

А. А. Сафиуллин, М. В. Погодин, Н. И. Сибгатуллин,
И. Д. Арзамасов, Р. И. Ганиев

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ МЕЖПОВЕРОЧНОГО ИНТЕРВАЛА СТАНДАРТНЫХ ДИАФРАГМ

Ключевые слова: межповерочный интервал, стандартная диафрагма.

В статье рассмотрен метод оценки возможности увеличения межповерочного интервала стандартных диафрагм, изготовленных в соответствии с ГОСТ 8.586.2-2005 [1]. Оценка проводится на основе допустимого увеличения неопределенности измерения расхода вызванного изменением геометрических параметров диафрагмы.

Keywords: calibration interval, standard orifice plate.

The article presents a method of assessment possibility of increase calibration interval standard orifice plates made in accordance with GOST 8.586.2-2005[1]. Evaluation is based on a permissible increase in uncertainty flow measurement, caused by changes in the geometric parameters of the orifice plates.

Введение

На протяжении нескольких последних лет в расходомерии активно внедряются новые средства измерения (СИ) расхода и количества жидкостей и газов, основанные на ультразвуковом, вихревом и других принципах. Однако, в большинстве систем измерения расхода и количества энергоносителей по-прежнему применяются расходомеры переменного перепада давления на базе стандартных сужающих устройств (диафрагм) (РППД), оставаясь наиболее значимыми в коммерческом отношении [2]. Обусловлено это возможностью применения практически при любых значениях температур и давлений, большая пропускная способность, надежность работы, точность измерений [3]. Но существуют также факторы, усложняющие эксплуатацию РППД. Определяющим фактором эксплуатационных затрат для РППД является поверка диафрагм согласно ПР 50.2.022-96 [4], связанная с большой трудоемкостью работ по их демонтажу и монтажу, транспортировке, устранению дефектов и проведению метрологических операций.

В настоящее время диафрагмы поверяются один раз в год. При этом следует отметить, что данный межповерочный интервал (МПИ) принят независимо от измеряемой среды и условий эксплуатации. Поэтому весьма актуальной является задача корректировки МПИ диафрагм.

Теоретическая часть

Область применения диафрагм относится к таким, что произвольная и выборочная поверка диафрагм невозможна без остановки процесса на профилактические работы. Диафрагма рассчитана на непрерывную работу без остановки процесса. Следовательно, детерминистский подход к решению вопроса об увеличении МПИ является более предпочтительным, чем статистический подход.

Расчет МПИ диафрагм основан на установлении временной зависимости изменения геометрических параметров диафрагмы от условий эксплуатации диафрагмы. Условия эксплуатации

включают следующие характеристики:

- типоразмер диафрагмы (относительный диаметр);
- тип рабочей среды;
- физические параметры среды (температура, давление, вязкость и др.);
- степень чистоты среды (однородная, с примесями, наличие и размеры твердых частиц);
- диапазон изменений числа Рейнольдса.

Из всех геометрических параметров диафрагмы, влияющих на метрологические характеристики РППД, наиболее подверженным к изменению во времени при непрерывной эксплуатации является радиус закругления входной кромки диафрагмы.

Регламентируемый в РМГ 74 – 2004 [5] метод определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений (СИ) на основании моделирования зависимости показателей точности или метрологической надежности СИ от времени (наработки), прошедшего с момента последней поверки, является неприменимым для СУ.

Задача определения МПИ для диафрагм рассматривается как задача определения надежности СИ по скрытым метрологическим отказам (метрологической надежности), под которыми принимаются скрытые отказы, связанные с выходом метрологических характеристик СИ за пределы допустимых значений. Скрытым метрологическим отказом при поверке является уход радиуса входной кромки диафрагмы за пределы допустимого, т.е. уход коэффициента притупления диафрагмы за пределы допустимого значения. Следовательно, скрытый отказ будет отсутствовать при условии:

$$K_{\Pi} \leq K_{\Pi}^{\text{доп}}, \quad (1)$$

где K_{Π} – коэффициент притупления диафрагмы;

$K_{\Pi}^{\text{доп}}$ – предел допустимого коэффициента притупления диафрагмы.

