

МЕТОДЫ И ТЕХНИКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 531.787.082.74

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДАВЛЕНИЯ И ТЕНЗИМЕТРИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА НА ЕГО ОСНОВЕ

В. Г. Севастьянов, В. П. Соловьев, И. С. Филатова

Предложено устройство, преобразующее давление в электрическую емкость, имеющее повышенную чувствительность и точность измерения давления при использовании кварцевой или стеклянной трубок Бурдона. Устройство позволяет автоматизировать процесс измерения давления. Рассмотрен вариант тензиметрической установки с использованием предлагаемого преобразователя давления.

Кварцевые и стеклянные дифференциальные манометры с трубкой Бурдона широко используются в физико-химических исследованиях [1, 2]. Однако известные системы наблюдения и считывания нулевого уравновешенного состояния таких дифференциальных манометров требуют от исследователя постоянного внимания, не позволяют автоматизировать процесс измерения давления и при работе с ними отсутствует хорошая точность измерений.

Обычно отклонение стрелки манометра от нулевого положения регистрируется (и регулируется) при помощи оптической системы или же проектируя стрелку на экран [1, 3]. Известен [4] преобразователь давления к стеклянному дифференциальному манометру в радиальное перемещение луча света; преобразователь состоит из внешнего (относительно манометра) источника света, экрана и небольшого зеркала, прикрепленного на конце стрелки, жестко соединенной с трубкой Бурдона. Но использование подобного устройства для точного измерения давления затруднено, так как нулевое положение светового пятна на экране легко может быть нарушено случайным поворотом манометра. Кроме того, для автоматизации измерений давления указанный преобразователь применить сложно.

Описаны простые электроконтактные и электроемкостные датчики давления [5] к кварцевым или стеклянным манометрам с трубкой Бурдона (модификации таких манометров — «серповидные» или «ложечные» [1]) с чувствительностью по давлению 0,1 мВ/Па. Использование подобных датчиков требует конструирования электронного усилителя.

Близким по конструкции к описываемому в данной работе преобразователю является преобразователь давления в электроемкость к манометру с трубкой Бурдона [6], содержащий экранированные от внешних электрических и магнитных полей два конденсатора с плоскими обкладками; последние выполнены в виде секций нескольких параллельных пластин; секция подвижных пластин расположена внутри и между парой одинаковых секций неподвижных пластин. Неподвижные секции изолированы одна от другой и от корпуса металлического манометра и образуют с подвижной секцией два вышеописанных конденсатора с общим ротором, который приводится в движение (через системы с рычагом) закрытым концом трубки Бурдона, давление газа в которой измеряют относительно атмосферного. Конденсаторы включены в схему с радиочастотным генератором. Сложный блок конденсаторов не позволяет использовать этот преобразователь с лабораторными манометрами и его чувствительность низка — 10^{-3} мВ/Па [6].

Цель данной работы — увеличение чувствительности и точности измерения низких давлений (10^2 — 10^3 Па) и, кроме того, создание не сложного по конструкции преобразователя давления в электроемкость, позволяющего, в частности, использовать его для кварцевого дифференциального манометра «ложечного» («серповидного») типа. Это дало бы возможность измерять давление нагретых газов и паров (от 100 до ~ 1000 К) в отсутствие теплового воздействия на преобразователь и автоматизировать (частично или полностью) процесс измерения давлений.

Преобразователь давления в электроемкость. На рис. 1 показана схема предлагаемого нами преобразователя [7] вместе с кварцевым маномет-

ром. Система содержит: конденсатор с плоскопараллельными обкладками 1, экранированными от внешних электрических и магнитных полей металлическим корпусом 2 преобразователя, соединенным с кварцевым манометром 3 через штифт 4; обкладки по форме вытянуты вдоль стрелки 5 манометра; на острие стрелки жестко закреплена легкая металлическая пластина 6, заземленная через корпус преобразователя тонкой проволокой 7; пластина 6, являясь продолжением стрелки (соединенной с трубкой Бурдона 8), находится между обкладками конденсатора и выдвинута частично из пространства конденсатора.

