

Б.А. Журавлев

**Наладка и регулирование
систем кондиционирования
воздуха**

Справочное пособие

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 528
ББК 38.2
Б11

Б11 **Б.А. Журавлев**
Наладка и регулирование систем кондиционирования воздуха: Справочное пособие / Б.А. Журавлев – М.: Книга по Требованию, 2013. – 446 с.

ISBN 978-5-458-35875-0

ISBN 978-5-458-35875-0

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ционирования воздуха. Это обеспечивается: при малых содержаниях вредных веществ в вентиляционных выбросах рассеиванием вредных в атмосферном воздухе; при значительных содержаниях вредных веществ применением специальных очистных устройств, обеспечивающих снижение содержания вредных веществ в выбросах до предела, установленного санитарными нормами.

1.3. НАЛАДКА СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Обследованием санитарно-гигиенических условий в зданиях различного назначения установлено, что эффективность действия систем вентиляции и кондиционирования воздуха в этих зданиях не всегда отвечает действующим санитарным нормам.

Это может быть вызвано следующим:

ошибочностью исходных расчетных данных (валовых значений тепло-влаго-газовыделений и др.), выданных технологами в технических заданиях на проектирование вентиляции; отсутствием проверенных практикой отраслевых норм проектирования; неработоспособностью принятых систем автоматического регулирования (САР);

неудовлетворительным качеством выполнения строительно-монтажных работ (неплотности в воздуховодах, их соединениях, ограждениях камер, в каналах и др.);

несоответствием фактически установленного оборудования проекту (вентиляторы, приводы, теплообменные аппараты, приборы САР и др.);

нарушением установленных производственных процессов и правил эксплуатации технологического оборудования;

неудовлетворительной эксплуатацией систем вентиляции и кондиционирования воздуха в связи с отсутствием на предприятиях квалифицированного персонала, а также инструкций по эксплуатации.

Эффективная работа систем вентиляции и кондиционирования воздуха в зданиях любого назначения достигается в результате устранения перечисленных причин.

Наладочные работы разделяют на предпусковые испытания и регулировку установок вентиляции и кондиционирования воздуха (так называемая монтажная наладка), являющиеся завершающим этапом монтажных работ, и наладку систем на требуемый эффект, осуществляемую в условиях эксплуатации предприятий.

1.4. ПРЕДУСКОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ И РЕГУЛИРОВКА ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК

Предпусковые испытания и регулировку установок вентиляции и кондиционирования воздуха выполняют в соответствии с требованиями СНиП III-28-75. Предпусковые испытания и регулировка систем необходимы для установления соответствия их проектным данным.

Предпусковые испытания проводят в подготовленных к приемке зданиях и сооружениях при наличии актов, оформленных монтажными организациями, о механическом опробовании вентиляторов и другого вентиляционного оборудования, имеющего электроприводы.

Вентиляционные установки, непосредственно связанные с тех-

нологическим оборудованием (местные отсосы, аспирируемые улавливатели), испытывают и регулируют после окончания монтажа этого оборудования. Работа технологического оборудования при предпусковых испытаниях и регулировке вентиляционных установок не является обязательной. Установки кондиционирования воздуха допускаются испытывать и регулировать до окончания монтажа систем автоматического регулирования (при ручном управлении).

Перед предпусковыми испытаниями следует ознакомиться с проектной документацией и проверить: соответствие фактически установленного вентиляционного оборудования (вентиляторы, калориферы, электроприводы, кондиционеры, фильтры, пылеотделители и др.) принятому в проекте; соответствие качества монтажа и степени эксплуатационной готовности вентиляционного оборудования техническим условиям (ТУ) и инструкциям по монтажу и эксплуатации этого оборудования заводов-поставщиков; соответствие качества изготовления и монтажа воздухопроводов, каналов, вентиляционных камер и других устройств требованиям СНиП III-28-75.

На все выявленные при проверке отступления от проекта, не согласованные с проектной организацией, а также на дефекты монтажа составляются ведомости дефектов, передаваемые заказчику. Дефекты должны быть устранены к началу предпусковых испытаний установок. Отступления от проекта устраняют по книге авторского надзора или по другой документации, имеющейся у заказчика.