Коэффициент притупления диафрагмы $K_{П}$ определяется отношением:

$$K_{П} = K_{Пк} / K_{Пн} \quad (2)$$

где $K_{Пк}$ - поправочный коэффициент, учитывающий притупление входной кромки диафрагмы, определяемый в конце МПИ;

$K_{Пн}$ - первоначальный поправочный коэффициент, учитывающий притупление входной кромки диафрагмы, определяемый в начале МПИ.

Первоначальный поправочный коэффициент $K_{Пн}$, учитывающий притупление входной кромки диафрагмы, определяемый в начале МПИ, согласно [1] равен:

$$K_{Пн} = \begin{cases} 1 & \text{при } r_k < 0,0004 \times d \\ 0,9826 + \left(\frac{r_k}{d} + 0,0007778\right)^{0,8} & \text{при } r_k \geq 0,0004 \times d \end{cases} \quad (3)$$

где r_k - значение начального радиуса входной кромки диафрагмы, определяемый визуально в начале МПИ. Принимается равным $0,04 \cdot 10^{-3}$ м.

d - диаметр отверстия диафрагмы.

Поправочный коэффициент $K_{Пк}$, учитывающий притупление входной кромки диафрагмы, определяемый в конце МПИ, равен:

$$K_{Пк} = \begin{cases} 1 & \text{при } \bar{r}_k < 0,0004 \times d \\ 0,9826 + \left(\frac{\bar{r}_k}{d} + 0,0007778\right)^{0,8} & \text{при } \bar{r}_k \geq 0,0004 \times d \end{cases} \quad (4)$$

где \bar{r}_k - средний радиус входной кромки диафрагмы за МПИ, м, определяемый по формуле:

$$\bar{r}_k = a - \left(\frac{a}{r_y}\right) \left(a - r_k\right) \left(1 - e^{-\frac{a}{r_y}}\right) \quad (5)$$

где a - параметр, учитывающий тип измеряемой среды. Принимают равным, $0,195 \cdot 10^{-3}$;

r_y - межконтрольный интервал радиуса входной кромки диафрагмы, год.

Предел допустимого притупления диафрагмы $K_{П}^{доп}$, определяется значением, когда дополнительная неопределенность от притупления входной кромки не превышает одной трети расширенной неопределенности коэффициента истечения диафрагмы:

$$K_{П}^{доп} \leq 1 + \frac{1}{3} \times \frac{U_{co}}{100} \quad (6)$$

где U_{co} - расширенная неопределенность коэффициента истечения диафрагмы, рассчитываемая по формуле:

$$U_{co} = \begin{cases} 0,7 - \beta & \text{при } 0,1 \leq \beta < 0,2 \\ 0,5 & \text{при } 0,2 \leq \beta \leq 0,6 \\ 1,6678 - 0,5 & \text{при } 0,6 < \beta \leq 0,75 \end{cases} \quad (7)$$

где β - относительный диаметр отверстия СУ.

Таким образом, допустимый МПИ диафрагмы определяется из формулы для радиуса

входной кромки за межповоротный интервал (5) при соблюдении условия (1):

$$K_{П}^{доп} - \frac{K_{Пк}}{K_{Пн}} \geq 0 \quad (8)$$

Условие (8) позволяет определить предельное значение отношения среднего радиуса закругления входной кромки диафрагмы к диаметру отверстия диафрагмы и, соответственно, минимальное значение относительного диаметра отверстия диафрагмы.

Экспериментальная часть

В качестве примера выбраны 26 РППД, работающих на узлах учета природного газа. Отрицательных результатов при периодических поверках диафрагм в течении времени с 1992 по 2013 год не выявлено, при этом время эксплуатации каждой диафрагмы составило не менее 4 лет.