Преобразователь давления совместно с манометром работает следующим образом: если в камере 9 манометра изменится давление относительно давления в общем объеме 10, трубка Бурдона 8 деформируется, в результате чего перемещается стрелка 5 с прикрепленной к ней пластиной 6 в параллельной обкладкам конденсатора плоскости и между ними, изменяя емкость конденсатора C_x , которая фикс-

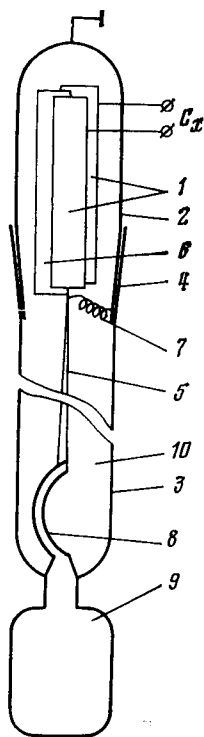


Рис. 1

Рис. 1. Схема преобразователя давления и манометра
Рис. 2. Вариант исполнения преобразователя давления

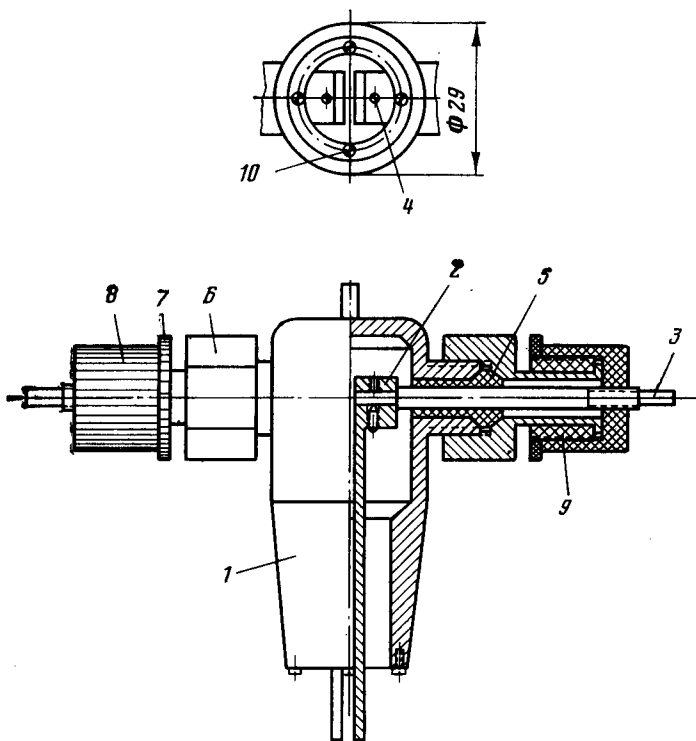


Рис. 2

сируется цифровым мостом переменного тока по измерению электроемкостей; увеличению емкости конденсатора соответствует увеличение давления в камере 9 относительно давления в объеме 10 и наоборот. Затем манометр уравнивает изменение давления в объеме 10, добываясь прежней емкости C_0 — в состоянии равенства давлений в камере 9 и объеме 10; в последнем давлении измеряют, например, ртутным манометром.

На рис. 2 показан чертеж одного из возможных вариантов исполнения преобразователя давления, используемого нами в измерениях. Корпус 1 преобразователя через конический шлиф вакуумно плотно (на вакуумной смазке) соединяется с манометром из стекла или кварца и одновременно служит заземляемым экраном конденсатора, состоящего из параллельных пластин 2 (размером $70 \times 10 \times 2$ мм), закрепленных на осях 3 винтами 4. Прокладки 5 (тефлон) являются электроизоляторами и вместе с гайками 6 обеспечивают герметичность корпуса 1 вдоль осей 3. Гайки 7, 8 и 9 (тефлон) с помощью резьбового соединения с осями служат для тонкой регулировки расстояния между пластинами, т. е. электроемкости конденсатора и, следовательно, чувствительности преобразователя давления; последняя обычно колеблется в пределах 10^{-2} — $2 \cdot 10^{-3}$ пФ/Па.

С помощью цифрового моста Е8-4 фиксируется изменение давления ± 1 Па, т. е. чувствительность датчика превосходит или не уступает лучшим образцам по-

добных приборов [8, 9]. В качестве подвижной заземленной пластины используется пластина из бритвенной стали ($40 \times 10 \times 0,1$ мм) с припаянной к ней проволокой диаметром 0,05 мм (прикрепленной к корпусу 1 винтом 10). Пластина к стрелке манометра обычно приклеивается.

Тензиметрическая установка. На рис. 3 показана тензиметрическая установка, в которой для целей автоматического регулирования давления и сигнализации (о том, что кварцевый манометр 1 не уравновешен по давлению) используется преобразователь давления 2. Преобразователь последовательно соединен с измерителем электроемкостей 3 (типа Е8-3, Е8-4) с цифровой индикацией и допусковым контролером 4 (типа КЗ-1 — прибор Е8-3, компаратор кодов 202 — прибор Е8-4), с помощью которого — с точностью до 0,01 пф — задаются верхний и нижний пределы изменения электроемкости (давления); сигнал о том, что емкость C_x вышла за эти пределы может быть подан на световой или звуковой сигнализатор 5

