

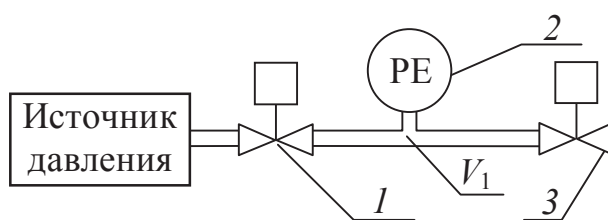
И.Г. Сухорукова, ассист.,
 Д.А. Гринюк, канд. техн. наук,
 И.О. Оробей, канд. техн. наук;
 (БГТУ, г. Минск)

АЛГОРИТМ ИЗМЕРЕНИЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ

Существует около 30 различных методов испытаний на герметичность [1-3]. Технологические испытания на герметичность занимают не последнее место в комплексе разнообразных испытаний изделий, проводимых для обеспечения качества создаваемой продукции. Энергетические, экологические, социальные и технологические аспекты диктуют для современных производств повышение требований к точности оценки герметичности. Как следствие, происходит постоянное развитие методов и устройств испытания изделий на герметичность для удовлетворения потребностей рынка.

Задача испытаний состоит в экспериментальной проверке объекта при действии или моделировании эксплуатационных нагрузок, возникающих внутри трубопровода. Согласно ГОСТ 9544–2005, испытания ведутся при нормальной температуре с соблюдением условий безопасности. Установив давление, равное испытательному, объект подвергают избыточному давлению на регламентированное время.

С учетом технических требований авторами был разработан ряд приборов [4]. Из этого ряда наиболее используемым является прибор на линии высокого давления (рис. 1).



1 – регулятор задающего давления; 2 – преобразователь давления;
 3 – тестируемый вентиль (задвижка)

**Рисунок 1 – Схема измерения протечек с чувствительным элементом
 в линии высокого давления**

Устройство работает следующим образом. Регулятором 1 устанавливается необходимое давление испытания, после чего отслеживается градиент изменения давления в объеме V_1 , возникающий из-за протечек в вентиле 3. Высокая чувствительность обеспечивается при

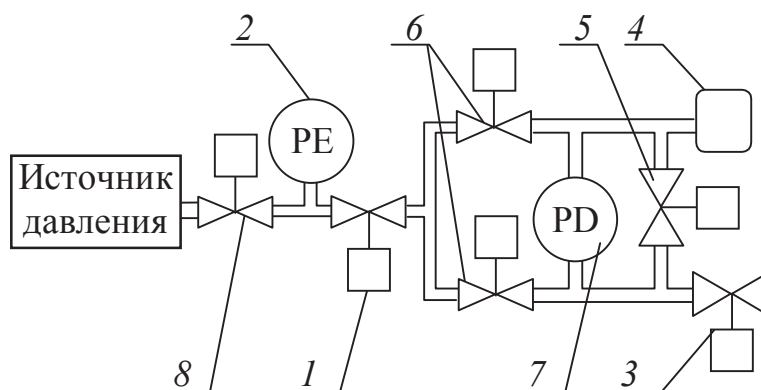
точном определении объема V_1 в линии высокого давления. Расчетное значение протечки V_0 за время Δt находится из выражения:

$$V_0 = \frac{V_1}{P_0} (P_1 - \Delta P), \quad (1)$$

где P_0 – атмосферное давление; P_1 – начальное давление в линии высокого давления; ΔP – уменьшение давления за время Δt .

Поскольку V_1 напрямую влияет на точность метода, а запорная арматура имеет сложную геометрию и большое разнообразие, то метод требует доработки. Как вариант, использование дифференциальной схемы, представленной на рис. 2 [2], состоит в оценке величины протечки по разности давления между линиями с эталонной и тестируемой арматурой.

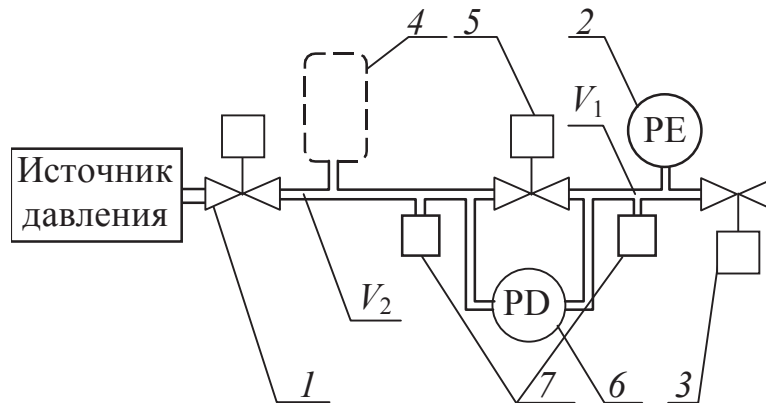
В то же время схема на рис. 2, насыщена большим количеством арматуры, что требует постоянного контроля за ее состоянием и увеличивает вероятность вносимых ею искажений в процесс измерений, к тому же она удобна только при наличии большого количества клапанов с одним типоразмером.