Внутренние диаметры измерительных трубопроводов (ИТ), мм: 513; 453,1; 360,9.

Относительные диаметры диафрагм: от 0,1 до 0,75;

Параметры измеряемой среды: рабочая среда – природный газ;

Рабочие параметры потока газа:

– избыточное давление газа, МПа: от 0,54 до 0,66;

– температура газа, °С: от минус 20 до 30;

– чистота среды, г/м³: содержание механических примесей не более 0,001;

– характеристики фазы среды – однофазная;

– диапазон чисел Рейнольдса – от $8,4 \cdot 10^5$ до $8,5 \cdot 10^6$.

На основе исходных данных был построен график зависимости МПИ диафрагм от относительного диаметра диафрагм и диаметра ИТ, представленный на рис. 1.

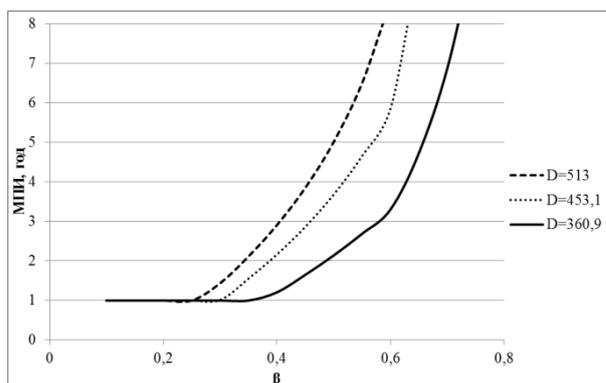


Рис. 1 - Зависимость МПИ диафрагм от относительного диаметра диафрагм и диаметра ИТ

Выводы

Как видно из рис. 1, величина МПИ существенно зависит от диаметра трубопровода и относительного диаметра диафрагмы. На ИТ большого диаметра и диафрагмами с большими относительными диаметрами допускается увеличение МПИ, что с физической точки зрения совершенно очевидно, т.к. при этих условиях

скорость среды в отверстии диафрагмы становится меньше и, как следствие, оказывается меньшее воздействие, притупление входной кромки диафрагмы происходит медленнее.

Однако, решение об увеличении МПИ должно приниматься для каждой диафрагмы индивидуально с учетом условий ее эксплуатации, параметров потока среды и статистических данных о времени безотказной диафрагмы.

Литература

1. ГОСТ 8.586.2-2005 (ИСО 5167-2:2003). Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 2. Диафрагмы. Технические требования. Введ. 2007-01-01. – М.: Стандартинформ, 2007 – 38 с.
2. Фафурин В.А. Анализ параметров численных методов

при расчете метрологических характеристик расходомеров на базе стандартной диафрагмы/ В.А. Фафурин, В.В. Фелелов, И.А. Яценко// Вестник Казан. технол. ун-та. -2011. - №23. – С.136-141.

3. Фафурин А.В. Точность измерения расхода сужающими устройствами / А.В. Фафурин, М.Л. Шустрова// Вестник Казан. технол. ун-та. -2011. - №22. – С.145-148.
4. ПР 50.2.022–99. Государственная система обеспечения единства измерений. Порядок осуществления государственного метрологического контроля и надзора за применением и состоянием измерительных комплексов с сужающими устройствами.– Введ. 1999–10–01.– 15 с.
5. РМГ 74 – 2004. Государственная система обеспечения единства измерений. Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений. – Введ. 2005–03–01.– 22 с.

А. А. Сафиуллин - магистрант каф. САУТП КНИТУ, saf.art@mail.ru; **М. В. Погодин** – магистрант той же кафедры, 813131@inbox.ru; **Н. И. Сибгатуллин** – асп. той же кафедры, sniff19@yandex.ru; **И. Д. Арзамасов** – магистрант той же кафедры, arzamasov777@yandex.ru; **Р. И. Ганиев** – к.т.н., доц. той же кафедры, ganiev@ooostp.ru.