищенного датчика от прямого попадания атмосферных осадков. Показывающий прибор устанавливают на щите в невзрыво-

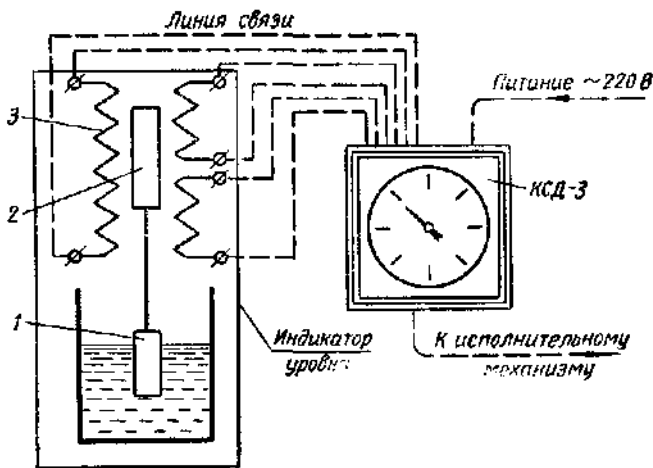
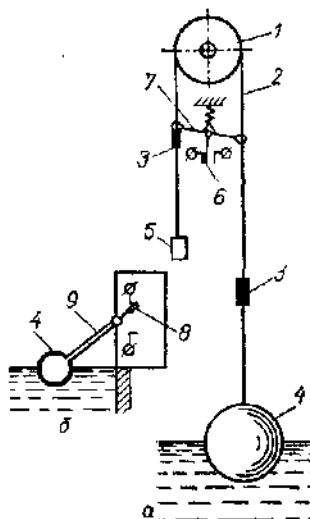


Рис. 124. Схема индикатора уровня типа ДИУ-СЧА:

1 — буй; 2 — сердечник; 3 — индукционная катушка.

Рис. 125. Поплавковые приборы измерения уровня:

a — тросовый; *б* — рычажный с поплавковой камерой; 1 — шкив; 2 — трос; 3 — ограничитель уровня; 4 — поплавок; 5 — противовес; 6 — контакты; 7 — коромысло; 8 — контрольное устройство; 9 — рычаг.



опасном помещении на расстоянии не более 250 м от преобразователя индикатора уровня.

Поплавковые уровнемеры построены по принципу использования выталкивающей силы жидкости. Чувствительный элемент их представляет собой тело произвольной формы (поплавок), плавающее на поверхности жидкости с постоянной осадкой.

При изменении уровня жидкости меняется положение поплавка, мерный шкив поворачивается и лента наматывается или сматывается с него. На оси мерного шкива закреплена стрелка, один оборот которой равен одному метру изменения уровня. Шкала метров совершает $\frac{1}{24}$ оборота при одном обороте шкива. Метры отсчитываются по вращающейся шкале метров, а сантиметры — по неподвижной шкале. Вращение шкива передается также на дистанционную приставку, имеющую реохрд и контактную систему для сигнализации крайних положений уровня. Вес поплавка уравнивается контргрузом.

На рисунке 125 показан поплавковый уровнемер тросового типа. Поплавок 4 гибким тросом 2 связан с вращающимся шкивом 1. На тросе установлены два ограничителя 3, которые при достижении заданного минимального или максимального уровня перекидывают коромысло 7, что приводит к перемещению сигнальных контактов 6. Эти уровнемеры нельзя применять в резервуарах с взрывоопасными жидкостями и при низких температурах.

В схемах регулирования поплавковые регуляторы и сигнализаторы применяются совместно с пневматическими регулирующими клапанами, при дистанционном измерении — со вторичными приборами манометрического типа, а при сигнализации — с сигнальными устройствами.

Регуляторы и сигнализаторы типа РУПШ, РУП и ПШ бывают следующих модификаций: РУПШ-356-54-2ПР7-2М, РУП-365-64-450-2ПР7-2М, РУП-365-64-450-2ПР7-2М-СУ-4-ВЗГ, РУПШ-365-64, РУПШ-365-64-СУ-4-ВЗГ, РУП-365-64-450, РУП-365-64-450-СУ-4-ВЗГ — для дистанционного измерения или автоматического регулирования с пневматическим выходным сигналом.

Регуляторы модификаций РУПШ-365-64-СУ-4-ВЗГ, РУП-365-64-450-СУ-4-ВЗГ, РУП-365-64-450-2ПР7-2М-СУ-4-ВЗГ и ПШ-365-64-СУ-4-ВЗГ оснащены электросигнальным устройством.

Технические данные: условное давление измеряемой среды 6,4 МПа; диапазон регулирования уровня 0..365 мм; максимальный ток размыкания ртутного контакта сигнального устройства

СУ-4-ВЗГ 1 А при напряжении переменного тока 220 В и безындукционной нагрузке; питание — сухой очищенный воздух по ГОСТ 11882—73; допустимая длина соединительной линии 300 м; температура рабочей среды —30...+200 °С для РУПШ-365-64, РУПШ-365-64-СУ-4-ВЗГ и ПШ-365-64-СУ-4-ВЗН (массы приборов соответственно 30, 38 и 36 кг) и 100...450 °С для РУП-365-64-450, РУП-365-64-450-2ПР7-2М, РУП-365-64-450-СУ-4-ВЗГ и РУП-365-64-450-2ПР7-2М-СУ-4-ВЗГ (массы приборов соответственно 70, 76, 78, 84 кг).

При установке на открытом воздухе приборы защищают от попадания влаги и обледенения.

Регуляторы РУП работают в среде с условным давлением до 6,4 МПа и температурой жидкости до 450 °С.

Указатель уровня жидкости в резервуарах типа УДУ-5 предназначен для измерения уровня светлых нефтепродуктов или других жидкостей в резервуарах различных типов. Указатель уровня — стационарный поплавковый прибор с пружинным уравновешиванием, с местным отсчетом показаний. Для дистанционного измерения прибор укомплектован дистанционной приставкой, пультом контроля и сигнализации.

Поплавок 9 (рис. 126) перемещается вместе с уровнем жидкости. Он соединен с мерной лентой 8 и при движении скользит по направляющим струнам 7. Мерная лента по роликам 6 проходит через гидродозатор 5 и сцепляется с мерным шкивом 4. Лента натягивается пружинным двигателем, постоянного момента.

Корпус показывающего прибора уровнемера снабжен вертикальной и горизонтальной горловинами для перфорированной мерной ленты.

Отсчетный механизм представляет собой десятичный счетчик с тремя цифровыми барабаничками и цифровым диском, разделенным на 100 делений. За один оборот диска первый барабаничок перемещается на одно деление, равное 1 м.

Приборный механизм проверки зацепления мерной ленты позволяет, не вскрывая прибора, проконтролировать правильность ее зацепления, а также обнаружить ее обрыв или зависание поплавка.

Визуальные уровнемеры. При их применении положение границы раздела определяется визуально оператором-наблюдателем. На элементах датчика нанесена шкала; уровень замеряют, фиксируя совпадение поверхности раздела с той или иной шкалы.

В простейшем случае в качестве датчика визуального уровнемера может быть использован сам сосуд, одна из стенок которого выполнена из прозрачного материала.

Шкала нанесена непосредственно на стенку сосуда или внутри него. Вблизи прозрачной стенки установлена мерная линейка, градуированная в единицах длины, объема или веса.

В тех случаях, когда стенку сосуда невозможно выполнить из прозрачных материалов, используют мерное стекло, работающее по принципу сообщающихся сосудов.

Мерное стекло (рис. 127) представляет собой цилиндрическую толстостенную трубку 7, устанавливаемую внутри колонок 3 и 8 через отверстие, закрываемое затем пробкой 2. Колодки закрепляются в специальных патрубках, расположенных сверху и внизу сосуда. Мерное стекло освещается.

При высоком давлении в сосуде (более 5 МПа) мерные стекла из-за недостаточной прочности не применяются. В этом случае ис-

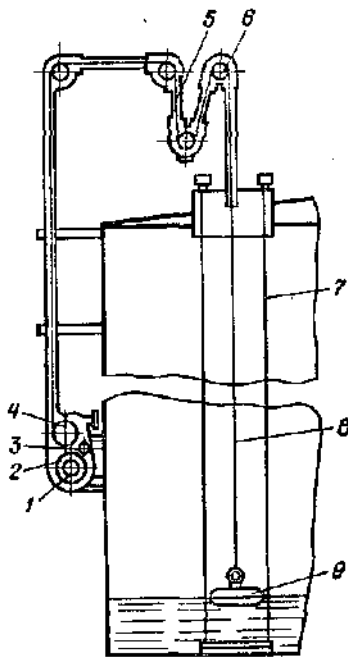


Рис. 126. Указатель уровня УДУ-5:

1, 2 и 3 — барабаны; 4 — шкив;
5 — гидрозатвор; 6 — ролик; 7 — струна;
8 — мерная лента; 9 — поплавок.

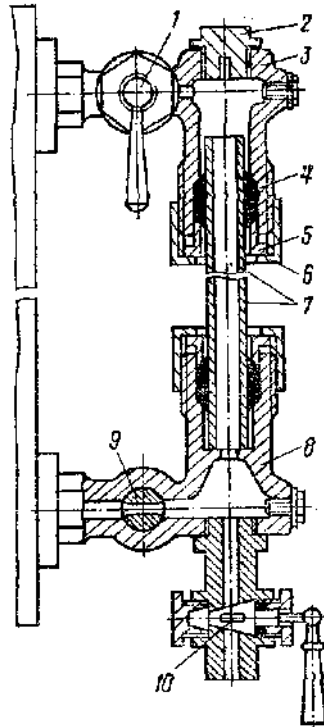


Рис. 127. Мерное стекло:

1 и 9 — пробковые краны; 2 — пробка;
3 и 8 — колодки; 4 — сальниковая набивка;
5 — втулка; 6 — накидная гайка;
7 — стеклянная трубка; 10 — кран.

пользуют плоские стекла Клингера, на обращенной к жидкости поверхности которых нанесены вертикальные граненые канавки, улучшающие видимость границы.

Существенным недостатком визуальных уровнемеров является сложность выполнения с их помощью дистанционного замера уровня.

§ 3. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Свойства сыпучих материалов. Задача измерения уровня сыпучих материалов сводится к определению степени заполнения сосуда однородными частицами твердого тела, обладающими определенной подвижностью. Размеры этих частиц ничтожны по сравнению

с размерами сосуда, а сцепление между ними настолько мало, что позволяет им равномерно (наподобие жидкостей) заполнять сосуд. Однако измерить уровень сыпучих материалов сложнее, чем уровень жидкостей.

Во-первых, существует неоднородность вещества в объеме, связанная с наличием собственно частиц твердого вещества и некоторого пространства между ними, заполненного жидкостью или газом. В зависимости от размера частиц различают пылевидные, порошкообразные, зернистые и кусковые сыпучие материалы. Размер частиц определяет физические свойства сыпучих материалов: объемный вес, теплопроводность, электропроводность, диэлектрическую проницаемость. Объемный вес — величина непостоянная; его определяют по степени уплотнения материала и влажности. Неоднородность сыпучих материалов значительно усложняет применение тех методов измерения уровня, при которых датчик находится в непосредственном контакте с веществом (терморезисторные, кондуктометрические). Измерить уровень тем сложнее, чем больше размер частиц вещества.

Во-вторых, подвижность частиц сыпучих материалов ограничена из-за действия сил трения и сцепления. Вследствие этого отсутствует горизонтальная плоскость раздела при заполнении или опорожнении сосуда. Свободная поверхность сыпучего материала представляет собой поверхность, образующая которой наклонена к горизонтали под углом естественного откоса. Угол естественного откоса для пшеницы и ржи составляет соответственно $25...36^\circ$ и $25...35^\circ$, для грунтовой земли $29...45^\circ$. Угол естественного откоса для легкосыпучих материалов равен углу внутреннего трения и не зависит от способа формирования поверхности. Для связанных сыпучих материалов угол естественного откоса несколько больше угла внутреннего трения и зависит от того, образуется ли поверхность раздела при опорожнении или заполнении сосуда. В связи с этим различают углы обрушения и насыпания.

Другое следствие ограниченной подвижности частиц сыпучих материалов — неполноценное их закону Паскаля. Давление внутри сыпучего материала зависит от ориентации единичной площадки, ее положения относительно стенки сосуда, формы сосуда и коэффициента трения материала о стенки сосуда.

Подвижность частиц некоторых сыпучих материалов уменьшается со временем. Такое свойство называется слеживаемостью. Она возрастает с увеличением давления (уровня).

Ограниченная подвижность частиц сыпучего материала делает возможным существование в его толще пустот. Особенно часто наблюдается сводообразование — возникновение пустоты над выпускным отверстием сосудов. Одна из дополнительных причин сводообразования, помимо ограниченной подвижности частиц, — несоответствие размеров выходного отверстия и частиц (кусков) материала.

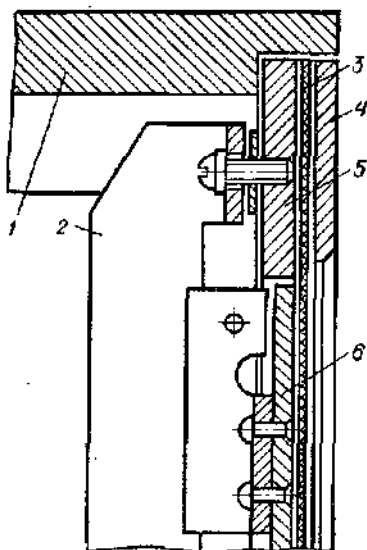
Для устранения ограниченной подвижности частиц сыпучего материала используют вибрацию. При этом в объеме не возникают пустоты и свободная поверхность материала приближается к горизонтальной плоскости.

Ограниченная подвижность частиц сыпучего вещества исключает применение для измерения уровня камерных первичных преобразователей, так как невозможно обеспечить равенство уровней вещества в сосуде и в измерительной камере.

Сыпучие материалы обладают липкостью и абразивностью. Липкость характеризует способность частиц сыпучего материала прили-

Рис. 128. Диафрагменный указатель уровня ДУЗ-1:

1 — корпус; 2 — скоба; 3 — резиновая диафрагма; 4 — прижимное кольцо; 5 — опорная шайба; 6 — металлическая пластина.



пать к поверхности твердых тел (к стенкам сосуда). Липкость свойственна мелкодисперсным сыпучим материалам — пылевидным и порошкообразным. Аbrasивное воздействие сыпучих материалов определяется твердостью частиц, давлением, прижимающим эти частицы к поверхности твердых тел, и скоростью их относительного перемещения. Вследствие абразивного воздействия разрушаются поверхности тел, контактирующие с сыпучим материалом.

Диафрагменный указатель уровня. Действие основано на свойстве сыпучего материала оказывать давление на стенки и дно бункера.

В отличие от жидкостей для сыпучих материалов зависимость между давлением на стенки и высотой столба носит нелинейный характер. Это объясняется возникновением сил трения и сцепления между частицами, причем эти силы тем больше, чем выше давление в слое сыпучего материала.

Диафрагменный сигнализатор уровня ДУЗ-1 состоит из корпуса 1 (рис. 128), металлической пластины 6, шарнирно установленной на скобе 2, резиновой диафрагмы 3 и микропереключателя. Диафрагма, расположенная между опорной шайбой 5 и прижимным кольцом 4, предохраняет указатель от пыли. При действии сыпучего продукта усилие (3...7 Н) через резиновую диафрагму передается на металлическую мембрану и далее на шток микропереключателя. Через контакты микропереключателя включает сигнальная лампа.

Диафрагменный сигнализатор уровня используют для сигнализации одного предельного уровня зерна в бункерах элеваторов и на предприятиях кормообработывающей промышленности.

Более высокой чувствительностью обладает мембранный преобразователь уровня типа МДУ-2С, предназначенный для предупреждения аварийного накопления зерна и других сыпучих материалов.

Технические данные механических и электромеханических сигнализаторов уровня приведены в таблице 49.

Реле уровня с гибким шупом. Отклонение чувствительного элемента под действием давления сыпучего материала является принципом работы реле уровня с консольно расположенным гибким проволочным шупом. Реле уровня выполнено в виде гнезда (рис. 129) с смонтированным под ним контактным преобразователем 2, чувствительным элементом 4 которого является шуп.

49. Сигнализаторы уровня

Тип прибора	Принцип работы	Усилие срабатывания, Н	Условия эксплуатации		
			температура, °С	влажность, %	напряж. инт. шиха, В
МДУ-2С	Диафрагменное реле	0,7...0,8 (нажимное)	-30...+40	30...80	220
СУ-1Ф	Реле уровня маятникового типа	5,5	-30...+50	30...80	220

Реле уровня крепится к стенке 3 бункера с таким расчетом, чтобы гибкий щуп находился на уровне контролируемого продукта (цемент, песок и т. п.). Если щуп не подвергается механическому воздействию сыпучего материала, контакты, образованные щупом и трубкой и находящиеся в корпусе преобразователя, разомкнуты. Под действием давления сыпучего продукта щуп изгибается, замыкая контакты, и в цепь управления подается сигнал. Реле лучше срабатывает при движении слоев вниз (при разгрузке емкости), поэтому их применяют чаще всего в качестве указателей нижнего уровня.

Маятниковое реле уровня. Сигнализатор уровня маятникового типа предназначен для зерна. Схема сигнализатора уровня СУ-1Ф приведена на рисунке 130. Внутри корпуса 1 находится микропереключатель 2 с одним переключающим контактом, сверху — резиновая прокладка 5 и крышка 3. К корпусу четырьмя болтами прикреплен кронштейн 10, при помощи которого сигнализатор закрепляют в емкости.

Положение сигнализатора по вертикали регулируют пазами в кронштейне. К двум другим кронштейнам, жестко соединенным с корпусом преобразователя, на четырех упругих лентах подвешен флажок 8 из листовой стали. Флажок передает усилие, создаваемое давлением контролируемого материала, через регулировочный винт 6 в шток 4 на микропереключатель 2. Шток закреплен в двух параллельно расположенных мембранах, которые позволяют ему перемещаться вдоль оси.

Кабель, соединяющий контакты микропереключателя с цепями управления, вводится через сальниковое уплотнение.

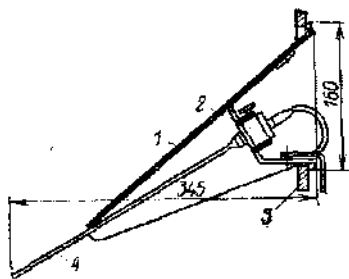


Рис. 129. Реле уровня с гибким щупом:

1 — гнездо; 2 — контактный преобразователь; 3 — стенка бункера; 4 — чувствительный элемент.

В емкости реле уровня устанавливают таким образом, чтобы середина вертикально висящего флажка была на контролируемом уровне.

При достижении заданного уровня флажок 8 отклоняется и через регулировочный винт 6 и шток 4 передает давление на микропереключатель 2. При понижении уровня флажок под действием собственной массы, пружины микропереключателя и упругих лент возвращается в первоначальное положение, переключая контакты микропереключателя.

Маятниковое реле уровня работает также в сочетании с магнитоуправляемыми контактами, обладающими высокой чувствительностью и большим числом срабатываний.

Реле уровня с отклоняющей пластинкой и бесконтактным преобразователем положения схематически показано на рисунке 131. Отклоняющая пластинка 6 фиксируется на валу 4 в требуемом положении. К другому концу вала прикреплен противовес 9 с экранной пластинкой 1, входящей внутрь бесконтактного преобразователя положения 8. Преобразователь содержит постоянный магнит и магнитоуправляемые контакты.

Датчик реле уровня устанавливается на стенке бункера таким образом, чтобы пластинка 6 находилась в зоне контролируемого продукта, а противовес 9 и преобразователь были вне бункера. Пока сыпучий материал не давит на пластинку 6, экран из ферромагнитного материала входит в щель преобразователя, перекрывая магнитный поток. При этом контакты разомкнуты, симистор открыт, реле включено и импульс проходит к соответствующим исполнитель-

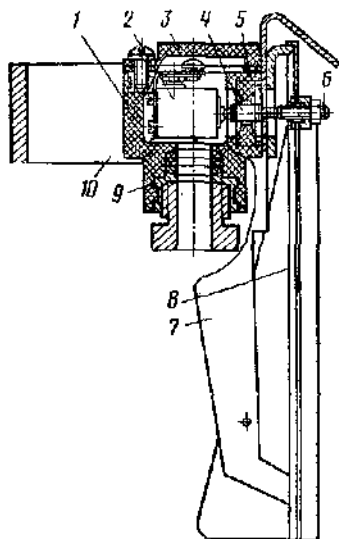


Рис. 130. Сигнализатор уровня сыпучих материалов маятникового типа:

1 — корпус; 2 — микропереключатель; 3 — крышка; 4 — шток; 5 — резиновая прокладка; 6 — регулировочный винт; 7 — упор; 8 — флажок; 9 — сальниковое уплотнение; 10 — крыштейн.

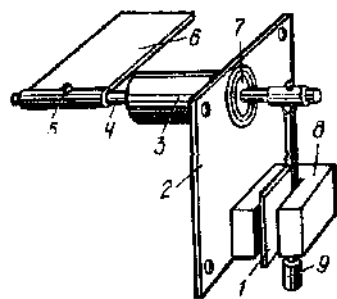


Рис. 131. Реле уровня с отклоняющей пластинкой и бесконтактным преобразователем положения:

1 — экраняющая пластинка; 2 — стенка; 3 — штуцер; 4 — вал; 5 — винт; 6 — пластинка; 7 — подшипник; 8 — преобразователь положения; 9 — противовес.

ным механизм. При засыпании зерном вал 4 с пластинкой 6 проворачивается. Экранирующая пластинка 1 выходит из щели, под действием магнитного потока магнитоуправляемый контакт замыкается, шунтируя промежуток «управляющий электрод — катод» симистора. Реле отключается, выключая исполнительные механизмы.

Поплавковые (буйковые) приборы применяют для непрерывного контроля и позиционной сигнализации степени загрузки периодически загружаемых сыпучим материалом емкостей. От путевых переключателей 1 и 3 (рис. 132) в цепь светового контроля поступает сигнал о максимальной, средней и минимальной загрузке бункера 7. Как только стальная полоса 4 поднимается выше верхнего буйка, включается звуковая сигнализация. При загрузке бункера буйки вручную поднимают в верхнее положение.

Массовые указатели уровня, применяемые на предприятиях комбикормовой промышленности, обеспечивают непрерывный контроль уровня сыпучих продуктов в емкостях и позиционное регулирование их уровней. Принцип контроля уровня состоит в определении давления бункера с сыпучим продуктом на опоры. В этом случае с одной стороны устанавливается бункер 2 (рис. 133) на опорах 1, выполненных в виде шарнира, а с другой стороны монтируется преобразователь давления 3. При симметричности бункера и равномерном по его сечению распределении продукта давление на преобразователь будет пропорционально уровню материала. Оно воспринимается штоком давления, передающим его эластичной мембране. Давление поршня, измеряемое манометром, через мембрану передается рабочей жидкости (раствор глицерина в воде). Стрелку манометра на нуль при пустом бункере устанавливают поворотом его шкалы. Точность массовых уровнемеров — до $\pm 2\%$ максимального значения шкалы.

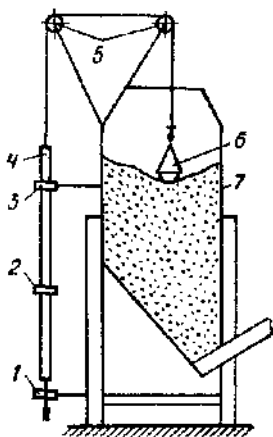


Рис. 132. Буйковый прибор для контроля сыпучих материалов:

1, 2 и 3 — путевые переключатели; 4 — стальная полоса; 5 — система блоков; 6 — буй; 7 — бункер.

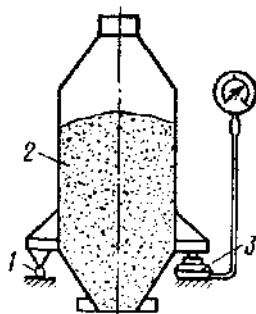


Рис. 133. Весовой уровнемер:

1 — опоры; 2 — бункер; 3 — преобразователь давления.

Вибрационные сигнализаторы уровня. Действие их основано на прекращении электрических автоколебаний, возникающих в усилителе, при контакте упругой пластины преобразователя с материалом, уровень которого контролируется. В корпусе сигнализатора установлены две катушки с постоянными магнитами в качестве сердечников. В магнитном поле катушек находится якорь, соединенный с чувствительным элементом в виде упругой пластины. Блок управления вибрационным преобразователем выполнен на транзисторах. Нагрузкой для одного из транзисторов служит одна из двух катушек вибрационного преобразователя, другая катушка этого преобразователя подключена ко входу усилителя. При подаче напряжения в схеме за счет обратной связи через якорь электромагнита устанавливаются незатухающие колебания, обеспечивающие вибрацию якоря.

При заполнении бункера до высоты, на которой установлен сигнализатор, взаимодействие сыпучего продукта с чувствительным элементом прекращает вибрацию. Выходное напряжение усилителя становится равным нулю, при этом срабатывают транзисторы, включается реле, замыкая своими контактами цепь исполнительных механизмов.

Электромеханические реле используют для контроля уровня мелкозернистых и кусковых материалов в емкостях. Работа реле УКМ основана на взаимодействии материала, уровень которого контролируется, с вращающейся крыльчаткой. Установленный в реле уровня синхронный электродвигатель со встроенным редуктором вращает крыльчатку. До тех пор пока уровень контролируемого материала ниже крыльчатки, она вращается. При погружении в материал крыльчатка останавливается. Под действием вращающего момента электродвигателя, преодолевающего тормозное действие сыпучего материала, микропереключатель отключает электродвигатель реле уровня и переключает цепь сигнализации. Когда материал опускается ниже крыльчатки, микропереключатель снова включает электродвигатель и переключает цепь управления. В бункере прибор крепят в горизонтальном или вертикальном положении так, чтобы масло не вытекало из редуктора, а крыльчатка находилась на контролируемом уровне.

Электромеханические преобразователи с тормозным барабаном устанавливают для двухпозиционного регулирования уровня сыпучего материала в бункере на уровне выгрузки. Двухфазный исполнительный электродвигатель 1 (рис. 134) вращает тормозной барабан 6. При засыпке барабана 6 материалом возникает тормозной момент, в результате которого вал 7 проворачивается относительно барабана 6, изгибает пружину 5 и рычаг переключает контакты микропереключателя 8, управляющие загрузочным транспортером. После снижения уровня материала барабан возвращается в прежнее положение относительно вала. В схеме управления регулятора преобразователь верхнего уровня отключает исполнительный механизм. Преобразователь нижнего уровня по конструкции аналогичен преобразователю верхнего уровня. Он включает загрузочный транспортер.

Реле уровня с электродвигателем-преобразователем. В этих приборах используются механические преобразователи тормозного момента, возникающего в результате взаимодействия сыпучего материала и вращающегося элемента (крыльчатка, лопатка, барабан), в электрический сигнал. Конструктивно сигнализаторы выполнены в

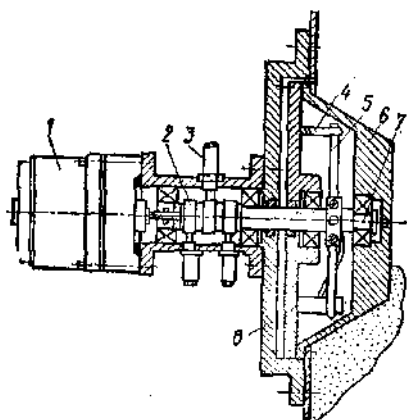


Рис. 134. Преобразователь уровня сыпучих материалов с тормозным барабаном:

1 — электродвигатель; 2 — контактные кольца; 3 — щетки; 4 — упор; 5 — плоская пружина; 6 — тормозной барабан; 7 — вал; 8 — микропереключатель.

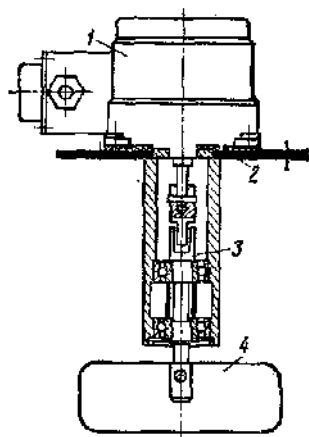


Рис. 135. Реле уровня с электродвигателем-преобразователем:

1 — электродвигатель; 2 — бункер; 3 — вал; 4 — тормозная крыльчатка.

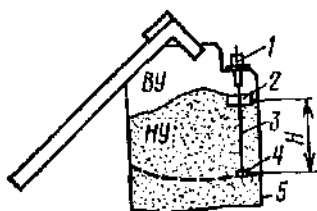
виде преобразователя, установленного в зоне контролируемого уровня, и усилительного блока, смонтированного в шкафу управления. Реле уровня с электродвигателем-преобразователем состоит из электродвигателя 1 (рис. 135), выходной вал 3 которого приводит в движение тормозную крыльчатку 4. Если уровень сыпучего материала ниже тормозной крыльчатки преобразователя, электрический сигнал поступает в цепь управления контроля. Когда электродвигатель затормозится при засыпании крыльчатки материалом, цепь управления лишается сигнала. В качестве реле могут применяться реле переменного тока или магнитный пускатель.

Двухпозиционные регуляторы с одним электродвигателем-преобразователем применяют для контроля уровня зерна, комбикормов и т. п. в верхней и нижней частях емкостей сравнительно небольшого объема. В этом случае преобразователь снабжают удлиненным валом 3, на котором устанавливают две крыльчатки 2 и 4 (рис. 136). Площадь крыльчатки верхнего уровня (ВУ) значительно превышает площадь крыльчатки нижнего уровня (НУ). Зона неоднозначности H , в которой регулятор управляет загрузкой емкости, достигает 1 м.

Двухпозиционные регуляторы с двумя указателями уровня используют при автоматическом поддержании заданного уровня сыпучих материалов с достаточно высокой зоной неоднозначности. Двухпозиционный регулятор уровня сыпучих материалов содержит два преобразователя верхнего (ДВУ) (рис. 137) и нижнего (ДНУ) уровней с бесконтактными блоками управления БУ1 и БУ2. Регулятор управляет работой магнитного пускателя P , который своими

Рис. 136. Двухпозиционный регулятор уровня сыпучих материалов с одним электродвигателем-преобразователем:

1 — электродвигатель-преобразователь; 2 — крыльчатка верхнего уровня; 3 — вал; 4 — крыльчатка нижнего уровня; 5 — емкость.



силовыми контактами включает электропривод загрузочного транспортера. С помощью тумблера *T* загрузочный транспортер переключается с автоматического на ручной режим работы. Работа регулятора контролируется при помощи ламп *Л1* и *Л2*.