При пусковых испытаниях необходимо проверить следующее: соответствие проектным данным фактической производительности вентилятора;

соответствие проекту объемов воздуха, проходящего через воздухоподаточные или воздухоприемные устройства общеобменных установок и установок кондиционирования воздуха в отдельные помещения;

соответствие проекту объемов воздуха, перемещаемого через воздухоприемные и воздуховыпускные устройства местными вентиляционными установками, обслуживающими отдельные производственные места и технологическое оборудование;

выявить неплотности в воздухопроводах и других элементах установок;

проверить на ощупь равномерность прогрева калориферов (осуществляется при наличии теплоносителя).

Если проверкой установлено, что производительность вентилятора, объем воздуха, проходящего через воздухоподаточные и воздухоприемные устройства, а также через местные отсосы, не соответствует проектным значениям, то вентиляционные установки следует отрегулировать.

Если после регулирования фактические расходы воздуха вентиляционной установки не соответствуют проектным, следует найти причину этого несоответствия.

Причинами могут быть ошибки, допущенные при проектировании или монтаже, а также дефекты вентиляционного оборудования. Выявив причины несоответствия фактических расходов воздуха проектным, разрабатывают необходимые рекомендации для их ликвидации (увеличивают скорость вращения колес вентилятора путем изменения диаметра шкива электродвигателя, заменяют электродвигатель, меняют установленный вентилятор на большой номер, изменяют расчетные сечения воздухопроводов или живых сечений приточных решеток и т. п.).

Рекомендации передаются заказчику для согласования с проектной организацией и последующего их выполнения монтажной организацией.

Предпусковые испытания систем вытяжной вентиляции с естественным побуждением в жилых и общественных зданиях ограничивают установлением ее соответствия конструктивным данным, а также определяют наличие тяги (по отклонению тонких бумажных ленточек или путем задымления потока).

Степень неплотностей в воздуховодах и других элементах вентиляционной установки определяют по величине подсоса или утечки воздуха. Эта величина в воздуховоде и других элементах установки (кроме различного вида фильтров и клапанов отключенных ответвлений), согласно СНиП III-28-75, не должна превышать при длине сети до 50 м — 10%, а при большей длине — 15% подачи вентилятора. Подсосы или утечки воздуха в фильтрах и клапанах отключенных ответвлений не должны превышать величин, указанных в технических характеристиках на это оборудование.

Отклонения от проектных данных, выявленные при испытании установки, допускаются:

- по объему воздуха, проходящего через головные участки воздуховодов общеобменных установок вентиляции и кондиционирования воздуха, на $\pm 10\%$;

- по объему воздуха, проходящего через воздухоподаточные или воздухоприемные устройства общеобменных установок вентиляции и кондиционирования воздуха, на $\pm 20\%$;

- по объему воздуха, подаваемого установками кондиционирования воздуха в помещения особого назначения (операционные больницы, кабинеты, пульты управления и др.), которые требуют точного поддержания расчетных параметров воздуха и оборудованы одним или двумя воздухораспределительными устройствами, на $\pm 10\%$;

- по объему воздуха, проходящего через головные участки воздуховодов местных вытяжных установок, а также удаляемого местными отсосами, на $\pm 10\%$.

Закончив предпусковые испытания и регулировку вентиляционных установок, составляют следующую документацию:

- акт по форме, приведенной в прил. 1;

- паспорт на каждую вентиляционную установку по форме, приведенной в прил. 2.

Акт о выполнении предпусковых испытаний и регулировке вентиляционной установки предъявляется при приемке в эксплуатацию и является обязательным приложением к приемно-сдаточному акту.

