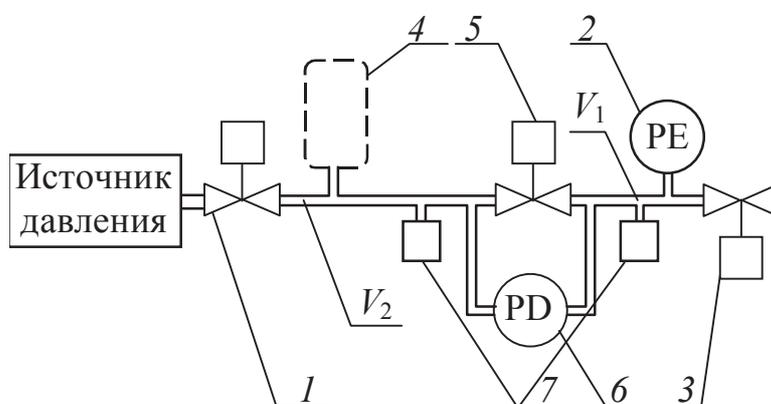


И.Г. Сухорукова, ассист.,
 Д.А. Гринюк, канд. техн. наук,
 И.О. Оробей, канд. техн. наук;
 (БГТУ, г. Минск)

АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ АЛГОРИТМА АКТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ВЕЛИЧИН ПРОТЕЧЕК ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ

В рамках данной конференции рассматривался модификация метода измерения величины протечки (рис. 1). Для этого используем симметричное (или компенсационное) детерминированное активное воздействие на два объема V_1 и V_2 с определенным заранее V_2 . Один из вариантов такой установки представлен на рис. 1.



1 – регулятор задающего давления; 2 – преобразователь давления; 3 – тестируемый вентиль (задвижка); 4 – дополнительный объем; 5 – дополнительный клапан управления; 6 – преобразователь перепада давления; 7 – источники синхронного воздействия на объемы

Рисунок 1 – Схема измерения герметичности с активным воздействием

Проведем расчеты требуемой мощности для стенда испытаний, исходя из условия не повышать температуру выше 1°C и максимальной длительности 5 с.

Для этого воспользуемся уравнением Менделеева – Клапейрона:

$$\frac{PV}{T} = \frac{m}{M}R. \quad (1)$$

где T – температура, К; m – масса; M – молярная масса; R – газовая постоянная.

Поскольку газ для испытаний проходит очистку и обезвоживается, то можно принять удельную газовую постоянную $R/M = 287 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$. По условию эксперимента объем не меняется, по-

этому в расчетах можно воспользоваться или объемной теплоемкостью $C_V = 0,0072 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$ или массовой $C_m = 1,005 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.

Требуемое количество энергии для изменения температуры можно рассчитать как

$$Q = mC_m \Delta T. \quad (2)$$

С другой стороны, светодиод мощностью N выделяет за единицу времени Δt количество энергии, равное

$$Q = N\Delta t. \quad (3)$$

Поскольку количество энергии до клапана и после клапана передается одинаковое, то, выразив из уравнения (2) массу и подставив в (2) с учетом (3), получаем выражение

$$\Delta t N = \frac{M}{R} \frac{PV}{T} C_m \Delta T. \quad (4)$$

При изохорном процессе, т. е. при не изменяющемся объеме, согласно второму закону Гей-Люссака, соблюдается условие

$$\frac{P}{T} = \text{const},$$

принимая объем $V_2 = 1 \text{ л}$ и температуру 18°C , задаем изменение температуры и соотношение объемов V_1 / V_2 , вычисляем массу и требуемую мощность и получаем зависимость перепада давления и мощности от соотношения объемов (рис. 2, 3).