Если уровень материала ниже крыльчатки *ДНУ*, напряжение на выходах блоков управления *БУ1* и *БУ2* составляет 220 В и магнитный усилитель *P* замыкает свои контакты *1P* и силовые контакты. В результате этого включается электропривод загрузочного транспортера и емкость начинает заполняться сыпучим материалом. Kontakтами *1P* обмотка пускателя *P* подсоединяется к выходу блока *БУ1*. Поэтому, если даже крыльчатка *ДНУ* затормозится на выходе *БУ2*, напряжение снизится до нуля, магнитный пускатель останется включенным. Только в тот момент, когда крыльчатка *ДВУ* затормозится продуктом и напряжение на выходе *БУ1* уменьшится до нуля, обмотка магнитного пускателя *P* обесточивается и

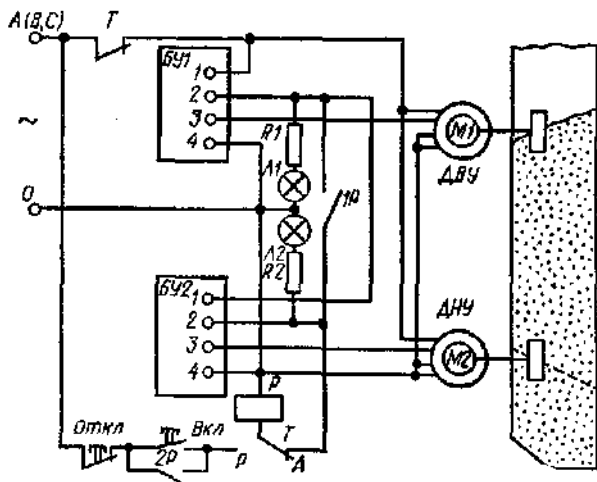


Рис. 137. Принципиальная электрическая схема двухпозиционного регулятора уровня с двумя преобразователями:

ДВУ — преобразователь верхнего уровня; *ДНУ* — преобразователь нижнего уровня; *БУ1* и *БУ2* — бесконтактные блоки управления; *P* — магнитный пускатель; *T* — тумблер; *Л1* и *Л2* — лампы; *1P* — контакты пускателя.

загрузочный транспортер останавливается. Контакты IP размыкаются и транспортер включается только тогда, когда уровень продукта будет ниже $ДНУ$.

Импульсные регуляторы. При поддержании определенного уровня сыпучего продукта в емкости достаточно контролировать один предельный уровень, включая исполнительное устройство автоматики (реле, магнитный пускатель, тяговый электромагнит) на определенное время. Для этого сигнализатор уровня сыпучих материалов используют совместно с реле времени. В результате этого объединения образуется импульсный регулятор. В таком регуляторе длительность импульса, определяющего время включения или, наоборот, отключения загрузочного или разгрузочного исполнительного механизма, задается реле времени. Длительность паузы изменяется в зависимости от времени загрузки или разгрузки емкости и устанавливается сигнализатором уровня сыпучих материалов.

При помощи импульсных регуляторов поддерживают заданный уровень сыпучего продукта в емкости, контролируют верхний или нижний предельный уровень, включают или отключают исполнительные механизмы. Схема импульсного регулятора для отключения на заданный интервал времени исполнительного транспортирующего механизма, загружающего бункер сыпучим материалом, состоит из электродвигателя-преобразователя, конденсаторов, тиристорного реле (состоит из двух реле), электромагнитного реле с ограничительным резистором, тиратрона тлеющего разряда и времязадающего контура. Работает регулятор следующим образом. Когда уровень продукта в бункере выше тормозной крыльчатки, ротор двигателя заторможен, тиристоры заперты и реле выключено. При снижении уровня ток, протекающий через конденсатор и последовательно включенный резистор, резко возрастает. Тиристор под действием тока начинает работать, но реле не включается, так как к аноду тиристора его обмотка подсоединена через ограничительный резистор. Через интервал времени, определяемый постоянной времязадающего контура, конденсатор заряжается до напряжения зажигания тиратрона. После этого включается реле. Одними контактами оно заряжает конденсатор, а другими включает загрузочные транспортеры. Когда уровень сыпучего материала поднимается до тормозной крыльчатки, ток, протекающий через резистор, резко уменьшается, тиристор перестает пропускать ток и реле отключается.

Приборы с преобразователями сопротивления. Уровень сыпучих материалов, обладающих любой электропроводностью, можно контролировать, изменяя сопротивление между электродами соответствующих форм и размеров. При замыкании электрической цепи источника питания через контролируемый материал протекает ток, который измеряется при помощи усилительно-преобразовательных схем.

Приборы, основанные на электропроводных свойствах контролируемых сред, называются омическими. В простейшем случае омический сигнализатор уровня представляет собой контакты в виде двух проводников, установленных в емкости на заданном уровне. Эти контакты включены в цепь источника питания и исполнительного реле.

Реле и регуляторы уровня с омическими преобразователями характеризуются простотой конструкции. Электродные преобразователи выполнены в виде стержней. В качестве усилительных элементов, преобразующих сигналы электродных преобразователей, исполь-

ауют тиристоры тлеющего разряда. Приборы с преобразователями сопротивления пригодны для двухпозиционного регулирования уровня сыпучих материалов, межэлектродное сопротивление у которых при замыкании продуктом не превышает 10^6 Ом.

Регулятор содержит электромагнитное реле постоянного тока; тиристор; тиристоры тлеющего разряда; делители напряжения, образцовые резисторы и сопротивлениями переходов; электроды верхнего (ЭВУ) и нижнего (ЭНУ) уровней; источник постоянного тока, состоящий из диода, стабилитрона и конденсатора фильтра.

Регулятор работает следующим образом. Когда уровень материала ниже электродов, сопротивление их переходов велико и, следовательно, на них будет падать основная часть напряжения питания. Под действием этого напряжения тиристор поддерживается в открытом состоянии, в результате чего зажигаются два других тиристора. В анодную цепь тириستоров включена обмотка электромагнитного реле. Последовательно с ней включен сравнительный резистор, поэтому зажигание тириستоров не вызывает срабатывания реле, поскольку через его обмотку протекает ток, в несколько раз меньший тока срабатывания. Конденсатор на промежутке «ЭНУ—корпус бункера» заряжается до напряжения зажигания тиристора. Когда тиристор зажигается, через его анодную цепь начинает разряжаться конденсатор фильтра, отпирая тиристор. Тиристор работает лишь во время включения реле, затем опять запирается, но реле удерживается во включенном состоянии, так как через его обмотку протекает ток, несколько превышающий ток выключения реле.

Тиристор и тиристор периодически открываются до тех пор, пока материал не достигнет нижнего уровня. Реле отключится при достижении сыпучим материалом верхнего уровня. Сопротивление перехода «ЭВУ—корпус бункера» уменьшается и тлеющие тиристоры гаснут, обесточивая реле. Тиристоры не только выполняют усилительные функции, но и сигнализируют об уровне материала в бункере. Чувствительность прибора регулируют с помощью резисторов.

Сигнализаторы и уровнемеры с емкостными преобразователями. Действие этих приборов основано на изменении емкости конденсатора, обкладки которого образованы электродами первичного преобразователя различной формы и размеров.

Преобразователи емкостных сигнализаторов уровня очень просты, могут работать при больших давлениях, температуре и в агрессивных средах.

Емкостные приборы обладают значительным быстродействием, высокой чувствительностью и точностью работы.

Емкость конденсатора прибора зависит не только от измеряемого уровня, но в значительной степени от электрических свойств вещества, находящегося между электродами.

Для непрерывного дистанционного контроля уровня жидких и сыпучих сред, обладающих различными диэлектрическими свойствами изготовляется электронный уровнемер ЭНУ.

Прибор содержит преобразователь типа ДЕ, электронный блок с контрольным указателем уровня и дистанционный указатель, представляющий собой щитовой миллиамперметр с градуировкой шкалы в единицах уровня. В сочетании с электронным блоком могут быть использованы потенциометры типа ЭИД и ЭПВ.

Для контроля уровня в больших емкостях применяется тросовый преобразователь длиной до 20 м, соединяемый с электронным блоком коаксиальным кабелем.

§ 2. ИЗМЕРЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

Гигрометры. Наиболее распространены волосной и пленочный гигрометры, предназначенные для измерения относительной влажности воздуха в пределах 20...100 % и в интервале температур 35...60 °С.

Волосной гигрометр. Действие его основано на свойстве обезжиренного волоса изменять длину с изменением влажности воздуха.

Гигрометр состоит из следующих основных частей: приемника влажности из двух лучков равномерно натянутых и обезжиренных волос; передаточного механизма; пружины, поддерживающей систему приемника и передаточного механизма в натянутом состоянии; шкалы с делениями, отградуированной в процентах влажности воздуха, цена каждого деления соответствует 1 % относительной влажности; стрелки, соединенной с передаточным механизмом; металлического корпуса с зажимным кольцом, рамкой и стеклом.

Пленочный гигрометр. Принцип действия прибора заключается в том, что при изменении относительной влажности воздуха появляется упругая деформация пленочного преобразователя влажности, которая системой рычагов передается на стрелку, перемещающуюся относительно шкалы.

Основные части пленочного гигрометра: мембранный пленочный преобразователь; передаточный механизм; рамка со шкалой. Чувствительным элементом служит гигроскопическая органическая пленка. Постоянное натяжение пленки обеспечивается грузиком, рычаг которого закреплен на оси стрелки. Все детали прибора укреплены на металлической раме.

Пьезосорбционные гигрометры предназначены для автоматического непрерывного измерения относительной влажности воздуха.

В качестве регистрирующего прибора применяется потенциометр КСП-2 с пределами измерения 0...10 мВ.

Действие прибора основано на измерении резонансной частоты колебаний пьезоэлемента, покрытого пленкой сорбента (полиамида). Изменение относительной влажности анализируемой среды вызывает изменение массы сорбента, которое пропорционально изменению резонансной частоты колебаний пьезоэлемента. В установившемся режиме эта частота является мерой относительной влажности. Прибор предназначен для эксплуатации при температуре окружающей среды 5...50 °С и барометрическом давлении. Анализируемая среда не должна содержать газов и паров, реагирующих с полиамидом.

Преобразователь гигрометра «Волна» монтируют на кронштейне в камере, где измеряют влажность; преобразователи располагают чувствительным элементом вниз. Блок питания устанавливают на столе, регистрирующий прибор — на щите в помещении, относительная влажность в котором не превышает 80 %. Приборы соединяют кабелем. Длина соединений блока питания с регистрирующим прибором не должна превышать 300 мм.

Психрометры предназначены для определения относительного содержания влаги в воздухе.

Два ртутных термометра смонтированы на рамке из дерева. Нижняя часть одного из них обмотана гигроскопической тканью (марлей, муслином) и погружена в маленький сосуд с водой. Вследствие испарения воды на поверхности шарика «мокрого» термометра ртутный столбик устанавливается ниже столбика «сухого».

Ёмкостный чувствительный элемент представляет собой пластинку из фольгированного стеклотекстолита, защищенную от воздействия контролируемой среды эпоксидной смолой.

Преобразователь крепится к стенке бункера винтами, с электронным блоком соединяется кабелем.

Прибор типа СУС-11 работает при температуре среды $-30 \dots +50$ °С.

В электродном преобразователе уровня при заполнении межэлектродного пространства зерном проводимость между электродами увеличивается, вследствие чего загорается газоразрядная лампа и срабатывает реле.

Использовать преобразователь можно только для зерна влажностью не ниже 13 %. Подключение емкости параллельно области катод—сетка тиратрона позволяет использовать преобразователь на зерне, начиная с влажности 8 %. Цепь стабилизации напряжения, состоящая из стабилитрона, диода и резисторов, обеспечивает надежную работу преобразователя при отклонении напряжения на ± 10 % от номинального.

Электродные преобразователи обладают высокой точностью измерения, низкой стоимостью и просты по конструкции.

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Влажность материалов характеризуют абсолютным содержанием влаги в единицах массы и относительной влажностью, представляющей отношение количества влаги к массе вещества. Влажность вещества 48 % обозначает, что в 1 кг вещества содержится 480 г воды и 520 г сухого вещества.

Влажность воздуха или газов определяют по содержанию в них водяного пара. В связи с этим различают абсолютную и относительную влажность.

Абсолютная влажность выражается массой водяного пара, содержащегося в единице объема исследуемой среды.

Относительная влажность равна отношению фактической абсолютной влажности к максимально возможной. Относительная влажность равна 100 % в точке росы, т. е. при температуре конденсации насыщенного пара.

При измерениях сверхмалых количеств влаги в газах и жидкостях в качестве единицы измерения объемного влагосодержания принимают единицу ppm (в 1 млн. молекул газа или жидкости находится 1 молекула воды).

Для измерения влажности воздуха и газов используют так называемые гигрометры и психрометры.

Преобразователи влажности по принципу действия разделяют на:

- кондуктометрические, которые определяют влажность по результатам измерения электропроводности;
- диэлектрические, с помощью которых судят о влажности по значению диэлектрической проницаемости;
- гигрометрические, позволяющие оценивать влажность среды по изменениям электрических или механических характеристик влосмогательного вещества.

В качестве воспринимающего элемента в преобразователях влажности используют также полупроводниковые гигристоры, изготовленные в виде тонких пленок из полупроводниковых материалов, сопротивление которых при увеличении влажности резко падает. При измерении влажности используют также сорбционный метод.

В качестве регистрирующего прибора используют потенциометры и другие приборы.

В схему того или иного гигрометра входят преобразователь, регистрирующий прибор и блок питания.

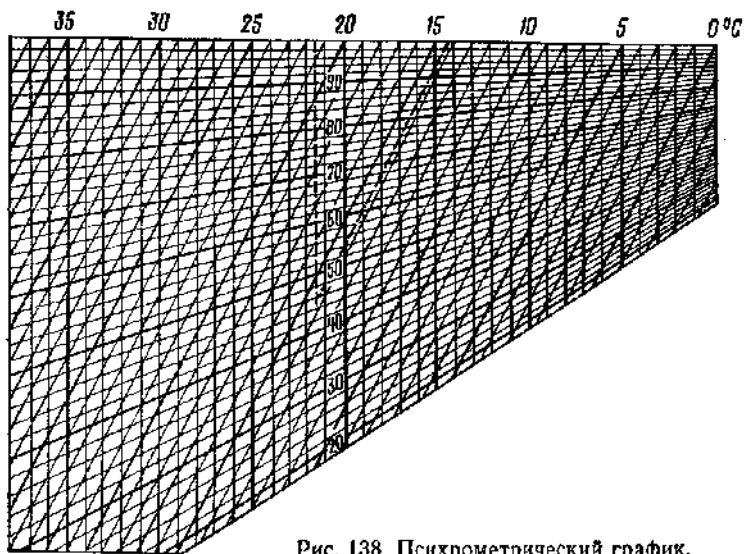


Рис. 138. Психрометрический график.

Скорость испарения, а следовательно, и охлаждения «мокрого» термометра зависит от относительного содержания влаги. Когда падение столбика ртути термометров прекратится, отсчитывают температуру по шкалам обоих термометров.

Предел измерения прибора $-10...+50^{\circ}\text{C}$, деление шкалы термометров $0,5^{\circ}\text{C}$, погрешность измерений $2...5\%$.

Скорость испарения, а следовательно, и падение температуры на «мокром» термометре зависят также и от скорости потока испытуемого воздуха, поэтому для поддержания оптимальной скорости (≈ 2 м/с) предусмотрен приводимый в действие электродвигателем пропеллер.

При определении относительной влажности пользуются психрометрическим графикам (рис. 138). По вертикальным линиям отмечают показания «сухого» термометра, а по наклонным — «мокрого». На пересечении этих линий получают значения относительной влажности, выраженные в процентах. Линии, соответствующие десяткам процентов, обозначены на графике цифрами 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90.

Пример. Температура, показываемая «сухим» термометром, $21,7^{\circ}\text{C}$, «мокрым» — $14,3^{\circ}\text{C}$. На графике находят точку пересечения вертикальной и наклонной линий, соответствующих этим температурам. Она находится выше 42, но ниже 44. Следовательно, относительная влажность исследуемой среды составляет приблизительно 43% .

Графики удобны в тех случаях, когда требуется знать только относительную влажность. При определении абсолютной влажности пользуются психрометрическими таблицами.

Преобразователи с пленкой электролита отличаются простотой, малыми габаритами, высокой чувствительностью, однако они недо-

статочны стабільны во времени. Верхний предел измеряемой влажности этих преобразователей не превышает 90 %, нижний предел — не менее 30..40 % относительной влажности.

Преобразователи чувствительны к загрязненности, попаданию конденсата на активный слой и температуре. Некоторые из них имеют постоянную времени до 10...20 мин.

Подогревные хлористолитиевые преобразователи. Выходным элементом преобразователя служит платиновый термометр сопротивления гр. 22.

Показания преобразователей в условиях установившихся режимов не зависят от колебаний питающего напряжения и скорости обдува воздухом. Они сохраняют все параметры в течение 6 мес, после чего старую пленку хлористого лития смывают и наносят новую (градировка остается прежней). Процесс покрытия прост и выполняется на месте эксплуатации прибора как периодическое профилактическое мероприятие. Преобразователи этого типа малоинерционны (1..2 мин).

При понижении влажности окружающего воздуха отдача преобразователем излишней влаги происходит не как обычный процесс пассивного высыхания, а благодаря активному подсушиванию током, протекающим по пленке хлористого лития.

Подогревные преобразователи работоспособны при отрицательных температурах до -30°C ; показания практически не зависят от изменения давления воздуха.

Недостаток подогреваемых преобразователей — размокание и стекание активного слоя, если преобразователь находится в выключенном состоянии.

В таблице 50 приведены основные типы и технические данные преобразователей влажности и влагорегуляторов.

Преобразователи типа ЭВ4 работают по принципу зависимости проводимости пленки солей электролитов от влажности воздуха. В них используется смесь поваренной и сегнетовой солей.

50. Преобразователи влажности и влагорегуляторы

Тип прибора	Диапазон контроля влажности, % отв. влаж.	Постоянная времени, мин	Рабочая температура, $^{\circ}\text{C}$	Основная погрешность, %	Дистанционность, м
Преобразователь ЭВ4	35...80 60...90	5	5...45	3...5	600
Гигристор	50...100	0,05...0,5	15...45	0,2 на 1 $^{\circ}\text{C}$	—
Преобразователи типа					
ДЭВС-1	20...40 50...90	10	5...35	± 3	—
ДИВ-2	20...90	20	5...35	$\pm 3,5$	—
ДОВП	0...100	2	5...35	$\pm 2,5$	1000
Влагорегуляторы типа ВДК и ВПК	30...35	5	0...40	7,5	—

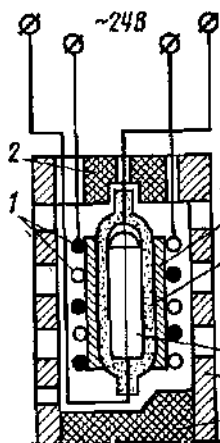


Рис. 139. Полупроводниковый подогревной преобразователь влажности воздуха:

1 — подогревные электроды; 2 — изоляционные колодки; 3 — диэлектрический чулок; 4 — защитная пленка; 5 — термистор; 6 — металлический чехол.

Гигристор представляет собой два гребенчатых серебряных электрода, нанесенных методом взжигания на плоскую стеклянную пластинку. Проводимость между электродами обеспечивает тонкая пленка полиакрилонитрила, сопротивление которой зависит от относительной влажности и температуры окружающего воздуха. Значительная температурная погрешность гигристора компенсируется введением в измерительную схему термистора. Основной недостаток гигристоров — нестабильность во времени, составляющая 3,5...5 % относительной влажности за 4 мес.

Полупроводниковый хлористолитиевый подогревной преобразователь абсолютной и относительной влажности устроен следующим образом. На термистор 5 (рис. 139), покрытый защитной пленкой 4, надет диэлектрический чулок 3 из стекловолокна, пропитанный концентрированным раствором хлористого лития. На чулок 3 бифлярно уложены платиновые или серебряные подогревные электроды 1. Корпус преобразователя закреплен в изоляционных колодках 2, которые размещены по концам металлического чехла 6. Чехол 6 с отверстиями для доступа воздуха предохраняет преобразователь от механических повреждений и засорения. Электроды подключены к источнику питания переменного тока.

Работа преобразователя основана на том, что при одной и той же температуре упругость водяного пара над раствором хлористого лития ниже, чем над чистой водой. Поэтому раствор лития всегда поглощает влагу из окружающего воздуха.

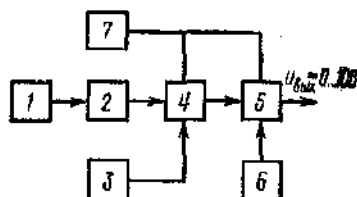
Если подключить электроды, то через раствор пойдет ток, увеличивающий его температуру. При определенной температуре раствора упругость водяного пара над ним становится выше упругости водяного пара, содержащегося в воздухе, и влага из раствора переходит в воздух. Раствор кристаллизуется и становится неэлектропроводным, что резко уменьшается, вследствие чего температура раствора снижается до тех пор, пока хлористый литий вновь не станет поглощать влагу из воздуха. Затем процесс повторяется. Таким образом, температура подогрева раствора, а следовательно, и терморезистора находится в зависимости от влажности и температуры окружающей среды.

Преобразователь ДЭС-1 очень чувствителен к запыленности воздуха и нестабилен во времени.

Преобразователь ДИВ служит чувствительным элементом влагомера типа ВВ2 и терморегулятора типа ТВ2. Его работа основана на зависимости проводимости пленки раствора хлористого лития в желатине, нанесенном на триацетатную ленту, от влажности воздуха. Благодаря тому что хлористый литий находится в связанном состоянии в непроницаемом желатиновом слое, преобразователя типа

Рис. 140. Функциональная схема преобразователя влажности ДОВП:

1 — чувствительный элемент; 2 — рабочий генератор; 3 — опорный генератор; 4 — смеситель; 5 — частотомер; 6 — блок подстройки; 7 — блок питания.



ДИВ более стабильны и долговечны, чем преобразователь типа ДЭВС-1. Этим же объясняется и большая устойчивость датчиков типа ДИВ к воздействию повышенной влажности. Один из основных недостатков преобразователя — большая инерционность.

Пьезосорбционный преобразователь относительной влажности ДОВП-1 применяют во влагорегуляторах типа В4-536У (трехпозиционный) и типа В4-510У (двухпозиционный) при регулировании влажности в теплицах и в овощефруктокартофелехранилищах.

Чувствительный элемент преобразователя — кварцевый резонатор. На поверхность кварцевой пластины нанесена пленка сорбента, в качестве которого используется поликапреамид. В зависимости от изменения массы пленки сорбента при поглощении воды из воздуха изменяется частота колебаний пьезоэлемента, которая и является мерой относительной влажности воздуха. В установившемся режиме частота колебаний пьезоэлемента пропорциональна массе пленки с поглощенной водой.

Посредством преобразователя типа ДОВП-1 относительная влажность воздуха превращается в унифицированный выходной сигнал — напряжение 0...10 В постоянного тока при изменении относительной влажности воздуха соответственно от 0 до 100 %.

Функциональная схема преобразователя показана на рисунке 140. Чувствительный элемент 1 образует индуктивную ветвь колебательного контура.

Конструктивно преобразователь выполнен в виде отдельного блока совместно с чувствительным элементом 1. Преобразователь смонтирован в литом алюминиевом корпусе с крышкой. В нижней части корпуса укреплена колодка, в которую устанавливается съемный чувствительный элемент. Для защиты от механических повреждений чувствительный элемент закрыт экраном, сверху на корпусе установлен кронштейн для крепления преобразователя.

При подключении преобразователя ДОВП-1 к приборам В4-510У и В4-536У (рис. 141) происходит сравнение напряжений постоянного тока, снимаемых с датчика влажности 2 и преобразователя влажности 1. Напряжение рассогласования выступает на модулятор 3 и усилитель 4 переменного тока. В зависимости от знака напряжения рассогласования фазочувствительный каскад 5 управляет работой симметричного статического триггера 6 в двухпозиционном регуляторе В4-510У или двух триггеров 6 и 7 в трехпозиционном регуляторе В4-536У. Триггеры нагружены на обмотки электромагнитных реле 8, 9 и 10, которые обеспечивают включение и отключение командных устройств (увлажнения, осушения) в системе регулирования.

Прибор имеет блок подстройки и блок питания.

Двухпозиционный ВДК и пропорциональный ВПК камерные влагорегуляторы с волосяным чувствительным элементом имеют

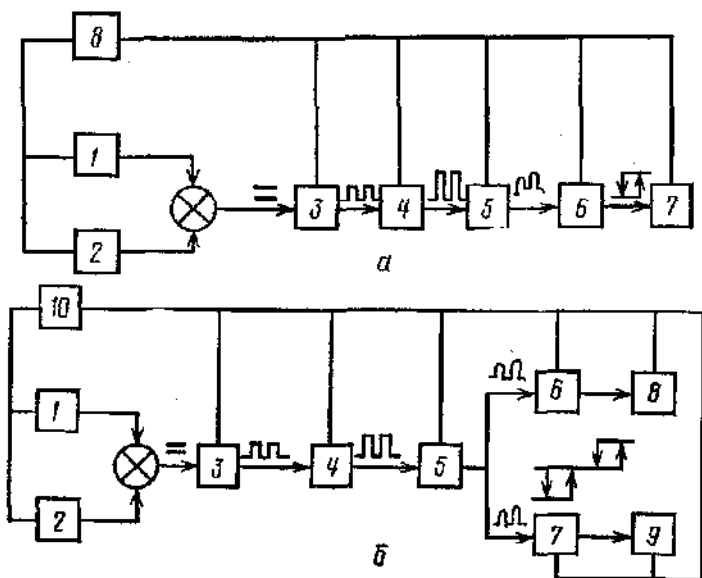


Рис. 141. Функциональные схемы:

а — двухпозиционного регулятора В4-510У; *б* — трехпозиционного регулятора влажности В4-536У; 1 — преобразователь влажности; 2 — задатчик; 3 — модулятор; 4 — усилитель; 5 — фазочувствительный каскад; 6 и 7 — триггеры; 8, 9 и 10 — электромагнитные реле.

низкую надежность, малый срок службы и не обеспечивают необходимой точности регулирования.

Приборы предназначены для использования в системах регулирования влажности установок технологического кондиционирования воздуха в диапазоне 30...95 % относительной влажности в помещениях с неагрессивной средой при невысоких требованиях к точности поддержания относительной влажности.

Постоянная времени этих преобразователей — 5 мин, что делает невозможным их применение на объектах малой емкости с быстропротекающими процессами. Влагорегулятор имеет зону нечувствительности, составляющую 2 % относительной влажности.

Регуляторы относительной влажности — обязательная составная часть автоматического управления микроклиматом животноводческих помещений.

Двухпозиционный регулятор влажности СПР-104. Питание его измерительной мостовой схемы — от сети переменного тока. В одно из плеч моста включен преобразователь влажности типа ЭВ4. Напряжение разбаланса с диагонали моста подается на вход усилителя, собранного на транзисторе, и далее — на вход фазочувствительного каскада.

В качестве нагрузки фазочувствительного усилителя служит входная потенциометрическая цепочка триггера Шмитта, собранная на транзисторах и управляемая выходным реле.

Чувствительный элемент — калиево-натриевый преобразователь, включенный в цепь моста.

На заданную влажность регулятор устанавливают задатчиком — переменным резистором. Управление задатчиком выведено на переднюю панель прибора.

Трехпозиционный регулятор влажности воздуха РВТ-110 служит для одноточечного дистанционного регулирования относительной влажности в диапазоне 50...80 %; интервал рабочих температур регулируемой среды 15...35 °С; погрешность шкалы настройки $\pm 5\%$; расстояние от датчика до регулятора — до 100 м.

Чувствительным элементом является калиево-натриевый преобразователь влажности, включенный в мостовую измерительную схему. Ее выход подключен к электронной схеме регулятора. Регулятор состоит из каскадов предварительного усиления, фазочувствительного каскада и двух триггеров. При соответствии регулируемой влажности заданному значению напряжение на выходе каскада предварительного усиления равно нулю.

Отклонение от заданной влажности вызывает появление напряжения разбаланса соответствующей фазы на входе фазочувствительного каскада. В зависимости от знака отклонения регулируемого параметра открывается триггер, управляющий выходным реле. Реле воздействует на исполнительный механизм, поддерживающий регулируемый параметр в заданных пределах.

Устанавливают регулятор на заданную влажность задатчиком, ручка которого выведена на переднюю панель.

Для подстройки при тарировке служит корректор. Зону нечувствительности (дифференциал) регулируют потенциометром. Срабатывание регулятора (включения) контролируется сигнальными лампами «Больше» и «Меньше».

Устройство для дистанционного измерения, регистрации и регулирования относительной влажности воздуха (УДРОВ) применяется в жилых и производственных помещениях.

Устройство состоит из первичного преобразователя — влагочувствительного элемента ЭВЧ и измерительного блока, выполненного на базе электронного автоматического моста переменного тока.

Предел измерения относительной влажности 20...90 %, диапазон температур 15...35 °С. Число точек измерения определяется типом применяемого электронного моста. Относительную влажность с помощью УДРОВ регулируют только при наличии в электронном автоматическом мосте соответствующих устройств. Допустимая погрешность измерения в рабочем диапазоне температур не превышает $\pm 5\%$ относительной влажности.

Измерительный блок можно устанавливать в закрытых помещениях с температурой окружающего воздуха 5...50 °С и относительной влажностью не более 80 %.

Влагочувствительный элемент ЭВЧ работоспособен при вибрации частотой до 35 Гц при амплитуде колебаний до 0,5 мм. Устройство получает питание от сети переменного тока напряжением 220 В.

Преобразователь подключают к электронному автоматическому мосту через согласующий входной делитель по схеме потенциометрирования на переменном токе.

Преобразователь устанавливают в наиболее характерной точке объекта регулирования на стене или колонне на высоте 1,8...2 м от пола.

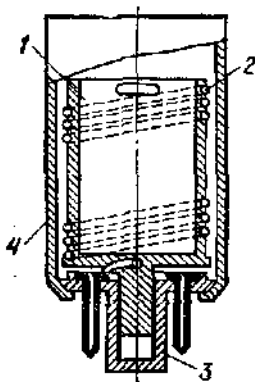


Рис. 142. Влагодчувствительный элемент ЭВЧ:

1 — полый цилиндр;
2 — электроды; 3 — радиолампы;
4 — перфорированный кожух.

Преобразователи влажности могут быть удалены от измерительного прибора на значительное расстояние. При длине 50 м и более соединительная линия, обладающая собственной емкостью, шунтирует преобразователь и вносит фазовые искажения. Для компенсации емкости длиной линии на входе делителя включен параллельный контур, состоящий из дросселя и конденсатора. На производстве контур настраивают на длину 600 м.

При изменении температуры окружающей среды характеристика первичного преобразователя изменяется, поэтому в схеме предусмотрена автоматическая компенсация температурной погрешности с помощью терморезисторов.

Влагодчувствительный элемент ЭВЧ представляет собой полый цилиндр 1 (рис. 142), выполненный из изоляционного материала. На боковую поверхность цилиндра с намотанными на ней электродами 2 из нихрома нанесена тонкая влагодчувствительная пленка. Цилиндр смонтирован на цоколе 3 радиоламп и для защиты от механических повреждений закрыт перфорированным кожухом 4.

Преобразователь связан с измерительным блоком через ламповую панель с помощью соединительной линии. Согласующий входной делитель собран на плате, на которой смонтированы элементы схемы. Потенциометр установки верхнего предела измерения выведен под шлиц. Плата делителя и компенсирующий контур смонтированы внутри кожуха электронного автоматического моста.

Преобразователь-реле ДРОВ-3 предназначен для регулирования относительной влажности воздуха в производственных и жилых помещениях.

Преобразователь-реле выполнен в пластмассовом корпусе. Все его составные части прикреплены к панели, которую можно быстро снять, что удобно для монтажа. Чувствительный элемент изготовлен из негигроскопичного изолирующего материала.

Работа прибора основана на применении пленочного преобразователя, сопротивление которого меняется с изменением влажности воздуха.

Преобразователь включают в одно из плеч моста переменного тока, который в данном случае является источником сигнала (генератором напряжения, поступающего на вход усилителя). В зависимости от разбаланса моста срабатывает одно или другое реле и его контакты замыкают цепь исполнительного механизма.

Диапазон регулирования относительной влажности воздуха 35...90 %.