При предпусковых испытаниях и регулировке установки целесообразно проводить работы в следующей последовательности:

- ознакомиться с проектом вентиляции;

- ознакомиться с натурой, чтобы выявить отступления от проекта, допущенные при монтаже, нанести на проектные аксонометрические схемы отступления (без точного соблюдения масштаба), выявить дефекты монтажа и составить ведомости дефектов;

- проверить устранение дефектов монтажа;

- нанести на схемы систем условными обозначениями точки измерения с порядковой нумерацией (считая от вентилятора к наиболее отдаленному участку сети);

- перенести со схемы на натуре с разметкой мелом на воздуховодах расположения отверстий для замеров (питометражных лючков);

- сделать отверстия в воздуховодах по разметке (выполняет монтажная организация);

проверить все воздухорегулирующие устройства (клапаны, диафрагмы и т. п.) и установить их в положение полного открытия;
 провести аэродинамическое испытание установки;
 рассчитать результаты испытания и занести их в соответствующие таблицы паспорта вентиляционной установки;

определить по степени соответствия проектным и фактически замеренным расходам воздуха необходимость регулировки установки;

разработать (в случае необходимости) для последующего согласования с проектной организацией рекомендации по устранению причин несоответствия проектных и фактических расходов воздуха;

отрегулировать расходы воздуха, разметив рисками соответствующие расположения регулирующих устройств (клапанов и т. п.);
 составить и передать заказчику паспорта на отрегулированную установку и акты на произведенные предпусковые испытания;

проконтролировать правильную установку лючков или заглушек на отверстия в воздуховодах, предусмотренные для пневмометрических измерений.

Перед началом пусконаладочных работ инструктируют наладчиков по технике безопасности и проверяют наличие и соответствие требованиям техники безопасности необходимых вспомогательных устройств.

Указания по технике безопасности приведены в главе VII.

Предпусковые испытания и регулировку установки выполняют парными звеньями (старший техник и техник), число которых зависит от объема работ. Звеньями руководит инженер (производитель работ).

Каждое звено должно иметь набор следующей основной и протарированной контрольно-измерительной аппаратуры:

Микроманометр	1 шт.
Пневмометрическая трубка длиной 0,5 м	1 »
Пневмометрическая трубка длиной 1 м	1 »
Пневмометрическая трубка длиной 1,5 м	1 »
Резиновые шланги с внутренним диаметром 4—5 мм	16 м
Анемометр крыльчатый	1 шт.
То же, чашечный	1 шт.
Секундомер	1 »
Термометр	1 »
Тахометр	1 »
Рулетка до 10 м	1 »
Метр складной	1 »
Фонарь карманный	1 »
Чемодан для аппаратуры	1 »
Специальные приборы (термошупы, шумомеры и др.)	

Предпусковые испытания и наладка систем вентиляции в объеме, предусмотренном СНиП III-28-75, входят в стоимость строительно-монтажных работ, выполняемых, как правило, специализированными управлениями монтажных организаций.

1.5. ИСПЫТАНИЕ И НАЛАДКА ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ УСТАНОВОК НА САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

Системы вентиляции и кондиционирования воздуха, находящиеся в эксплуатации, следует, согласно требованиям Госсанинспекции, периодически испытывать, а в случае необходимости и наладивать в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями.

Необходимость испытания и наладки вентиляции на санитарно-гигиенический эффект, как правило, устанавливается по результатам

санитарно-гигиенических обследований состояния воздушной среды помещений, проводимых санитарно-эпидемиологическими станциями (СЭС), силами заводских лабораторий или специализированными организациями. В отдельных случаях, если предприятие не имеет результатов санитарно-гигиенических обследований помещений или они устарели, необходимость в наладочных работах определяется на основе визуальной фиксации неудовлетворительного состояния воздушной среды в помещениях (высокой температуры, влажности, загазованности или запыленности воздуха).

Объем и содержание работ по испытанию и наладке вентиляционной установки на санитарно-гигиенический эффект определяются программой работ, составляемой на основе предварительного визуального обследования вентилируемых помещений с учетом фактического санитарно-гигиенического состояния воздушной среды в рабочей зоне этих помещений.

