

## АЛГОРИТМ ЗАДАНИЯ ДАВЛЕНИЯ ГАЗА В РАБОЧЕЙ КАМЕРЕ УПРАВЛЯЕМОГО ГАЗОВОГО РЕАКТОРА

Д.Е. Халеев, П.И. Хомидзода

Научный руководитель: старший преподаватель, к.т.н. Г.В. Гаранин  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [deh6@tpu.ru](mailto:deh6@tpu.ru)

## THE ALGORITHM FOR PRESSURE SETTING IN THE WORKING CHAMBER OF THE GAS REACTOR CONTROLLER

D.E. Khaeev, P.I. Khomidzoda

Scientific Supervisor: senior lecturer., G.V.Garanin

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: [deh6@tpu.ru](mailto:deh6@tpu.ru)

**Abstract.** Currently, import substitution of physical machines has a point in Russia. Creating a brand new machines for TPU will save additional money on the purchase of expensive equipment and software, that can also can be developed by TPU students. The ongoing work aims to the search for an algorithm capable of distributing the initial pressure across the volumes and obtaining the required pressure.

**Введение.** В настоящее время особую актуальность приобретает импортозамещение физических установок. Создание собственной установки в стенах ТПУ позволит сэкономить не только на закупке дорогостоящего оборудования, но и на программном обеспечении, которое также может быть разработано студентами.

**Материал и методика эксперимента.** Начало работы сопровождается анализом полученных данных и поиском теоретических способов решения задачи. На чертеже газовой физической установки выделены значения объемов емкостей, номера клапанов, обозначены датчики давлений (PS) и направление движения газа (Рис. 1).

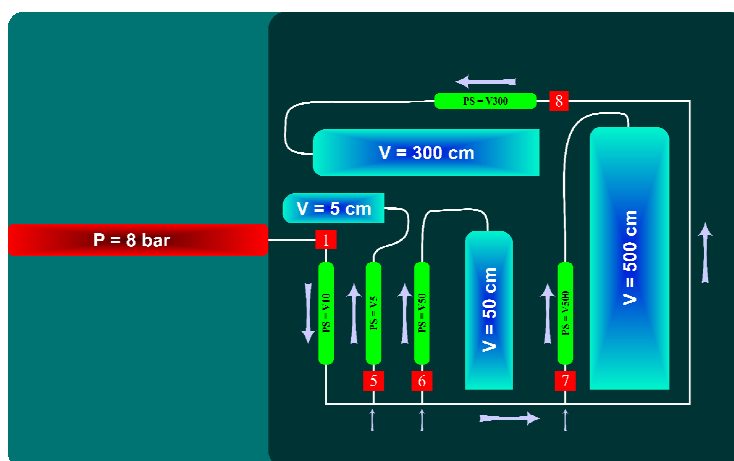


Рис. 1 Чертеж газовой физической установки

Газовые физические установки взаимодействуют исключительно с газами. Они способны менять температуру, объем и давление газа. Все газовые установки работают на принципе газовых законов, таких как законы идеального и реального газов. Закон идеального газа уравнением Клаперона – Менделеева  $PV = \frac{m}{\mu}RT$ , где  $\mu$  – молярная масса газа,  $V$  – объем газа,  $P$  – давление,  $T$  – температура, и законом Дальтона  $P = \sum P_i$ . Реальный газ – в общем случае – газообразное состояние реально существующего вещества. В термодинамике под реальным газом, понимается газ, который не описывается в точности уравнением Клапейрона – Менделеева, в отличие упрощенной его модели – гипотетического идеального газа, строго подчиняющегося вышеуказанному уравнению. Данные устройства предназначены для проведения экспериментов. В основном установки используются в учебных заведениях для исследования процессов сорбции и десорбции газов в твердом теле, например, для определения сорбционных характеристик материалов накопителей водорода.

Работа с данными производилась в программном обеспечении MS Excel. Была создана таблица из 16 столбцов, отображающая давление в каждой емкости ( $P_m$  – давление в трубе,  $P_{k5}$  – давление в емкости 5 см<sup>3</sup>,  $P_{k50}$  – давление в емкости 50 см<sup>3</sup>,  $P_{k500}$  – давление в емкости 500 см<sup>3</sup>,  $P_c$  – давление в конечной емкости), действие с клапаном (открытие или закрытие) и номер шага. Для решения требуемой задачи – получить за  $N$  шагов нужное давление  $P_c$  – необходимо воспользоваться уравнением Клаперона – Менделеева  $PV = \frac{m}{\mu}RT$  и законом Дальтона  $P = \sum P_i$ . Так как газ остается одинаковым, а изменяются только давление и объем, можно считать давление в конечной емкости по формуле  $P_c = \frac{\sum PV}{\sum V}$ , где в числителе  $\sum PV = P_{k5}V_5 + P_{k50}V_{50} + P_{k500}V_{500} + P_mV_m$  – сумма произведений давлений всех емкостей на их объемы, в знаменателе  $\sum V = V_5 + V_{50} + V_{500} + V_m + V_c$  – сумма всех объемов.