§ 3. ИЗМЕРЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ЗЕРНА И КОРМОВ

Автоматическая влагоконтрольная установка дискретного действия АДВ предназначена для определения влажности зерна с целью соответствующего его размещения по хранилищам.

При диапазоне влажности пшеницы 10...30 % шкала прибора разделена на три части, характеризующие состояние зерна: «Сухое», «Влажное» и «Сырое». Установка работает в стационарных условиях при температуре окружающего воздуха $-5...+35^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности до 80 %, питание от сети переменного тока напряжением 220 В.

В состав блок-схемы входит конденсатор — первичный преобразователь, который периодически заполняется пробами зерна, отбираемого из автомашин с помощью пневмопробоотборщика. Преобразователем управляет командный прибор.

Электрическая емкость конденсатора-преобразователя, зависящая от влажности зерна, сравнивается с емкостью опорного конденсатора, и их разность преобразуется в напряжение постоянного тока. Это напряжение, пропорциональное влажности зерна, измеряется магнитоэлектрическим прибором, который размещен в измерительном блоке, и автоматическим потенциометром. Показания потенциометра дублируют показания измерительного прибора. Питание измерительной схемы установки от системы питания со стабилизированным напряжением.

Имеющееся в составе автоматического потенциометра позиционное регулирующее устройство управляет работой печатающего механизма, с помощью которого на приемных документах фиксируется категория влажности зерна.

Влияние температуры зерна на электрическую емкость конденсатора-преобразователя автоматически устраняется с помощью находящегося внутри него термокомпенсатора.

Схема выполнена в виде двухтактного генератора высокой частоты, входящего в состав измерительного моста постоянного тока. Проба зерна, вынутая из автомашины пневматическим пробоотборником, в определенном объеме попадает в приемный бункер 10 (рис. 143), выполненный из изоляционного материала, и удерживается в нем заслонкой 1, которая устанавливается в горизонтальное положение с помощью электромагнита 3.

По сигналу, полученному с командного прибора, отключается напряжение питания электромагнита 3, а заслонка 1 под действием пружины 4 и силы тя-

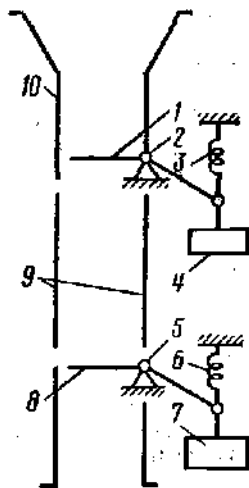


Рис. 143. Схема работы датчика влажности АДВ:

1 и 8 — заслонки; 2 и 5 — оси; 3 и 6 — электромагниты; 4 и 7 — пружины; 9 — электроды; 10 — приемный бункер.

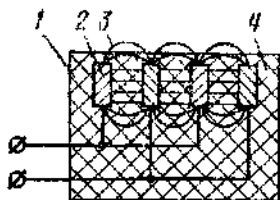


Рис. 144. Плоский емкостной преобразователь влажности:

- 1 — корпус; 2 — обкладка;
3 — электрическое поле;
4 — рабочая поверхность.

жести зерна мгновенно поворачивается вокруг своей оси 2 и устанавливается вдоль стенки бункера 10. Проба зерна при этом попадает в измерительную ячейку конденсатора-преобразователя, находящегося между электродами 9. В ячейке зерно удерживается заслонкой 8, которую поднимает и удерживает в горизонтальном положении электромагнит 6.

По истечении определенного времени, необходимого для измерения и работы печатающего механизма, с электромагнита 6 снимается напряжение питания, заслонка 8 под действием пружины 7 и силы тяжести зерна поворачивается вокруг своей оси 5 и преобразователь освобождается от зерна. Через не-

которое время по команде прибора электромагниты 3 и 6 поступает напряжение питания и они поднимают заслонки 1 и 8. После этого преобразователь готов к приему новой порции зерна.

Плоский чувствительный элемент влагомера работает по принципу измерения приращения краевой емкости. Обкладка 2 (рис. 144) преобразователя помещена в корпус 1, материал которого обладает стабильной диэлектрической проницаемостью. Емкость, образуемая за счет выпуклости электрического поля 3, изменяется в зависимости от плотности и диэлектрической проницаемости материала, прилегающего к рабочей поверхности 4 преобразователя. Такие измерители обычно работают в комплекте с уплотнителями различной конфигурации.

Плоский емкостный преобразователь влажности может быть вмонтирован в стенку шнекового транспортера и т. д. Эти преобразователи являются основой влагомеров травяной сечки в системах автоматического управления сушильных агрегатов.

Переносной влагомер зерна типа ПВЗ-10Д применяют в колхозах и совхозах при контроле влажности зерна.

Работа прибора основана на измерении приращения емкости преобразователя-конденсатора. Порция контролируемого зерна помещается во встроенный преобразователь на 100 г. Увеличение влажности зерна приводит к росту его диэлектрической проницаемости, а следовательно, к возрастанию емкости. Изменение емкости преобразователя измеряется электрической схемой прибора. Шкала прибора соответствует приращению емкости преобразователя в условных единицах. При помощи пересчетной линейки показания прибора переводятся в значение процента влажности.

Влагомер проградирован для пшеницы, ржи, ячменя, гороха, кукурузы, овса и люпина. Диэлектрическая проницаемость каждой культуры разная.

Прибор включает в себя портативный влагомер с питанием от батарей, малогабаритный встроенный емкостный преобразователь на 100 г зерна, весы для взвешивания и засыпки порции зерна и блок сетевого питания.

Технические данные: диапазон измерения влажности 10...36 %; абсолютная погрешность измерения влажности при 10...17 % не более ± 1 %; при 17...25 % не более $\pm 1,5$ %; при 25...30 % не более

$\pm 2\%$; свыше 30% не более $\pm 2,5\%$; диапазон измерения приращения емкости преобразователя $12...35$ пФ; поправка на температуру зерна в диапазоне температур $20 \pm 15^\circ\text{C}$ не более $0,15\%$; масса навески $100 \pm 0,4$ г; время однократного измерения влажности не более 2 мин; питание прибора от сети переменного тока напряжением $220 \pm 10\%$, частотой $50 \pm 0,5$ Гц; потребляемая мощность не более 6 В·А; вероятность безотказной работы за 1000 ч без учета сетевого блока питания не менее 0,98, с учетом — 0,9; масса прибора не более 3,8 кг. Прибор работает при температуре окружающей среды $0...40^\circ\text{C}$ и относительной влажности до 90% при 25°C .

Влагомер зерна типа ПВЗ-20Д применяют в зерносушилках производительностью до 50 т/ч для контроля и сигнализации отклонения влажности пшеницы, ржи, ячменя, риса, овса. Его работа основана на зависимости диэлектрической проницаемости от влажности зерна.

Электрическая схема прибора обеспечивает трехпозиционную световую и релейную сигнализацию отклонения влажности зерна в измеряемом диапазоне и подачу электрического сигнала на самопишущий прибор или регулятор.

Технические данные: диапазон измерения влажности $10...20\%$; абсолютная погрешность измерения при влажности в $10...18\%$ не более $\pm 1,5... \pm 2\%$ и при $18...26\%$ не более $\pm 2\%$; цена деления шкалы индикатора $0,2\%$; при засоренности зерна до 5% и температуре зерна $5...55^\circ\text{C}$ допустимые колебания расхода зерна составляют $3...25$ т/ч; время установления рабочего режима не более 1 мин; погрешность регулирования $0,3\%$ влажности; максимальное удаление измерительного блока от преобразователя 100 м; вероятность безотказной работы за 1000 ч не менее $0,8\%$; средний срок службы 8 лет; масса преобразователя не более 7,5 кг, измерительного блока не более 10 кг; прибор работает при температуре окружающего воздуха $-10...+40^\circ\text{C}$ и относительной влажности до 80% при 35°C и ниже.

Электронно-цифровой влагомер зерна «Колос-1» предназначен для экспресс-измерения влажности зерна пшеницы, ржи, ячменя, риса и кукурузы.

Влажность зерна измеряют диэлектрическим методом, суть которого заключается в определении полного сопротивления первичного емкостного преобразователя, загруженного определенным количеством зерна. Чем выше влажность зерна на момент измерения, тем выше значение полного сопротивления емкостного преобразователя.

Результаты измерения влажности фиксируются на шкале в условных единицах с помощью цифровой индикации. Эти показания переводят в значение влажности в $\%$ по градуировочным таблицам.

Основные части влагомера: цифровой преобразователь с первичным преобразователем, автоматическое весовое устройство, платы генераторов, индикации и батарей и управления, засыпной стакан, кожух.

Влагомер не требует настройки и калибровки.

Технические данные: диапазон измерения влажности $8...35\%$, абсолютная погрешность измерения при влажности $8...18\%$ — $1,5\%$, при $18...35\%$ — 2% ; масса контролируемой навески зерна 200 г; время одного измерения 45 с; масса $1,5$ кг; питание автономное от батареи «Крона-8У» или аккумулятора 7Д-0,115. Обслуживает «Колос-1» один человек.

§ 4. ИЗМЕРЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ

Измеритель влажности почвы АМ-11 предназначен для измерения влажности почвы в полевых стационарных условиях на глубине 10...100 см.

Действие основано на использовании зависимости между электрическим сопротивлением почвы и ее влажностью (омический метод). Сопротивление тем больше, чем суше почва. Электрическое сопротивление измеряют при помощи мегомметра типа М-1101М на 100 В посредством преобразователей (электросчеточных полуфабрикатов ЭГ-4 или ЭГ-14), обернутых в стекловолокно и помещенных в почву.

Преобразователи являются стойкими по отношению к почвенному раствору и не подвергаются коррозии. Стекловолокно создает надежный контакт между угольными электродами (щетками) и почвой.

Прибор состоит из комплекта преобразователей с проводами разной длины. В каждом преобразователе находятся две щетки — угольные пластинки (рис. 145), разделенные между собой изоляционными дистанцерами 4. Щетки 1 с одного конца покрыты медью и расположены на расстоянии 5 мм одна от другой. К омелненным концам 6 щеток припаяны провода кабеля 3, имеющие негниющую изоляцию. Щетки обернуты в несколько слоев витью 2 из стекловолокна. Между щетками помещен тампон 5 из стекловаты.

Угольный преобразователь влажности перед закладкой в почву градуируют. Цель градуировки — получение зависимости между электрическим сопротивлением преобразователя и влажностью почвы. Перед градуировкой проверяют исправность преобразователей.

Если преобразователь исправен, то его сопротивление в сухом состоянии должно достигать нескольких МОм или быть бесконечно большим, а в стакане с водопроводной водой его сопротивление должно быть 1,5...2,5 кОм.

Для измерения сопротивления преобразователей свободные концы их проводов подключаются к клеммам мегомметра «Земля» и «Линия». При измерении сопротивления плавно вращают ручку мегомметра с частотой не менее 120 об/мин, замечают деление шкалы, около которого устанавливается стрелка мегомметра. Отсчитывают значение сопротивления не более 4...5 с. После первого отсчета концы проводов меняют местами и делают второй отсчет. Из двух отсчетов вычисляют среднее значение сопротивления.

Среднее сопротивление r_1 преобразователя при температуре почвы t на глубине

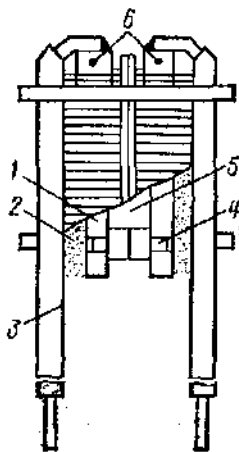


Рис. 145. Преобразователь влажности почвы:

1 — щетки (угольные пластинки); 2 — вить из стекловолокна; 3 — провода кабеля; 4 — изоляционные дистанцеры; 5 — тампон из стекловаты; 6 — концы щеток, покрытые медью.

его закладки приводят к сопротивлению r_0 при 0°C по формуле:

$$r_0 = r_t (1 + kt), \quad (64)$$

где k — температурный коэффициент изменения сопротивления ($k \approx 0,03$ на 1°C).

Для тарировки необходимо иметь серию параллельных наблюдений за влажностью почвы. По этим данным термостатно-весовым методом и при помощи прибора АМ-11 (омическим методом) строят тарировочный график для каждого преобразователя. Для этого по оси абсцисс откладывают влажность почвы (%), а по оси ординат — электрическое сопротивление (кОм, МОм) (рис. 146).

Полевая тарировка параллельных наблюдений за влажностью почвы тем и другим методом зависит от условий погоды. За период тарировки необходимо получить не менее 10..20 параллельных отсчетов при различных значениях влажности (начиная от коэффициента увядания и до полной влагоемкости почвы). Параллельные измерения влажности почвы термостатно-весовым и омическим методами совмещают с плановыми подекадными определениями влажности почвы.

Два-три раза параллельно определяют влажность почвы в особенно засушливые и дождливые периоды. В весенний период, в связи с быстрым изменением влажности почвы, ее определяют по пятнадцаткам.

Для внесения температурных поправок наблюдают за температурой почвы.

Установка преобразователей в поле. В почве бурят скважину до глубины закладки преобразователя очень аккуратно, чтобы не нарушить состояние поверхности почвы и растений. Вынимаемую из скважины почву высыпают из бура на кусок пленки отдельными кучками в последовательности ее залегания.

Когда скважина готова, на дно опускают преобразователь, предварительно смоченный и затем освобожденный от избытка воды встраиваемцем.

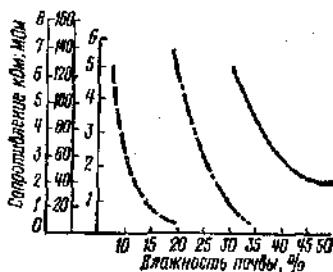
Преобразователь засыпают почвой, извлеченной из скважины при бурении, сначала с глубины его закладки, затем из последующего слоя и т. д. Почву слегка утрамбовывают для того, чтобы обеспечить хороший контакт со стекловолоком.

Одновременно с отсчетами по прибору АМ-11 измеряют температуру почвы.

Зная массу абсолютно сухой $P_{аб}$ (г) и влажной $P_{вн}$ (г) почвы для каждого измеренного сопротивления преобразователей, вычис-

Рис. 146. Примерный тарировочный график первичного преобразователя влажности почвы:

— — — — — кОм; - - - - - кОм·10;
 - - - - - МОм.



ляют влажность почвы $v_{\text{п}}$ (%):

$$v_{\text{п}} = \frac{P_{\text{вп}} - P_{\text{сн}}}{P_{\text{сн}}} 100. \quad (65)$$

Технические данные: прибор АМ-11 позволяет измерять влажность почвы при температурах 5...40 °С в диапазоне от максимальной гигроскопической (полевой) влагоемкости до воздушно-сухой почвы с точностью $\pm 1,5...2,5$ %. Электрическое сопротивление преобразователей влажности изменяется в диапазоне от 0,5...2,5 кОм в увлажненной почве до нескольких МОм в сухой. Основная погрешность мегомметра не превышает 1% длины шкалы. Глубина закладки преобразователей в почву 10 см, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 см; длина проводов 110 см, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200 см.

В комплект прибора входят преобразователи — 100 шт.; мегомметр типа М-1101М на 100 В; коробки для лабораторной тарировки преобразователей — 20 шт.; термометр ртутный с диапазоном измерения —15...+51 °С; контрольный резистор.

Название, тип	Назначение	Диапазон измерения влажности зерна пшеницы, %	Погрешность измерения, %	Температура анализируемого материала, °С	Масса, кг
Автоматический влагомер зерна в потоке типа АВЗК-1	Измерение и запись влажности зерна пшеницы	10...30	При влажности до 17 % ± 1 ; свыше 17 % $\pm 1,5$	—	—
Влагомер зерна (полевой) типа ВЗПК-1	Экспрессное определение влажности зерна пшеницы, ячменя, ржи, риса (зерно без размола)	10...35 (пшеница, рожь, рис) 11...35 (ячмень)	—	—	—
Переносной влагомер экспресс-анализа типа ВЗМ-1	Определение влажности зеленой массы (силоса и сенажа)	10...90	± 4	5...50	12
Электронный влагомер типа ВЛК-1	Экспрессное определение влажности сырья льняной соломы и тресты	10...30	При влажности 10...25 % $\pm 1,5$; 25...30 % ± 2	—	—
Экспресс-влагомер типа ВСЛК-1	Экспрессное определение влажности сырья льна и конопля	10...50	$\pm 1,5$	—	—
Влагомер типа ВСМК-1М	Экспрессное определение влажности льна, подсолнечника, сои и клецеваны	5...25	При влажности 5...17 % ± 1 ; свыше 17 % $\pm 1,5$	—	—
Влагомер зерна типа ИВЗ	Экспрессное определение влажности зерна	8...32	При влажности до 17% ± 1 ; свыше 17% $\pm 1,5 \pm 1$	5...35	30
Влагомер типа ВТМ-1М	Измерение и контроль доли влаги в массе травяной муки	4...15	$\pm 1,5 \pm 1$	—	—

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Единицей массы в Международной системе единиц принят килограмм. Государственный первичный эталон предназначен для воспроизведения и хранения единицы массы — килограмма и передачи ее размера с помощью вторичных эталонов и образцовых средств измерений рабочим средствам измерений с целью обеспечения единства измерений в стране.

Государственный первичный эталон состоит из копии международного прототипа килограмма — платино-иридиевой гири, выполненной в виде цилиндра диаметром и высотой 39 мм, имеющей номер 12, и эталонных равноплечих призматических весов на 1 кг с дистанционным управлением, служащих для передачи размера единицы массы вторичным эталонам.

На основании сличения прототипа килограмма № 12 с эталоном Международного бюро мер и весов получено, что масса килограмма № 12 = 1 кг + 0,085 мг.

Вторичными эталонами, эталонами-копиями служат платино-иридиевые гири № 26 и гири № 6, 8 и 15 из нержавеющей стали.

В целом ряде производственных процессов важнейшие показатели работы определяются по результатам взвешивания. Весы — это прибор для измерения массы. Действие весов основано на использовании эффекта гравитационных сил. Весы встраивают в технологические линии, где наряду с определением массы при их помощи выполняют дозировку компонентов для составления смесей, фасовку, упаковку и т. п.

Весы подразделяются: по принципу действия — на рычажные, пружинные, гидравлические, гидростатические и электротензометрические;

по степени автоматизации — с автоматическим уравновешиванием; с дистанционной передачей и регистрацией показаний; автоматические порционные весы и дозаторы; автоматические непрерывного действия и сортировочные;

по назначению — на общие; технологические; лабораторные; метрологические; для специальных измерений.

Для условного обозначения типоразмеров весов общего назначения применяют буквенно-цифровую индексацию. Первая буква указывает на конструкцию грузоприемного устройства; вторая — способ установки весов; цифра после буквенных обозначений — наибольший предел взвешивания в кг и т; буква после обозначения предела взвешивания — вид указательного устройства весов. Затем следует цифровое обозначение вида отсчета и снятия показаний ве-

сов. Например, РС-30Д24А обозначает: весы рычажно-механические, стационарные, с наибольшим пределом взвешивания 30 т, дискретно-цифровые, с документированной регистрацией и дистанционным отсчетом показаний, автомобильные.

Для технологических весов дискретного действия введены обозначения с указанием массы предельной порции. Так, обозначение весов Д-50 указывает, что для них наибольшая масса порции 50 кг. Весовые дозаторы обозначают аналогично (ДК-10 — дозатор комбикормовый, наибольшая доза массы 10 кг).

Для лабораторных весов приняты следующие буквенные обозначения: ВЛТ — весы лабораторные технические; ВЛА — весы лабораторные аналитические; ВЛМ — весы лабораторные микроаналитические; ВЛО — весы лабораторные образцовые.

§ 2. ВЕСЫ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

К весам общего назначения относятся гирные, требующие применения гирь 5-го класса или условных гирь; шкальные с прямолинейными шкалами, нанесенными на коромысло, и передвижными гирями; циферблатные с круглой шкалой; циферблатные с секторной шкалой, требующие применения гирь 5-го класса. Пределы взвешивания от 1 кг до 200 т.

Весы общего назначения делят на три группы: настольные с наибольшим пределом взвешивания 50 кг; передвижные и врезные с пределом взвешивания 50...6000 кг; стационарные (автомобильные, элеваторные, бункерные).

Масса взвешиваемых грузов должна находиться в пределах взвешивания, установленных для данного типоразмера весов.

Настольные весы общего назначения с наибольшим пределом взвешивания 20 кг предназначены для взвешивания различных грузов, помещаемых на их чашку или площадку. Весы бывают гирные и циферблатные.

В гирных весах уравновешивание силы тяжести взвешиваемого груза достигается при помощи гирь. Весы выпускают с двумя съемными чашками, с двумя площадками или с одной площадкой для гирь.

Для настольных гирных весов:

пределы взвешивания, кг	0,02...2	0,04...5	0,1...10	0,2...20
цена деления, г	1	2	5	10

Механизм настольных циферблатных весов показан на рисунке 147. На сферических самоустанавливающихся подушках находится главный рычаг, который своим коротким плечом связан через систему серва—кери 10 с тремя рычагами. Вторым своим плечом главный рычаг посредством двойной тяги связан с правым 3 и левым 5 квадрантами 5 указательного прибора.

Квадранты синхронно расходятся по мере увеличения нагрузки и через рычажную систему приводят в движение рейку 4, находящуюся в постоянном зацеплении с шестерней 2, на оси которой укреплены две стрелки. Ход рейки обеспечивает вращение стрелок, и по мере их поворота в окошках циферблатов появляются соответствующие цифры.

Весы снабжены успокоителем 6 колебаний. Под грузоприемной площадкой 11 установлена чашка, служащая для тарировки весов. Для приведения весов в транспортное положение служат стопорные винты квадрантов и арретеры грузоприемной площадки. Весы устанавливаются по жидкостному уровню 8 тремя винтовыми ножками 14.

Технические данные настольных циферблатных весов

	РН-2Ц13	ВНЦ-2	ВНЦ-5	РН-10Ц13У ВНЦ-10	РН-10ЦМ13
Пределы взвешивания, кг	0,02...2	0,02...2	0,05...5	0,1...10	0,1...10
Наибольший предел показаний по шкале, г	100	200	500	1000	2000
Цена деления шкалы, г	1	2	2	5	5

Платформенные передвижные весы имеют наибольшие пределы взвешивания от 50 до 6000 кг.

Пределы взвешивания передвижных весов:

циферблатных — 3...60, 5...100, 15...300, 30...600, 50...1000, 100...2000, 150...3000, 300...6000;
 шкальных — 2,5...50, 5...100, 10...400, 25...500, 50...1000, 100...2000, 150...3000, 300...6000;
 гирных — 23...500, 50...1000, 100...2000, 150...3000;
 дискретно-цифровых — 25...500, 30...600, 50...1000, 100...2000,

Передвижные гирные весы предназначены для взвешивания различных грузов, помещаемых на платформу грузоприемного устройства. Весы — рычажные неравноплечие с отношением плеч рычагов 1:100, указательным устройством служит коромысло с гиредержателем.

Схема рычажного механизма весов показана на рисунке 148. Внутри рамы 1 расположены большой 2 и малый 3 весовые рычаги, соединенные между собой серьгой. Платформа весов опирается на грузоприемные призмы рычагов, горизонтальным смещениям препятствуют струнки. Нагрузка на платформу, действующая при взвешивании, через тягу передается на коромысло 9. Груз уравнивается съемными гирями, накладываемыми на гиредержатель 5. Для оконча-

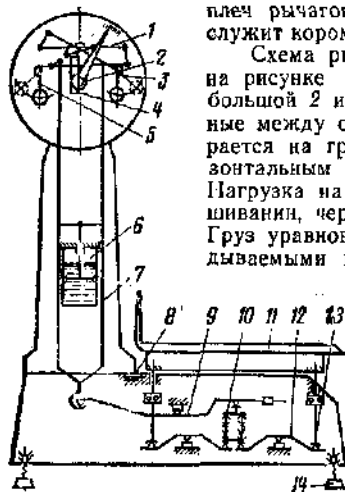


Рис. 147. Циферблатные весы РН-10ЦМ13:

1 — рычажная система; 2 — шестерня; 3 — правый квадрант; 4 — рейка; 5 — левый квадрант; 6 — успокоитель колебаний; 7 — двойная тяга; 8 — уровень; 9 и 12 — рычаги; 10 — система серга-кран; 11 — площадка; 13 — опора; 14 — винтовая ножка.

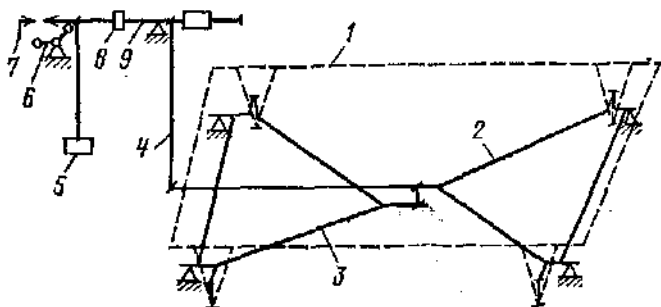


Рис. 148. Схема рычажного механизма передвижных гирных весов: 1 — рама; 2 — большой рычаг; 3 — малый рычаг; 4 — тяга; 5 — гиредержатель; 6 — арретир; 7 — указатель равновесия; 8 — передвижная гиря; 9 — коромысло.

тальной установки равновесия служит передвижная гиря на шкале коромысла 9. Арретир 6 предотвращает колебания коромысла при укладке груза на платформу весов. Положение равновесия определяется по указателю 7. Показания весов отсчитывают визуально после приведения коромысла в положение равновесия относительно указателя.

Для правильной установки весы снабжены жидкостным уровнем. Весы имеют тарировочный регулятор для приведения коромысла в положение равновесия при ненагруженной платформе. Весы поставляют с комплектом накладных условных гирь.

Пределы взвешивания передвижных гирных весов: РР-500Г13м, РР-500Г13б и РР-500Г13У — 25...500 кг; РР-1Г13м и РР-1Г13У — 50...1000 кг; РР-2Г13м и РР-3Г13м — 100...3000 кг.

Передвижные шкальные весы представляют собой весы с отсчетным устройством в виде коромысла с прямолинейными шкалами. Показания отсчитывают визуально по положению гирь, передвигаемых вручную по шкалам.

Шкальные весы состоят из грузоприемного и шкального указательного устройств, соединенных между собой тягой. Взвешиваемый груз укладывают на платформу, которая четырьмя стойками опирается на рабочие ребра призм весовых рычагов.

Сила тяжести взвешиваемого груза через платформу, стойки и весовые рычаги передается на серьгу, которая тягой, расположенной внутри колонки, соединена с серьгой передаточного рычага. Рычаг одним концом подвешен к крюку траверсы, а вторым через серьги соединен со шкальным указателем.

Коромысловый шкальный указатель состоит из коромысла, линейной шкалы, передвижных гирь, противовеса и тарировочного регулятора. Значения массы взвешиваемого груза равно сумме показаний, снятых со шкалы коромысла и линейной шкалы. Шкальный указатель снабжен защитным кожухом. После окончания взвешивания арретир закрывают.

Передвижные циферблатные весы. Действие их основано на автоматическом уравновешивании взвешиваемого груза, помещаемого на платформу грузоприемного устройства, через

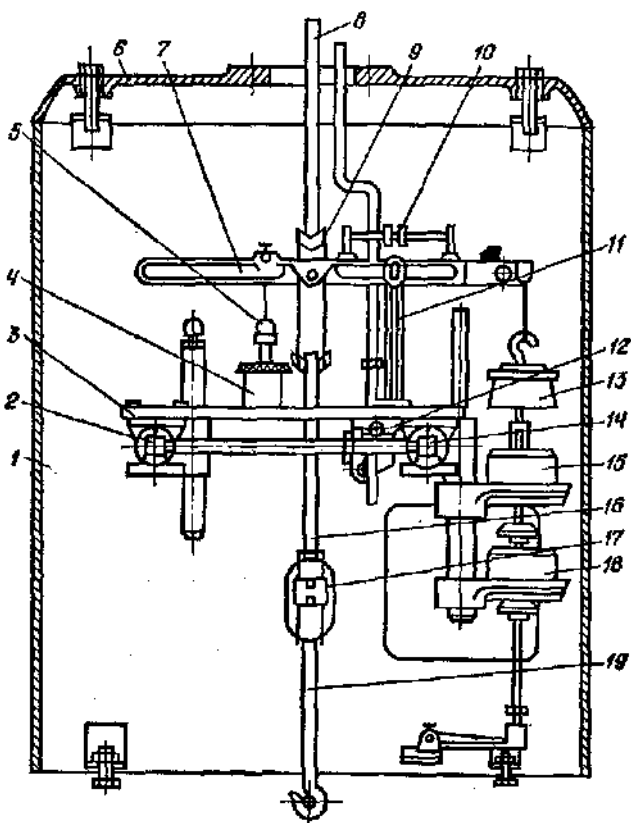


Рис. 149. Промежуточный механизм со встроенными гирями:

1 — корпус; 2 — арретир; 3 — механизм блокировки арретира; 4 — успокоитель колебаний; 5 — регулировочная гайка; 6 — крышка; 7 — основной рычаг; 8 — тяга; 9 — рычаг; 10 — тарировочный груз; 11 — опорная стойка; 12 — механизм перестановки цифр; 13 — тарировочная коробочка; 14 — силовой механизм; 15 и 18 — встроенные гири; 16 и 19 — регулировочные тяги; 17 — муфта.

рычажную систему промежуточного механизма, с которым связана указательная стрелка.

Весы состоят из двух стоек, ввинченных в тело рычага, оси и двух грузов. Для грубого приведения стрелки циферблатного указателя к нулю имеется тарировочный груз. На раме каркаса установлен масляный успокоитель колебаний. При работе весов стрелка циферблатного указателя должна делать не более 2...3 колебаний. Колебания стрелки регулируют поворотом гайки, находящейся на штоке успокоителя.

В перерывах между работой и после работы весы запирают арретиром, представляющим собой редуктор, в корпусе которого на

оси с рукояткой насажена шестерня, входящая в зацепление с рейкой. При повороте рукоятки влево весы запираются. При перемещении весов с одного места на другое квадранты циферблатного указателя должны быть закрыты.

Пределы взвешивания циферблатных весов без встроенных гирь: РП-100Ц13 — 5...100 кг; РП-150Ц13Г — 7,5...150 кг; РП-500Ц13 — 25...500 кг.

Весы со встроенными гирями имеют промежуточный механизм с устройством для наложения и снятия этих гирь. В корпусе 1 (рис. 149), закрытом сверху крышкой, на подушках опорной стойки установлен основной рычаг 7, передающий усилие от грузоприемного устройства на циферблатный указатель через регулируемые тяги 16 и 19.

Указательную стрелку ненагруженных весов предварительно приводят к нулю перемещением тарировочных грузов 10 по винту, встроенному в стойку основного рычага 7.

Гиревой механизм 14 имеет редуктор, в который встроены шестерня и рейка. На нижнем конце рейки закреплены два кронштейна с гирями. На оси шестерни надета рукоятка с фиксатором. При повороте рукоятки фиксатор поочередно западает в соответствующие отверстия диска и этим фиксирует наложенные гири.

Гири накладываются при повороте рукоятки по ходу часовой стрелки, против — снимаются. Одновременно с перемещением встроенных гирь 15 и 18 при помощи механизма 12 перестановки цифр в окне циферблата появляется цифровое обозначение, соответствующее массе наложенных гирь.

Для отключения и включения механизма циферблатного указателя весы имеют арретир 2. Для предохранения весов от поломки гиревой механизм связан механизмом блокировки 3 арретира с самим арретиром 2. Арретир не открывается, если встроенные гири не наложены.

