

УДК 620.179.162

А. Г. ОТОКА, Н. А. КАРТУЗОВ, Белорусская железная дорога; О. В. ХОЛОДИЛОВ, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

## ПРОВЕРКА ГЕРМЕТИЧНОСТИ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО И ГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПУЗЫРЬКОВЫМ МЕТОДОМ НА ПРИМЕРЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАТКИ ГОМЕЛЬСКОГО ВАГОННОГО ДЕПО

Рассмотрена возможность использования для контроля герметичности рукавов газового и пневматического оборудования, применяемого на ремонтном производстве Гомельского вагонного депо, пузырькового метода течеискания. Описана технология контроля как с погружением в воду, так и путём нанесения мыльного раствора из пульверизатора.

Контроль герметичности (течеискание) занимает важное место в системе неразрушающего контроля [1].

Параметр герметичности является одним из основных, когда речь идет о надежной и безопасной эксплуатации таких объектов, как хранилища и трубопроводы нефтепродуктов и газа, ядерные установки, резервуары с химическими реактивами, системы самолетов, ракет, кораблей.

Течеискание относится к виду НК, основанному на обнаружении пробного вещества, проникающего через течь. Методы течеискания предназначены для оценки степени негерметичности объекта контроля, а также для локализации течей как в основном материале, так и в соединениях различного типа: сварных, паяных, разъемных и т. п.

В зависимости от направления движения потока различают понятия «натекание» и «утечка», которые соответственно означают проникновение вещества внутрь либо изнутри герметизированного изделия через течи под действием перепада полного или парциального давления либо под действием капиллярных сил при использовании жидкостных методов контроля герметичности.

Наглядное представление о примерном соотношении скорости натекания, размера (диаметра) течи и фактического проявления течи дает таблица 1.

Таблица 1 – Соотношения скорости натекания, диаметра и фактического проявления течи

Скорость натекания, м <sup>3</sup> Па/с	Размер (диаметр) течи, мм	Фактическое проявление течи при Δр = 1 бар
10 <sup>+1</sup>	1,0	Истечение воды струей
10 <sup>-1</sup>	0,1	Вытекание воды по капле
10 <sup>-3</sup>	0,03	Водонепроницаемая / газопроницаемая течь
10 <sup>-5</sup>	0,003	1 воздушный пузырек (≈ 1мм <sup>3</sup> ) за 10 с
10 <sup>-7</sup>	0,0001	Утечка газа объемом 1 см <sup>3</sup> за 12 дней
10 <sup>-9</sup>	–	Утечка газа объемом 3 см <sup>3</sup> за 1 год
10 <sup>-11</sup>	–	Утечка газа объемом 1 см <sup>3</sup> за 300 лет

В данной статье рассмотрим газовый метод течеискания на примере изготовленной технологической оснастки (рисунок 1) в Гомельском вагонном депо (рационализаторское предложение от 05.09.2022 № 2448/2).

Газовые методы течеискания являются более чувствительными, чем жидкостные, поскольку пробное вещество – газы значительно легче проходят через мелкие сквозные дефекты. Газовые методы контроля

применяют исключительно для испытания замкнутых объемов. Самый простой из газовых методов – пузырьковый, заключающийся в погружении изделия, в котором с помощью, например, воздуха создано избыточное давление, в водяную ванну и регистрации мест течи по появляющимся пузырькам.

Сущность пузырькового метода контроля герметичности заключается в регистрации локальных утечек в объекте по появлению пузырьков контрольного газа в индикаторной жидкости или на индикаторном покрытии. Метод применяется для контроля герметичности емкостей, гидравлических и газовых систем, находящихся под избыточным давлением [2].

Если размеры изделия велики и в ванну его не поместить, то наружную поверхность изделия покрывают пенообразующим веществом (мыльным раствором) и места течи фиксируют по мыльным пузырькам.



Рисунок 1 – Технологическая оснастка для контроля герметичности:

1 – ванна (бак емкостью 340 литров) с технической водой; 2 – решетка фиксации объектов испытания под водой; 3 – манометр давления основной, фиксирующий подачу пробного газа (кислорода); 4 – манометр давления дублирующий; 5 – кран разобшительный 372 4300В УХЛ1 для подачи рабочего газа в объект испытания (открытое положение – вдоль трубы), перекрытия рабочего газа из баллона и сброса рабочего давления из объекта испытания в атмосферу (закрытое положение – поперек трубы); 6 – источник пробного газа (баллон с кислородом)

На практике технологическая оснастка отлично зарекомендовала себя для испытания рукавов газового и пневматического оборудования, в том числе газовых резаков. Возможно использование оснастки для испытания других объектов как с погружением в воду, так и путем нанесения мыльного раствора из пульверизатора.