При предварительном обследовании необходимо осуществить следующие мероприятия:

- ознакомиться с проектом;
- выявить дефекты монтажа, вентиляционного оборудования и воздуховодов и составить ведомость дефектов;

- проверить эксплуатационное состояние вентиляционного оборудования (вентиляторов, кондиционеров, теплообменников, пылесосителей, фильтров и др.) и при наличии дефектов составить соответствующую ведомость дефектов. При проверке качества монтажа и эксплуатационного состояния вентиляционного оборудования руководствуются соответствующими техническими условиями или инструкциями заводов-поставщиков по монтажу и эксплуатации этого оборудования;

- выявить недостатки, допущенные при эксплуатации вентиляции; предварительно по визуальной оценке для составления программы последующих наладочных работ определить причину неудовлетворительной эффективности действия системы вентиляции в целом, а также отдельных установок и элементов этих установок (местные отсосы, воздухоочистные устройства, душирующие патрубки и др.);

- решить вопрос о способе определения количества поступлений в помещение тепла, влаги или газов расчетом или проведением воздушного баланса по теплу, влаге и газу.

Валовые значения тепло-, влаго- и газовых выделений определяются расчетом с участием технологов предприятия;

устанавливают соответствие технологического процесса и состояния производственного оборудования требованиям санитарных норм;

проверяют соответствие объемно-планировочного решения помещения (здания) требованиям санитарных норм;

выявляют дефекты эксплуатационного состояния внешних ограждений здания, влияющих на работу вентиляции (битое остекление, неплотности притворов окон, дверей и др.), и составляют соответствующую ведомость.

При выявлении несоответствия санитарным нормам организации технологических процессов и состояния производственного оборудования, исключающих возможность обеспечить средствами вентиляции требуемые условия труда в помещениях, наладчики совместно с технологами предприятия разрабатывают мероприятия по устранению этих несоответствий (герметизация и термоизоляция оборудования, замена ручных процессов на механизированные и др.). Предприятие устраняет дефекты, выявленные обследованием и ука-

занные в ведомостях дефектов, в сроки, предусмотренные графиком на выполнение наладочных работ.

Результаты предварительного обследования вентилируемого помещения (здания) являются основанием для составления программы работ. Программа работ должна содержать данные о цели, видах, последовательности и методах выполнения работ. Предварительное обследование помещений и составление программы работ осуществляется квалифицированным инженером-руководителем работ по наладке вентиляции на данном предприятии. Если в результате предварительного обследования вентилируемого помещения или при наладочных работах устанавливают, что достигнуть требуемой эффективности вентиляции без частичной или полной ее реконструкции невозможно, программа работ корректируется и производятся натурные испытания. При этом определяют необходимые исходные данные для составления проекта реконструкции систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

Программой испытаний предусматривается следующее:

- определить характер и количество выделяющихся в помещении вредных веществ (в том числе удельные выделения вредных веществ на единицу основного технологического оборудования, на 1 т/ч выпускаемой продукции или израсходованного топлива или на 1 кВт электроэнергии и т. п.);

- выявить распределение в помещении температур и влажности воздуха, а также концентрацию вредных паров, газов и пыли;

- найти значение коэффициента m , определяющего долю от общих выделений вредных веществ, непосредственно влияющих на состояние воздуха рабочей зоны помещения;

- представить наиболее целесообразные по технико-экономическим требованиям схемы организации воздухообменов (например, сосредоточенный выпуск приточного воздуха и т. д.);

- подготовить эскизные чертежи с указанием основных размеров местных отсосов, необходимого количества удаляемого воздуха, и значений коэффициентов местных сопротивлений отсосов;

- дать рекомендации по защите атмосферного воздуха от загрязнения, а также рекомендации, обеспечивающие соблюдение требований, предъявляемых к системам вентиляции;

- наладить общеобменные приточные и вытяжные механические установки и аэрационные устройства;

- проверить эффективность работы вентиляции после ее наладки при повторных измерениях параметров воздуха и повторных отборах проб воздуха на содержание вредных выделений в рабочей зоне помещения (в тех же точках, что и в начале работы).

При проведении наладочных работ разрабатываются мероприятия, рекомендуемые для достижения требуемой эффективности действия отдельных вентиляционных установок или системы в целом. К таким мероприятиям относятся замена вентиляторов или шкивов на электродвигателях, герметизация воздуховодов и вентиляционных камер, частичное или полное изменение конструкций местных отсосов и другие мероприятия, выполнение которых должно быть обеспечено в процессе наладки силами предприятия.