Колебания указательной стрелки регулируют вращением регулировочной гайки масляного успокоителя 4. При взвешивании стрелка делает 2...3 колебания до полного успокоения. При транспортировке весов квадранты циферблатного указателя закрывают поворотом рукоятки запорного механизма квадрантов.

Пределы взвешивания циферблатных весов со встроенными гирями: РП-600Ц136 — 30...600 кг; РП-1Ц13 — 50...1000 кг; РП-2Ц13м — 100...2000 кг; РП-3Ц13 — 150...3000 кг. Конечное значение шкалы циферблата: РП-600Ц136 — 200 кг; РП-1Ц13 — 500 кг; РП-2Ц13м — 1000 кг и РП-3Ц13 — 1000 кг; число встроенных гирь соответственно 2, 1, 1, 2 шт.

Циферблатные весы с документированной регистрацией массы с местным или дистанционным отсчетом имеют циферблатный указатель с печатно-суммирующим устройством. На бумажных операционной и контрольной лентах отпечатываются результат одного взвешивания и суммарный результат нескольких взвешиваний. Результат взвешивания можно также читать визуально по шкале циферблата.

Весы с дистанционной документированной регистрацией показаний взвешивания включает грузоприемное устройство, промежуточный механизм, циферблатный указатель, аппарат-преобразователь и регистрирующее устройство. Весы снабжены пультом управления.

Весы выпускаются в различных модификациях: с ручным, механическим или электрическим приводом арретира и встроенными гирями; то же с автоматическим включением регистрации после успокоения весового механизма.

Пределы взвешивания циферблатных весов с документированной регистрацией массы: РП-100Ц25 — 5...100 кг; РП-200Ц23А — 10...200 кг; РП-500Ц24 — 25...500 кг; РП-600Ц24 — 30...600 кг; РП-1Ц24 — 50...1000 кг; РП-2Ц24 — 100...2000 кг и РП-3Ц24 — 150...3000 кг. Конечное значение шкалы циферблата соответственно: 100; 200; 500; 200; 500; 1000 и 1000 кг. Число встроенных гирь от 1 до 2.

Платформенные стационарные весы. Автомобильные стационарные весы предназначены для взвешивания автомобилей и автопоездов в статическом состоянии. Они состоят из грузоприемной платформы, рычажной системы, промежуточного механизма и циферблатного указателя. Рычажные системы весов построены по двум схемам в зависимости от расположения главных рычагов: продольного (по ходу автомобиля) и поперечного (перпендикулярно к ходу автомобиля).

По первой схеме устроены рычажные системы весов с пределом взвешивания до 10 т, по второй — более 10 т (при длине платформы более 5,5 м).

Стационарные автомобильные весы устанавливают на подземный бетонный фундамент под навесом или в помещении.

Платформа автомобильных весов с продольными главными рычагами

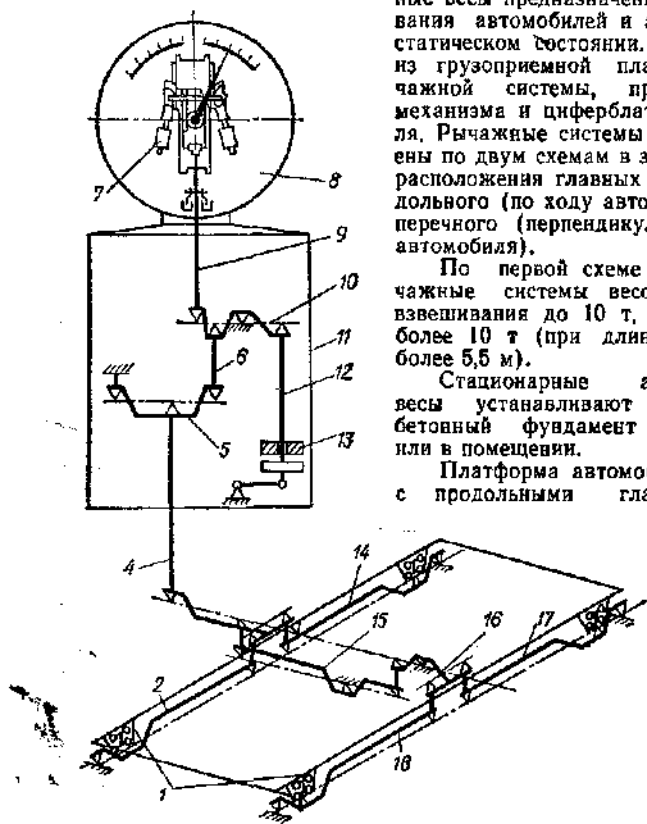


Рис. 150. Схема автомобильных весов с продольными главными рычагами:

1 — главные шарнирные стойки; 2, 14, 17 и 18 — главные рычаги; 3 — выходной рычаг; 4, 6 и 9 — тяги; 5 и 10 — рычаги промежуточного механизма; 7 — квадрат; 8 — циферблатный указатель; 11 — шкаф; 12 — подвеска; 13 — встроенная гиря; 15 и 16 — передаточные рычаги.

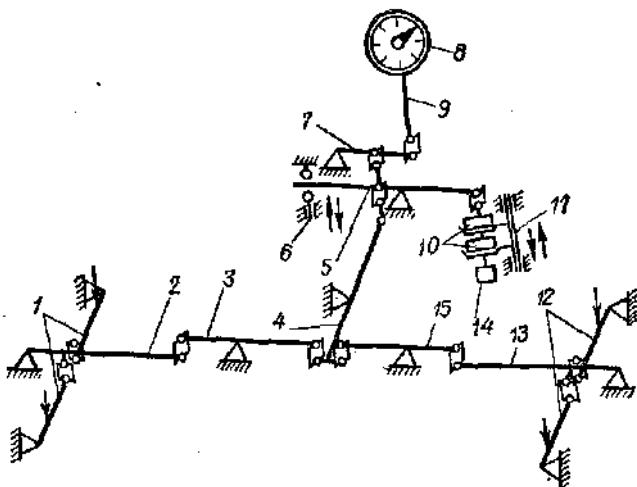


Рис. 151. Схема автомобильных весов с поперечными главными рычагами:

1 и 12 — главные рычаги; 2, 3, 13 и 15 — передаточные рычаги; 4 — выходной рычаг; 5 и 7 — рычаг промежуточного механизма; 6 — арретир; 8 — циферблатный указатель; 9 — тяга; 10 — встроенная гиря; 11 — гиревой механизм; 14 — гиредержатель.

чагами опирается четырьмя шарнирными стойками 1 (рис. 150) на продольные главные рычаги 2, 14, 17 и 18, расположенные по ходу автомобиля. Главные рычаги соединены с промежуточным механизмом.

Подплатформенный рычажный механизм имеет две силовые цепи с одинаковым отношением плеч рычагов.

Промежуточный механизм состоит из двух рычагов 5 и 10, соединенных один с другим и с циферблатным механизмом. Рычаг промежуточного механизма несет на своем плече подвеску для встроенной гири 13, которая уравнивает часть нагрузки на платформе. Остальная часть нагрузки уравнивается квадратами 7 циферблатного указателя 8.

Главные рычаги 1 и 12 весов с поперечным их расположением (рис. 151) при помощи передаточных рычагов 2, 3, 13 и 15 соединены с выходным рычагом 4. Выходной рычаг соединен с промежуточным механизмом, состоящим из двух рычагов 5 и 7, блокирующего механизма, арретира и гиревого механизма с двумя встроенными гирями 10, помещенными на гиредержателе 14. Каждая из гирь уравнивает $\frac{1}{2}$ нагрузки, а оставшаяся нагрузка уравнивается циферблатным указателем 8, соединенным с промежуточным механизмом тягой 9.

Пределы взвешивания весов с визуальным отсчетом: РС-10Ц13А — 0,5...10 т; РС-30Ц13Ас — 1,5...30 т; РС-60Ц13Ас — 3...60 т; конечное значение шкалы циферблата соответственно 5, 10 и 20 т; число встроенных гирь соответственно 1, 2 и 2; передаточное

отношение рычажной системы до тяги циферблатного указателя 1:500; 1:1000 и 1:2000; допустимая погрешность в интервалах взвешивания 0,5...2,5 т $\pm 2,5$ кг; 1,5...5 т ± 5 кг и 3...10 т ± 10 кг.

Стационарные циферблатные весы с документированной регистрацией. После установки автомобиля на платформе весов оператор рукояткой открывает арретир и в зависимости от массы груза выбирает диапазон взвешивания. Для регистрации массы груза оператор нажимает на кнопку «Регистрация» на пульте управления. Загорается лампа осветителя фотодатчиков, сигналы от которых через шифратор и дешифратор подаются на печатающую машинку для документированной регистрации массы груза.

Электронноуправляемая пишущая машина ЭУМ-23 печатает одновременно на обратной стороне накладной грузоотправителя я контрольной ленте данные, вводимые вручную: брутто, тару, дату, условный шифр грузоотправителя, номер автомобиля и массу груза в килограммах. Управление весами осуществляют с пульта.

Пределы взвешивания циферблатных весов с документированной регистрацией РС-30Ц24Ас — 1,5...30 т; РС-60Ц24А — 3...60 т; конечное значение шкалы циферблата соответственно 10 и 20 т; допустимая погрешность в интервале взвешивания 1,5...5 т ± 10 кг; 20...30 т ± 15 кг для РС-30Ц24Ас; 3...10 кг ± 10 кг; 40...60 т ± 30 кг для РС-60Ц24А; дискретность цифровой записи 10 и 20 кг; число встроенных гирь 2.

Дискретно-цифровые весы. Принцип действия весов состоит в передаче усилия от помещенного на платформу груза через весовой механизм на механизм квадрантного силонизмерителя с бесконтактной фотоэлектрической системой считывания.

Фотоэлектрические сигналы преобразуются в дискретное число с передачей результата взвешивания на цифровое табло и дистанционной документированной регистрацией его на ленте электрифицированной печатно-суммирующей машины.

Дискретно-цифровые весы работают в полуавтоматическом или ручном режиме, визуальный отсчет показаний при полуавтоматическом режиме — по цифровому табло, при ручном — по шкале циферблата.

Арретир и гиревой механизм имеют ручной и механический приводы. Весами управляют с пульта управления.

Взвешивание и регистрация результатов происходит после нажатия кнопки «Взвешивание — регистрация». Результаты передают на цифровые индикаторы пульта управления и цифровое табло. В конце процесса загорается лампа «Окончание взвешивания». О готовности к взвешиванию и начале взвешивания информируют установленные около платформы весов с двух сторон светофоры.

Технические данные дискретно-цифровых весов

	РС-10Д24А	РС-15Д24А	РС-30Д24А	РС-60Д24А
Пределы взвешивания, т	0,5...10	0,75...15	1,5...30	3...60
Цена деления шкалы циферблата, кг	5	5	10	20
Число встроенных гирь	1	2	2	2

Допускаемая погрешность при отсчете по цифровому табло и при регистрации $\pm 5... \pm 20$ кг.

Весы с проекционным отсчетом. Действие весов основано на передаче усилия от взвешиваемого груза через грузоприемные стойки и рычаги на оптический указатель с визуальным отсчетом показаний результатов взвешивания.

При взвешивании квадрант с закрепленной на нем микрошкалой отклоняется на угол, пропорциональный нагрузке. Оптическая система весов проецирует увеличенное в 45 раз изображение микрошкалы на экран, по которому визуальнo отсчитывают массу взвешиваемого груза.

Пределы взвешивания весов с проекционным отсчетом для РС-10П13А — 0,5...10 т; РС-30П13А — 1,5...30 т; цена деления шкалы 2 и 10 кг; допускаемая погрешность $\pm 2... \pm 15$ кг в зависимости от интервалов взвешивания.

Автомобильные передвижные весы применяют для взвешивания автомобилей на токах и хлебоприемных предприятиях и учета массы перевозимого зерна. Они — рычажные, шкальные с визуальным отсчетом.

Весы с наибольшим пределом взвешивания 30 и 60 т и платформой длиной (6000+6000) и (9000+9000) мм монтируют в виде агрегата, составленного из двух секций с наибольшим пределом взвешивания соответственно 15 и 30 т каждая, снабженных самостоятельными коромысловыми указателями. Результаты взвешивания определяют суммированием показаний отдельных секций. Весы снабжены уровнем, тарировочным приспособлением и изолиром.

Пределы взвешивания автомобильных передвижных весов РП-10Ш13 — 0,5...10 т и РП-15Ш13 — 0,75...15 т; наибольшее значение основной шкалы коромысла 10 и 15 т, дополнительной 0,5 и 0,5 т; цена деления основной шкалы коромысла 500 кг, дополнительной 5 кг; допускаемая погрешность $\pm 2,5... \pm 5$ кг в зависимости от интервалов взвешивания.

Элеваторные (бункерные) весы применяют на элеваторах и механизированных складах для взвешивания зерна. Это весы дискретного действия. При взвешивании нагрузка уравновешивается передвижными шкальными гирями.

Весы имеют четыре силовые цепи с одинаковым отношением плеч рычагов. Весовой механизм рычажного типа состоит из четырех главных передаточных рычагов. Усилие от двух передаточных рычагов передается на указательное устройство шкального типа.

Технические данные элеваторных весов

	121К5А	120К10А	341В20А
Пределы взвешивания, т	0,25...5	0,5...10	1...20
Цена деления шкалы коромысла, кг			
основной	200	500	1000
дополнительной	2	5	10
Вместимость бункера, м ³	7	15	30
Допускаемая погрешность в зависимости от интервалов взвешивания			$\pm 1... \pm 5$ кг

Передвижные шкальные весы для взвешивания скота. В основу работы весов заложен принцип уравнивания силы тяжести взвешиваемого груза системой рычагов и передвижных гирь.

Основными элементами весов являются весовой механизм, указательный прибор (коромысло шкального типа), механизм передвижения и установки весов. Весовой механизм включает в себя платформу с ограждением, систему рычагов и соединительные серьги. Рычажная система соединяется тягой с указательным прибором. Указательный прибор состоит из коромысла, гирь, противовеса и арретира. Груз, находящийся на платформе весов, уравнивается основными и дополнительными гирями. Показания снимают с дополнительной шкалы. Противовес используется для тарировки весов. Коромысло запирают арретиром.

Весы можно устанавливать на открытом воздухе, под навесом и в помещении на полу.

Весы выпускают типов РП-1Ш13с и РП-2Ш13с.

Технические данные передвижных шкальных весов для взвешивания скота

	РП-2Ш13с	РП-1Ш13с
Пределы взвешивания, кг	50...2000	50...1000
Цена деления дополнительной шкалы, кг	0,1	0,5
Допустимые погрешности, %, в интервалах взвешивания, кг		
50...250	—	±0,5
50...500	±0,5	—
250...1000	—	±1
500...2000	±1	—
Вероятность безотказной работы весов в течение 500 ч при доверительной вероятности 0,8	Не менее 0,8	

§ 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВЕСЫ

Автоматические порционные весы предназначены для автоматического взвешивания объемной массы зерна 450—850 кг/м³, дискретного действия равноплечие стационарные. В весах использован принцип автоматического уравнивания силы тяжести зерна в ковше при помощи гирь, помещаемых в гиредержатель.

Точность взвешивания регулируют перемещением гирь регулятора точности. Число отвесов фиксируется пятизначным механическим счетчиком. Весы работают в закрытом помещении при температуре 1...35 °С и относительной влажности воздуха 30...80 % (вибрация отсутствует).

На рисунке 152 показана схема порционных автоматических весов.

Весы данного типа изготавливают для взвешивания грузов с различными физико-механическими свойствами. В зависимости от этих свойств и требуемой производительности весы различаются размерами и приспособлениями (специальными питателями, грузоприемными устройствами и т. д.).

Технические данные автоматических порционных весов

Параметры	Д-20	Д-50	Д-100-3
Масса порции, кг	15...20	30...50	50...1000
Производительность, т/ч	1,5...6	4...12	8...25
Вместимость ковша, м ³	0,044	0,12	0,2
Допускаемая погрешность среднего арифметического значения массы порции из десяти отвесов от номинального значения, %	±0,1	±0,1	±0,1
Допускаемая погрешность массы отдельного отвеса от номинального значения массы порции, %	±0,30	±0,25	±0,25

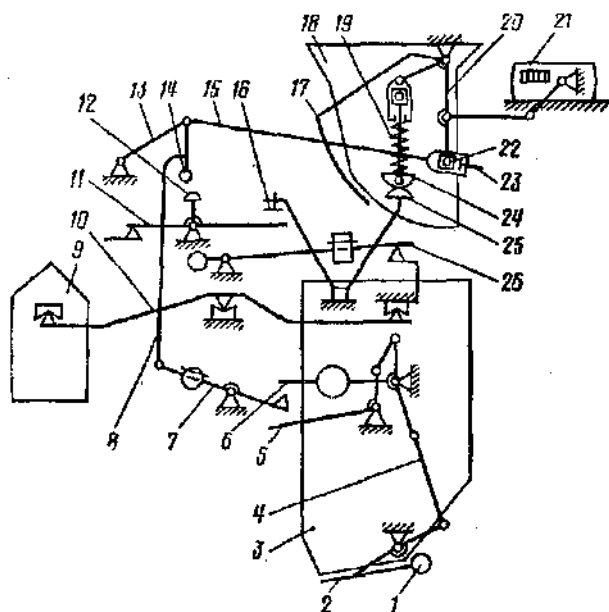


Рис. 152. Кинематическая схема порционных автоматических весов:

1 — противовес; 2 — днище ковша; 3 — ковш; 4 — рычаг затвора днища; 5 — колесчатый рычаг; 6 — трехплечий рычаг; 7 и 8 — южный и вертикальный рычаги; 9 — гиредержатель; 10 — коромысло; 11 — спусковой рычаг; 12, 16 и 25 — упоры; 13 и 15 — верхние рычаги; 14 — ролик; 17 — заслонка; 18 — загрузочная воронка; 19 — пружина; 20 — рычаг затвора заслонки; 21 — счетчик отвесов; 22 — сухарь; 23 — регулировочный винт; 24 — штанга; 26 — регулятор точности.

Автоматические порционные весы ДН-500 и ДН-1000-2 предназначены для автоматического взвешивания зерна, поступающего непрерывным потоком, порциями 250...500 кг и 500...1000 кг, стационарные неравноплечие. Работа весов основана на автоматическом уравновешивании силы тяжести взвешиваемого зерна при помощи гирь, помещенных в гиредержатель.

Технические данные: производительность ДН-500—60 т/ч; ДН-1000-2—120 т/ч; вместимость ковша ДН-500—1,1 м³; ДН-1000-2—1,9 м³; допустимая погрешность среднего арифметического значения массы порции из десяти отвесов от номинального значения— $\pm 0,1$; допустимая погрешность массы отдельного отвеса от номинального значения массы порции— $\pm 0,25$.

Стационарные весы для взвешивания молока СМН-250М и СМН-500М. Действие весов основано на уравновешивании силы тяжести взвешиваемого молока посредством квадрантов циферблатного указателя. Весы состоят из весового механизма, грузоприемного бака и циферблатного указателя.

Весовой механизм представляет собой рычажную систему, состоящую из двух грузоприемных и одного передаточного рычагов, соединенных серьгами. Для надежной работы весовой механизм помещен в закрытый корпус, установленный на двух колонках.

Грузоприемный бак имеет два отсека, каждый из которых снабжен выпускным клапаном. При помощи тяг бак соединяется с весовым механизмом. Взвешиваемое молоко подается в один из отсеков грузоприемного бака. По мере наполнения грузоприемный бак постепенно опускается. Это перемещение через тяги и рычаги весового механизма передается на циферблатный указатель, вызывая соответствующее перемещение стрелки. По окончании наполнения бака на циферблатном указателе стрелка показывает массу взвешиваемого молока. Два отсека грузоприемного бака служат для сокращения цикла взвешивания: наполнение одного отсека происходит одновременно с опорожнением второго.

Технические данные: пределы взвешивания СМН-250М—12,5...250 кг; СМН-500М—25...500 кг; допустимая погрешность от максимальной нагрузки $\pm 0,1$ %; интервал рабочих температур окружающей среды 5...40 °С; допустимая влажность при температуре 20 °С не более 95 %.

Квадрантовые весы типа ВКПД-40г с устройством пропорционального дозирования предназначены для взвешивания сухих почв с одновременным определением их массы, добавлением к ним жидкого реагента, дозируемого пропорционально массе пробы, и автоматической записи номера образца.

Действие весового устройства основано на уравновешивании моментов, создаваемых взвешиваемым грузом и магнитоэлектрическим компенсатором.

Прибор состоит из квадрантных весов с электронным выходом и устройства пропорционального дозирования (дозотрона).

Квадрантовые весы включают в себя весовое устройство с автоматическим изолиром, открывающимся для сброса навески бункера, блок дозирования реагента, блок подачи кассет и три электронных блока. Блок дозирования служит для отмеривания жидкого реагента в емкость кассеты.

Блок подачи кассет обеспечивает перемещение кассеты на один шаг по сигналу от блока дозирования. Конструкция электронных

блоков весов разработана на основе унифицированных конструкций для средств электроизмерительной техники.

Технические данные: пределы взвешивания 2...40 г; пределы выдаваемых доз 25...150 мл; отношение объема дозируемого раствора к массе пробы 2,5 : 1; 5 : 1; 10 : 1; 20 : 1; 25 : 1 и 50 : 1 мл/г, погрешность измерения массы не более ± 20 мг; вариация показаний из пяти измерений не более 20 мг; среднеквадратичное отклонение результатов измерения не более 10 мг; допускаемая относительная погрешность взвешивания не более 1 % массы пробы; относительная погрешность дозирования во всем диапазоне в рабочих условиях не более 1 % номинального значения дозы; относительная погрешность отношения объема дозы реагента к массе пробы почвы не более ± 2 % номинального значения дозы; время одного цикла не более 12 с; питание от сети переменного тока напряжением 220 или 380 В.

Приборы, входящие в комплект весов, рассчитаны для эксплуатации при температуре окружающего воздуха $20 \pm 5^\circ\text{C}$, относительной влажности 30...80 % и перепаде температуры в течение часа не более чем на 1°C . В воздухе не должно содержаться примесей, вызывающих коррозию. Приборы не должны подвергаться вибрации, воздействию воздушных потоков и одностороннему нагреву.

Автомобильные передвижные рычажные весы общего назначения типа РР-15Ш13. Весы с коромысловым шкальным указателем 2 (рис. 153) предназначены для взвешивания автомобилей массой до 15 т. Работают весы следующим образом: нагрузка от грузоприемного устройства 1 через весовой рычажный механизм передается коромысловому указателю 2, где нагрузка уравнивается гириями основной и дополнительной шкал. При совпадении подвижного конца коромысла с неподвижным указателем стойки арретира по положению гирь на шкалах отсчитывают значение массы взвешиваемого груза.

Технические данные: предел взвешивания 0,75...15 т; число делений 3000; цена деления основной шкалы 500 кг, дополнительной 5 кг; наибольшее значение основной шкалы 15 000 кг, дополнительной 500 кг; допускаемая погрешность для пределов взвешивания 750...2500 кг $\pm 5,0$ кг, для 2,5...10 т $\pm 7,5$ кг, для 10...15 т $\pm 10,5$ кг.

§ 4. ВЕСОВЫЕ ДОЗАТОРЫ. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ВЕСЫ

Автоматические порционные весы и дозаторы применяют для взвешивания равными порциями сыпучих материалов при их раздаче или фасовке. В этих весах автоматизированы процессы подачи, взвешивания и выгрузки.

Весовой дозатор (рис. 154) выполнен в виде прямоугольного кожуха с откидной нижней крышкой. Дозатор располагают над кормушкой и крепят хомутом к трубопроводу шнекового или тросо-шайбового питателя,

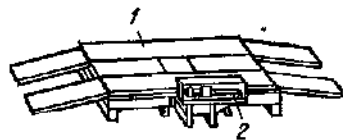


Рис. 153. Автомобильные передвижные рычажные весы общего назначения типа РР-15Ш13:

1 — грузоприемное устройство; 2 — коромысловый указатель.

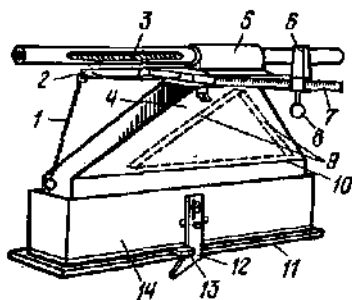


Рис. 154. Весовой дозатор:

1 — цепочка; 2 — откидная планка; 3 — питатель; 4 — ограничитель хода; 5 — хомут; 6 — противовес; 7 — рычаг; 8 — рукоятка; 9 — распределитель; 10 — боковина; 11 — откидная крышка; 12 — защелка; 13 — стопор; 14 — кожух.

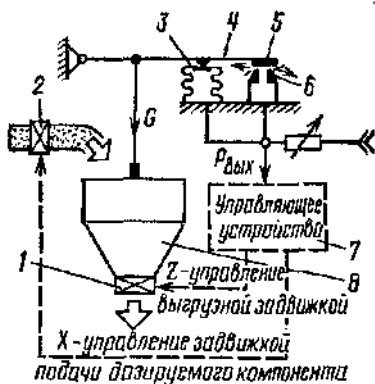


Рис. 155. Порционный многокомпонентный дозатор с компенсацией веса тары:

1 — задвижка бункера; 2 — задвижка; 3 — измерительный сиффон; 4 — рычаг; 5 — заслонка; 6 — сопло; 7 — управляющее устройство; 8 — грузоприемный бункер.

Основные части дозатора: откидная планка 2 с заслонкой; ограничитель хода 4 опрокидывающегося рычажного механизма; цепочка 1, связывающая планку с откидной крышкой 11; распределитель 9 кормов; рычаг 7 с противовесом 6, снабженным установочной рукояткой 8; защелка 12 и стопор 13. Перед подачей корма дозатор приводят в исходное положение. Закрывают крышку, заводят опрокидывающийся механизм и устанавливают противовес в положение, соответствующее выдаваемой дозе корма. Заслонка планки при этом открывает отверстие в питателе.

Сначала корм постепенно заполняет дозатор, и при достижении заданной массы срабатывает самоопрокидывающийся механизм. При этом заслонка, связанная с планкой, перекрывает отверстие в питателе и поступление корма в дозатор прекращается. Защелку тросом отводят в крайнее заднее положение, и корм высыпается в кормушку под действием силы тяжести.

Порционный многокомпонентный дозатор с компенсацией веса тары применяют для приготовления комбикормов.

Дозатор работает следующим образом. При заполнении материалом грузоприемного бункера 8 (рис. 155), закрепленного на рычаге пневматического преобразователя, зазор между соплом 6 и заслонкой 5 уменьшается и давление на выходе первичного преобразователя возрастает. Это давление поступает на управляющее устройство 7. Как только давление на выходе преобразователя достигает заданного значения, управляющее устройство 7 выдает команду о прекращении подачи материала в грузоприемный бункер 8. После этого цикл взвешивания повторяется, но предварительно управляющее устройство определяет вид и маршрут выгрузки следующего взвешиваемого компонента, подаваемого к грузоприемно-

52. Дозаторы

Пределы взвешивания, кг	Производительность отнес./мин	Наибольшее значение шкалы циферблата, кг	Цена деления шкалы циферблата, г	Вместимость ковша, грузоприемного устройства, м³	Масса порции, кг	Допускаемая погрешность массы отдельного отвеса, %	
						от номинального значения массы порции	от наименьшего предела взвешивания
<i>Для автоматического взвешивания зерна (ДВК-25, ДВК-50, ДВК-80)</i>							
20...25	5	—	—	0,06	—	±2,5	—
30...50	5	—	—	0,15	—	±0,25	—
60...80	2	—	—	0,2	—	±0,25	—

Для автоматической дозировки комбикормов (ДК-2, ДК-10)

—	—	5	10	0,014	0,3...2,5	—	±2,0
—	—	10	20	0,035	1...10	—	±1,5

му устройству. После набора полного состава компонентов грузо-приемный бункер δ разгружается.

В таблице 52 приведены технические данные дозаторов, применяемых для автоматического взвешивания зерна, комбикормов и т. п.

Автоматические порционные весы типа 6.041.АВ-50НК применяются для взвешивания комбикормов. В них использован принцип уравновешивания силы тяжести взвешиваемого материала гириями, помещаемыми в гиредержатель.

Весы состоят из станины 2 (рис. 156), грузоприемного устройства 1, регулятора 3 подачи материала с первичным преобразователем, шнекового питателя 4. Материал в грузоприемное устройство 1 весов подается при основном режиме шнековым питателем 4, при досыпке — барабанным питателем.

В весах предусмотрены блокировки, предотвращающие открытие днища грузоприемного устройства при открытых заслонках питателя и открытие заслонок при открытом днище.

Коромысло весов снабжено шкалой с передвижной гирей для настройки точной дозы и контроля фактической. Весы дискретного действия (порционные) с пределами взвешивания 30...50 кг. Число отвеса регистрируется счетчиком. После опорожнения грузоприемника шнек интенсивно подает комбикорм. При заполнении грузоприемника подача комбикорма прекращается, грузоприемник опорожняется в приемную тару, и далее цикл повторяется.

Автоматические порционные весы для картофеля типа ДКФ-50 построены по принципу равновесия рычагов: взвешивание осуществляется путем сравнения массы продукта, находящегося в ковше весов, с массой гири, установленных в гиредержатель.

Основные части весов: станина с впускной воронкой, коромысло, счетчик, грузоприемное устройство, гиредержатель.

Картофель поступает в ковш по наклонному лотку. Ковш опускается при достижении заданного веса. Заслонка, расположенная на лотке впускной воронки, закрывается. Избыток продукта в ковше сверх 50 кг уравновешивается квадрантом. Верхний ряд цифер-

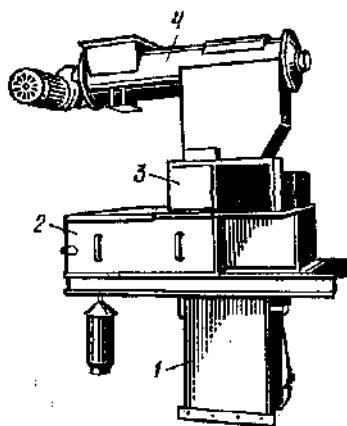


Рис. 156. Автоматические порционные весы типа 6.041.АВ-50НК:

- 1 — грузоприемное устройство;
2 — станна; 3 — регулятор подачи;
4 — шнековый питатель.

$\pm 1,25\%$ номинального значения порции; вероятность безотказной работы в течение 500 ч при доверительной вероятности 0,8 не менее 0,94; коэффициент технического использования 0,98; масса 480 кг; срок наработки не менее 6 лет. Весы работают в закрытых отапливаемых помещениях при температуре окружающей среды 5...50 °С и относительной влажности 30...80 % во всем диапазоне температур.

§ 5. ЛАБОРАТОРНЫЕ ВЕСЫ

Лабораторные технические весы типа ВЛТ 1-го класса предназначены для измерения массы тел при проведении в лабораториях технических анализов повышенной точности. Весы можно использовать и как образцовые для проверки гирь общего назначения.

Весы типа ВЛТ — коромысловые равноплечие, с ручным наложением гирь и визуальным отсчетом показаний стрелки по шкале.

Действие весов основано на уравновешивании моментов коромысла, создаваемых измеряемой массой и массой накладываемых гирь. Весы имеют гиревый механизм со встроенными в нем миллиграммовыми кольцевыми гирями, которые валагают и снимают посредством рычагов и вращающихся лимбов. Показания стрелки отсчитывают по шкале, закрепленной в нижней части колонки.