Давление в емкостях можно получить, открывая емкости поочередно и заполняя их газом из источника. Например, если поочередно открыть клапаны 1 и 5, то газ заполнит трубу объемом 10 см<sup>3</sup> и емкость 5 см<sup>3</sup>. Давление в емкости  $V_5$  рассчитывается по формуле  $P_{i+1} = \frac{P_m V_m + P_i V_5}{V_m + V_5}$ , где  $i$  – номер шага.

Запись формулы в краткой форме:  $P_2 = \frac{80}{15} + \frac{P_5}{3}$ ,  $P_{20} = \frac{4}{3} + P_{20} \cdot \frac{5}{6}$ ,  $P_{200} = \frac{8}{51} + P_{200} \cdot \frac{50}{51}$ .

Все значения давлений от шага для  $i = 0..19$  были посчитаны и записаны в таблицу Excel. Полученные зависимости можно проанализировать, построив графики давлений от шага. Можно увидеть, что каждый шаг давление в емкостях будет возрастать, пока не достигнет значения в 8 бар.

Значит, существует шаг, на котором давление всех емкостей, распределенное по объему, создаст требуемое давление в конечной емкости.

Формула для давления в конечной емкости:  $P_c = \frac{80 + P_5 \cdot 5 + P_{50} \cdot 50 + P_{500} \cdot 500}{875}$ .

Чтобы определить шаг, на котором давление в конечной емкости становится равным  $N$  бар, был написан алгоритм на языке C, в среде WATCOM IDE. Программа считает количество шагов для получения конечного давления  $N$  в  $P_c$  и выводит значения давлений в  $P_5$ ,  $P_{50}$ ,  $P_{500}$ . Для  $N = 2$  бара, программа выдает 19 шагов.

В коде также была реализована возможность изменения температуры конечной емкости. Формула для давления  $P_c = \frac{P_1 T_2}{T_1}$ . Программа с помощью цикла перебирает температуры от 300 К до 800 К. Таким

образом заданное значение конечного давления можно получить за 4 шага, а не за 20, как было посчитано ранее.

Конечное значение давления в работе можно выразить с помощью количества вещества  $\nu = \frac{m}{\mu} = \frac{pV}{RT}$ . В MS Excel была составлена таблица с 5 столбцами  $\nu_5, \nu_{50}, \nu_{500}, \nu_c$  и номер шага. Количество вещества в емкостях также, как и давление, можно получить, открывая емкости поочередно и заполняя их газом из источника. Если открыть клапаны 1 и 5, то газ заполнит трубу объемом 10 см<sup>3</sup> и емкость 5 см<sup>3</sup>. Количество вещества в емкости  $\nu_5$  рассчитывается по формуле  $\nu_{i+1} = (\nu_m + \nu_i) \frac{V_5}{V_5 + V_m}$ , где  $\nu_m = \frac{pV}{RT} = 0,003209$  – количество газа, находящееся в трубе,  $i$  – номер шага. Запись формулы для емкостей в краткой форме:  $\nu_5 = (\nu_m + \nu_5) \frac{5}{15}$ ,  $\nu_{50} = (\nu_m + \nu_{50}) \frac{50}{65}$ ,  $\nu_{500} = (\nu_m + \nu_{500}) \frac{500}{510}$ . Формула для количества вещества в конечной емкости:  $\nu_c = (\nu_5 + \nu_{50} + \nu_{500}) \frac{300}{975}$ . Для N = 2 бара, программа выдает те же 19 шагов без учета нагрева.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Выражение состояния газа в системе через количества вещества значительно упрощает подсчет и ориентирует вектор дальнейшей работы на создание ряда комбинаций последовательностей открывания клапанов таких, чтобы получить требуемое давление за меньшее число шагов.

**Заключение.** в ходе работы была проанализирована газовая система, написан алгоритм способный распределить начальное давление по объемам емкостей и получить требуемое давление в конечной емкости. Написан алгоритм, позволяющий получить заданное давление в требуемой емкости с помощью комбинации количества вещества в других емкостях. В работе было учтено изменение температуры конечной емкости и определен вектор дальнейшей работы.