1 – регулятор задающего давления; 2 – преобразователь давления; 3 – тестируемый вентиль (задвижка); 4 – дополнительный объем или сравнительный вентиль (master); 5 – управляемый уравнивающий клапан; 6 – изолирующие клапаны линий; 7 – датчик перепада давления; 8 – регулятор задающего давления

Рисунок 2 – Схема установки измерения протечки с использованием дифференциальной схемы с эталоном

Повысить чувствительность схемы на рис. 1 до уровня или выше схемы на рис. 2 можно путем определения объема V_1 при каждом тестировании запорной арматуры. 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. 3.



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 3 – Модификация схемы, приведенной на рис. 1, для определения объема V_1

Динамическое управление клапаном 5 (рис. 3) в процессе испытания вместе с дифференциальным датчиком перепада давления позволяет получить существенный выигрыш в чувствительности по сравнению с использованием анализа тренда ΔP датчика избыточного давления (схема на рис. 1) за счет прямого измерения ΔP отдельным измерительным прибором (позиция 6, рис. 3) с более узким диапазоном измерения.

Работа схемы предполагает установку необходимого тестируемого давления по датчику 2 при открытом клапане 5. После чего происходит закрытие клапана 1. С началом тестирования осуществляется закрытие клапана 5. В случае резкого увеличения перепада давления при некотором значении происходит уравнивание давлений и повторное закрытие клапана 5. Данная процедура может быть повторена несколько раз в течение одного цикла процесса диагностики запорной арматуры. Для пересчета спада давления в величину протечки через объем свободного пространства между клапаном и запорной арматуры предлагается в начале измерения осуществить синхронное воздействие на объемы V_1 и V_2 . Возникший импульс перепада давления на закрытом клапане 5 будет пропорционален разности в объемах.

Чувствительность датчика можно выбирать максимальной, исходя из минимальных протечек, которые будут контролироваться на данном стенде испытания. Если сигнал с датчика перепада давления будет достигать максимального значения, можно будет снова уравнивать давления в областях V_1 и V_2 путем открытия клапана 5, а затем снова его закрыть и фиксировать перепад давления. Тем самым будет

осуществляться преобразование перепада давления в интервал времени, который обладает интегральной характеристикой протечки и фиксируется с большей точностью современными измерительными средствами, построенными на микропроцессорах.

Поскольку для интерпретации перепада давления в величину протечки следует знать точное значение объема воздуха V_1 , то предлагается для его определения использовать активную схему определения. Наилучшим решением для этого будет одновременное незначительное механическое изменение объемов до и после клапанов с помощью электродвигателей через редукторы. Давление на закрытом клапане будет изменяться пропорционально в зависимости от отличий объемов. Для исключения переходных явлений изменять объемы до и после клапана можно по рассчитанным законам с плавным изменением и временными выдержками для устранения влияния переходных процессов. Возможна и компенсационная схема перепада давления в скользящем режиме за счет изменений объемов и пересчет в протечку за счет энкодеров на валах двигателей. Данное решение обладает возможностями варьирования алгоритмов движения для обеспечения высокой точности измерения. Одним из самых простых воздействий является тепловое воздействие на воздух. Его можно осуществить нагревателями или мощными инфракрасными диодами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сухорукова И. Г. Анализ методов измерения герметичности конструкций для автоматического испытания запорной арматуры // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информатика. 2009. Вып. XVII. С. 125–129.

2. The United States Patent and Trademark Office: <http://patft.uspto.gov/> (accessed 25.01.2015) Leak rate measuring device: pat. 7331216 USA, G01M 3/20 (20060101) / L. Gerdau, R. Rolff, R. Kilian; Assignee Inficon GmbH. № 10/558,164; appl. 12.10.2004; filed 19.01.2008.

3. The United States Patent and Trademark Office: <http://patft.uspto.gov/> (accessed 25.01.2015) System and method for utility metering and leak detection: pat. 7412876 USA, IPC (20060101) G01M 3/02 (20060101) / L. Kates; Assignee Corona Del Mar. № 11/761760; appl. 16.12.2007; filed 19.08.2008.

4. Гринюк Д. А., Оробей И. О., Сухорукова И. Г. Приборы измерения утечек запорной арматуры // Материалы, технологии, инструменты. 2009. № 4. С. 107–111.