Технические данные весов типа ВЛТ 1-го класса

ВЛТ-200 г (Т-200) ВЛТ-1 кг (Т-1000) ВЛТ-5 кг (Т-5000)

Наибольший предел взвешивания, г

200

1000

5000

Цена деления отсечной шкалы, мг	50	100	300
Допускаемая погрешность при наибольшем пределе взвешивания, мг	± 50	± 100	± 300
Диаметр чашек, мм	90	136	—
Габариты, мм	325×120×360	500×175×450	650×285×550
Масса, кг	1	3,2	9,2

§ 6. ВЕСЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Рабочая пурка с падающим грузом относится к лабораторным весам специального назначения. Она предназначена для определения натуре зерна (массы зерна в 1 л).

По конструкции пурка представляет собой равноплечие двухчашечные весы с меркой и падающим грузом. Мерка 12 (рис. 157) имеет форму цилиндра, в верхней части ее расположена прорезь для ножа. В мерку вкладывают падающий груз цилиндрической формы. Вместимость мерки от верхней поверхности вложенного в нее падающего груза до нижнего края прорези равна 1 л. Для насыпания зерна в мерку служит наполнитель 14.

При определении натуре зерна в прорезь мерки вставляют нож

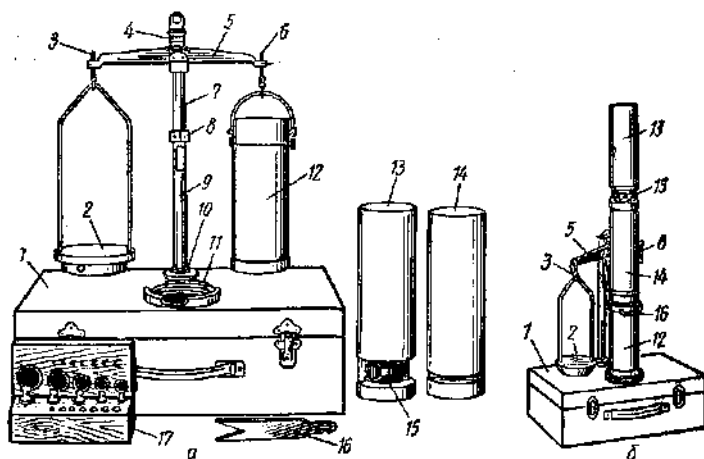


Рис. 157. Рабочая литровая пурка с падающим грузом:

а — в разобранном виде; б — в собранном виде; 1 — ящик; 2 — чашка весов; 3 и 4 — серги; 5 — обойма; 6 — коромысло; 7 — стрелка; 8 — шкала; 9 — колонка; 10 — гнездо; 11 — башмак; 12 — мерка; 13 — цилиндр; 14 — наполнитель; 15 — заслонка; 16 — нож; 17 — футляр с набором гирь.

16, представляющий собой широкую пластинку с ручкой и угловым вырезом. Затем на него помещают падающий груз, а на мерку надевают наполнитель 14. Цилиндр 13 насыпки с зерном устанавливают на наполнителе и нажатием на рычаг замка открывают заслонку 15 воронки. Зерно из цилиндра пересыпается в наполнитель. Затем быстро вынимают нож из мерки. Падающий груз вместе с зерном опускается в мерку. Мерку подвешивают к коромыслу 5 и взвешивают зерно. Полученная масса зерна характеризует его натуру.

Допустимая погрешность весов рабочей лнтровой пурки ПХ-1 при наибольшей нагрузке составляет ± 500 мг, а допустимая погрешность определения натуре зерна — не более ± 4 г.

§ 7. ГИРИ

Гирей называется однозначная мера, воспроизводящая единицу массы, кратное или дробное ее значение. Гирь бывают общего и специального назначения.

Гирь общего назначения делятся на пять классов, различающихся точностью воспроизведения массы. Гирь 5-го класса массой до 200 г изготавливают из углеродистой стали, от 200 г до 20 кг — из чугуна. Государственное клеймо ставят на гирь 4-го и 5-го классов.

В наборах гирь буквы обозначают единицу измерений: кг — килограмм; г — грамм; мг — миллиграмм; первое число после букв — класс гирь, второе — массу гирь, третье (в наборах миллиграммовых гирь) — массу наименьшей гирь. Например, набор миллиграммовых гирь 2-го класса массой 1100 мг с наименьшей гирей массой 10 мг обозначают: МГ-2-1100-10 ГОСТ 7328—73. Гирь 5-го класса имеют обозначение единицы измерения и товарный знак предприятия-изготовителя для гирь массой от 1 кг и более. Наборы граммовых гирь 5-го класса укладывают в деревянную колодку с гнездами.

Гирь специального назначения подразделяются на образцовые, условные, для автоматических весов и гирь, встраиваемые в весы.

Образцовые гирь служат для проверок гирь и весов. Образцовые гирь проверяют по эталонам и образцовым мерам массы на образцовых весах.

Условные гирь (рис. 158, а) предназначаются для платформенных передвижных рычажных гиревых весов общего назначения с отношением плеч рычажной системы 1 : 100. Гирь выпускают услов-

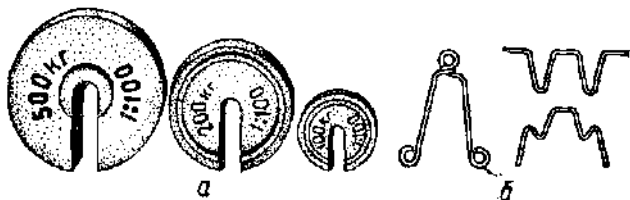


Рис. 158. Гирь:

а — условные; б — гирь-рейторы.

ной массой от 500 до 10 кг и изготавливают из серого чугуна. На верхней части гири указывается условная ее масса и отношение номинальной массы к условной в цифровом выражении; на нижней части отливается товарный знак предприятия. Условные гири обозначают следующим образом: вначале стоит слово «гиря», затем знак ГУ, обозначающий, что гиря имеет условную массу. Например, гиря ГУ-500 означает, что гиря условная с условной массой 500 кг.

Гири-рейторы (рис. 158, б) применяют для лабораторных весов. Их выпускают отдельными наборами массой 10 мг — 2 шт.; 5 мг — 2 шт.; 1 мг — 1 шт. Набор обозначается буквой Р и цифрой, указывающей класс точности, например Р-1. Гири-рейторы изготавливают из нержавеющей стали.

§ 8. МОНТАЖ ВЕСОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Общие требования к монтажу любого весового оборудования следующие: ознакомление с технической документацией; распаковка; очистка от антикоррозийной смазки; выбор места установки в зависимости от его назначения (в закрытых помещениях или под навесом, в отапливаемых помещениях или на открытом воздухе); осмотр весового оборудования, наблюдение за его правильной работой; проверка тары (весы без гирь и груза в грузоподъемном устройстве должны находиться в равновесии); смазывание всех работающих частей; заливка необходимого количества масла в успокоитель колебаний; подключение питания согласно технической документации.

Стационарные платформенные весы из-за больших нагрузок устанавливают на специальном фундаменте в соответствии с чертежами. Место для фундамента выбирают после исследования грунта, определения допускаемой нагрузки на него и т. п. Нулевую отметку фундамента располагают выше уровня грунта на 200..300 мм.

Пути въезда и съезда с весов на протяжении 3..12 м должны находиться на одном уровне с платформой весов. Котлован снабжают водоотводными устройствами. Весы закрывают навесом и строят помещения для весовщика.

В собранных весах все рабочие лезвия призм грузоприемных рычагов должны лежать в одной горизонтальной плоскости. Передаточные рычаги устанавливают по одной линии. Все серьги и тягу коромысла располагают строго вертикально.

Платформу весов устанавливают горизонтально и опирают всеми стойками на призмы грузоприемных рычагов. Платформа должна свободно перемещаться в горизонтальной плоскости в любом направлении. При успокоении она должна возвращаться в первоначальное положение.

После монтажа весы подвергают статической и динамической нагрузкам. Смонтированные весы проверяют на правильность показаний без нагрузки, при возрастающих и убывающих значениях нагрузки, а также на стабильность показаний при взвешивании груженого автомобиля.

В связи со значительной массой вмещающегося в ковш зерна элеваторные весы монтируют на плечевом перекрытии. Оно должно обеспечить отсутствие прогиба при наибольшем пределе взвешивания, так как любая деформация конструкций может отрицательно сказаться на метрологических характеристиках весов.

После выбора места расположения монтируют подплатформен-

ный весовой механизм и подковшовую заслонку. Весовой механизм устанавливают на раме весов, затем монтируют грузоприемный мост. На него устанавливают бункер. Обязательно выверяют тару весов.

Надвесовая задвижка должна открываться и закрываться плавно, без заеданий и пропускать зерно в соответствии с производительностью весов. При закрытой задвижке зерно не должно высыпаться.

При производительности транспортного оборудования 50...100 т/ч применяют весы с наибольшим пределом взвешивания 5 или 10 т, а при производительности транспортного оборудования 175 или 350 т/ч — весы с наибольшим пределом взвешивания 20 или 60 т. Для получения максимальной производительности над элеваторными весами и под ними устанавливают бункера вместимостью на 1,5...3 отвеса.

Монтаж передвижных платформенных весов с циферблатным указателем проводят в следующем порядке: устанавливают станину по отвесу на ровной площадке и грузоприемные рычаги; проверяют положение рычага промежуточного механизма — рычаг должен опираться на двухконсольной призмой на подушки стойки;

устанавливают платформу весов на призмы грузоприемных рычагов;

проверяют работу арретира; проверяют правильность положения и свободу колебаний рычагов, раскачивая платформу и нажимая на ее углы;

заполняют масляный успокоитель. Проверяют, не касается ли шток стенки успокоителя; стакан масляного предохранителя в циферблатном указателе заполняют маслом;

проверяют вертикальное положение тяг и соединительных сегрег при половинной нагрузке;

приводят стрелку циферблатного указателя в нулевое положение. Закрывают и открывают арретир; регулируют вращением гайки на штоке успокоителя всю систему колебания стрелки так, чтобы при нарушении равновесия стрелка сделала 2...3 колебания до полного успокоения. Проверяют правильность показаний по всем оцифрованным точкам циферблатного указателя при возрастающей и убывающей нагрузках. Гири устанавливают или снимают не менее чем через 1/10 часть максимального значения шкалы циферблатного указателя.

Для работы лабораторные весы устанавливают в сухом светлом помещении, в котором отсутствуют сотрясения и вибрации. Весы не должны подвергаться одностороннему нагреванию или охлаждению.

Автоматические порционные весы устанавливают на металлическом или деревянном основании. Над весами устанавливают металлический или деревянный, обшитый внутри стальным листом бункер, вместимость которого должна быть не менее 2...3 порций. Такой режим питания обеспечивает равномерную подачу груза в приемное устройство и необходимую точность взвешивания.

Бункер под весами, служащий для приема взвешенного груза, должен быть таким, чтобы высыпавшийся груз не препятствовал закрытию днища.

Раму с питающей заслонкой закрепляют на смонтированной опорной раме, обеспечив горизонтальное расположение ее по уровню.

После монтажа на левые грузоприемные призмы навешивают гидреджатель, а на правые опускают ковш.

При полном колебании коромысла ковш, гидрержатель, тяги и рычаги не должны задевать за другие детали весов. Монтаж весовых дозаторов аналогичен монтажу автоматических порционных весов.

Несколько раз закрывают и открывают изолир. Необходимо убедиться, что при открывании изолира одновременно опускаются, а затем ложатся на грузоприемные призмы обе серьги. После сборки весов проверяют стрелку, чтобы она не задевала за шкалу и отклонялась в обе стороны от нулевого деления на одинаковое число штрихов.

§ 9. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВЕСОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Грязь и пыль с весов удаляют мягкой щеткой, кистью или сухой чистой тряпкой. Тщательного ухода требуют призмы и подушки. Чистить подушки, шкалы и другие детали весов шкуркой, наждаком или напильником запрещается. Незначительную ржавчину немедленно удаляют, протерев соответствующие места тряпкой, смоченной в бензине, а затем чистой тряпкой.

Периодически проверяют правильность установки весов и тару.

При наличии успокоителя колебаний его стакан должен быть заполнен чистым маслом; при этом масло заливают на 8...10 мм выше верхнего положения поршня. Зимой заливают чистое трансформаторное масло, летом — смесь трансформаторного масла с трансмиссионным автотракторным в пропорции 1 : 1.

На всех весах разрешается взвешивать только грузы, не превышающие по массе установленных пределов взвешивания.

Перед началом взвешивания убеждаются, что весы установлены по уровню или отвесу и на грузоприемном устройстве нет посторонних предметов, которые могут исказить измерения. Открыв арретир (изолир) проверяют, что коромысло весов находится в равновесии, а стрелка в циферблатном указателе стоит на нулевом делении шкалы. Убеждаются, что стрелка или коромысло не изменяют своих показаний и устанавливаются в нулевое положение после 2...3 колебаний. В случае каких-либо отклонений необходимо проверить весы.

Периодически проверяют чувствительность весов, помещая на грузоприемное устройство соответствующий груз-допуск; в циферблатных весах стрелка должна отклониться на одно деление, а при наличии коромысла она должна пройти не менее 5 мм. В перерывах между работой арретир закрывают; нагружают и разгружают весы при закрытом арретире.

Цену деления проверяют при работе на всех весах каждый день перед началом работы. Если погрешность показаний превышает допустимое значение, весы регулируют.

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Приборы для измерения угловой скорости вращающихся частей машин и механизмов называются тахометрами.

Угловая скорость характеризует угол поворота тела вокруг оси его вращения в единицу времени.

В системе СИ угловая скорость, являющаяся производной единицей, измеряется в рад/с. Однако в технике распространена внесистемная единица угловой скорости — оборот в 1 минуту или секунду. Зависимость между указанными единицами измерений определяется отношением: $1 \text{ рад/с} \approx 0,105 \text{ об/мин}$.

Верхние пределы измерений или показаний тахометров (об/мин) согласно ГОСТ 21339—82 выбирают из ряда:

$$N = a10^n, \quad (66)$$

где a — одно из чисел: 1; 1,2; 1,5; 2; 2,5; 3,5; 4; 5; 8; n — одно из чисел: —1; 0; 1; 2; ...; 6.

Тахометры классифицируют:

по способу применения — на переносные и стационарные. Переносные или ручные тахометры присоединяются к вращающемуся объекту только на время измерения его угловой скорости. Стационарные тахометры соединяются с вращающимся валом механизма при помощи приводного вала с муфтой или дистанционного электрического преобразователя;

по принципу действия — на центробежные, часовые, магнитопродукционные непосредственного измерения и дистанционные, резонансные, стробоскопические, электрические, электронные и др.

§ 2. ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ ТАХОМЕТРЫ

Действие центробежных тахометров основано на центробежном эффекте, возникающем при вращении статически неуравновешенного твердого тела, центр тяжести которого находится на некотором расстоянии от неподвижной оси вращения.

Измерение угловой скорости сводится к измерению значения центробежной силы инерции, которую уравновешивают силой упругой деформации противодействующей пружины.

На рисунке 159 показана конструктивная схема центробежного тахометра с двумя грузами. Противодействующее усилие создается

Рис. 159. Центробежный тахометр с двумя грузами:

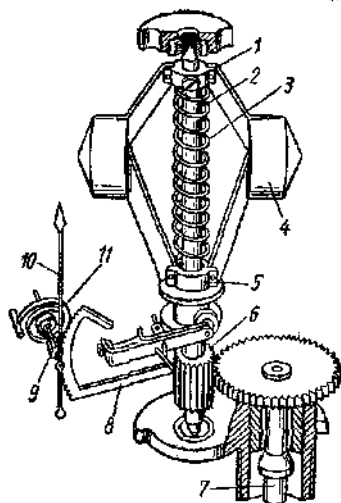
1 и 5 — муфты; 2 — вал; 3 — пружина; 4 — груз; 6 — зубчатая передача; 7 — валик; 8 — рычаг; 9 — шестерня; 10 — стрелка; 11 — волосок.

пружинной 3, которая через подвижную муфту 5 передает свое усилие на вращающиеся грузы 4, укрепленные с помощью тяг. Перемещение подвижной муфты 5 соответствует определенной угловой скорости вращения вала 2. Вертикальное движение муфты 5 через секторный зубчатый механизм вызывает угловое перемещение стрелки тахометра.

Показания центробежных тахометров не зависят от направления вращения. Шкала прибора нелинейна, поскольку значение центробежной силы грузов находится в квадратичной зависимости от угловой скорости вращения.

Для расширения диапазона и повышения точности измерения в конструкцию прибора встраивают шестеренные коробки передач с ручным переключением на нужный диапазон скоростей вращения.

Наибольшее распространение получили тахометры ИО-10 с пределами показаний 25...10 000 об/мин, разделенными на пять диапазонов. Время измерения составляет 10...15 с. Погрешности измерения центробежными тахометрами достигают 1...8 % и определяются старением упругих свойств пружины, влиянием температуры, погрешностью от трения в передаточном механизме и сопряжениях прибора.



§ 3. ЧАСОВЫЕ ТАХОМЕТРЫ

Часовой тахометр предназначен для измерения угловых и линейных скоростей способом непосредственного присоединения.

Часовой тахометр интегрирующий, измеряет суммарное число оборотов за определенный интервал времени, отсчитываемый часовым механизмом. Особенность этого прибора заключается в том, что он измеряет лишь среднее за интервал включения часового механизма значение угловой скорости.

Тахометр состоит из счетного и часового механизмов и механизма возврата стрелок. Счетный механизм состоит из вала тахометра и стрелок, показывающих число оборотов на циферблате.

Часовой механизм состоит из устройства спуска и регулятора, обеспечивающих работу механизма на строго определенное время. Механизм возврата стрелок работает от кнопки и возвращает стрелки прибора в нулевое положение.

Скорости измеряют при помощи фрикционных наконечников, надеваемых на вал тахометра: угловые скорости — наконечниками с прямым и обратным конусом, окружные — дисковыми.

Пределы измерения тахометра типа ТЧ-10Р: для угловых скоростей 50...10 000 об/мин; окружных скоростей — 1...1000 м/мин. Пределы измерения частоты вращения тахометром ТЧ-Р 50...1000 об/мин. Шкалы приборов линейны. Основная погрешность показаний при измерении угловой скорости составляет $\pm 1\%$, окружной скорости — $\pm 2\%$; рабочий диапазон температур при измерении — 10...+50 °С.

§ 4. МАГНИТОИНДУКЦИОННЫЕ ТАХОМЕТРЫ

Магнитоиндукционные тахометры типа ТМ предназначены для непрерывного измерения угловых скоростей вращающихся частей машин и механизмов.

В приборе в результате взаимодействия магнитного поля вращающихся постоянных магнитов с индукционными токами, наведенными этим полем в металлическом диске, возникает вращающий момент диска (связанного со стрелкой), пропорциональный частоте вращения магнитов и уравновешиваемый противодействующей пружиной.

Тахометр состоит из измерительного механизма и привода, смонтированных в корпусе. Вращение вала 1 (рис. 160) передается магнитному узлу 2, состоящему из двух плат с запрессованными в них постоянными магнитами. Платы расположены таким образом, что противоположные полюсы магнитов находятся один против другого и концентрируют магнитный поток по периферии чувствительного элемента 9 с целью получения максимального вращающего момента. Вращающему моменту чувствительного элемента противодействует момент спиральной пружины 8, укрепленной на оси 6 чувствительного элемента. На другом конце оси укреплена стрелка 5, показывающая по равномерной шкале 4 частоту вращения вала объекта. Для повышения устойчивости стрелки и улучшения отсчета показаний применено демпфирование подвижной системы тахометра.

Тахометры выпускают с левым или правым направлением

вращения приводного вала, с односторонней или двусторонней шкалой, с механической или электрической дистанционной связью.

Основные типы и технические данные тахометров с механической связью приведены в таблице 53.

Коэффициент тахометра — это отношение значения входной частоты вращения к значению частоты, показываемой тахометром. Различные коэффициенты тахометра получают за счет редуктора, встроенного в прибор. Тахометры, в обозначении которых после тире стоит «0», имеют двустороннюю шкалу.

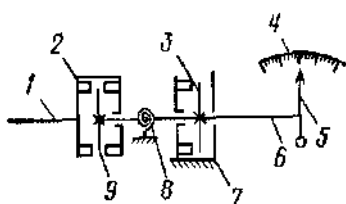


Рис. 160. Принципиальная схема тахометра типа ТМ.

1 — вал; 2 — магнитный узел; 3 — диск; 4 — шкала; 5 — стрелка; 6 — ось; 7 — демпфер; 8 — спиральная пружина; 9 — чувствительный элемент.

53. Магнитоиндукционные тахометры типа ТМ

Тип	Пределы измерения, об/мин	Рабочий диапазон измерения, об/мин	Коэффициент тахометра	Диаметр циферблата, мм
ТМ 0,5 (8ТМ 0,5; 8ТМ 0,5—0)*	25...500	150...500	2:1; 4:1 (1:1; 3:1)	80, 125 (56, 89)
ТМ 0,75	40...750	250...750	2:1; 4:1	80, 125
ТМ 1 (8ТМ 1; 8ТМ 1—0)	50...1000	300...1000	1:1; 2:1 (3:1)	80, 125 (56, 89)
ТМ 2 (8ТМ 2; 8ТМ 2—0)	100...2000	600...2000	1:1; 1:2	80, 125 (56, 89)
ТМ 3 (8ТМ 3; 8ТМ 3—0)	150...3000	900...3000	1:1 (1:2; 1:3)	80, 125 (56, 89)
ТМ 4 (8ТМ 4)	200...4000	1200...4000	1:1; 1:2; 1:4 (1:1)	80, 125 (56, 89)
ТМ 6	300...6000	1800...6000	1:3	80, 125
ТМ 8	400...8000	2400...8000	1:4	80, 125
ТМ 12	600...12 000	3600...12 000	1:6	80, 125
ТМ 16	800...16 000	4800...16 000	1:8	80, 125

* Относится к тахометрам типа 8ТМ.

Класс точности приборов 1, допускаемая температура окружающей среды $\pm 60^\circ\text{C}$. Приборы устойчивы к вибрации. Приводной гибкий вал по отношению к вертикальной оси циферблата может располагаться под углом 90, 180, 270 и 360° .

Для непрерывного дистанционного измерения частоты вращения частей машин и механизмов применяют магнитоиндукционные тахометры ТМя. Конструктивно они состоят из первичного преобразователя и показывающего прибора.

Первичный преобразователь предназначен для преобразования измеряемой частоты вращения вала объекта в трехфазный переменный ток с частотой, пропорциональной частоте вращения вала. Преобразователь представляет собой трехфазный генератор переменного тока с четырехполюсным постоянным магнитом — ротором.

Показывающий прибор используют для непрерывного измерения частоты вращения. Он состоит из синхронного электромотора и измерительного механизма, смонтированного в корпусе. При вращении ротора 12 (рис. 161) в обмотке 1 статора первичного преобразователя возбуждается трехфазный ток с частотой, пропорциональной частоте вращения вала объекта. Ток по трем проводам подводится к обмотке 2 статора синхронного мотора. Ротор 10 приводит во вращение приводной валик измерительного механизма, работающего так же, как в тахометре ТМ. Прибор может быть удален от объекта не более чем на 50 м.

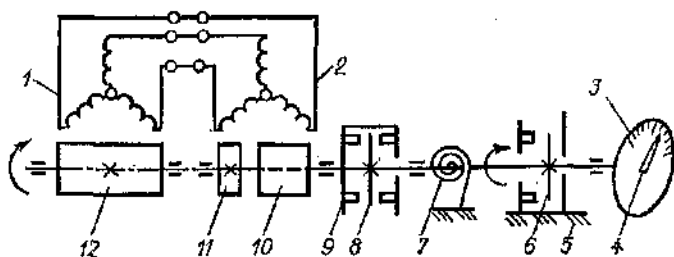


Рис. 161. Принципиальная схема тахометра типа ТМи:

1 — обмотка статора первичного преобразователя; 2 — обмотка статора двигателя; 3 — шкала; 4 — стрелка; 5 — демифер; 6 — диски; 7 — спиральная пружина; 8 — чувствительный элемент; 9 — магнитный узел; 10 — ротор двигателя; 11 — элемент запуска; 12 — ротор первичного преобразователя.

Первичные преобразователи выпускают четырех модификаций: Д-1М, Д-2М, Д-1ММ, Д-2ММ. Первичные преобразователи типов Д-1М и Д-1ММ работают с одним показывающим прибором, Д-2М и Д-2ММ — с двумя.

Типы и технические данные дистанционных тахометров ТМи и ТЭ приведены в таблице 54.

При уменьшении угловой скорости вала первичного преобразователя уменьшается не только частота вращения, но и ток, идущий к указателю. Вследствие недостаточной мощности, передаваемой указателю, показания приборов при измерении скоростей вращения

54. Магнитоиндукционные дистанционные тахометры ТМи и ТЭ

Тип	Пределы измерения, об/мин	Коэффициент тахометра	Основная погрешность измерения, %	Габариты (преобразователя) измерителя, мм	Масса (преобразователя) измерителя, кг
ТМи 1	250...2500	1:1	±1	(100×60×130) ∅ 60×130	(0,9) 0,55
ТМи 2	250...2000	1:1	±1	(100×60×130) ∅ 60×130	(0,9) 0,55
ТМи 3	300...3000	1:1	±1	(100×60×130) ∅ 60×130	(0,9) 0,55
ТМи 4	400...4000	1:1	±1	(100×60×130) ∅ 60×130	(0,9) 0,55
ТЭ 1	20...1000	1:1	±1,5		
ТЭ 2	20...1500	1:1	±1,5	(135×130)	(2,2) 2
ТЭ 2.5	20...2500	1:1	±1,5	120×120×150	
ТЭ 5	0...5000	1:1	±1,5		
ТХ-170	0...4000	1:1	±1	(∅ 80×96)	(0,75)
СП-170	0...100			∅ 110×120	0,95

от 0 до 100 об/мин и движения от 0 до 30 км/ч становятся неточными. Этот недостаток можно устранить, введя в схему тахометра специальный электронный коммутатор.

Тахометр ТХ-170 и спидометр СП-170 для двигателей КамАЗ включают в себя трехфазный генератор, частота импульсов которого пропорциональна частоте вращения коленчатого вала двигателя. Генератор управляет тремя транзисторными ключами, подающими импульсы тока от аккумулятора к трехфазному электродвигателю, приводящему магнитоиндукционный механизм тахометра. При наличии транзисторных ключей тахометр и спидометр надежно работают во всех диапазонах скоростей.

Схема и принцип действия магнитных указателей скоростей аналогичны для всех современных тахометров и спидометров магнитоиндукционного типа. Указатели скорости могут быть в разных конструктивных исполнениях.

Кроме обычных стрелочных указателей скорости магнитной системы, на легковых автомобилях и автобусах применяют магнитные спидометры ленточного и барабанного типа. У ленточного спидометра отсчет скорости ведется по красной кромке ленты, привод которой осуществляется от катушки указателя магнитной системы через дополнительный ролик.

Указателем скорости барабанного типа служит подвижный легкий алюминиевый барабан. Отсчет скорости ведется по цветной кромке барабана. Барабан, конструктивно объединенный с катушкой, вращается от постоянного магнита спидометра.

§ 5. СТРОБОСКОПИЧЕСКИЕ ТАХОМЕТРЫ

Стробоскопические тахометры предназначены для бесконтактного измерения частоты вращения или колебания движущихся частей машин или механизмов на основе стробоскопического эффекта. Они могут быть использованы для наблюдения за подвижными деталями и определения технического состояния различных систем.

Стробоскопический метод сличения частот двух периодических процессов основан на свойстве глаза удерживать некоторое время зрительное впечатление предмета, уже скрывшегося из поля зрения. При освещении объекта с меткой, вращающегося с частотой f , световыми импульсами частотой f_0 контролируемый объект кажется неподвижным только в том случае, когда $f=f_0$, т. е. если в течение одного оборота на объект поступает один световой импульс. Однако аналогичное впечатление создается и тогда, когда частота вращения объекта превышает в целое число раз частоту световых импульсов ($f=kf_0$).

Если одному обороту соответствуют два световых импульса $f=f_0/2$, то на объекте получаем две метки, расположенные диаметрально противоположно. При $f=f_0/n$ на объекте появляется n меток, расположенных симметрично (n — целое число).

Если изображение диска кажется движущимся в ту или другую сторону, то это означает, что частота световых импульсов и угловая скорость вращающегося диска не находятся в кратном соотношении.

При стробоскопическом методе измерения наносят метку на вращающийся объект, устанавливают показания индикатора прибора больше ожидаемой частоты вращения объекта. Включают осветитель

55. Стробоскопические тахометры

Тип	Характеристика	Пределы измерения, об/мин	Основная погрешность измерения, %	Масса, кг
2ТСт-32-456	Переносной показывающий с семью поддиапазонами измерения	250...32 000	$\pm 0,5$	12
ТСт-60-4256	Переносной с цифровой индикацией и четырьмя поддиапазонами измерения	250...60 000	$\pm 0,5$	12
ТСт-100	Переносной показывающий с тремя поддиапазонами измерения	500...100 000	$\pm 0,5$	12
ИЧО-70	Переносной показывающий с тремя поддиапазонами измерения	250...18 000	$\pm 0,1$	10
—	Следящий стробоскоп для наблюдения за состоянием подвижных объектов	60...6000	$\pm 0,5$	10

Примечание. Питание приборов — от сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц.

и направляют световой поток импульсной лампы на вращающийся объект, затем плавным уменьшением частот светового потока до стигают изображения одной метки на вращающемся объекте.

Основными частями стробоскопического тахометра являются задающий генератор, частотомер для подсчета числа импульсов и блок управления импульсной лампы. В строботахометрах применяются цифровые частотомеры. Погрешность измерения таких строботахометров составляет $\pm 0,5$ %.

Основные типы и технические данные стробоскопических тахометров приведены в таблице 55.

При техническом обслуживании автомобилей применяют стробоскопический прибор Э-102, который выполнен в виде пистолета (рис. 162, а). Подсоединяют его в трех точках: к аккумуляторной батарее проверяемого автомобиля двумя зажимами типа «Крокодиль» и к свече первого цилиндра двигателя — экранированным проводом высокого давления.

Электрическая схема стробоскопа (рис. 162, б) содержит импульсную лампу-вспышку Л1 типа ИСК-25. Напряжение постоянного тока от аккумуляторной батареи (контакты К1, К2) через пре-

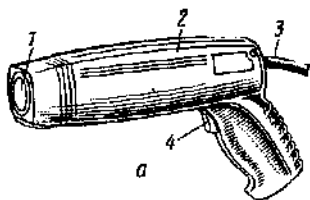
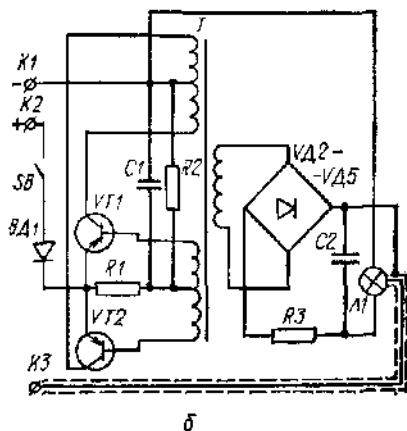


Рис. 162. Стробоскоп Э-102:

a — внешний вид; *б* — электрическая схема; *Л1* — лампа-вспышка; *К1, К2* и *К3* — контакты; *R1* и *R2* — резисторы; *C1* и *C2* — конденсаторы; *VT1* и *VT2* — транзисторы; *VD2...VD5* — диоды; *SB* — кнопка; *T* — трансформатор.



