

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЙ СПЕЦПРАКТИКУМ

Работа №

ИЗМЕРЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ И ГРАДУИРОВКА СТРЕЛОЧНЫХ МАНОМЕТРОВ ПО МП– 600

1. Цель работы: Закрепление лекционного материала по методам измерения давления в газах и жидкостях; ознакомление с устройством жидкостных микроманометров с наклонной шкалой, компенсационных жидкостных микроманометров и грузопоршневых манометров; проведение измерения давления воздуха в закрытом сосуде с помощью разных жидкостных манометров и сопоставление результатов измерений; градуировка двух стрелочных пружинных манометров по МП – 600; построение градуировочной кривой и нахождение расчетной зависимости методом наименьших квадратов.

2. Теоретические основы работы

2.1. Чашечные микроманометры с наклонной шкалой.

Принцип действия микроманометров с наклонной шкалой тот же, что у U – образных, только левое колено манометров представляет собой сосуд с большой поверхностью G_1 , заполненный спиртом, а правое - сообщающуюся с ним наклонную трубку с переменным углом наклона α и поперечным сечением G_2 . Поверхность рабочей жидкости в сосуде испытывает действие давления P_x , а поверхность жидкости в трубке – давление P' .

Если $P = P_{атм}$, то микроманометр измеряет $\Delta P = P_x - P_{атм}$ относительно атмосферы.

Под влиянием ΔP жидкость в сосуде площадью G_1 , опустится на высоту Δh_1 и заполнит наклонную трубку на высоту $\Delta h_2 = h \sin \alpha$, где h - длина, на которую поднялась жидкость в трубке от нулевого значения. По условию сохранения объема

$$h G_2 = \Delta h_1 G_1 .$$

Величину ΔP характеризует перепад высот

$$\Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2 = h(\sin \alpha + G_2 / G_1)$$

Следовательно, манометр измеряет перепад давлений

$$\Delta P_{на} = \rho_{жс} g \Delta h = \rho_{жс} g h (\sin \alpha + G_2 / G_1) = h 10^3 \text{ kg} = h' k g \quad (2.1)$$

где $h' = 10^3 h$ - длина, на которую жидкость заполнила наклонную трубку (в метрах); g -ускорение свободного падения;

$k = 10^{-3} \rho_{жс} (\sin \alpha + G_2 / G_1)$ - коэффициент шкалы манометра;

$\rho_{жс}$ (кг/м^3), - плотность рабочей жидкости (спирт)

В этом случае ΔP по формуле (2.1) измеряется в Паскалях.

Подробно устройство ММН– 240 приводится в инструкции по эксплуатации (прилож. 1).

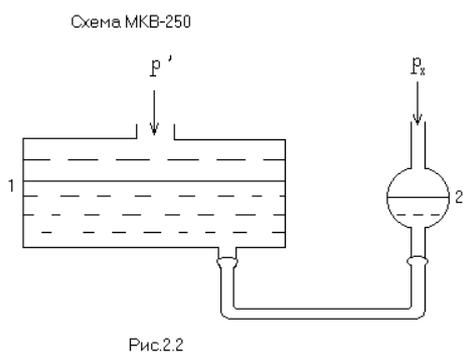


Рис.2.2

2.2. Микроманометры компенсационного типа. Компенсационный манометр – тоже манометр U – образного типа. Он состоит из двух сосудов (рис.2.2), заполненных дистиллированной водой и соединенных резиновой трубкой. Сосуд 1 может перемещаться по высоте с помощью микрометрического винта, снабженного метрической шкалой с барабаном (по типу микрометра). Сосуд 2 снабжен оптическим приспособлением для контроля уровня воды в нем. При

измерении давления P_x относительно атмосферы сосуд 1 оставляют открытым в атмосферу $P' = P_{атм}$, а давления P_x подают на сосуд 2. Под влиянием

$\Delta P = P_x - P_{атм}$ во втором сосуде уровень воды опустится, а в первом- поднимется.

Поднимая с помощью микрометрического винта сосуд 1 и создавая тем самым противодействие со стороны первого сосуда по отношению ко второму, т.е. компенсируя давление P_x (отсюда и название компенсационного манометра), необходимо добиться возвращения уровня воды в сосуде в исходное нулевое положение. Измеренная разность давлений

$$\Delta P_{на} = P_x - P_{атм} = \rho_v g \Delta h_{м} = 9,81 * 10^3 \Delta h_{м} = 9,81 \Delta h_{мм}$$

где Δh - высота поднятия первого сосуда.

Подробно конструкция МКВ-250 описана в инструкции по эксплуатации прибора.

2.3. Стрелочные манометры с упругими чувствительными элементами.