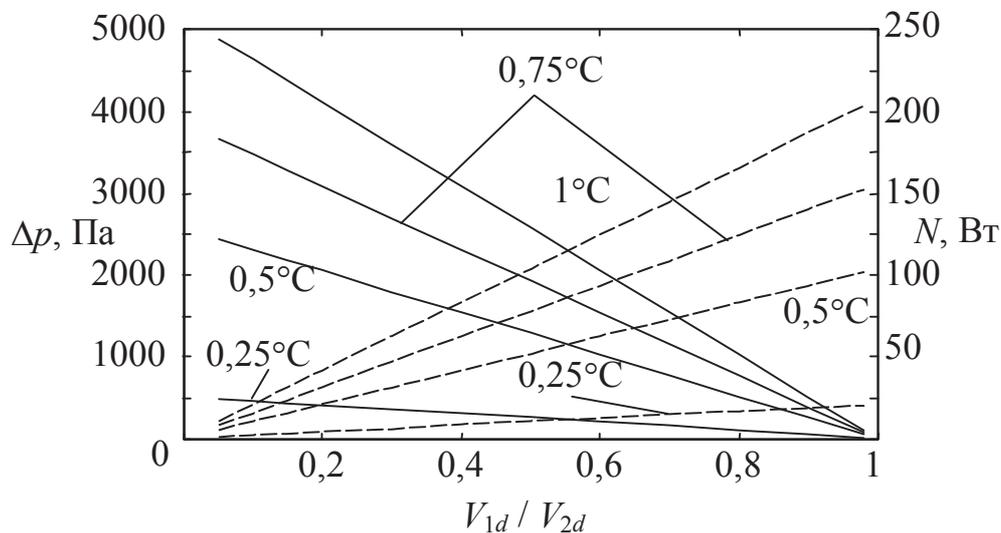


Рисунок 2 – Зависимость перепада давления Δp на клапане (—) и требуемой мощности N (---) от отношения объемов до и после клапана при разной степени нагрева воздуха и избыточном давлении 1,5 МПа

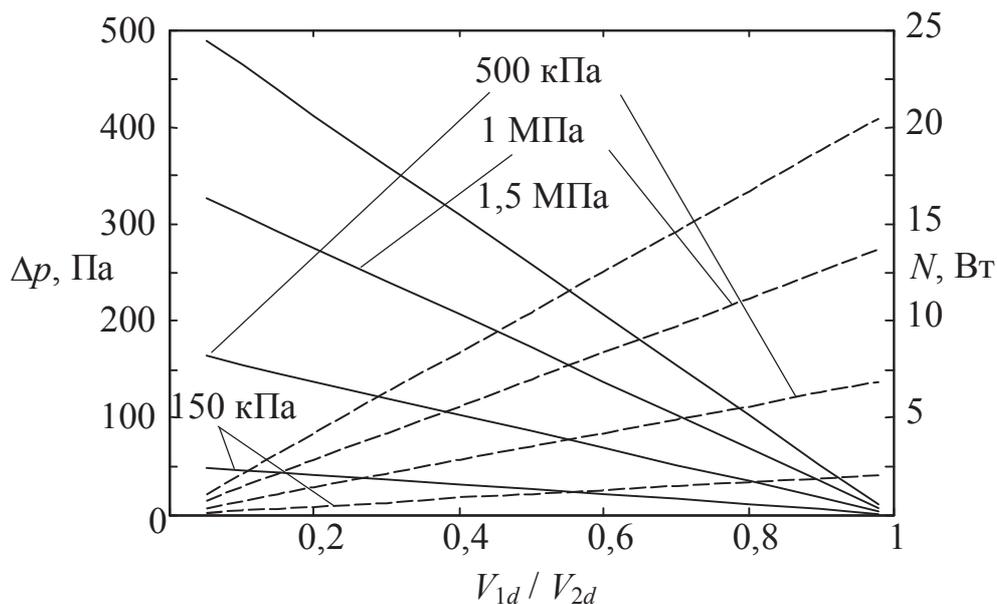


Рисунок 3 – Зависимость перепада давления Δp на клапане (–) и требуемой мощности N (–) от отношения объемов до и после клапана при разных значениях избыточного давления испытания и нагреве воздуха до $0,1^\circ\text{C}$

Приведенные графики показывают, что изменения будут достаточными для количественной оценки современными измерительными приборами. Несомненно, расчетные давления недостижимы, так как есть влияние газовой динамики и теплообмена с металлическими элементами конструкции.