образователь напряжения, представляющий собой двухтактный генератор на транзисторах *VT1*, *VT2*, резисторах *R1*, *R2* и конденсаторе *C1*, преобразуется в импульсное, повышается трансформатором *T* до 300 В и после выпрямления диодным мостом *VD2-VD5* подается на электроды лампы *Л1*. Поджигающий электрод лампы *Л1* соединяется через контакт *К3* со свечным проводом первого цилиндра.

При работе двигателя и нажатой кнопке *SB* импульсы высокого напряжения от свечи первого цилиндра поступают на поджигающий электрод, вызывают ионизацию межэлектродного пространства лампы *Л1* и вследствие его пробоя — разряд конденсатора *C2*, преобразуемый в световую вспышку. Диод *VD1* предназначен для защиты схемы от неправильной полярности включения.

Создаваемый прибором стробоскопический эффект позволяет на всех режимах работы двигателя наблюдать при освещении меток на маховике и на картере сдвиг между моментом зажигания и положением поршня при такте сжатия. По сдвигу судят о начальном угле зажигания и исправности регуляторов опережения.

§ 6. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ТАХОМЕТРЫ

Электрические тахометры построены по принципу электрогенераторов переменного или постоянного тока, амплитуда напряжения и частота которых пропорциональны скорости приводного вала.

Электротахометры постоянного тока (рис. 163, *a*). На выходе первичного преобразователя тахометра образуется э. д. с., пропорциональная скорости вращения ротора преобразователя:

$$E = k\Phi n, \quad (67)$$

где *k* — постоянный коэффициент, зависящий от электрических параметров преобразователя тахометра; Φ — магнитный поток полюсов преобразователя тахометра; *n* — частота вращения ротора.

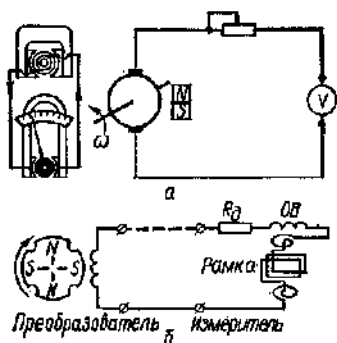


Рис. 163. Схема электрического тахометра:

а — постоянного тока; б — переменного тока.

первичного преобразователя тахометра 30 В.

Пределы измерения тахометров от 0...150 (150—0—150) до 0...1000 (1000—0—1000) об/мин. Основная погрешность измерения для измерителей с двусторонней шкалой $\pm 0,8\%$, с односторонней шкалой — не более $\pm 1,2\%$.

Электротахометры переменного тока (рис. 163, б) конструктивно также состоят из первичного преобразователя и измерителя. Ротором в первичном преобразователе является вращающийся магнит. Напряжение со статора подается к измерителю.

Тахометры переменного тока выпускают типов К17 и К18. Они предназначены для измерения скорости вращения и указания направления вращения вала.

Измерители таких тахометров представляют собой вольтметры переменного тока магнитоиндукционной системы. В некоторых измерителях (типа В1600) частота напряжения преобразуется в постоянный ток, который затем измеряют миллиамперметром магнитоэлектрической системы, поскольку вольтметры переменного тока обладают более низкой чувствительностью и точностью показаний.

Преобразование частоты напряжения осуществляется электронной интегрирующей схемой преобразователя, смонтированной в добавочном устройстве. Измеритель в этом случае состоит из добавочного устройства и показывающего прибора.

Пределы измерения тахометров типа К17 и К18 от 150—0—150 до 1000—0—1000 об/мин. Основная погрешность измерения $\pm 1,5\%$.

§ 7. РЕЗОНАНСНЫЕ ТАХОМЕТРЫ

Действие резонансного тахометра основано на совпадении известной частоты собственных колебаний резонатора, соответствующей определенному значению угловой скорости, с частотой колебаний, возбуждаемых измеряемым объектом.

Из выражения (67) видно, что э. д. с. первичного преобразователя тахометра линейно связана с частотой вращения, поэтому шкалы тахометров постоянного тока линейны.

Дистанционный тахометр типа К16 предназначен для измерения скорости вращения и указания направления вращения вала. Он может быть использован для измерения разности скоростей вращения и синхронизации двух валов.

Измеритель тахометра типа К16 представляет собой вольтметр постоянного тока магнитоэлектрической системы. Шкала измерителя выпускается в одной или двустороннем исполнении и имеет надписи «Вперед» и «Назад». Номинальное напряжение

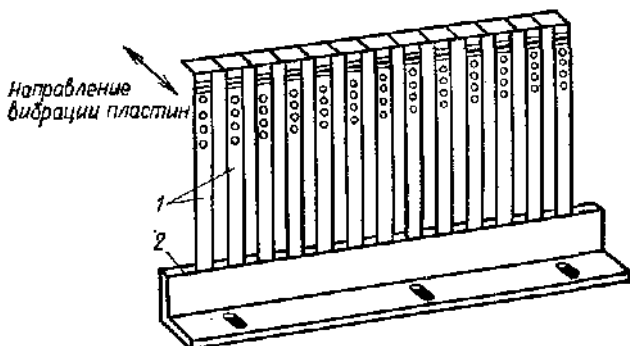


Рис. 164. Блок пластин резонансного тахометра:
1 — пластины; 2 — основание.

Чувствительным элементом резонансного тахометра служит набор резонаторов — стальных упругих пластин 1 (рис. 164), укрепленных на общем основании 2. Каждая пластина настроена на определенную собственную частоту колебаний за счет разницы в их толщине или массе. Против каждой пластины наносят значение угловой скорости, соответствующей резонансной частоте пластины.

В приборе КИ-1308В находится резонатор в виде стальной пластинки, один конец которой укреплен, а второй свободен. Частоту собственных колебаний резонатора настраивают в процессе измерения частоты вращения объекта, изменяя длину пластины. В корпусе прибора существует ролик, который при повороте крышки пригибает пластину и тем самым изменяет ее длину. На крышке прибора имеется шкала, проградуированная в об/мин.

Для измерения частоты вращения тахометр располагают или укрепляют на корпусе машины или механизма. Поскольку вращающиеся части сбалансированы, как правило, не полностью, то механическая вибрация через основание достигает резонаторов и возбуждает их при совпадении частоты колебаний пластины с частотой вибраций. По максимальной амплитуде колебаний пластин судят о том, какова частота вращения объекта измерения.

Конструкция тахометра КИ-1308В приспособлена для определения частоты вращения ротора масляной центрифуги двигателя. Пределы измерения 4000...7000 об/мин.

Преимущество резонансных тахометров — простота конструкции и эксплуатации прибора, отсутствие вращающихся деталей. Однако они имеют высокую (до 5%) погрешность, низкую чувствительность и ограниченные пределы измерения (нижний предел — 60...75% от верхнего).

§ 8. ЭЛЕКТРОННЫЕ ТАХОМЕТРЫ

Электрический тахометр, в котором тахометрический преобразователь выполнен с применением средств электронной техники, называют электронным.

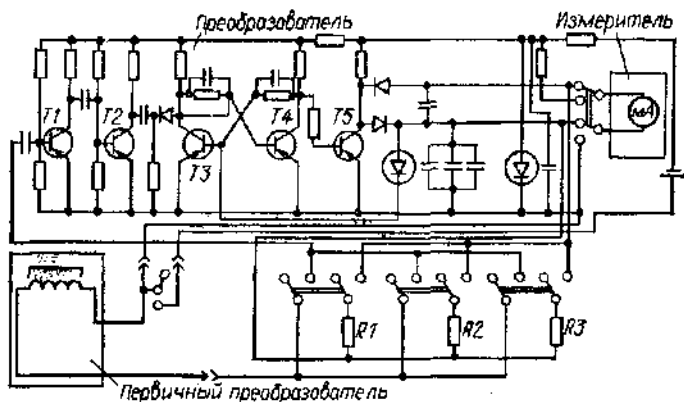


Рис. 165. Электрическая схема электронного тахометра ТЭ30-5Р.

Электронный тахометр типа ТЭ30-5Р предназначен для измерения частоты вращения различных валов: двигателя, отбора мощности и др.

Тахометр состоит из первичного преобразователя магнитоиндукционного типа и измерительного преобразователя, выполненного в отдельном корпусе совместно с измерителем, изготовленным на базе микроамперметра М93. Первичный преобразователь и измеритель соединяются гибким электрическим кабелем длиной 1,5 м. Питание тахометра — от двух батарей «Крона-ВЦ», соединенных последовательно.

При вращении ротора первичного преобразователя (рис. 165), прижимаемого резиновым наконечником к валу, в магнитопроводе возникает пульсирующий магнитный поток, а на зажимах катушки — э. д. с., частота изменения которой пропорциональна измеряемой угловой скорости вала.

Для превращения частоты э. д. с., индуцируемой первичным преобразователем, в пропорциональный ток служит электронный преобразователь частоты. От первичного преобразователя ток полученной частоты поступает на двухкаскадный усилитель, собранный на транзисторах $T1$ и $T2$. Усиленный, а затем продифференцированный сигнал подается на базу транзистора $T4$, который совместно с транзистором $T3$ образует триггер, управляющий ключом, собранным на транзисторе $T5$. С его выхода снимается аналоговый сигнал (ток).

Шкала прибора калибруется при диапазоне измерения 0...300 об/мин резистором $R1$; при 300...3000 об/мин — $R2$; при 3000...30 000 об/мин — $R3$.

Тахометр работает в циклическом режиме. Один цикл содержит 8 включений — по 5 с работы и 5 с отдыха. Промежуток между циклами не менее 5 мин.

Основные типы и технические данные применяемых электронных тахометров приведены в таблице 56.

56. Электронные тахометры и измерители угловых скоростей

Тип	Характеристика	Пределы измерения, об/мин	Питание прибора	Основная погрешность измерения, %	Масса, кг
ТЭ30-5Р	Ручной для эпизодического измерения угловых скоростей вращающихся валов	0...30 000	Батареи «Крона-ВЦ»	$\pm 1,5$	2
ТЭ-2М	Ручной для измерения угловых скоростей контактным и бесконтактным преобразователями	Контактным преобразователем — 20...10 000 Бесконтактным (стробоскопическим) преобразователем — 200...100 000	220 В 50 Гц	$\pm 1,5$	2,7
ТИК-1	Переносной для измерения скорости вращения коленчатого вала карбюраторного двигателя	0...5000	От системы зажигания двигателя	$\pm 1,5$	1,2
ИМД-2М	Переносной измеритель мощности и частоты вращения коленчатого вала двигателя	0...2000	12 В (220 В 50 Гц)	± 2	12
ИМД-12	То же	100...5000	12 В (220 В 50 Гц)	$\pm 0,2$	2

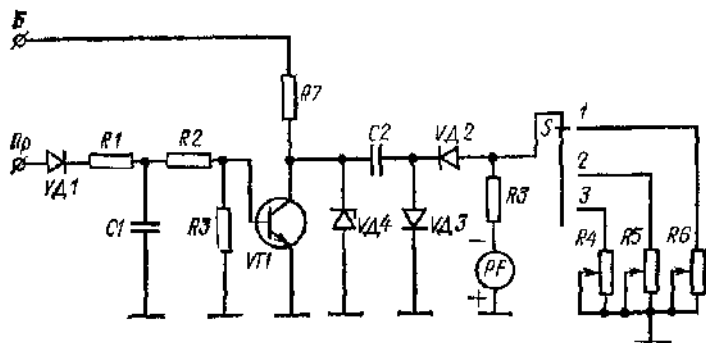


Рис. 166. Электрическая схема тахометра, работающего от системы зажигания.

В приборах ИМД-2М, ИМД-12, ИМД-Ц и других в качестве преобразователя частоты вращения используется индукционный преобразователь. Он состоит из катушки индуктивности, намотанной на сердечнике, притянутом стальной гайкой к постоянному магниту в корпусе. Выводы катушки индуктивности соединены гибким электрическим шнуром с измерителем.

Для измерения частоты вращения коленчатого вала первичный преобразователь устанавливают в резьбовое отверстие в картере двигателя напротив зубчатого венца маховика на расстоянии 2 мм от маховика. При работе двигателя от зубьев маховика в катушке индуктивности вырабатываются электрические импульсы амплитудой 0,5...1 В, которые по проводу подаются на вход схемы усиления и преобразования и далее на измеритель прибора.

Индукционный преобразователь частоты вращения может иметь разное конструктивное исполнение.

Автомобильные тахометры в переносных диагностических приборах электрооборудования, мотор-тестерах для измерения частоты вращения двигателя работают по принципу измерения частоты прерывания контактов прерывателя, пересчитанной в число оборотов вала двигателя. Они содержат схему формирования импульса и преобразования его в импульсы постоянной длительности и амплитуды с последующим интегрированием и измерением микроамперметром.

В приборах Э-213, Э-214 и других тахометр (рис. 166) содержит схему формирования $VD1, R1, C1$ и схему транзисторного конденсаторного частотомера $VT1, C2, VD2, VD3, R3, PF$.

Положительные импульсы с постоянной составляющей, вырабатываемые в результате размыкания контактов прерывателя $Пр$ на конденсаторе системы зажигания, выделяются диодом $VD1$ и интегрируются емкостью $C1$. Сформированные одиночные импульсы поступают на базу транзистора $VT1$ конденсаторного частотомера. Транзистор $VT1$ открывается, и измерительный конденсатор $C2$, заряженный до напряжения стабилизации стабилитрона $VD4$, разряжается через цепь коллектор — эмиттер транзистора $VT1$, прибор PF , диод $VD2$ до нуля.

Транзистор V_{T1} открыт лишь на время действия импульса, а затем запирается, и конденсатор C_2 вновь заряжается через диод V_{D3} до напряжения стабилизации. Среднее значение тока, протекающего через прибор при периодическом поступлении импульсов, определяется частотой импульсов, создаваемых на контактах прерывателя, из соотношения:

$$I = \frac{C_2 u_{ст} i_n}{60}, \quad (68)$$

где C_2 — емкость конденсатора C_2 ; $u_{ст}$ — напряжение стабилизации; n — частота вращения кулачкового вала распределителя; i — число цилиндров двигателя.

Так как C_2 и $u_{ст}$ постоянны, то шкалу микроамперметра градуируют в оборотах вала двигателя посредством резисторов R_4 , R_5 , R_6 для четырех, шести- и восьмицилиндровых двигателей, соответственно выбираемых переключателем S .

§ 9. ЦИФРОВЫЕ ТАХОМЕТРЫ

Тахометры, показания которых представлены в цифровой форме, называются цифровыми.

Цифровые тахометры конструктивно состоят из первичного преобразователя скорости в электрический частотный сигнал и цифрового измерителя, соединенных гибким электрическим кабелем. Действие тахометров основано на подсчете измерителем числа импульсов от первичного преобразователя угловой скорости.

В качестве первичных преобразователей скорости применяются индукционные, магнитоэлектрические, фотоэлектрические, тахометрические и др. Выбор типа преобразователя угловой скорости определяется объектом измерения, его конструктивными особенностями и задачами измерений.

Для работы фотоэлектрического преобразователя скорости необходимо установить на вал измеряемого объекта специальный диск с отверстиями или зубцами. При вращении вала световой поток от лампы преобразователя диском превращается в световые импульсы, частота следования которых пропорциональна угловой скорости вала.

Фотоэлектрическим преобразователем импульсной световой поток преобразуется в электрические импульсы, которые по проводу подаются на вход схемы усиления, преобразования и в дальнейшем поступают на цифровой измеритель. Тахометры с фотоэлектрическим преобразователем могут быть использованы как стационарные дистанционные приборы.

В тахометре ТЭСА в качестве первичного использован магнитоэлектрический преобразователь. Зубчатый диск из ферромагнитного материала, установленный на вале контролируемого объекта, при вращении наводит в первичном преобразователе переменную э. д. с. с частотой, пропорциональной скорости вращения вала. Переменная э. д. с. усиливается встроенным в первичный преобразователь усилителем, затем преобразуется и измеряется цифровым индикатором. Тахометр используется как стационарный дистанционный прибор.

Основные типы и технические данные применяемых цифровых тахометров приведены в таблице 57.

57. Цифровые тахометры и измерители угловых скоростей

Тип	Характеристика	Принцип действия первичного преобразователя	Пределы измерения, об/мин	Питание прибора	Основная погрешность измерения, %	Масса, кг
ТЦ-1	Для дистанционного измерения скорости вращения коленчатого вала двигателя	Индукционный	60...10 000	220 В 50 Гц	± 1	6
ТЦ-2 ТЦ-2М	Для дистанционного измерения угловых скоростей вращающихся валов	Фотоэлектрический	50...10 000	220 В 50 Гц	$\pm 0,4$	3,5
ТЦ-3	Для дистанционного измерения скорости вращения валов	Индукционный, тахометрический	0...10 000	220 В 50 Гц	± 1	3,5
ТЦ-3М	То же	Фотоэлектрический	50...10 000	220 В 50 Гц	$\pm 0,4$	3,5
ТЭСА	Для дистанционного измерения скорости вращения частей механизмов и машин	Магнитоэлектрический	5...100 000	220 В 50 Гц	$\pm 0,2$ при 5... 1000 об/мин ± 2 при 50...10 000 об/мин ± 20 при 500...100 000 об/мин	3
ИМД-Ц	Переносной для измерения мощности и частоты вращения коленчатого вала двигателя	Индукционный	100...5000	10...13,5 В	$\pm 0,2$	3
ИЦТ	Переносной для измерения частоты вращения	Тахометрический	50...10 000	10...13,5 В (220 В 50 Гц)	$\pm 0,15$	2,5
СИУТ-302	Для измерения и контроля частоты вращения валов	Индукционный	5...3000 или 60...30 000	11...14 В (220 В 50 Гц)	$\pm 0,1$	3

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Задачу измерения механических сил приходится решать при определении тяговых и тормозных характеристик сельскохозяйственных машин, автомобилей и тракторов; механических свойств материалов и сельскохозяйственного сырья; усилий на рычагах и педалях управления машин; при выполнении технологических работ по контролю за техническим состоянием сельскохозяйственной техники; при проведении исследовательских и испытательных работ.

Показывающие приборы для измерения сил и моментов называются динамометрами, а регистрирующие приборы — динамографами.

По точности изготовления динамометры общего назначения разделяются на образцовые I, II, III разрядов и рабочие 1-го и 2-го классов.

Образцовые динамометры предназначены для измерения статических нагрузок при проверке испытательных машин и рабочих средств измерений.

Рабочие динамометры для измерения усилий по принципу действия и способу преобразования деформаций упругого тела и передаче их на отсчетный механизм разделяются на механические, гидравлические и электрические. Наиболее часто применяют механические и электрические динамометры.

В системе СИ за единицу измерения силы принят ньютон (Н). Процесс измерения силы состоит в сравнении с выбранной единицей.

§ 2. ПРУЖИННЫЕ ДИНАМОМЕТРЫ РАСТЯЖЕНИЯ

Показывающие пружинные динамометры растяжения ДПУ предназначены для измерения статических растягивающих усилий. Они также могут быть использованы для измерения переменных сил при условии, что сила изменяется достаточно медленно и плавно, чтобы можно было отсчитывать ее значения по шкале прибора.

Действие динамометров основано на преобразовании деформации упругого элемента во вращательное движение стрелки.

По схеме, приведенной на рисунке 167, а, работают пружинные динамометры растяжения на предельные усилия 0,1; 0,2; 1; 2 и 5 кН. Упругим силоизмерительным элементом здесь является кольцо 1, которое под действием растягивающих усилий удлиняется в на-

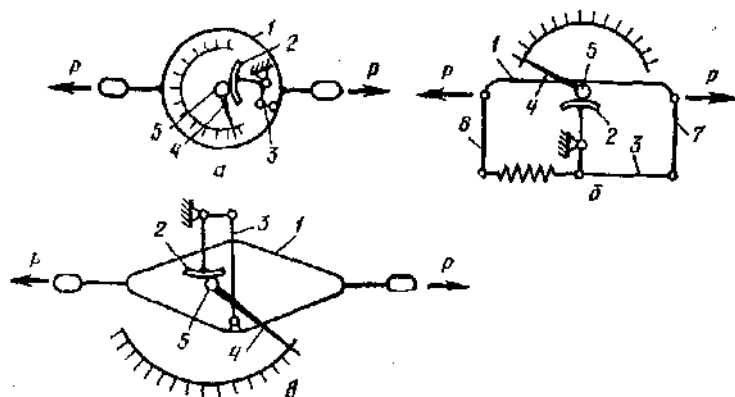


Рис. 167. Схемы пружинных динамометров растяжения:

а — с предельными усилиями 0,1...5 кН; *б* — с предельными усилиями 20...100 кН; *в* — с предельными усилиями 200...500 кН; 1 — силопередающий элемент; 2 — двулучий рычаг с сектором; 3 — тяга; 4 — стрелка; 5 — зубчатое колесо (трибка); 6 и 7 — кронштейны.

правления действия силы P . Передача к стрелке 4 осуществляется через тягу 3, двулучий рычаг с сектором 2 и зубчатое колесо 5.

Динамометры (рис. 167, б) имеют предельные измеряемые усилия 20, 50 и 100 кН. Упругий элемент 1 и силопередающие захваты выполнены в виде скобы. Под действием растягивающих усилий упругий элемент деформируется и расстояние между кронштейнами 6 и 7 увеличивается, что вызывает поворот сектора 2 и шестерни 5 со стрелкой 4.

Динамометры (рис. 167, в) имеют предельные измеряемые усилия 200 и 500 кН. В них силоизмерительный упругий элемент выполнен в форме ромба. Растягивающие усилия, приложенные к тяговым сержам, вызывают перемещение тяг и поворот сектора 2 с шестерней 5 и стрелки 4.

Упругий элемент и передающие механизмы с указателем деформации размещены в корпусе прибора, предохраняющем их от ударов и проникновения пыли и влаги. Показание динамометра определяется положением стрелки относительно шкалы.

Основные типы и технические данные применяемых пружинных динамометров растяжения типа ДПУ приведены в таблице 58.

Динамометры при измерении устанавливают в вертикальном положении так, чтобы измеряемые усилия были направлены вдоль силовой оси. Нулевую отметку шкалы совмещают с указателем стрелки при помощи корректора нуля. Приборы эксплуатируют при температуре $-5...+40^{\circ}\text{C}$.

Динамометры ДРВ выпускают в водозащищенном исполнении. Они дополнительно имеют сигнализирующее устройство.

Для рассмотренных динамометров общего назначения характерны простота конструкции, надежность в работе и невысокая стоимость. Основные недостатки — инерционность и отсутствие возможности дистанционных измерений, что не позволяет использовать эти

58. Пружинные динамометры растяжения ДПУ

Тип	Пределы измеряемых усилий, кН	Цена деления шкалы, Н	Основная погрешность показаний, %	Габариты, мм	Масса, кг
ДПУ-0,01	0,01...0,1	1	±2	340×200×50	1,5
ДПУ-0,02	0,02...0,2	2	±2	340×200×50	1,5
ДПУ-0,1	0,1...1	10	±2	325×200×50	2
ДПУ-0,2	0,2...2	20	±2	325×200×50	2,1
ДПУ-0,5	0,5...5	50	±2	325×200×50	2,3
ДПУ-2	2...20	200	±2	525×220×115	10
ДПУ-5	5...50	500	±2	655×220×125	15
ДПУ-10	10...100	1000	±2	675×220×125	17
ДПУ-20	20...200	2000	±2	710×350×150	25
ДПУ-50	50...500	5000	±2	860×350×170	45
ДРВ-2	2...20	200	±2	740×235×170	18
ДРВ-5	5...50	500	±2	860×235×170	25
ДРВ-10	10...100	1000	±2	860×235×170	26

динамометры в исполнительных органах систем управления и регулирования.

Во многих приборах для определения физико-механических свойств растений, почвы, для исследований и испытаний сельскохозяйственных машин в качестве основных частей применяются динамометрические устройства. В них силоизмерительными пружинами чаще всего служат простые винтовые или плоские пружины, а также маятниковые и рычажные динамометры.

Так, например, динамометр ДКВ-60, предназначенный для определения прочности при растяжении лубяного сырья (льна, конопли, джута), состоит из силоизмерителя, зажимов и привода правого зажима. В зажимах прибора закрепляется испытываемая пряжа. Правый зажим перемещается при помощи ручки и через испытываемую пряжу сообщает движение левому зажиму, который связан с маятниковым силоизмерителем. При разрыве волокна стрелка, связанная с маятником, указывает силу, с которой пряжа волокна сопротивляется разрыву. Пределы измеряемых усилий 30..600 Н. Основная погрешность показаний ±2 %. Расстояние между зажимами можно изменять от 70 до 100 мм. Вес прибора 12,5 кг.

§ 3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ДИНАМОМЕТРЫ

Гидравлические динамометры предназначены для преобразования измеряемого усилия в давление жидкости, которое затем измеряют манометром. По способу преобразования усилия в давление гидравлические динамометры делятся на поршневые и мембранные. В последних между верхним и жидкостью помещается разделительная диафрагма.

Гидравлические динамометры — инерционные приборы для измерения сил, имеющих небольшую частоту, или только среднего значения силы. На рисунке 168 показана принципиальная схема тя-

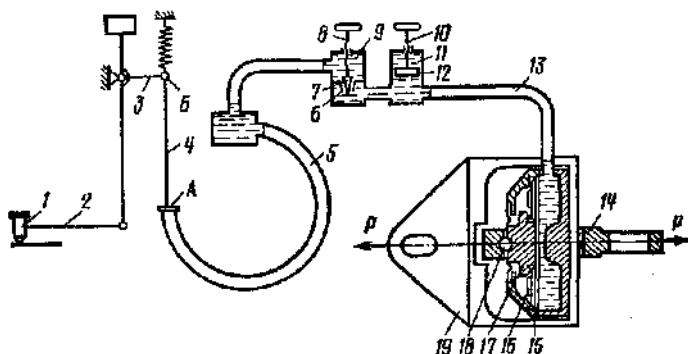


Рис. 168. Принципиальная схема тягового гидравлического динамографа:

1 — перо; 2 — поводок; 3 — рычаг; 4 — тяга; 5 — манометрическая пружина; 6 — отверстие; 7 — конусное кольцо; 8 и 10 — винты; 9 — демпфирующее устройство; 11 — компенсирующее устройство; 12 — поршень; 13 — маслопровод; 14 и 19 — тяговые скобы; 15 — диафрагма; 16 — секторные пластинки; 17 — поршень; 18 — шарик.

гового гидравлического динамографа. Тяговое усилие посредством реверсивных скоб 14 и 19 передается на поршень 17, который совместно с секторными пластинками 16 давит через диафрагму 15 на масло, заполняющее камеру месдозы. По маслопроводу 13 давление передается манометрической пружине 5, а от нее тяге 4, рычагу 3 и поводку 2, в котором установлено перо 1. Отклонение пера от нулевого положения соответствует значению измеряемого усилия P .

Между тяговым звеном и механизмом манометрической пружины расположены компенсирующее и демпфирующее устройства. Компенсирующее устройство состоит из цилиндра 11, в котором при помощи винта 10 перемещается поршень 12, чем достигается изменение внутреннего объема гидросистемы. Демпфирующее устройство 9 имеет винт 8 с конусным кольцом 7, который, входя в отверстие 6, создает зазор, определяющий большую или меньшую степень демпфирования колебаний манометрической пружины.

В комплект прибора входят тяговые звенья на 15, 30, 60 и 100 кН. Основная погрешность измерения составляет $\pm 1\%$. Длина тяговых звеньев соответственно 220, 280, 340 и 350 мм, масса 4, 7, 13 и 23 кг.

§ 4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДИНАМОМЕТРЫ И СИЛОИЗМЕРИТЕЛИ

Механические и гидравлические динамометры применяют в статических или близких к ним режимах; электрические динамометры — в переходных и неустановившихся режимах. Они представляют собой специальные упругие устройства, деформации отдельных элементов которых пропорциональны измеряемым усилиям растяжения или сжатия. Эти деформации измеряются при помощи электриче-

ских преобразователей тензорезисторного, индуктивного, пьезоэлектрического или иного типа. Наиболее распространены тензорезисторные преобразователи.

Упругие элементы в зависимости от значения и направления измеряемого усилия, способа установки и назначения бывают различной конструктивной формы.

Тяговые звенья электрических динамометров выполнены в виде кольцевых или стержневых упругих тел (рис. 169), на рабочую поверхность которых наклеены тензорезисторы. В комплект тяговых электрических динамометров КЭД-2 (рис. 169, а) входят шесть тензозвеньев, рассчитанных на усилия 0,1...1; 0,5...5; 1,5...15; 3...30; 6...60 и 10...100 кН. Они предназначены для регистрации тяговых усилий сельскохозяйственных, дорожных и других прицепных машин.

На рисунке 170 приведены несколько конструкций электрических силоизмерителей типа У (универсальные) и С (для сил сжатия). В этих приборах установлены чувствительные элементы разной формы: кольцевые, в виде полого или сплошного стержня, многостержневые. Кольцевые чувствительные элементы применяют для диапазона измерения от 1 до 10 кН, стержневые — для предельных нагрузок свыше 20 кН.

Универсальные силоизмерители типа У позволяют, кроме усилий сжатия, измерять также усилия растяжения и отличаются от силоизмерителей типа С наличием резьбовых отверстий для ввертывания тяговых скоб, используемых для приложения растягивающих усилий.

Основные типы и технические данные электрических динамометров и силоизмерителей приведены в таблице 59.

В силоизмерителях используется мостовая схема включения тензорезисторов (рис. 171), питаемая напряжением U_0 . Преимущество мостовой схемы заключается в том, что с ее помощью измеряют только изменение сопротивления тензорезисторов R_1 ; R_2 ; R_3 и R_4 , а не общее их сопротивление. Можно сбалансировать мост тензорезисторов не при нулевой, а при любой заданной нагрузке на упругий элемент преобразователя силы, что дает возможность измерять относительную силу. Для начальной балансировки моста в оба смежных плеча последовательно с тензорезисторами включают дополнительные регулировочные резисторы R_6 .

Мостовая схема позволяет простыми средствами обеспечить температурную компенсацию и снизить чувствительность преобразователя к неизмеряемым компонентам силы. Для выравнивания сопротивлений тензорезисторов, которые неизбежно имеют некоторый разброс, в плечи моста последовательно включают термочувствительные сопротивления R_1 и балансирующие R_6 . Этим исключают влияние температурного изменения сопротивления тензорезисторов, а также температурных деформаций упругого элемента.

Для компенсации температурного изменения термочувствительности тензорезисторов, приводящего к изменению чувствительности преобразователя силы, в цепь диагонали-питания моста последовательно включают термочувствительные сопротивления R_1 , которые так регулируют напряжение питания моста, чтобы скомпенсировать изменение его чувствительности с изменением температуры.