Формула для оценки порога чувствительности при индикации потока газа имеет вид [3]

$$- \text{ для «аквариумного» способа } \frac{\pi d_{\min}^3}{\tau} \left( \frac{4\sigma}{d_{\min}} + \rho gh + p_a \right);$$

$$- \text{ для способа обмыливания } \frac{\pi d_{\min}^3}{\tau} \left( \frac{4\sigma}{d_{\min}} + p_a \right),$$

где  $d_{\min}$  – наименьший регистрируемый диаметр пузырька;  $\tau$  – время от момента образования пузырька до его отрыва;  $\sigma$  – коэффициент поверхностного натяжения;  $\rho$  – плотность индикаторной жидкости;  $g$  – ускорение свободного падения;  $h$  – высота слоя индикаторной жидкости;  $p_a$  – атмосферное давление.

Контроль пневматическим способом путем погружения объекта испытания в воду называют еще «аквариумным способом». Испытание осуществляется в такой последовательности:

- контролируемое изделие помещается в емкость;
- в изделии создается испытательное давление пробного газа (давление принимается равным рабочему);
- в емкость заливается жидкость до уровня не менее 100–150 мм над контролируемой поверхностью изделия.

Признаком течи в изделии является образование всплывающих к поверхности жидкости пузырьков воздуха, периодически образующихся на определенном участке поверхности изделия, или строчки пузырьков (рисунок 2).

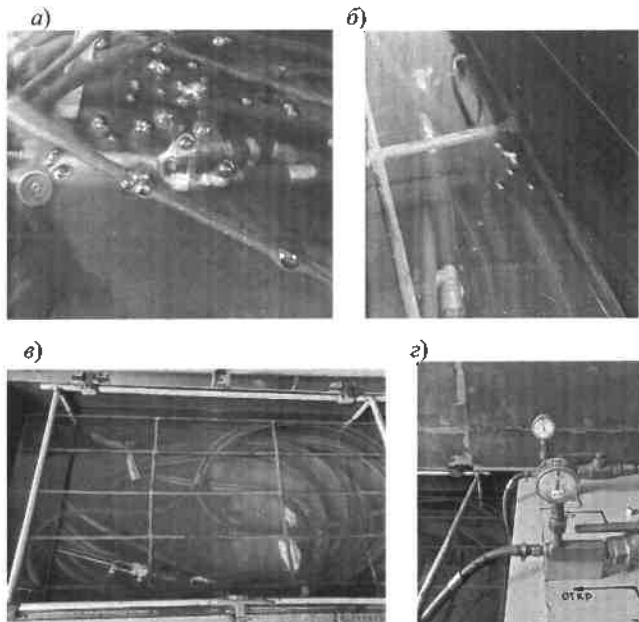


Рисунок 2 – Испытание на герметичность кислородного и пропанового рукавов совместно с газовым резаком при рабочем давлении 1,25 МПа:

*a* – регистрация утечки сжатого воздуха с резового входного соединения, предназначенного для горючего газа; *b* – регистрация утечки сжатого воздуха с вентиля подачи кислорода; *c* – общий вид испытания под давлением после устранения утечек путем поджатия регулировочных элементов и резовых соединений (отсутствие пузырьков пробного газа); *d* – фиксация рабочего давления одновременно в двух рукавах

Испытание резаков на газонепроницаемость (герметичность всех соединений и плотность закрытия вентиля) проводят не реже 1 раза в месяц. Значение исп-

тательного давления для резаков служит максимальное рабочее давление, указанное в паспорте резака.

Большие дефекты чаще всего «выдают себя» сразу. По строчке пузырьков на рисунке 2 отчетливо видно, что утечки сжатого воздуха резового соединения резака (см. рисунок 2, *a*) превышают утечки с вентиля подачи кислорода (см. рисунок 2, *b*).

Не реже 1 раза в три месяца редуктора, рукава газовых резаков, находящиеся в эксплуатации, подвергаются испытаниям с использованием рабочих газов на давление: один конец рукава присоединяют к источнику давления, второй конец рукава заглушают. Постепенно повышают давление до испытательного 1,25 МПа и выдерживают рукав при этом давлении не менее 10 мин [4].