В манометрах этого типа используется механическое перемещение упругих элементов под влиянием оказываемого на них давления. Как правило, они измеряют избыточное давление по сравнению с атмосферным. Наиболее распространены манометры с трубчатой пружиной Бурдона (рис. 2.3) в виде полой трубки овального или эллиптического сечения. Большая ось эллипса сечения трубки $2a$ расположена параллельно оси, проходящей через ось стрелки С (перпендикулярно плоскости чертежа). Свободный конец трубчатой пружины А, закрытый пробкой и запаянный, шарнирно соединен поводком с сектором В, который, в свою очередь, зубчатым сцеплением соединен с осью стрелки С.

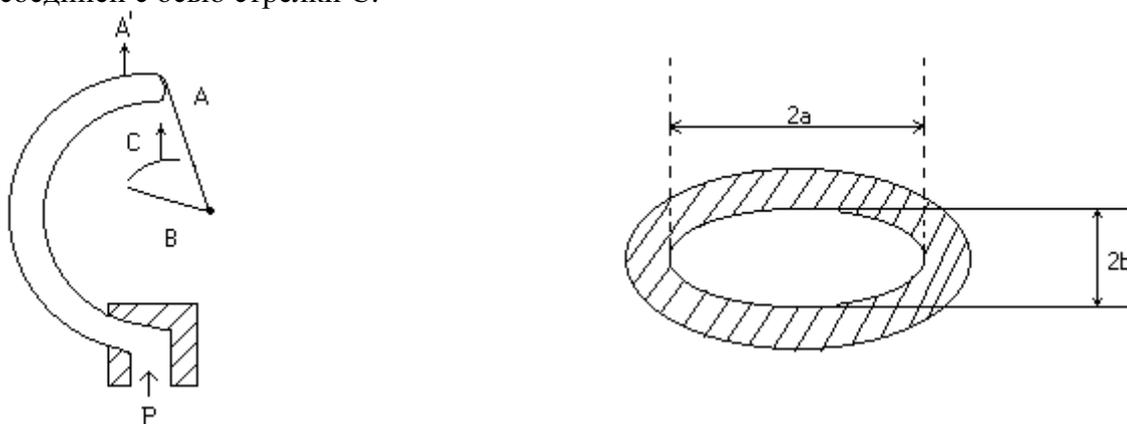


Рис. 2.3.

Под действием избыточного (по отношению к атмосферному) давления $P_x - P_{атм.}$ воздуха, проникающего внутрь полой пружины, последняя несколько раскручивается и принимает положение A' , соответственно поворачивая указывающую стрелку манометра.

2.4. Грузопоршневые манометры.

Принцип работы грузопоршневых манометров основан на уравнивании сил, создаваемых, с одной стороны измеряемым давлением, а с другой – грузами и поршнем, помещенным в цилиндрическом вертикальном канале. О величине измеряемого давления можно судить по массе груза и поршня. Манометры используются в качестве образцовых средств воспроизведения единицы давления и для точных измерений давления в лабораторной практике.