Установка термочувствительных резисторов R_1 и R_2 позволяет снизить температурную погрешность нуля R_1 и температурную по-

59. Электрические динамометры и силоизмерители

Тип	Характеристика	Число типовых размеров	Номинальная нагрузка, кН	Предельная частота измеряемых сил, Гц	Основная погрешность измерения, %	Диапазон температур, °С	Габариты, мм	Масса, кг
КЭД-2	Кольцевой динамометр для измерения тяговых сил	6	0,1...100	500	±1,5	-5...+50	150×40×60... 395×95×135	0,4...8,5
У	Универсальные силоизмерители с кольцевым чувствительным элементом для измерения сил растяжения и сжатия	4	1, 2, 5, 10	50	±0,2	-40...+50	120×114×90	5
У	Универсальные силоизмерители с полым стержнем для измерения сил растяжения и сжатия	4	20, 50, 100, 200	225...500	±0,2	-40...+50	143×152×120... 254×213×176	7,5; 11; 16; 23
С	Кольцевые силоизмерители для измерения сил сжатия	4	1, 2, 5, 10	50	±0,2	-40...+50	114×114×90	5

С	Силоизмерители с полым стержнем для измерения сил сжатия	3	20, 50, 100	225	$\pm 0,2$	$-40 \dots +50$	$127 \times 140 \times 115 \dots$ $192 \times 178 \times 145$	6,5; 9,5; 14,5
С1, СА1 С11, СА11	Силоизмерительные датчики для измерения сил сжатия	6	0,01...0,5	50	$\pm 0,6$; $+1$	$-40 \dots +50$	$142 \times 72 \times 42$	1,5
ДСТ	То же	12	0,05...200	50...500	$\pm 0,25$; $\pm 0,4$; $\pm 0,6$	$-30 \dots +50$	$92 \times 50 \dots 175 \times 125$	0,6...6
СЧ	» »	8	0,5...100	175	$\pm 0,2$	$10 \dots +35$	$114 \times 100 \times 50$	1,5...6
РЧ	То же, для измерения сил растяжения	8	0,5...100	300	$\pm 0,2$	$10 \dots +35$	175×70	1,5...6
ТПА	Силоизмерительные датчики для измерения сил сжатия	2	0,5; 1	300	$\pm 0,5$	$-40 \dots +40$	—	—
	То же	10	2...2000	300	$\pm 0,5$	$-40 \dots +40$	—	—
ДСТБ-С	» »	16	10...320	300	$\pm 0,4$; $\pm 0,6$; ± 1	$-20 \dots +150$	220×125	Не более 9
ДСТБ-Р	Силоизмерительные датчики для измерения сил растяжения	10	1...8	175	$\pm 0,5$	$-20 \dots +150$	175×70	1,5

Тип	Характеристика	Число типораз- меров	Номинальная нагрузка, кН	Предельная частота из- меряемых сил, Гц	Основная погреш- ность из- мерения, %	Диапазон температур, °С	Габариты, мм	Масса, кг
ЛХ	Силоизмери- тельные дат- чики для из- мерения сил сжатия и рас- тяжения	4	$\pm 0,5 \dots \pm 25$	175	± 1	10...35	133×135	0,4...0,8
ИУР-1	Измеритель усилий на рычагах уп- равления ма- шины	1	$\pm 0,5$	60	± 1	-5...+50	Прибор 210×130×60, рукоятка 150×45	4
СИУТ-501	Цифровой ди- намометр для измерения усилий на рычагах уп- равления ма- шины	14 (датчи- ков)	$\pm 0,5$	175	$\pm 1,5$	-10...+50	Электронный блок 305×265×165, со- единительная ко- робка 210×125×70	5

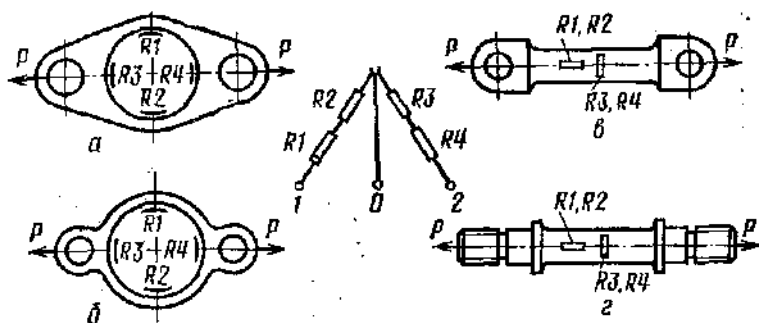


Рис. 169. Схемы тяговых звеньев и измерительного полумоста электрических динамометров:

а и б — кольцевые; в и г — стержневые; R_1 , R_2 , R_3 и R_4 — тензорезисторы.

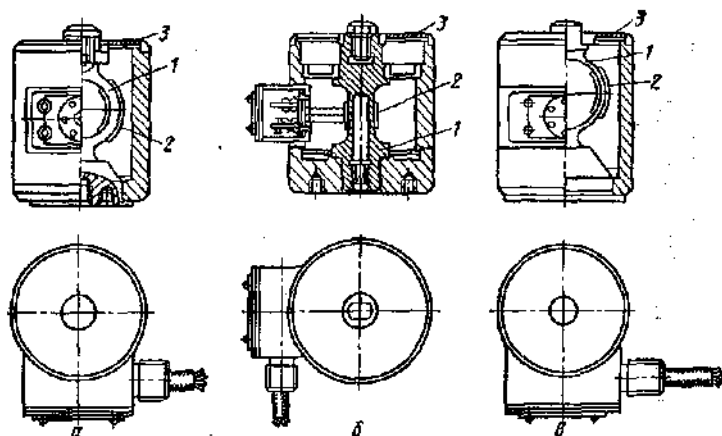
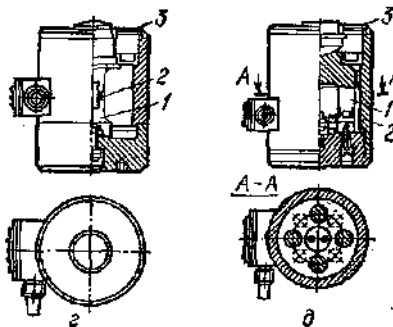


Рис. 170. Электрические силоизмерители с чувствительным элементом:

а — кольцевым (тип У);
 б — в форме полого стержня (тип У);
 в — кольцевым (тип С);
 г — в форме сплошного стержня (тип С);
 1 — чувствительный элемент;
 2 — тензорезисторы;
 3 — направляющая мембрана.



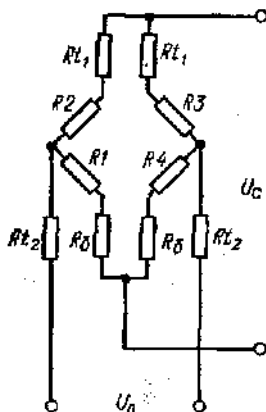


Рис. 171. Мостовая схема включения тензорезисторного силоизмерителя.

проведения точных измерений сил растяжения или сжатия.

Принцип действия образцовых динамометров заключается в определении силы по упругой деформации силового элемента специальной формы.

Упругий элемент динамометра сжатия представляет собой замкнутую скобу I (рис. 172), к которой прикреплены нижняя \mathcal{E} и верх-

грешность чувствительности R_{L2} до 0,1...0,5 % на 10 °С для проволочных и фольговых тензорезисторных преобразователей силы.

В тяговых звеньях электрических динамометров конструкции ВИСХОМ и НАТИ используются как мостовые, так и полумостовые схемы включения тензорезисторов.

Допускаемая перегрузка для электрических динамометров и силоизмерителей до 10 кН составляет 25 %, свыше 10 кН — 50 %.

§ 5. ОБРАЗЦОВЫЕ ПЕРЕНОСНЫЕ ДИНАМОМЕТРЫ

Образцовые переносные динамометры сжатия типа ДОСМ и растяжения типа ДОРМ 3-го разряда предназначены для измерения статических нагрузок при проверке испытательных машин и рабочих динамометров, а также для

60. Образцовые переносные динамометры

Тип	Пределы измерения, кН	Цена наименьшего деления шкалы, Н	Габариты, мм	Масса, кг
ДОСМ-3-0,05	0,03...0,5	1	260×50×145	1,6
ДОСМ-3-0,1	0,1...1	2	160×50×145	1,6
ДОСМ-3-0,2	0,2...2	4	260×50×145	1,65
ДОСМ-3-0,5	0,5...5	10	160×165×99	1,75
ДОСМ-3-1	1...10	20	190×165×102	2
ДОСМ-3-3	1,875...30	60	202×165×110	2,4
ДОСМ-3-5	5...50	100	272×165×115	3,4
ДОСМ-3-10	10...100	200	200×222×80	4,85
ДОРМ-0,1	0,1...1	2	230×185×28	1,26
ДОРМ-0,2	0,2...2	4	270×200×40	1,9
ДОРМ-0,3	0,3...3	6	270×200×40	2,1
ДОРМ-0,5	0,5...5	10	350×210×30	2,77
ДОРМ-1	1...10	20	350×210×30	3
ДОРМ-3	3...30	60	208×250×57	3,3
ДОРМ-5	5...50	100	208×250×57	3,7
ДОРМ-10	10...100	200	204×414×50	4,9

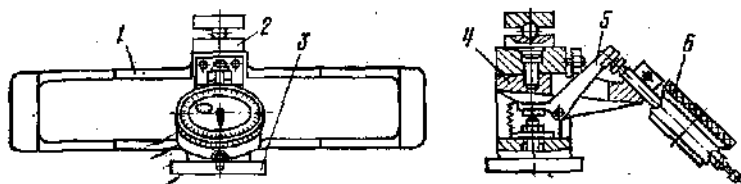
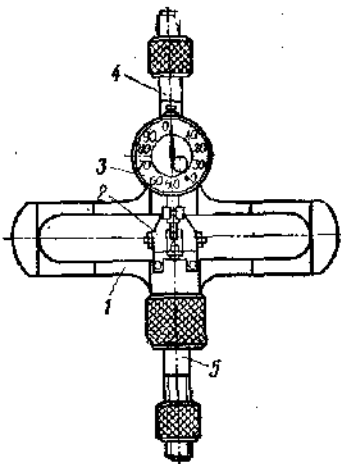


Рис. 172. Конструктивная схема динамометра типа ДОСМ:

1 — упругий элемент; 2 — верхняя опора; 3 — нижняя опора; 4 — стойка; 5 — рычаг; 6 — индикатор.

Рис. 173. Конструктивная схема динамометра типа ДОРМ:

1 — упругий элемент; 2 — холодувеличительный механизм; 3 — индикатор; 4 — подвес; 5 — тяга.



ния 2 опоры. При помощи стойки 4 к упругому элементу крепится индикатор 6 с передаточным рычагом 5.

Под действием приложенной нагрузки упругий элемент деформируется. Деформация, пропорциональная приложенной силе, через рычаг 5 передается индикатору.

Динамометр растяжения состоит из упругой скобы 1 (рис. 173), верхнего 4 и нижнего подвеса и индикатора 3. Нагрузка воспринимается упругой скобой через подвес, тягу и соединительные элементы. Прогиб упругого элемента, пропорциональный приложенной нагрузке, передается на индикатор. Динамометры эксплуатируются при температуре 10...35 °С.

Основные типы и технические данные применяемых образцовых переносных динамометров сжатия и растяжения 3-го разряда приведены в таблице 60.

§ 6. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КРУТЯЩИХ МОМЕНТОВ

Измерение крутящего момента необходимо при определении мощности энергетических установок, при эксплуатационных и ресурсных испытаниях машин.

По принципу действия (методу преобразования) все приборы и устройства для измерения крутящего момента делятся на механические, гидравлические, оптические и электрические.

Из механических устройств при техническом обслуживании и ремонте сельскохозяйственной техники применяют динамометрическую

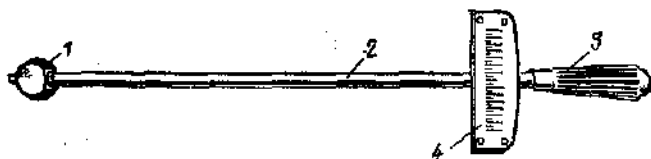


Рис. 174. Динамометрическая рукоятка:
1 — головка; 2 — стержень; 3 — ручка; 4 — шкала.

рукоятку, предназначенную для затяжки гаек и болтов торцовыми ключами с моментом 5...140 Н·м.

Динамометрическая рукоятка состоит из стержня 2 (рис. 174) с ручкой 3 и головкой 1 с квадратным выступом, в котором имеется шарик с пружинкой для соединения с гаечной торцовой головкой. В верхней части головки стержня укреплена стрелка, конец которой расположен на шкале 4, проградуированной в обе стороны от нуля. Масса динамометрической рукоятки 1,56 кг.

Для измерения крутящего момента в тормозных установках используют динамометры, работающие по принципу балансирного подвешивания корпуса тормоза, создающего тормозной момент на валу испытуемого двигателя. Корпус 1 тормоза (рис. 175) подвешивают в подшипниках и опирают через призму 2 на весовой механизм 3 любого типа. Произведение показанного весами усилия P на плечо l дает крутящий момент $M = Pl$.

Для тормозных установок изготавливают специальные весовые устройства ВКМ-8, ВКМ-17, ВКМ-32, ВКМ-57, ВКМ-115, ВКМ-185 и ВКМ-300 для измерения крутящего момента от 80 до 3000 Н·м. Основная погрешность измерения момента составляет $\pm 2\%$.

Самую многочисленную группу приборов для измерения крутящего момента представляют электрические устройства с непосредственным измерением деформации на поверхности вала с помощью тензорезисторных преобразователей.

При скручивании вала наибольшие главные деформации направлены по двум взаимно перпендикулярным осям x и y , наклоненным под углом 45° к оси вала (рис. 176). Эти деформации равны по значению и противоположны по знаку. Если наклеить на вал четыре тензорезистора так, чтобы продольные оси двух из них совпали с осью x , а двух других — с осью y , и затем включить каждую пару в противоположные плечи моста (рис. 176, в), то при скручивании вала на выходе моста возникает сиг-

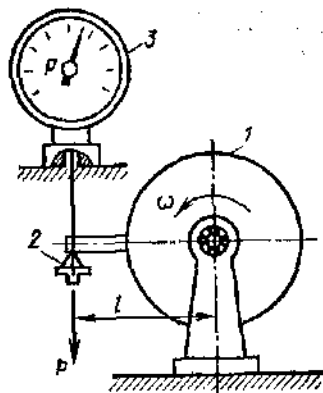


Рис. 175. Схема балансирного динамометра для измерения крутящего момента на валу двигателя:

1 — корпус тормоза; 2 — призма; 3 — весовой механизм.

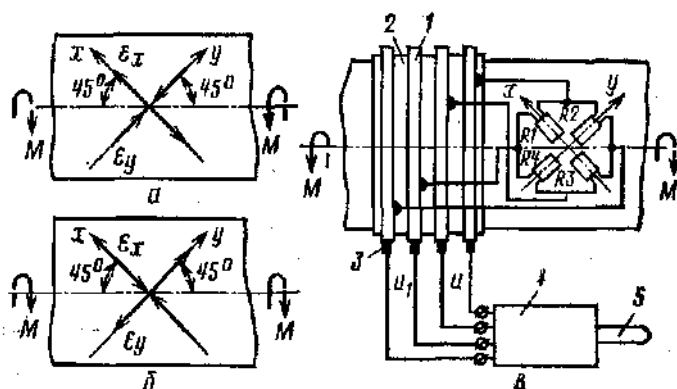


Рис. 176. Измерение крутящего момента:

a и *б* — направления максимальных поверхностных деформаций вала в зависимости от направления скручивания вала; *в* — расположение тензорезисторов на валу; 1 — токосъемные кольца; 2 — изолирующая втулка; 3 — шестки; 4 — тензоусилитель; 5 — гальванометр.

нал, пропорциональный деформации вала (вместо моста на вал может быть наклеен полумост). Так как вал вращается, то для съема сигнала с выхода моста применяют токосъемные кольца.

Тензорезисторы на оси и валу должны быть наклеены строго симметрично, поскольку даже небольшие геометрические отклонения вызывают некомпенсируемые погрешности от влияния деформаций изгиба.

Для измерения крутящих моментов на валах машинно-тракторных агрегатов, сельскохозяйственных машин разработана серия специальных ротационных тензодинамометров: карданный динамометр типа ДЭК, динамометр-звездочка типа РДД, динамометры ТЭД, РТВОМ, КРГД-70ДМС и др.

Получили распространение индуктивные, фотоэлектрические и магнитоупругие динамометры. В динамометрах с магнитоупругими преобразователями крутящий момент на валах измеряется без крепления на них каких-либо устройств. В магнитоупругих устройствах используется явление изменения магнитной проницаемости ферромагнитных тел в зависимости от механических напряжений, возникающих под действием приложенных сил.

В качестве чувствительного элемента для измерения крутящего момента используется участок вала, выполненный из обычной мягкой стали. При скручивании вала магнитная проницаемость увеличивается в направлении 45° к оси и уменьшается в перпендикулярном направлении пропорционально приложенному моменту. Это связано с появлением растягивающих и сжимающих усилий, направленных по этим осям.

Под действием приложенного к валу крутящего момента в нем возникают напряжения, при которых изменяются его магнитные характеристики в ось магнитного потока располагается под некоторым углом к оси измерительной катушки. При этом появляются составляющие магнитных потоков, замыкающиеся через магнитопроводы

первичного преобразователя и наводящие в измерительных катушках э. д. с.

Изменение направления скручивания приводит к изменению фазы выходного сигнала на 180° .

Преобразователь крутящего момента имеет небольшие габариты. Наружный его диаметр превышает наружный размер вала на 50 мм, ширина составляет 45 мм. Это позволяет встраивать преобразователь в различные механизмы и машины без существенной доработки последних. Магнитоупругий измеритель моментов МИМ-55 применяется в диагностическом стенде КИ-4856. Основная погрешность измерения составляет $\pm 4,5\%$.

§ 7. УСТРОЙСТВА И ПРИБОРЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ РАБОТЫ С ТЕНЗОРЕЗИСТОРАМИ

Контактные токосъемники — самые многочисленные устройства, применяемые при измерении крутящего момента на валу. Они предназначены для подведения питания к тензорезисторным преобразователям, укрепленным на вращающихся валах и полуосях, и для снятия сигналов с этих преобразователей.

Токосъемники бывают со скользящими контактами, ртутные и ртутноамальгамированные. Последние имеют более стабильные переходные сопротивления по сравнению со щеточными токосъемниками.

Применяются проходные токосъемники для установки на валах различных диаметров и кошечные — для установки на концах осей.

Основные технические данные используемых токосъемных устройств приведены в таблице 61.

В ртутноамальгамированном токосъемнике неподвижные 1 (рис. 177) и вращающиеся 2 медные контактные кольца расположены в корпусе токосъемника с радиальным зазором 0,1 мм. Электрический сигнал передается через слой ртути толщиной 0,1 мм, удерживающийся в кольцевом зазоре за счет амальгамы, нанесенной на смежные подвижные и неподвижные поверхности. Для заполнения контактного зазора вывертываются винты 3 и в отверстия заливают по несколько капель ртути.

Контактные кольца собраны в блок с кольцами 5 и 6 из органического стекла. Подвижную часть 8 корпуса токосъемника надевают на вал, на котором установлены тензорезисторы. Неподвижная часть 9 сопряжена с подвижной через шарикоподшипники. Провод-

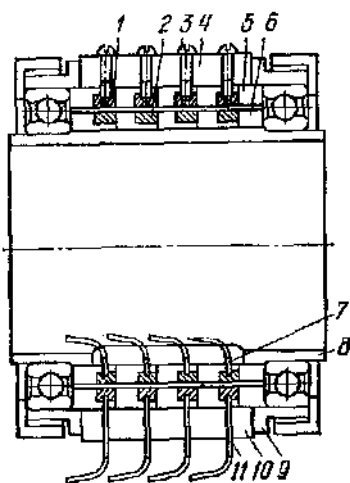


Рис. 177. Проходной ртутноамальгамированный токосъемник:

1 и 2 — контактные кольца; 3 — винты; 4 и 10 — шланги; 5 и 6 — блок с кольцами; 7 и 11 — проводники; 8 — ротор; 9 — статор.

61. Технические данные токосъемных устройств

Параметр	ТРАК-1	ТРАК-2	ТРАП-45	ТРАП-70	ТРАП-РВ	ДЭК	К-4
Число контактных пар, шт.	4	4	4	4	3	4	4
Материал контактов (кольцо, щетка)	Медь		Ртутная амальгама			Латунь—медьграфитная	Фосфоритная бронза—бронза
Материал изоляции	Органическое стекло				Текстолит		Пластмасса
Контактное сопротивление (с соединительным проводом), МОм	8,1	8,1	11,4	9,2	10,5	67	30,5
Наибольшие колебания переходного сопротивления одной контактной пары, МОм при об/мин	<u>8,1</u>	<u>4,9</u>	<u>1,37</u>	<u>6,25</u>	<u>26,8</u>	<u>55,1</u>	<u>22,2</u>
	3000	8000	2300	1500	2300	115	2300
Максимальное рабочее напряжение, В	60	60	60	60	60	60	60
Максимальный рабочий ток, А	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2
Наибольшая окружная скорость, м/с при об/мин	<u>7,1</u>	<u>7,1</u>	<u>19,1</u>	<u>10</u>	<u>18</u>	<u>11,7</u>	<u>3,05</u>
	8000	8000	6000	2500	2300	1280	2200
Габариты, мм	50×74	50×75	63×85	65×110	130×150	210×235	120×105
Масса, кг	0,3	0,3	0,86	1,62	4,65	9	0,65

232 62. Технические данные тензометрических усилителей

Показатели	Аппаратура				
	усилитель 8АНЧ-7М	усилитель ТА-5	установка УТС1-ВТ-12	усилитель УТЧ-1	усилитель «Топав-1» ТУП-101
Число одновременно уси- ливаемых процессов	8	4	12	4	10
Несущая частота, кГц	3,5	7,5	35	10	Постоянный ток
Максимальный выходной ток, мА	±30	±30	±120	±100	±12
Рабочий диапазон час- тот, Гц	0...500	0...1000	0...7000	0...2000	0...600
Погрешность амплитуд- ной характеристики, %	±1	Первый диапазон ±3, остальные ±1	±2	±2	±2
Погрешность частотной характеристики, %	±3 (относительно 100 Гц)	±3 (относительно 200 Гц)	Не более 5	Не более 5	Не более 5
Характеристика блока питания	115 В 400 Гц, 110/120 В 50 Гц	115 В 400 Гц, 110/120 В 50 Гц	220 В 50 Гц (ста- билизация ферро- резонансная и электронная)	127/200 В 50 Гц	10,5...15
Потребляемая мощность, Вт	270	120	600	100	18
Масса, кг					
усилителя	45	15	44	16	10,25
блока питания	15,5	—	36	25	—
Длина соединительных линий, м	15	15	От 5 до 300	—	150

ники 7 от вращающихся колец подключаются к тензорезисторам, проводники от неподвижных колец — к электрической цепи измерителя. Планки 4 и 10 вмонтированы в корпус для изоляции проводников 11 и винтов 3.

С ртутноамальгированными токосъемниками работают, соблюдая особую осторожность ввиду токсичности паров ртути. Хранят токосъемники в герметичной таре.

Тензоусилители предназначены для усиления сигнала, поступающего от тензорезисторных преобразователей. С их помощью балансируют измерительный мост и контролируют его работу.

В сельском хозяйстве применяются универсальные тензометрические усилители постоянного и переменного тока, работающие на несущей частоте. Основные типы и технические данные используемых тензоусилителей приведены в таблице 62.

В усилителях постоянного тока сигнал от тензорезисторов проходит через все устройство, сохраняя форму. Частота сигнала может меняться от нуля до максимального значения. Эти усилители не вносят искажений в измеряемый процесс, в них отсутствует взаимное влияние каналов, что позволяет использовать их при большой длине соединительных кабелей и значительном удалении аппаратуры от измеряемого объекта. Усилители могут работать непосредственно от бортового аккумулятора автомобилей, тракторов и т. п.

В усилителях, работающих на несущей частоте, генератор вырабатывает переменный ток постоянной высокой частоты для питания тензорезисторов. Активные плечи моста модулируют ток питания по амплитуде и по фазе. В результате этого через усилитель проходит сигнал с результирующей частотой:

$$f_p = f_n \pm f_m, \quad (69)$$

где f_n — несущая частота; f_m — частота измеряемого процесса.

Значение f_n выбирают так, чтобы рабочая частота сигнала находилась в относительно узкой полосе частот. Это повышает качество работы усилителя и дает возможность упростить его конструкцию.

После усиления сигнал поступает в фазочувствительный детектор, где происходит выделение основной информации. Эти усилители работают с высокой стабильностью нулевого тока, высоким коэффициентом усиления, но имеют недостаточную помехоустойчивость. Их нельзя располагать на большом расстоянии от измеряемого объекта, так как при большой длине соединительных кабелей появляются искажения и взаимное влияние каналов. К тензоусилителям, работающим на несущей частоте, относятся приборы 8-АНЧ-7М, ТА-5, УТЧ-1 и др.

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Плотность — это отношение массы вещества к его объему:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (70)$$

где ρ — плотность однородного вещества или средняя плотность неоднородного вещества; m и V — масса и объем вещества.

Плотность является одной из основных физических величин, характеризующих свойства веществ. Измерение плотности играет существенную роль при контроле за технологическими процессами и качеством продукции.

Единица плотности в международной системе СИ — килограмм на кубический метр (кг/м^3). В качестве кратных и дольных единиц плотности используют мегаграмм на кубический метр (Мг/м^3), килограмм на кубический дециметр (кг/дм^3), грамм на кубический сантиметр (г/см^3), грамм на кубический дециметр (г/дм^3), грамм на литр (г/л) и грамм на миллилитр (г/мл). Единицы г/л и г/мл не применяют при точных измерениях.

В ряде случаев для характеристики вещества применяют относительную плотность, которая представляет собой отношение плотности рассматриваемого вещества к плотности другого (условного) вещества при определенных физических условиях и, следовательно, является безразмерной величиной. В качестве условного вещества обычно принимают дистиллированную воду, плотность которой при температуре 4°C равна 1 г/см^3 .

Так как плотность вещества зависит от температуры и, как правило, уменьшается с ее ростом вследствие теплового расширения, то при обозначении (в индексе) указывают температуру (ρ_{20} — плотность при температуре 20°C).

Зависимость плотности от температуры при постоянном давлении выражается уравнением:

$$\rho_2 = \frac{\rho_1}{1 + \beta(t_2 - t_1)}, \quad (71)$$

где ρ_1 и ρ_2 — соответственно плотность при температуре t_1 и t_2 ; β — средний коэффициент объемного теплового расширения в интервале от t_1 до t_2 .

Плотность жидкостей и твердых тел мало изменяется под действием внешнего давления. Так, при повышении давления до 400 МПа плотность воды возрастет примерно на 13 %, спарта — на 16 %,

ртути — на 1,5 %. Для газов и паров изменения плотности существенны и характеризуются уравнением состояния газа (Менделеева—Клайперона).

Плотность двухкомпонентных растворов при прочих неизменных условиях зависит только от содержания в них растворенного вещества. Следовательно, чтобы определить концентрацию раствора, химический состав которого известен, достаточно измерить его плотность. Обычно для этой цели используют приборы, шкалы которых проградуированы в значениях концентрации (спиртомеры, сахаромеры и др.).

Для измерения плотности жидких, газообразных и твердых тел используют различные методы и средства: ареометры частичного и полного погружения, поплавково-весовые, объемно-весовые, гидростатические и гидродинамические плотномеры, а также ультразвуковые, вибрационные и др.

§ 2. АРЕОМЕТРЫ

Наиболее распространенным и простым является метод измерения плотности жидкостей и концентраций растворов при помощи прибора, называемого ареометром.

Ареометр частичного погружения представляет собой вертикальное продолговатое полое тело, соединенное сверху с узким трубчатым стержнем, снабженным шкалой.

При погружении в жидкость ареометр, согласно закону Архимеда, испытывает действие выталкивающей силы, равной весу вытесненной жидкости. По мере погружения возрастает выталкивающая сила, и в тот момент, когда эта сила становится равной весу ареометра, наступает состояние равновесия. Глубина погружения ареометра зависит от плотности жидкости: чем больше плотность, тем меньше глубина погружения, и наоборот.

Различают ареометры постоянного объема и ареометры постоянной массы.

Ареометр постоянного объема погружается в жидкость всегда на одну и ту же глубину.

Ареометр постоянной массы погружается в жидкость на глубину, зависящую от плотности жидкости. Такие ареометры по своему назначению делятся на две группы (ГОСТ 18481—81Е):

для измерения плотностей (денсиметры), шкалы которых проградуированы в единицах плотности;

для измерения концентрации растворов с условными шкалами.

В сельском хозяйстве применяют ареометры для измерения плотности: водных растворов кислот, солей, щелочей (общего назначения); нефтепродуктов; молока и сыворотки (лактоденсиметры); раствора электролита в кислотных и щелочных аккумуляторах (аккумуляторные денсиметры).

К ареометрам для измерения концентрации растворов относятся: спиртомеры — для водно-спиртовых растворов; сахаромеры — для сахарных растворов; клеомеры — для клеевых растворов; гидромеры — для водного раствора этиленгликоля.

Ареометры постоянной массы бывают стеклянные и металлические. Стеклянные ареометры обеспечивают более высокую точность измерений.

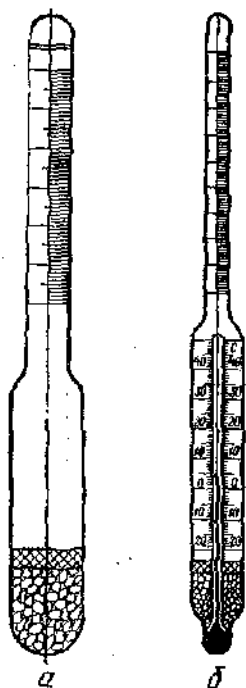


Рис. 178. Ареометры:
 а — общего назначения;
 б — со встроенным термометром.

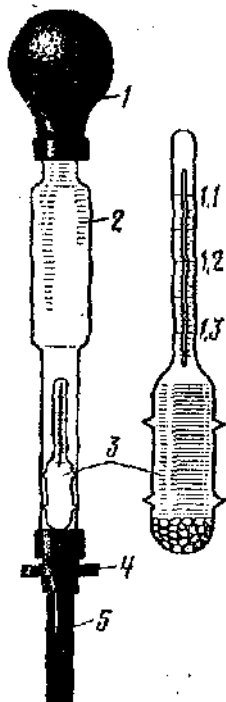


Рис. 179. Аккумуляторный денсиметр с пипеткой:

1 — резиновая груша;
 2 — стеклянная пипетка;
 3 — денсиметр; 4 — резиновая пробка; 5 — наконечник.

Стекланный ареометр постоянной массы конструктивно выполнен в виде симметричного относительно продольной оси удлиненного тела, состоящего из полого корпуса цилиндрической или веретенообразной формы (рис. 178, а), верхняя часть которого заканчивается стержнем. Стержень представляет собой тонкостенную цилиндрическую трубку круглого сечения с запаянным верхним концом.

Нижняя часть ареометра заполнена балластом, который неподвижно закреплен при помощи связующего вещества, размягчающегося при температуре не ниже 80 °С. Балласт необходим для того, чтобы ареометр при погружении в жидкость плавал в строго вертикальном положении и находился при этом в устойчивом равновесии. В качестве балласта служит мелкая металлическая дробь или ртуть. К внутренней поверхности стержня ареометра приклеена бумажная шкала.

63. Ареометры

Тип	Пределы измерений, кг/м ³	Цена деления шкалы, кг/м ³	Длина мм	Число приборов в наборе
<i>Для нефтепродуктов</i>				
АНТ1	От 650...710 до 1010...1070	0,5	470±30	7
АНТ2	От 670...750 до 990...1070	1	280±20	5
АН	От 650...680 до 1040...1070	0,5	300	14
<i>Общего назначения для жидкостей</i>				
А1	От 700...760 до 1780...1840	1	150±20	19
А2	От 1000...1080 до 1920...2000	1	285±20	13
А3	1000...1400	10	280±20	1
	1300...1800	20	280±20	1
А	700...1000	5	300±20	1
	1000...1500	10	300±20	1
	1000...1800	20	300±20	1
<i>Аккумуляторные денсиметры</i>				
А	1,1...1,3; 1,2...1,4*	0,01*	110±0,5	—
Б	1,05...1,17; 1,16...1,28; 1,28...1,4*	0,005*	120±5	—
<i>Для молока</i>				
АМТ	1015...1040	1	270±30	—
АМ	1020...1040	0,5	330±20	—
<i>Для спирта</i>				
% по объему при 20 °С				
А	От 0...10 до 90...100 и 95...105**	0,1	330±20	11
Б	От 16...21 до 66...71	0,1	240±20	11
Г	0...40; 40...70; 70...100	1	200±20	3
Д	0...60; 60...100	1	360±20	2
<i>Сахарометры</i>				
% по массе				
С3	0...25; 25...50; 50...75	0,5	280±20	3
С3	0...10; 10...20	0,5	150±15	2
С2	0...10; 10...20	0,2	200±20	2
С1	От 0...5 до 20...25	0,1	200±20	5
СТ2	От 0...10 до 60...70	0,1	370±30	9
СТ1	0...8; 8...16; 16...24	0,05	430±20	3

* В г/см³.