Испытание можно проводить отдельно рукавам для пневматических систем (рукава подачи сжатого воздуха к испытательным стандам, гайковертам, шлифовальным машинам и т. д.). Для реализации испытания потребуются резовые переходники различных диаметров, торцевые заглушки в виде болтов для создания замкнутого контура. В качестве вспомогательных инструментов используют гаечные ключи, отвертки и др.

Контроль пневматическим способом путем нанесения мыльного раствора на объект контроля осуществляется в такой последовательности:

- в контролируемом изделии создается требуемое избыточное давление пробного газа;
- мягкой волосяной кистью или краскораспылителем на контролируемую поверхность изделия наносится пенообразующий состав и осуществляется визуальное наблюдение.

Время наблюдения за состоянием поверхности при нанесении мыльной эмульсии составляет не более 2–3 мин после ее нанесения на поверхность.

Таким способом проверяют зачастую редуктора для газопламенной обработки, отдельные участки рукавов и их соединения, которые невозможно поместить под воду при испытании и т. д.

Как показывает практика, течи в резовых соединениях легко устраняются путем регулировки зажатия накладных элементов. При нахождении мест течи в резиновых рукавах, определяется дефектный участок с последующим его вырезанием (рисунок 3).

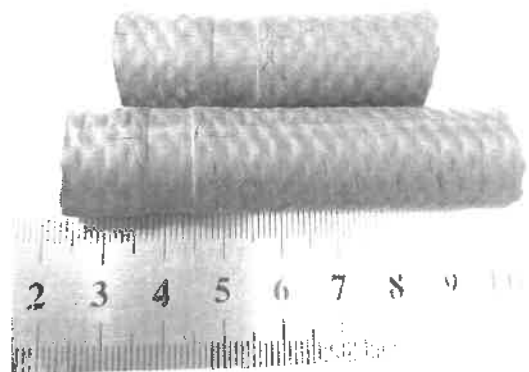


Рисунок 3 – Фрагменты вырезанных участков газовых резиновых рукавов типа Ш-9-2 в местах течи после испытания на герметичность с помощью технологической оснастки

После этого ставится вопрос о возможности использования резинового рукава в дальнейшем т. к. дефект-

ный участок может быть в начале или в середине рукава, что влияет на его длину в эксплуатации.

Испытания проводятся ответственным лицом, результаты испытаний записываются в журнале в соответствии с утвержденной формой на предприятии.

Замена сопел, ниппелей и инжекторов горелок и резаков, находящихся в эксплуатации, допускается производить электрогазосварщиком.

Эксплуатация оборудования, не прошедшего периодические осмотры и испытания, не допускается.

В связи с участвовавшими случаями забраковки резиновых рукавов газовых и пневматических систем, газовых резаков сторонними организациями (после проведения периодических испытаний в соответствии с ТНПА), изготовление технологической оснастки в Гомельском вагонном депо позволило сократить дополнительные необоснованные затраты на ремонт, приобретение новых материалов, повторную транспортировку и испытания и др.

Получено 22.05.2023

**A. G. Otoka, N. A. Kartuzov, O. V. Kholodilov.** Tightness check of pneumatic and gas equipment by the bubble method on the example of technological equipment of the Gomel car depo.

The possibility of using the bubble leak detection method to control the tightness of the sleeves of gas and pneumatic equipment used in the repair production of the Gomel car depot is considered. The control technology is described both with immersion in water and by applying a soap solution from a spray bottle.

Использование стенда позволяет в любое время провести испытание объектам сразу «на месте» в случае подозрения на утечку, что говорит о безопасности использования их на производстве.

#### Список литературы

1 Контроль герметичности. Т. 2. Кн. 1. Неразрушающий контроль : справ. / А. И. Евлампиев [и др.] ; под ред. В. В. Ключева. – М. : Машиностроение, 2003. – 339 с.

2 Натаназль Р. Мобильные методы контроля герметичности / Р. Натаназль, А. Ф. Иванков, Т. В. Сингаевская // В мире неразрушающего контроля. – 2009. – № 2(44). – С. 11–13.

3 ГОСТ 24054–80. Изделия машиностроения и приборостроения. Методы испытаний на герметичность. Общие требования. – Введ. 01.01.1987. – 8 с.

4 Правила Министерства топлива и энергетики Республики Беларусь от 12.02.96 «Безопасности при работе с механизмами, инструментом и приспособлениями (ПБМИП)», 1996. – 9 с.