Схема грузоподъемного манометра МП-600

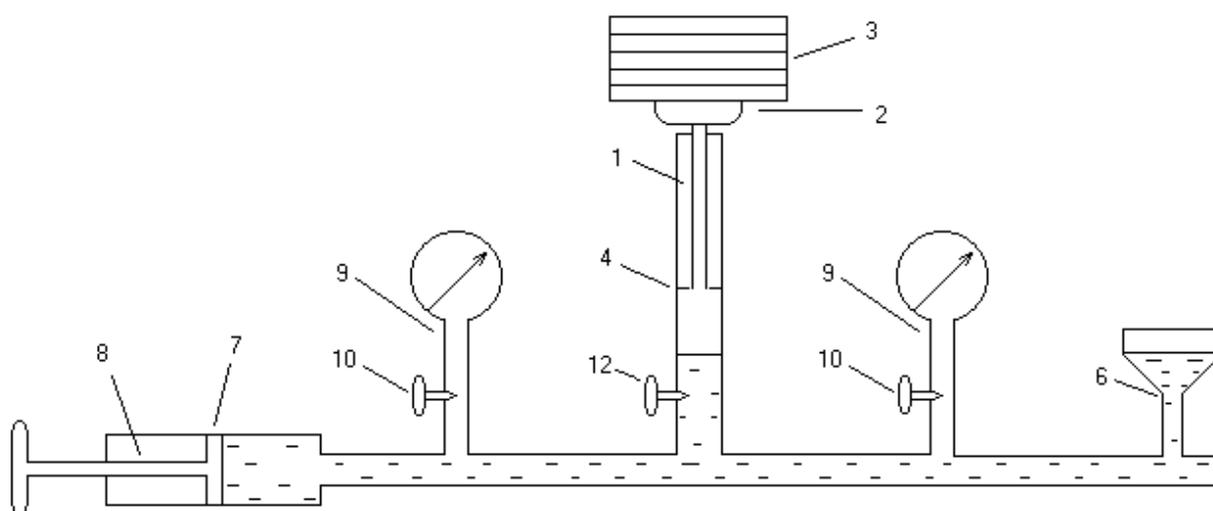


Рис.2.4

Схема поршневого манометра представлена на рис. 2.4. Поршень 1 с тарелкой 2 для грузов 3 перемещается внутри цилиндра 4. Для обеспечения равномерного зазора между цилиндром и поршнем последний момент измерения вращают по часовой стрелке. Внутренняя полость поршневого манометра заполняется рабочей жидкостью (керосином, касторовым или трансформаторным маслом), заливка жидкости производится через отверстие в дне резервуара 6, поршнем 7 винтового пресса 8 жидкость засасывается внутрь манометра. С помощью пресса 8 в процессе измерения обеспечивается подъем поршня 1 с грузами до высоты, заданной указателем. К стоякам 9 с запорными вентилями 10 подключаются поверяемые манометры.

Для получения заданного давления на тарелку 2 с учетом ее массы с поршнем накладываются грузы, создающие определенную силу тяжести. При суммарной массе поршня с грузами M создаваемое давление $P = Mg/S$, где S – эффективная площадь поршня 1, g – ускорение свободного падения. С учетом точно определенной при изготовлении прибора величины S прилагаемые к нему эталонные грузы маркированы не по массе, а сразу по давлению.

По закону Паскаля давление масла во всех полостях манометра будет одинаковым, поэтому показание поверяемых манометров 10 будет соответствовать давлению, создаваемому грузом и поршнем и определяется суммой весов грузов и поршня.

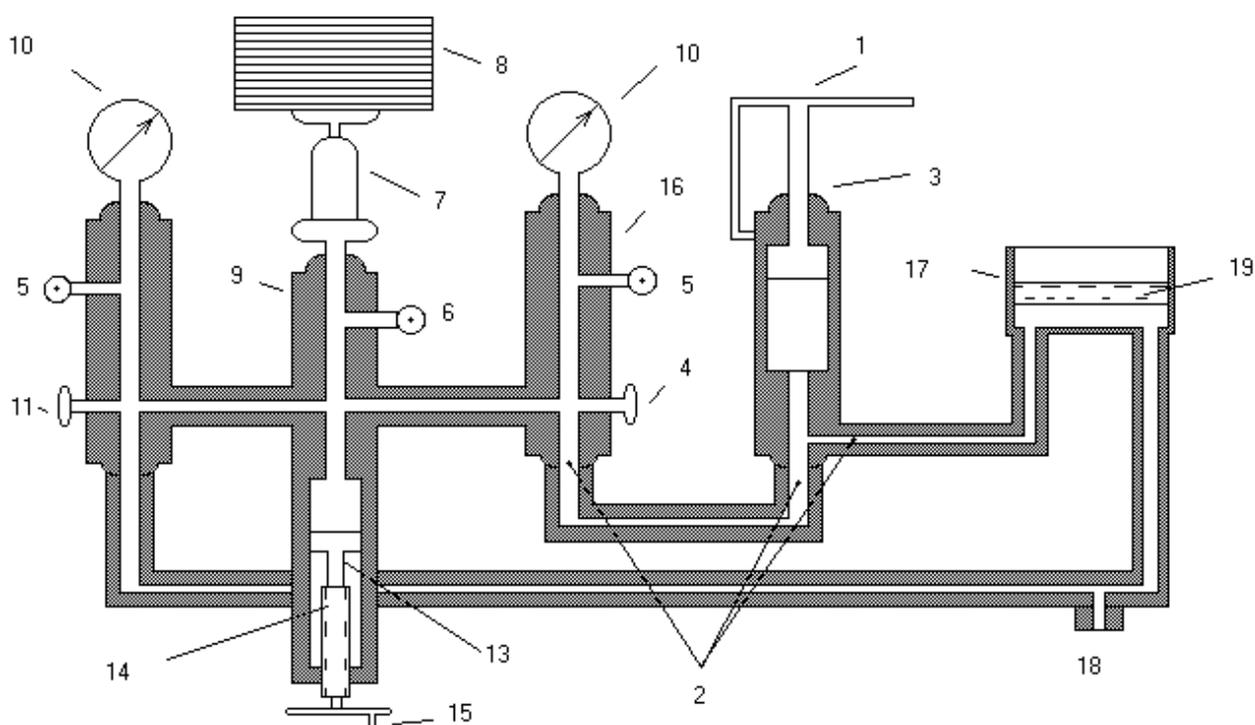
3. Порядок работы.