** Шкала на участке 100...105 условная и служит для определения концентрации при температуре выше 20 °С.

Некоторые виды рабочих ареометров изготавливают со встроенным термометром, позволяющим одновременно с плотностью измерять и температуру жидкости (термоареометры). Жидкость, заполняющая резервуар термометра (ртуть, толуол), служит частью балласта ареометра. Термометрическая шкала помещается либо внутри корпуса ареометра (рис. 178, б), либо в верхней части стержня (у лактоденсиметров).

Технические данные ареометров приведены в таблице 63.

Аккумуляторный денсиметр комплектуют со специальной стеклянной пипеткой, в которую его помещают при измерениях. На пипетку сверху надета резиновая груша 1 (рис. 179), а снизу вставлена резиновая пробка 4 с эбонитовым наконечником 5. При помощи груши электролит засасывают в пипетку за один прием в количестве, необходимом для измерения плотности. На корпусе денсиметра имеются шипы, препятствующие его прилипанию к стенкам пипетки.

§ 3. ПИКОМЕТРЫ И ОБЪЕМОМЕРЫ

Наиболее точным, но и трудоемким методом является измерение плотности при помощи пикнометра, представляющего собой сосуд определенной вместимости и формы.

Для определения плотности жидкости 3 раза взвешивают пикнометр: пустой, заполненный дистиллированной водой до заданного уровня и заполненный испытуемой жидкостью до того же уровня. Первые два взвешивания позволяют определить вместимость пикнометра, а первое и третье — массу испытуемой жидкости в объеме пикнометра. По полученным данным подсчитывают плотность жидкости.

Существует много разновидностей пикнометров. Их применение определяется родом испытуемого вещества, его количеством и требуемой точностью измерения.

Для массовых измерений серийно выпускаются стеклянные колбообразные пикнометры шаровидной формы, которые закрываются либо глухой притертой пробкой (рис. 180, а), либо притертой пробкой с капиллярным отверстием.

Метка на горловине пикнометра соответствует его номинальной вместимости, до этой метки его заполняют.

Пикнометр с капиллярным отверстием в пробке обеспечивает более точные результаты измерений. Диаметр отверстия $0,7 \pm 2$ мм. Вместимость такого пикнометра определяется верхним краем капиллярного отверстия.

При измерении плотности сильнолетучих жидкостей применяют U-образный капиллярный пикнометр (рис. 180, б). Номинальная его вместимость, определяемая по нижней части между нулевыми отметками, составляет 1, 2, 5 и 10 см³.

Работа с пикнометром значительно упрощается, если на его горловине или капиллярной трубке нанесена шкала, которая позволяет быстро и точно определять объем жидкости. По ГОСТ 22524—77Е предусмотрены пикнометры типа ПЖ1 со шкалой на горловине номинальной вместимостью 5, 25, 50 и 100 см³. Конструктивно они аналогичны пикнометрам, показанным на рисунке 180, а.

Максимальная погрешность измерения пикнометрами $\pm 0,001$ % при применении высокоточных весов общего назначения. Наилучшие

результаты для жидкостей получают пикнометрами вместимостью 25...100 см³.

Для измерения плотности твердых тел применяют жидкостные и газовые объеммеры. Жидкостными объеммерами служат измерительные цилиндры, бюретки, мензурки, микробюретки и другие сосуды, позволяющие измерять объем жидкости в них. Испытуемую пробу вещества после взвешивания с необходимой точностью погружают в соответственно подобранную жидкость, налитую в мерный сосуд. Шкала на сосуде проградуирована в единицах объема или длины. Объем вещества находят по объему вытесненной им жидкости внутри сосуда. По значениям массы и объема тела вычисляют плотность.

В качестве рабочей жидкости объеммера применяют воду, спирт, ксилол и др. Жидкость должна обладать хорошей смачивающей способностью.

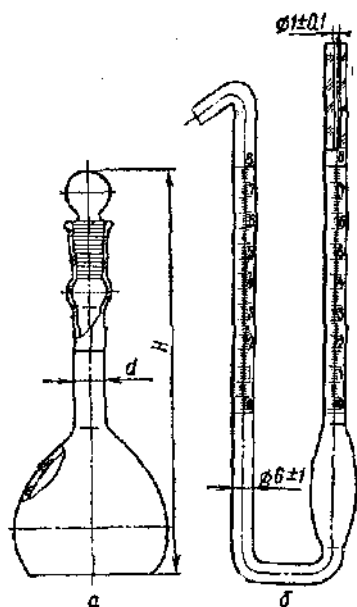


Рис. 180. Пикнометры для жидкостей и твердых тел:

a — колбообразный шаровидный; *б* — U-образный.

§ 4. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЕРДОСТИ ПОЧВЫ

Измерение твердости почвы необходимо для определения момента физической ее спелости при оптимальном выборе сроков проведения сельскохозяйственных работ, а также для прогнозирования затрат горючего, контроля качества выполненной работы и принятия своевременных мер в борьбе с эрозией почвы.

Твердость почвы измеряют при помощи твердомеров, оборудованных падающими, нажимными и ручными зондами.

Наиболее простым и удобным в эксплуатации является твердомер конструкции НПО «Агроприбор». Он предназначен для измерения сопротивления, которое оказывает почва проникновению в нее конусообразного наконечника в диапазоне 0...10 МПа.

Прибор представляет собой ступенчатый цилиндр с ручками, заполненный тормозной жидкостью, которая через шланг и поршень передает давление, возникающее при нажатии на почву рабочим органом, на манометр.

Твердомер устанавливают перпендикулярно к поверхности почвы и нажатием на ручки вдавливают в почву. Давление, необходимое для преодоления сопротивления почвы, отсчитывают по манометру. На проведение одного измерения необходимо не более 3 мин.

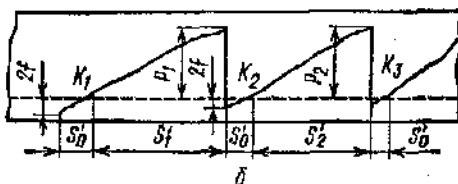
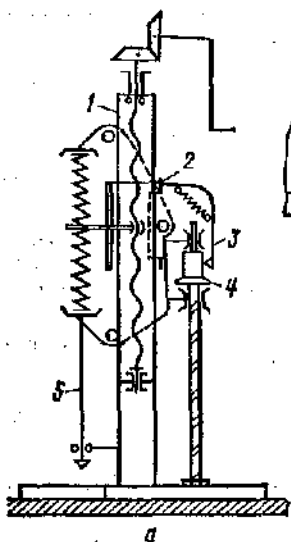


Рис. 181. Твердомер ВИСХОМ:

а — устройство; б — фрагмент ленты с записью показаний; 1 — трубчатая стойка; 2 — подвижная каретка; 3 — самолишущее устройство; 4 — лентопротяжной механизм; 5 — шток.

Максимальная приведенная погрешность 3 %, масса 2 кг, измерение можно проводить на глубине до 1 м.

Прибор для оценки физико-механических свойств почвы конструкции НПО «Агроприбор» измеряет твердость почвы, сопротивление сдвигу и глубину пахотного слоя.

Прибор состоит из измерительной головки, штанги и рабочего органа. При измерении твердости почвы рабочим органом служит конус, а при измерении сопротивления сдвигу — крыльчатка. Заглубив прибор в почву, плавно поворачивают его вокруг оси (предварительно сбрасывают показания индикатора). В соответствии с показанием, зафиксированным на шкале, определяют сопротивление сдвигу. Время одного измерения не более 5 мин; диапазон измерений твердости почвы 0...8 МПа, удельного сопротивления—0,05...1,6 МПа; случайная составляющая погрешности измерения 3 %; масса прибора 7 кг.

Твердомер ВИСХОМ более сложен по устройству и в обращении, позволяет получать данные о твердости почвы на разных глубинах и используется в лабораторных целях.

Прибор состоит из трубчатой стойки 1 (рис. 181, а), укрепленной на опорной плите, подвижной каретки 2, лентопротяжного механизма 4 с самолишущим устройством 3 и штока со сменными плунжерами 5. В комплект входят три пары сменных пружин усилием 25, 50 и 100 кг. Каждая из пружин имеет свою таблицу, по которой строят тарировочную кривую твердомера для соответствующей пары пружин.

Твердомер устанавливают на подготовленную площадку. Стоя на деревянной платформе, вращением рукоятки плавно погружают плунжер в почву на заданную глубину.

После начала движения плунжера вниз по пути S'_0 (рис. 181, б) и до момента соприкосновения плунжера с почвой на диаграммной

ленте запишется кривая S_0 с отклонением от первоначального положения на $2f$. Это отклонение обусловлено действием всех сил трения, возникающих в твердомере. На кривых получают участки K_1 , K_2 и т. д., которые при обработке кривой соединяют прямой линией, принимаемой за нулевую.

Среднюю твердость почвы P вычисляют по формуле:

$$P = \frac{h n}{S}, \quad (72)$$

где h — значение средней ординаты, вычисленной по диаграмме (можно для этого взять h на любой глубине погружения плунжера); n — жесткость пружины, Н/м; S — площадь поперечного сечения плунжера, м².

При работе с цилиндрическим плунжером расчет средней твердости ведут на единицу объема скважины:

$$P = \frac{hn}{V}, \quad (73)$$

где V — объем скважины (равен произведению площади плунжера на глубину погружения).

Твердость почвы определяют не менее 5 раз на площадке 1 м².

В качестве технических средств измерения используют различные секундомеры, а в качестве образцовых — хронографы и хронометры.

Механические секундомеры (ГОСТ 5072—79Е) — приборы для измерения промежутков времени с пружинным заводом, снабженные приспособлениями для пуска, остановки и возвращения на нуль указателей промежутков времени. Они имеют в качестве регулятора баланса с периодом колебания не меньше 0,2 с. В секундомерах применяется свободный анкерный ход. Секундомеры снабжены стрелками: секундной — для отсчета секунд и их долей и минутной — для отсчета минут. Некоторые конструкции (секундомеры с поворотным циферблатом) оснащены одной секундной стрелкой.

Секундомеры разделяются в зависимости от их хода на четыре класса. К четвертому классу относятся только секундомеры, выпущенные до 1954 г. Классность секундомеров зависит от степени защиты их от пыли и воды, магнитного поля и ударов.

Секундомеры бывают непрерываемого и прерываемого действия. В секундомерах непрерываемого действия пуск и остановка стрелок не нарушают колебательного движения баланса. Механизм секундомеров прерываемого действия пускается или останавливается толчком или торможением баланса одновременно с пуском или с остановкой стрелок.

Действие основной секундной стрелки может быть простым или суммирующим. При простом действии она останавливается и только после возвращения к нулю шкалы циферблата пускается вновь. При суммирующем действии стрелка может быть пущена с места ее остановки. Вспомогательная секундная стрелка двухстрелочного секундомера останавливается независимо от основной. После остановки она может быть совмещена с основной стрелкой без возвращения ее к нулю.

Стрелки пускают, останавливают и возвращают на нуль при помощи одного и того же приспособления — кнопки управления. В некоторых конструкциях эти функции разделены между кнопками пусковой, стопорной и нольпунята.

Имеются секундомеры с двумя секундными стрелками; в них вторая секундная стрелка управляется отдельной кнопкой и может быть либо остановлена, либо спарена с первой. Стрелки секундомера пускают и останавливают в некоторых конструкциях пуском или стопорной баланс при помощи воздействия на него стопорящего штифтика. В других конструкциях секундомеры пускают и останавли-

дивают специальным выключающим механизмом, состоящим из трех зубчатых колес с мелким шагом («бархатные колеса»).

Обычно в секундомерах кнопка управления выполняет три функции: первое нажатие — пуск, второе — остановка, третье — возврат в исходное положение. В секундомерах с поворотным циферблатом диапазон измерения составляет всего 60 с и минутная стрелка отсутствует. Кнопка управления в них выполняет лишь две функции — пуск и остановку секундной стрелки. Она совмещается в нулевом делении циферблата при соответствующем его повороте.

Пределы измерений секундомеров ограничиваются емкостью циферблата, которая чаще всего составляет 1, 15, 30, 45 и 60 мин. Возможно некоторое увеличение верхнего предела, если прибегнуть к счету числа целых оборотов минутной, а иногда и секундной стрелки. Нижней границей служит 0 с или 0,00 мин.

Проверка секундомеров. Действительную длительность проверяемого интервала времени определяют по образцовым часам. Для этого пригодны любые часы, если только колебания их хода не превышают 5 с в сутки, а суточный ход не больше 3 с. Интервал 30 мин, являющийся обычно максимальным в секундомерах распространенных типов, будет отличаться тогда погрешностью не более 0,1 с; такая степень точности вполне достаточна для сравнения секундомеров.

Прибор для регистрации затрат рабочего времени с электронным секундомером «Хром-8» облегчает труд нормировщика и способствует ускоренному проведению хронометража механизированных работ. Он регистрирует поэлементные затраты рабочего времени на отдельных операциях. Прибор переносной, удобный в эксплуатации, может работать на открытом воздухе при температуре 5...40 °С и относительной влажности до 80 %, снабжен высокостабильным электронным секундомером, работает от батарей любого типа напряжением 12 В.

Секундомер «Хром-8» состоит из двух блоков: регистрации и питания. На лицевой панели блока регистрации расположено восемь счетчиков: шесть операционных, один регистрирующий и один суммирующий.

Действие прибора основано на регистрации импульсов счетчиком типа СИ-61Р. Для включения прибора нажимают на любой из операционных счетчиков. По окончании хронометража снимают показания с операционных и суммирующих счетчиков и гасят показания, нажимая на кнопку сброса. «Хром-8» может работать в течение 16 ч.

Технические данные: погрешность прибора в отсчете времени 1 %; одна цифра счетчика соответствует $6 \pm 0,06$ с; масса 2 кг; габариты 315×96×113 мм.

Литература

- Артемов Б. Г., Голубев С. М. Справочное пособие для работников метрологических служб. — М.: Издательство стандартов, 1982.
- Балонкина А. К., Кутай Б. М. и др. Точность и производственный контроль в машиностроении: Справочник. — М.: Машиностроение, 1983.
- Бобровников Г. Н., Катков А. Г. Методы измерения уровня. — М.: Машиностроение, 1977.
- Бородин И. Ф., Кириллик Н. И. Основы автоматизации и автоматизации производственных процессов. — М.: Колос, 1977.
- Величкин О. Д. Система дистанционного измерения уровня нефти, нефтепродуктов и углеводородного сырья. — М.: ЦНИИТЭИ, 1978.
- Вайнберг И. Б. Справочник молодого прибориста нефтепереработки и нефтехимии. — М.: Высшая школа, 1981.
- Гаврилова В. А. Уровнемеры и их применение в молочной промышленности. — М.: ЦНИИТЭИ, 1982.
- Дмитриенко Л. П. Приборы для контроля и регулирования уровня сыпучих материалов. — М.: Машиностроение, 1982.
- Иванов А. И. Технические измерения. — М.: Колос, 1970.
- Иванов О. А., Коркин В. Б. и др. Общие методы и средства линейно-угловых измерений. — М.: Издательство стандартов, 1981.
- Костенко С. И., Колчин А. В., Бобков Ю. К. Эксплуатация электронных средств технического диагностирования сельскохозяйственной техники. — М.: Высшая школа, 1980.
- Мурин Г. А. Теллотехнические измерения. — М.: Энергия, 1979.
- Приборы для измерения и регулирования давления, перепада давления и разряжения: Номенклатурный справочник. — М.: ЦНИИТЭИ приборостроения, 1981.
- Сорокин Б. М. и др. Средства для линейных измерений. — Л.: Машиностроение, 1978.
- Справочник по весоизмерительному оборудованию/Под ред. П. М. Конькова. — М.: Колос, 1981.
- Шеповалов В. Д., Рабский В. Н., Шугуров М. М. Средства автоматизации промышленного животноводства. — М.: Колос, 1981.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ¹

- Абсолютная погрешность измерения** 15
- Активный контроль** 7
- Анализатор запыленности АЗ-5** 237
- Ареометры общего назначения для жидкостей** — 335...337*
- для нефтепродуктов 336, 337*
- для молока 337*
- для спирта 337*
- Блоки концевых мер** 32, 33
- Быстродействие прибора** 15
- Вакуумметры образцовые** 175
- показывающие трубчато-пружинные 163, 167*
- самопишущие 171, 172*
- электроконтактные 168, 169*
- электрические с дифференциально-трансформаторным преобразователем 180, 183*
- электрические с магнитомодуляционным преобразователем 183, 185*
- Вариация показаний** 15
- Весы автомобильные** 289*
- для взвешивания скота 290*
- для картофеля 295
- для молока 292*
- квадрантовые 292*
- лабораторные 296, 297*
- настольные 281, 282*
- платформенные передвижные 282*
- платформенные стационарные 286, 287*
- порционные 292
- специального назначения 297, 298
- элеваторные 289*
- Влагомеры зерна** 273
- Влагорегуляторы ВДК и ВПК** 269
- Выбор средств измерений** 105, 109*
- Газоанализаторы типа МН** 229, 230
- переносные 230, 232*
- фотоколориметрические 230
- Гигрометры** 265
- Глубиномер микрометрический** 59*, 60
- Горизонтальный оптиметр ИКГ-3** 93
- Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП)** 12
- Давление абсолютное** 156
- барометрическое 156
- вакуумметрическое 156
- избыточное 156
- общие сведения 155
- Дециметры аккумуляторные** 336, 337*
- Диамфрагма камерная** 195, 196
- Диапазон измерений** 14
- Диапазон показаний** 14

¹ Страницы, отмеченные звездочкой, содержат таблицы с техническими данными.

Динамометры гидравлические
319, 320*

— образцовые 326*, 327

— пружинные типа ДПУ 317,
319*

— электрические 320...325*

Дифманометры: выбор и установка 208...210

— жидкостные 196, 197

— мембранные 199

— поплавковые 197

— сильфонные 204

Длина деления шкалы 14

Доверительные границы погрешности 24

Достоверность 21

Единицы давления 155*

— расхода 195

— температуры 120

Единство измерений 26, 27

Измерение (определение) 5

Измерения косвенные 6

— прямые 6

— совместные 6

— совокупные 6

— времени 342, 343

— влажности 264

— давления и разрежения 155

— линейно-угловые 30

— массы 280

— расхода и количества 195

— сил и крутящих моментов
317

— состава и свойств веществ
227

— температуры 120

— угловой скорости 302

— уровня жидкости и сыпучих
материалов 244

Измерительный прибор (определение) 8

— преобразователь 8, 187, 192*

Измерительная установка 8

— система 8

Исключение систематической погрешности 22, 23

Калибры регулируемые 37, 42*

Класс точности прибора 19, 20

Контроль (определение) 7

— активный 7

— входной 7

— пассивный 7

— приемочный 7

— технологический 7

Концентратомеры 232, 233

Критерии аномальности результатов наблюдений 25, 26*

Критерий Колмогорова 25

Лактоденсиметры 335, 337*

Лабораторные приборы 10

Логометры 144

Мановакуумметры показывающие с трубчатой пружиной
167*

— самопишущие 171, 172*

— электрические 181*

Манометры (общие сведения)
156, 157

— жидкостные 157

— образцовые 175

— показывающие трубчато-
пружинные 161, 166*

— самопишущие 171, 172*

— сигнализирующие 168, 169*

— электрические 175, 185*

**Меры длины концевые плоско-
параллельные** 30, 35*

Меры угловые 35

Метод измерения (определение)
8

— непосредственной оценки 8

— дифференциальный или раз-
ностный) 8, 9

— совпадения 9

Метрология 5

**Метрологические свойства при-
боров** 14, 15

Метрологическая служба 26

Микрометры гладкие 49

— рычажные 54, 55

Микромер 64

Микрокатор 67, 70*

Микатор 64, 67*

Микроманометры 159

**Милливольтметры магнитоэлек-
трические** 133, 134*

Мосты КСМ1, КСМ3 147, 148

Наборы концевых мер 33*, 34

Напорометры 174*

Настройка приборов 83

Нониус 44

**Нутромеры индикаторные с ры-
чажной передачей** 80

— с клиновой передачей 82*
— канговые 82*, 83
Нутромеры микрометрические
55, 59*

Обработка данных наблюдений
21
Образцовые приборы 10, 175
Оптический 70*, 71
Оптиметр 69, 70*, 93

Пикнометры 338, 339
Пирометры 148
Плотность 334
Поверка 28
Погрешность средств измерений
— абсолютная 15
— относительная 16
— приведенная 16
— случайная 17
— систематическая 16, 17
— основная 17

Потенциометры 135
Психрометры 265, 266
Преобразователи влажности с
пленкой электролита 266
— подогревные 267
— полупроводниковые 268
— типа ДЭВС-1, ДИВ 268
— типа ДОВП-1 269

Преобразователь измеритель-
ный (определение) 8
— дифференциально-трансфор-
маторный 183
— индукционный 316*
— магнитомодуляционный 179
— пьезоэлектрический 187, 192*
— реостатный 186
— тензометрический 188, 189*
— фотоэлектрический 315, 316*

Приборы для агрохимических
анализов 239
Пробка регулируемая 42, 43
рН-метры 233*, 236*

Расход вещества 195
Расходомеры мембранные 199,
203*
— поплавковые 197, 199*
— сильфонные 203, 207*
Расходомер постоянного пере-
пада дроссельный 212, 213
Регуляторы давления 193
— вакуума 194
— температуры 151

— влажности 270, 271
Ротаметры 210, 212*

Сахаромеры 337*
Секундомеры 342, 343
Сигнализирующее устройство
168
Сигнализаторы температуры
150, 151
Силоизмерители 320, 324*
Скобы индикаторные 78
— легкие (малогобаритные) 73,
74*
— рычажные 79*
— регулируемые 36
— тяжелые 74, 75
Солемеры 232
Средства измерений 10
Спиртомеры 337*
Структура измерительных при-
боров 12, 13
Сужающее устройство 195, 196
Счетчики количества нефтепро-
дуктов 214, 218*
— молока 218, 220*
— воды 221, 223*
— газа 223, 226*

Тахометры магнитоиндукцион-
ные 304, 306*
— резонансные 310
— стробоскопические 307, 308*
— центробежные 302
— цифровые 315, 316*
— часовые 303
— электрические 309
— электронные 311, 314*
Термины и определения 5...7
Твердомеры для почвы 339, 340
Температура 120
Термометры биметаллические
126
— dilatометрические 126
— жидкостные 121, 122*
— манометрические 127, 129*
— ртутные 123, 125*
— термоэлектрические 130, 132*
— электроконтактные 123, 125*
Термометр сопротивления зер-
новой 143
— металлический 140, 141
— мешконтарный 143
— многоточечный 144
— одноточечный 144
— полупроводниковый 142

Титратор ТВ-6Л1 237
Такосъемники тактные 330, 331*
Тягонапоромеры сильфонные
171, 172*
— мембранные 173, 174*

Угломеры универсальные (кон-
струкции Семенова, Кушни-
кова) 97

— оптические 100, 101

Уровнемеры для жидкости буй-
ковые 246, 247

— весовые 245

— визуальные 250

— гидростатические 245

— поплавковые 249

Уровнемеры для сыпучих мате-
риалов вибрационные 257

— двухпозиционные 258

— диафрагменные 253

— массовые 256

— маятниковые 254

— импульсные 260

— поплавковые 256

— с гибким щупом 253

— с двумя указателями 258

— с отклоняющей пластинкой
255

— с преобразователями сопро-
тивления 260

— с тормозным барабаном 257

— с электродвигателем-преоб-
разователем 257

— с емкостными преобразова-
телями 261

Усилители тензометрические
332*, 333

Цена деления шкалы 14

Цифровые измерительные при-
боры 11, 315, 316*

Чувствительность прибора 14

Штангенглубиномеры 46

Штангенрейсмусы 48

Штангенциркули 45

Штативы 73

Щупы 35

Эталонные приборы 10

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава I. Основы метрологии и техники измерений (А. А. Куликов)	5
§ 1. Основные понятия метрологии и измерительной техники	5
§ 2. Классификация методов и средств измерений	6
§ 3. Общая структура измерительных приборов	12
§ 4. Основные метрологические характеристики и свойства средств измерений	14
§ 5. Погрешности средств измерений и классы точности	15
§ 6. Оценка точности результатов измерений	21
§ 7. Система обеспечения единства измерений	26
Глава II. Средства измерения и контроля линейных и угловых размеров универсального назначения (А. И. Иванов)	30
§ 1. Меры длины	30
§ 2. Угловые меры	35
§ 3. Регулируемые калибры	37
§ 4. Штангенинструменты	43
§ 5. Микрометрические инструменты	49
§ 6. Приборы для относительных измерений	60
§ 7. Измерительные головки для легких стоек, штативов и нутромеров с присоединительным размером 8 мм	62
§ 8. Измерительные головки для тяжелых стоек с присоединительным размером 28 мм	67
§ 9. Легкие стойки и штативы с присоединительным размером 8 мм	73
§ 10. Тяжелые стойки с присоединительным размером 28 мм	74
§ 11. Скобы с отсчитывающими устройствами	78
§ 12. Индикаторные нутромеры	80
§ 13. Настройка приборов для относительных измерений	83
§ 14. Порядок настройки приборов для абсолютных измерений	84
§ 15. Порядок настройки приборов для определения отклонений от заданной геометрической формы	85
§ 16. Порядок настройки приборов для измерения отклонений от заданного размера (или номинала)	86

§ 17.	Порядок настройки приборов для измерения действительных размеров	91
§ 18.	Горизонтальный оптиметр	93
§ 19.	Средства измерения углов	97
§ 20.	Инструментальный микроскоп	101
§ 21.	Выбор и назначение универсальных средств линейных измерений	105
Глава III. Приборы для измерения температуры (Б. С. Третьяков)		120
§ 1.	Общие сведения	120
§ 2.	Жидкостные стеклянные термометры	121
§ 3.	Ртутные стеклянные электроконтактные термометры	123
§ 4.	Металлические термометры расширения	126
§ 5.	Манометрические показывающие термометры	127
§ 6.	Термоэлектрические термометры	130
§ 7.	Магнитоэлектрические милливольтметры	133
§ 8.	Потенциометры	135
§ 9.	Подготовка милливольтметра и потенциометра к работе и их эксплуатация	139
§ 10.	Термометры сопротивления	140
§ 11.	Логометры	144
§ 12.	Уравновешенные мосты	146
§ 13.	Пирометры	148
§ 14.	Сигнализаторы и регуляторы температуры	150
§ 15.	Вспомогательные элементы	153
Глава IV. Приборы для измерения давления и разрежения (А. А. Куликов)		155
§ 1.	Общие сведения	155
§ 2.	Классификация приборов для измерения давления	156
§ 3.	Жидкостные приборы	157
§ 4.	Деформационные приборы	160
§ 5.	Выбор и установка деформационных манометров	177
§ 6.	Электрические манометры и вакуумметры	179
§ 7.	Регуляторы давления и вакуума	193
Глава V. Приборы для измерения расхода жидкостей и газов (А. А. Куликов)		195
§ 1.	Общие сведения	195
§ 2.	Жидкостные дифманометры	196
§ 3.	Поплавковые дифманометры-расходомеры	197
§ 4.	Мембранные дифманометры-расходомеры	199
§ 5.	Сильфонные дифманометры-расходомеры	203
§ 6.	Выбор и установка дифманометров-расходомеров переменного перепада	208
§ 7.	Ротамеры	210
§ 8.	Дроссельный расходомер постоянного перепада	212
Глава VI. Счетчики количества жидкости и газа (Б. С. Третьяков)		214
§ 1.	Общие сведения	214
§ 2.	Счетчики нефтепродуктов	214

3. Счетчики молока	218
4. Счетчики количества воды	221
5. Счетчики количества газа	223

Глава VII. Приборы для анализа состава и свойств веществ (Б. С. Третьяков) 227

1. Общие сведения	227
2. Функциональная схема автоматического газоаналитического прибора	228
3. Газоанализаторы	229
4. Солемеры и концентратомеры	232
5. рН-метры, Титратомеры	233
6. Измерители запыленности	237
7. Приборы для агрохимических анализов	239

Глава VIII. Средства измерения уровня жидкостей и сыпучих материалов (Б. С. Третьяков) 244

1. Общие сведения	244
2. Приборы для измерения уровня жидкости	245
3. Приборы для измерения уровня сыпучих материалов	251

Глава IX. Средства измерения и контроля влажности (Б. С. Третьяков) 264

1. Общие сведения	264
2. Измерение относительной влажности воздуха	265
3. Измерение влажности зерна и кормов	273
4. Измерение влажности почвы	276

Глава X. Средства измерения масс (Б. С. Третьяков) 280

1. Общие сведения	280
2. Весы общего назначения	281
3. Технологические весы	290
4. Весовые дозаторы. Автоматизированные весы	293
5. Лабораторные весы	296
6. Весы специального назначения	297
7. Гири	298
8. Монтаж весового оборудования	299
9. Эксплуатация весового оборудования	301

Глава XI. Приборы для измерения угловой скорости (А. А. Куликов) 302

1. Общие сведения	302
2. Центробежные тахометры	302
3. Часовые тахометры	303
4. Магнитоиндукционные тахометры	304
5. Стробоскопические тахометры	307
6. Электрические тахометры	309
7. Резонансные тахометры	310
8. Электронные тахометры	311
9. Цифровые тахометры	315

Глава XII. Приборы для измерения сил и крутящих моментов (А. А. Куликов)	317
§ 1. Общие сведения	317
§ 2. Пружинные динамометры растяжения	317
§ 3. Гидравлические динамометры	319
§ 4. Электрические динамометры и силоизмерители	320
§ 5. Образцовые переносные динамометры	326
§ 6. Приборы для измерения крутящих моментов	327
§ 7. Устройства и приборы, применяемые для работы с тензорезисторами	330
Глава XIII. Приборы для измерения плотности и твердости почвы (А. А. Куликов)	334
§ 1. Общие сведения	334
§ 2. Ареометры	335
§ 3. Пикнометры и объеммеры	338
§ 4. Приборы для измерения твердости почвы	339
Глава XIV. Средства измерения времени (А. И. Иванов)	342
<i>Литература</i>	344
<i>Предметный указатель</i>	345

Агафангел Иванович Иванов
Александр Алексеевич Куликов
Борис Сергеевич Третьяков

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Заведующая редакцией **Л. И. Чичева**
Редактор **М. И. Нагаткина**
Художник **С. С. Елисеев**
Художественный редактор **С. В. Соколов**
Технический редактор **Н. В. Суржева**
Корректоры **А. И. Болдуева, И. А. Копылова, М. И. Батищева**

ИБ № 3514

Сдано в набор 25.05.84. Подписано к печати 17.08.84. Т-10717. Формат 84x108¹/₃₂.
Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 18,48.
Усл. кр.-отт. 18,48. Уч.-изд. л. 24,3. Изд. № 303. Тираж 39 000 экз. Заказ № 857.
Цена 1 р. 30 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Колос»,
107807, ГСП, Москва, Б-53, ул. Садовая-Спасская, 18.

Владимирская типография Союзполиграфпрома при Государственном
комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли
600006, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7