

УДК 681.5

Д.А. Гринюк, доц., канд. техн. наук; И. Г Сухорукова, ст. преп.;
П.Д. Петручук, студ.; Г.А. Кустов, студ.
(БГТУ, г. Минск)

КОНТРОЛЬ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ

Герметичность очень широкое понятие. В инженерной среде его используют в приборах и методах неразрушимого контроля. Интенсивное развитие промышленности, сенсорики, новых вычислительных методов, автоматизации измерений и диагностики способствуют широкому кругу исследований в этом направлении.

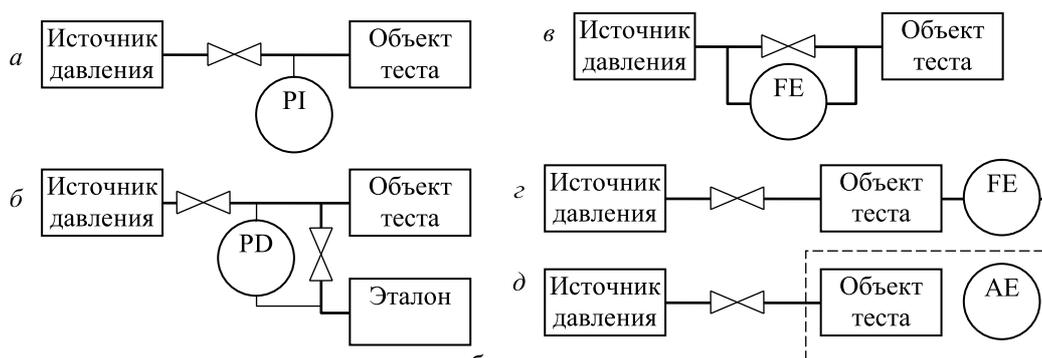
В промышленных условиях испытаний на герметичность интенсивно внедряются методы автоматического контроля. Особенно это касается испытаний запорной арматуры в условиях производства и ремонта. Установки, как правило, оснащены измерительными преобразователями с аналоговыми или цифровыми выходами, которые подключены к аппаратуре управления, регистрации, анализа и формирования протокола испытания. Чаще всего встречаются установки, структуры которых представлены на рис. 1.

Для испытаний используется подготовленный воздух. Достоинством таких подходов является:

- надежность, которая подтверждена многолетними испытаниями;
- достоверность и точность, которая обеспечивается серийными пробами;
- скорость проведения испытаний за счет автоматизации и внедрение вычислительной техники;
- низкая стоимость за счет использования типовой трубопроводной арматуры и приборов.

Решение на рис. 2, *а* для измерения герметичности использует изменение изменения давления в линиях высокого давления после достижения давления испытания и перекрытия входного клапана. Пересчет утечки осуществляется за счет уравнений газовых законов. Сильное влияние температуры и низкая точность.

Датчик дифференциального давления в схеме на рис. 2, *б* обеспечивает лучшую точность. Стоимость установки выше. Температура и идентичность эталонного устройства влияет на точность. Как и в первом случае необходимо пересчитывать перед давления в размер утечки.



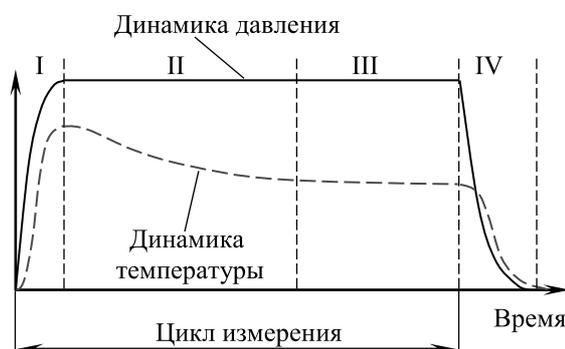
a – по изменению давления; *б* – по изменению перепада давления;
в – путем измерения массового расхода на входе; *г* – путем измерения массового расхода на входе; *д* – по изменению концентрации

Рисунок 1 – Структурные схемы испытания трубопроводной арматуры

Применение массового расходомера (рис.2, *в*) существенно повышает капитальные затраты, но точность может быть увеличена на порядок. Обеспечивается гибкость по диапазону давлений испытания и короткое время проведения тестов.

Подход на рис.2, *г* используется в основном для испытания запорной арматуры и обеспечивает хорошую чувствительность. Временные затраты и автоматизируемость хуже, чем у предыдущих вариантов. Последний метод требует источника гелия. Хорошая чувствительность, универсальность.

Для всех методов существуют отработанные алгоритмы испытаний, с помощью которых пытаются учесть различные физические аспекты влияющие на точность показаний. Практически для всех схем, в той или иной мере, характерно влияние на результат измерения переходных процессов температуры и давления (рис. 2), которые пытаются учесть тем или иным способом.



I – время установки давления; II – установка температурных процессов;
 III – период измерения; IV – сброс давления

Рисунок 3 – Вариант переходных процессов при испытаниях

При выборе схемы испытания следует обращать внимание на диапазоны допустимых скоростей утечек и давления испытаний давлением важными, что существенно влияет на стоимость установки. Нет смысла определять размеры значительно ниже допустимых значений. В условиях массовых испытаний также важным аспектом является время теста и эргономика рабочего места оператора.

Следует отметить, что стоит обращать внимание, что запорная арматура выпускается на различное рабочее давление. В тоже время размер утечки не всегда пропорционален рабочему давлению, очень часто наблюдаются нелинейные эффекты. При тестах лучше всего моделировать условия применения. Следует обращать внимание и на температуру эксплуатации. Имеет значение также влажность.

Испытание на герметичность в автоматическом режиме можно разделить примерно на четыре фазы: I – заполнение; II – балансировка, III – измерение, IV – сброс (рис. 2).

Отсекание первых двух этапов являются очень важным. Гидродинамические процессы, возникающие при заполнении, должна успокоиться.

Тепловые процессы более длительны, и их тяжелее всего стабилизировать. Температура воздуха редко совпадает с температурой детали и окружающей среду. Также происходит преобразование движения воздуха в изменение температуры. И если температура вследствие сжатия, расширения и трения обычно стабилизируется быстро, то нестабильность температуры из-за обмена энергией между деталью и воздухом может быть достаточно длительной.

С использованием уравнения Менделеева – Клапейрона можно нивелировать влияние дрейфов температуры. Применение современных методов численного анализа с использованием нейронных сетей, машинного обучения можно еще больше улучшить динамику и точность проверки арматуры на герметичность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сухорукова И. Г., Гринюк Д. А., Оробей И. О. Повышение чувствительности измерителя про-течек запорной арматуры // Труды БГТУ. 2015. № 6: Физ.-мат. науки и информатика. С. 132–136.

2. Гринюк Д. А., Сухорукова И. Г., Олиферович Н. М. Развитие систем контроля герметичности // Труды БГТУ. Сер. 3, Физико-математические науки и информатика. 2025. № 1 (290) (в печати).

3. Leak Test Handbook Measuring, Testing, Practical Use. URL: https://www.jwfl.com/fileadmin/userupload/downloadfiles/200423-jwfl-leaktestfibel_EN_LOWRES.pdf (accessed: 13.12.2024).