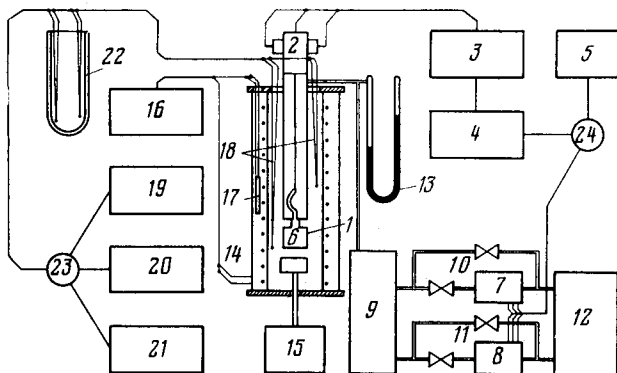


Рис. 3. Схема тензиметрической установки

(используется нами для ручной регулировки давления при резких его изменениях в рабочей камере 6 манометра) или на электромагнитные клапаны (типа ХГ2302 от газового хроматографа) вакуумирования 7 и напуска 8. Манометр через дополнительный объем 9 и вентили 10 и 11 соединен с вакуумным постом 12 (ВУП-2К), позволяющим дополнительно задавать скорости вакуумирования и напуска газа (обычно аргона).

Абсолютное давление в системе измеряют ртутным манометром 13 (МБП) с точностью ± 5 Па. Показания подобного манометра можно автоматически записывать, используя схему [10]. Если электроклапаны не используются, вакуумный пост непосредственно соединен с ртутным и кварцевым манометрами. Печь 14 с воздушной мешалкой 15 (LR 40) и регулятором температуры 16 (РТ-09) на основе платинового термометра сопротивления 17 (размещенного на обмотке печи) позволяет поддерживать температуру с точностью не хуже $\pm 0,3^\circ$ (в интервале 300—800 К). Термопары 18, потенциометр 19 (ПП-63), цифровой вольтметр 20 (Щ1513) и самописец 21 (РСР-4 ПП-1) позволяют соответственно измерять температуру с точностью $\pm 0,1^\circ$, наблюдать ее изменение на цифровом табло (в мВ) и автоматически записывать. Для более точного регулирования температуры ($\pm 0,1^\circ$) можно использовать установку [11] или — в случае использования жидкостного термостата — схему [12].

При поддержании температуры с точностью $\pm 0,05^\circ$ (термостат U-10, диапазон 300—370 К) нами измерено давление насыщенного пара циклооктатетраэна [13], а затем с точностью $\pm 0,4\%$ найдена средняя энтальпия испарения вещества: $\Delta H = -39,62 \pm 0,16$ кДж/моль; среднестатистическая точность измерений сопоставима с точностью измерений ΔH калориметрически [14].

Следует заметить, что точность измерения давлений с использованием преобразователя давления нередко ограничена точностью поддержания температуры, особенно для процессов с экспоненциальной зависимостью давления газовой фазы от температуры.

Академия наук СССР
Институт общей и неорганической
химии им. Н. С. Курнакова
Москва

Поступила
19.IX.1979

ЛИТЕРАТУРА

1. А. В. Суворов, Термодинамическая химия парообразного состояния. Тензиметрические исследования гетерогенных равновесий, «Химия», Л., 1970, с. 46.
2. Ан. Н. Несмеянов, Давление пара химических элементов, АН СССР, М., 1961, с. 10.

3. *В. С. Зимин*, Стеклодувное дело и стеклянная аппаратура для физико-химического эксперимента, «Химия», М., 1974, с. 204.
4. Авт. свид. СССР № 89529, Бюлл. изобретений, № 4, 66, 1951.
5. *С. К. Харченко, А. Ф. Неермолов*, Ж. физ. химии, 43, 1625, 1969.
6. Патент США № 3599493 кл. 73/398С, 1969.
7. Авт. свид. СССР № 670833, Бюлл. изобр. № 24, 1979.
8. *D. R. Sadoway, S. N. Flengas*, Can. J. Chem., 54, 1692, 1976.
9. *B. Weinstock, E. E. Weaver, J. G. Malm*, J. Inorg. Nucl. Chem., 11, 104, 1959.
10. *С. И. Соловьев, Ю. Н. Лызлов*, Приборы и техн. эксперим., № 2, 205, 1976.
11. *А. Ф. Неермолов, Я. В. Васильев, В. Г. Дюбанов, А. Я. Стомахин*, Заводск. лаб., № 1, 116, 1973.
12. *Б. Ф. Чеботарев*, Заводск. лаб., № 5, 553, 1976.
13. *В. Г. Севастьянов, В. П. Соловьев*, Ж. физ. химии, 53, 1660, 1979.
14. *Д. Сталл, Э. Вестрам, Г. Зинке*, Химическая термодинамика органических соединений, «Мир», М., 1971, с. 37.