3.1. Ознакомиться с описанием лабораторной работы, инструкциями по эксплуатации манометров ММН-240, МКВ-250, МП-600.

3.2. Разобраться в конструкции стрелочного пружинного манометра по образцам в собранном и разобранном виде.

3.3. Разобраться в конструкции и освоить работу с грузопоршневым манометром (приложение 3). Подготовить манометр к работе. Для этого закрыть оба крана 5 и кран 6, отсоединив тем самым колонку с грузами и манометр 10, а краны 4 и 11 открыть, обеспечив свободную прокачку масла по системе каналов прибора. Маховик 15 выкрутить в крайнее левое положение. После этого рычагом 1 прокачать масло через систему, обеспечив удаление воздуха из нее через открытый бачок 17 (рис. 3.1)

Схема грузопоршневого манометра МП-600



1– рукоятка насоса; 2– шариковый клапан; 3– ручной скальчатый насос; 4– запорный вентиль от насоса; 5– запорные вентили к манометрам; 6– запорный вентиль к МП-600; 7– грузопоршневой манометр; 8– грузы; 9– стойка центральная; 10– поверяемый манометр; 11– спускной вентиль; 12 – стойка левая; 13– поршень пресса; 14– винт пресса; 15– маховик пресса; 16– стойка правая; 17– бачок; 18– пробка; 19– фильтр.

Рис. 3.1.

Положить на тарелку вертикального поршня 7 эталонные грузы 8, определяющие величину давления масла в системе (начать с минимального груза). Открыть кран 6, подключив внутреннюю полость колонки к системе прибора. Для градуировки манометра 10 открыть кран 5 под ним. Вращением маховика 15 установить горизонтальный поршень 13 пресса примерно в среднее положение (предварительно выявить его). Закрыть кран 11, кран 4 для ввода масла оставить открытым. Закачивать рычагом 1 масло в систему до тех пор, пока поршень с грузом не поднимется. После этого закрыть кран 4, чтобы прекратить поступление масла в систему. Рукой привести вертикальный поршень 7 с грузом 8 во

вращение. Затем, вращая маховик 15, отрегулировать высоту поршня 7 так, чтобы стрелка указателя под тарелкой для грузов находилась примерно посередине между красными полосами на колонке. Поршень с грузами должен при этом свободно и медленно самостоятельно вращаться. Снять отсчет с градуируемого манометра и зафиксировать величину давления по сумме весов груза и поршня МП-600.

После снятия отсчета осторожно открыть кран 11, добившись плавного опускания поршня с грузами.

3.4. Увеличивая грузы (груз класть на тарелку только при опущенном поршне), каждый раз повторять все указанные операции, получив 25-30 точек и сняв таким образом градуировочную зависимость.

3.5. Нанести полученные при градуировке данные на график. Обработать данные методом наименьших квадратов, рассчитать градуировочную зависимость и нанести ее на график. Оценить погрешность измерений.

3.6. Ответить на контрольные вопросы главы 4.

4. Вопросы для самостоятельной подготовки

4.1. Как устроен каждый из использованных в работе манометров?

4.2. Как подсчитывается величина измеряемого давления по показаниям каждого из манометров?

4.3. Каков принцип работы компенсационного манометра? Почему он так называется?

4.4. В микроманометр ММН-240 заливается спирт, как учитывается плотность спирта в показаниях манометра?

4.5. Каков принцип работы стрелочных манометров с пружиной Бурдона?

4.6. Начертить по памяти схему движения масла по каналам грузопоршневого манометра при закачке масла в систему рычагом. Почему масло течет именно по нужным, а не по другим каналам? Каким образом удаляется воздух из системы?

4.7. Чем гарантируется идентичность показания градуируемых стрелочных манометров по МП-600 с величиной давления, указанной на эталонных грузах? Почему на эталонных грузах указаны величины давления, а не масса грузов?

4.8. Какие поправки вносятся в показания МП-600?

4.9. Каковы пределы измерений ММН-240 при различных k , почему при подъеме трубки этого манометра (увеличении k) предел измерений давления увеличивается?

4.10. В каких случаях целесообразно применять каждый из манометров?

5. Литература

5.1. Кикоин И. К., Кикоин А. К. Молекулярная физика – М.: Наука, 1983.

5.2. Иванова Г.М. и др. Теплотехнические измерения и приборы – М.: Энергоатомиздат, 1984.