Для проверки выдвинутых предположений был собран лабораторный стенд. В качестве средств измерения служил датчик перепада давления Δp Ispisens с максимальным перепадом давления 10 кПа и датчиком избыточного давления Endress+Hauser Cerabar M с диапазоном 0–200 кПа. Конструкция была собрана из набора сантехнических металлических элементов. В качестве клапанов использовались электромагнитные клапаны SMC с технологией «no leak». Меньший объем имел значение около 0,091 л. Объем пространства менялся за счет смены металлопластиковых труб различной длины. Регистрация сигналов и управление клапанов осуществлялась с помощью контроллера Vira 200. Модуль аналогового ввода с 12-bit АЦП на входе. Младшему значащему разряду соответствовало 4,88 Па для дифференциального датчика и 97,65 Па для датчика избыточного давления.

Давление во время испытаний устанавливалось близкое к предельному значению датчика избыточного давления 200 кПа. В качестве нагревателей использовались по три инфракрасных диода IR LED F5 при токе 30 мА, которые обеспечивали выделение мощности

0,135 Вт. Данной небольшой мощности нагревателя и слабой чувствительности измерительного преобразователя оказалось достаточно для обнаружения отклонения на несколько МЗР при 5 секундном воздействии (рис. 6). Время релаксации теплотехнического состояния не превышало 15 с. Для разработки практических рекомендаций требуется увеличить чувствительность дифференциального преобразователя.

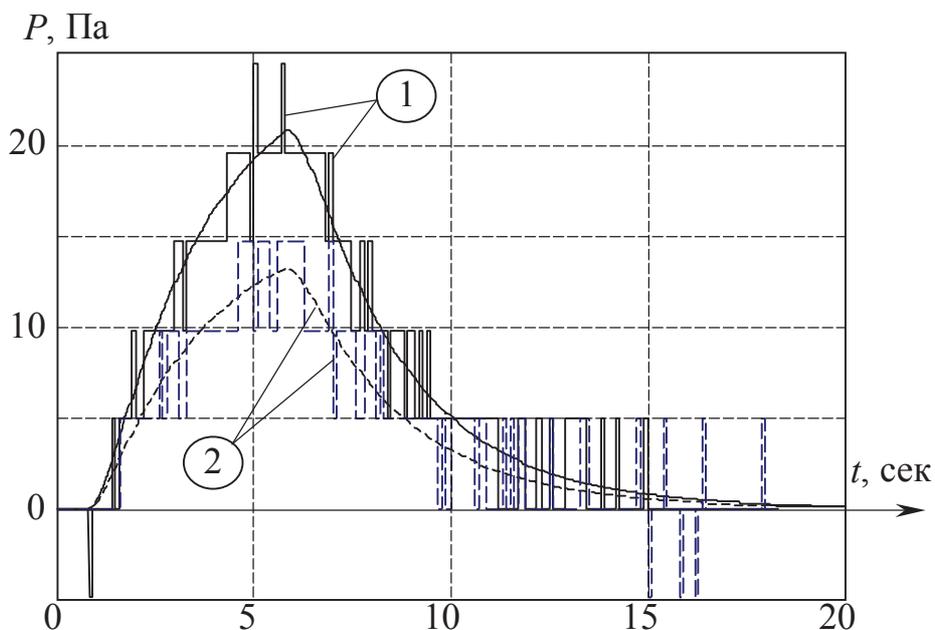


Рисунок 4 – Изменение перепада давления Δp и аппроксимация экспериментальных данных аperiodическими кривыми при соотношении объемов 1 : 4 до и после клапана (–) и 1 : 2 (––)

Разработанные алгоритмы по повышению чувствительности дифференциального метода на линии высокого давления за счет активного воздействия позволяют повысить чувствительность установок испытания запорной арматуры на величину протечек. Для реализации данного алгоритма на существующих установках стендовых испытаний можно обойтись серийными приборами выпускаемыми для автоматизации и управления.