К началу испытаний в соответствии с программой работ устанавливают и наносят на планы помещений места отбора проб воздуха на содержание производственных вредных выделений.

Последовательность проведения испытаний и наладки систем кондиционирования воздуха описана далее в главе III.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ И НАЛАДКИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

II.1. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА

Приборы для измерения давления воздуха, как правило, классифицируются по виду измеряемого давления и принципу действия. Первый признак определяет измеряемое прибором давление — атмосферное, избыточное давление или разрежение (вакуум). По принципу действия приборы делятся на жидкостные, мембранные, пружинные, электрические и комбинированные. Все приборы характеризуются классом точности.

Барометр-анероид (рис. II.1). Для измерения атмосферного давления применяется барометр-анероид. Принцип действия его основан на свойстве упругих тел изменять свою форму в зависимости от величины производимого на них давления. Приемником давления в анероиде служит металлическая коробка 1 с волнистыми поверхностями. В коробке создано разрежение, а для того чтобы атмосферное давление не сплющило ее, плоская пружина 4 оттягивает крышку коробки вверх. При увеличении атмосферного давления коробка сжимается и конец пружины опускается, а при уменьшении давления наблюдается обратная картина. К пружине с помощью передаточного механизма 2 прикреплена стрелка указателя 3, которая передвигается вправо или влево при изменении давления. Под стрелкой на циферблате нанесены деления, соответствующие показаниям барометра, мм рт. ст. и мб. Так, число 750, против которого стоит стрелка анероида, показывает, что в данный момент атмосферное давление равно 750 мм рт. ст. или 1000 мб.

Для снижения влияния температуры на величину деформации коробки и пружины анероид снабжен температурным компенсатором. Положение стрелки прибора регулируют регулировочным винтом, расположенным в дне корпуса. Вращая винт, устанавливают стрелку в нужное положение.

Баротермогигрометр. Для измерения атмосферного давления можно воспользоваться баротермогигрометром (БМ-2), выпускаемым Рижским опытным заводом Гидрометеоприборов (рис. II.2). Пределы измерения давления от 700 до 800 мм рт. ст. Допускаемая погрешность ± 5 мм рт. ст. Механизм прибора состоит из узлов барометра, гигрометра и термометра. Чувствительным элементом узла барометра является мембранная барокоробка 1. При изменении атмосферного давления верхний центр мембранной барокоробки перемещается. Это перемещение с помощью передаточного механизма преобразуется в движение стрелки давления 2 по шкале прибора. Чувствительным элементом узла гигрометра, реагирующим на изменение влажности воздуха, является капроновая нить 3. При измене-

нии влажности капроновая нить изменяет свою длину, в результате чего оттянутая середина нити перемещается. Это перемещение с помощью передаточного механизма преобразуется в движение стрелки влажности 4 по шкале прибора. Погрешность при измерении относительной влажности составляет $\pm 10\%$. Измерителем температуры служит жидкостный термометр 5 (толдуловый), который укреплен на шкале прибора. Допустимая погрешность при изменении температуры составляет $\pm 1,5^\circ \text{C}$.

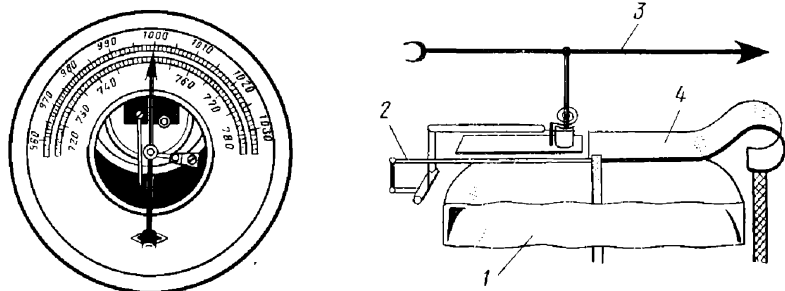


Рис. II.1. Барометр-анероид

Баротермогигрометр можно устанавливать на столе, полке или подвешивать в месте, удаленном от отопительного прибора или нагретого оборудования и окон на расстоянии около 1 м. Для установки или подвески прибора служит съемная подставка, которую вставляют в прибор в двух положениях — для установки и подвески прибора.

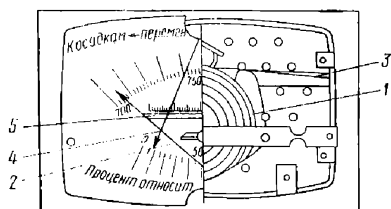


Рис. II.2. Баротермогигрометр

Величину атмосферного давления и направление его изменения определяют по положению стрелки давления относительно шкалы давления (верхняя шкала). Для этого стрелку фиксатора с помощью рукоятки совмещают со стрелкой давления. Величина смещения стрелки давления относительно стрелки фиксатора, отсчитанная по шкале по истечении некоторого периода времени, определит величину изменения

давления за этот период. При смещении стрелки давления в сторону его повышения можно ожидать улучшения погоды (летом — уменьшения облачности, прекращения осадков и прояснения, зимой — также и понижения температуры).

При смещении стрелки давления в сторону его понижения можно ожидать ухудшения погоды.

Барограф. Для непрерывного измерения и регистрации атмосферного давления служат барографы. Чувствительной частью барографа является группа коробок, конструкция которых та же, что и

у анероида. Число коробок достигает десяти и более. Они расположены друг над другом и соединены с помощью соединительной трубки. От числа коробок зависит чувствительность прибора. Вместо упругой пластины, как это сделано в анероиде, внутри каждой коробки барографа установлена пружина. Нижняя коробка опирается на основание корпуса прибора, а верхняя — через рычажный механизм управляет алюминиевой стрелкой с пером, положение которой показывает величину давления. Перо касается ленты, охватывающей барабан, который в свою очередь приводится в движение часовым механизмом. На диаграммной ленте по горизонтали нанесены деления в мм рт. ст., а по вертикали — линия для отсчета времени. Корпус барографа имеет откидную крышку. На дне корпуса размещен винт для установки пера на требуемом делении шкалы диаграммы. Перед измерением стрелку прибора необходимо установить по контрольному барометру.

Для измерения давлений больших или меньших атмосферного применяются манометры и микроманометры. Приборы, с помощью которых измеряется разность давлений, называются дифференциальными манометрами.

Жидкостные манометры. С помощью почти всех жидкостных манометров можно измерять разность давлений и рассматривать их как дифференциальные манометры.

Простейший **жидкостный манометр** (рис. II.3) представляет собой U-образную стеклянную трубку 1, закрепленную на деревянной подставке 2. Между стеклянными трубками размещена шкала 3 с миллиметровыми делениями. В середине шкалы наносится нулевая отметка, откуда вверх и вниз ведется отсчет. Манометр заполняется подкрашенной водой до нулевой отметки. Разность давлений определится по расстоянию между менисками в обеих трубках, т. е. сумма отсчета в мм шкале (вверх и вниз от нулевой отметки) показывает разность давлений в мм вод. ст. или кгс/м^2 .

Для уменьшения влияния эффекта капиллярности трубка манометра должна иметь внутренний диаметр не менее 5—6 мм. Как правило, точность отсчета равна $\pm 0,5$ мм, поэтому, считая допустимую ошибку в пределах 3—4%, манометр рекомендуется применять при измерении давления более 20 кгс/м^2 .

При измерении трубка U-образного манометра устанавливается строго вертикально. При заполнении манометра этиловым спиртом или керосином вместо воды можно получить более четкий мениск. Благодаря тому, что плотность этих жидкостей меньше единицы, точность отсчета повышается и прибор можно применять для измерения разности давлений в 12—15 мм вод. ст.

Истинное давление $P_{\text{ист}}$, кгс/м^2 , в этом случае следует определять по формуле

$$P_{\text{ист}} = P_{\text{м}} \rho_{\text{ж}}, \quad (\text{II.1})$$

где $P_{\text{м}}$ — разность уровней жидкости, замеренная по шкале манометра, мм;
 $\rho_{\text{ж}}$ — плотность жидкости, залитой в манометр, г/см^3 .

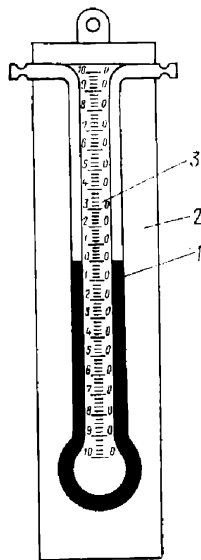


Рис. II.3. Жидкостный манометр

При измерении давлений больше 1000 кгс/м^2 манометр целесообразно заполнять ртутью с $\rho_{\text{рт}} = 13,6 \text{ г/см}^3$.

Пример II.1. Разность уровней ртути в манометре $P_M = 620$ мм, плотность ртути $\rho_{\text{рт}} = 13,6 \text{ г/см}^3$. Определить величину истинного давления.

Решение. По формуле (II.1) находим:

$$P_{\text{ист}} = 620 \cdot 13,6 = 8432 \text{ кгс/м}^2.$$

Тягомер (рис. II.4) или чашечный манометр с вертикальной или наклонной неподвижной шкалой отличается от U-образного манометра тем, что одна трубка заменена резервуаром. Площадь резервуара в 500—700 раз больше площади трубки, т. е. объем резер-

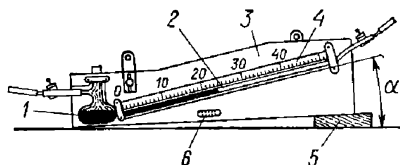


Рис. II.4. Тягомер

1 — резервуар с жидкостью; 2 — стеклянная трубка; 3 — основание; 4 — шкала; 5 — клин; 6 — уровень

вуара достаточно велик, поэтому снижением уровня жидкости в нем пренебрегают. Отсчет ведется по уровню жидкости в трубке. Точность измерения тягомера с вертикальной шкалой такая же, как и U-образного манометра. Точность измерения повышается, если тягомер имеет наклонную шкалу (см. рис. II.4). Благодаря наклону трубки увеличивается длина столба жидкости. В зависимости от угла наклона трубки манометра минимальное давление, которое может быть им замерено, составляет $1\text{—}4 \text{ кгс/м}^2$.

Действительная величина измеряемого давления тягомером с наклонной шкалой определяется по формуле

$$P_{\text{ист}} = l \sin \alpha \rho_{\text{ж}}, \quad (\text{II.2})$$

где $P_{\text{ист}}$ — измеряемое давление, кгс/м^2 ; l — длина столба жидкости в трубке, мм; α — угол наклона трубки, град; $\rho_{\text{ж}}$ — плотность жидкости, г/см^3 .

Пример II.2. Длина столба спирта $l = 30$ мм, угол наклона трубки $\alpha = 11^\circ 30'$ ($\sin \alpha = 0,2$), плотность спирта $\rho_{\text{ж}} = 0,81$.

Определяем величину действительного давления.

Решение. По формуле (II.2) находим:

$$P_{\text{ист}} = 30 \cdot 0,2 \cdot 0,81 = 4,86 \text{ кгс/м}^2.$$

При уменьшении угла увеличивается длина столба жидкости, т. е. повышается точность измерения давления.

При измерении давления тягомер устанавливается по уровню. Нулевое деление шкалы приводят к уровню мениска жидкости в трубке, перемещая шкалу вдоль трубки. Затем тягомер подключают к испытуемому объекту и измеряют давление.

Микроманометр — прибор для измерения малых перепадов давления. Принцип действия его аналогичен тягомеру, но в отличие от последнего микроманометр имеет конструктивные преимущества: угол наклона трубки можно менять и фиксировать в определенных положениях, станину прибора устанавливать с помощью винтов по уровням и др.

Микроманометр ЦАГИ (рис. II.5) представляет закрытый цилиндрический резервуар 1, вставленный в обойму 2. Резервуар размещен на станине 3, оборудованной уровнями 4 и регулировочны-