

Жежеря Николай Илларионович

**ПОРОГ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПУЗЫРЬКОВОГО МЕТОДА ИСПЫТАНИЙ ИЗДЕЛИЙ НА
ГЕРМЕТИЧНОСТЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЫ**

Рассмотрен порог чувствительности способов пузырькового метода испытаний изделий на герметичность: пузырькового обычного, пузырькового дифференциального и пузырькового дифференциального с периодическими изменениями давления сжатого воздуха в эталонной емкости и изделия и дросселировании части сжатого воздуха из изделия в атмосферу. Установлено, что порог чувствительности пузырькового дифференциального с периодическими изменениями давления сжатого воздуха в эталонной емкости и изделия и дросселировании части сжатого воздуха из изделия в атмосферу способа на два порядка ниже по сравнению с пузырьковым дифференциальным способом или на четыре порядка ниже по сравнению с обычным пузырьковым способом.

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2013/7/18.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2013. № 7 (74). С. 62-65. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2013/7/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

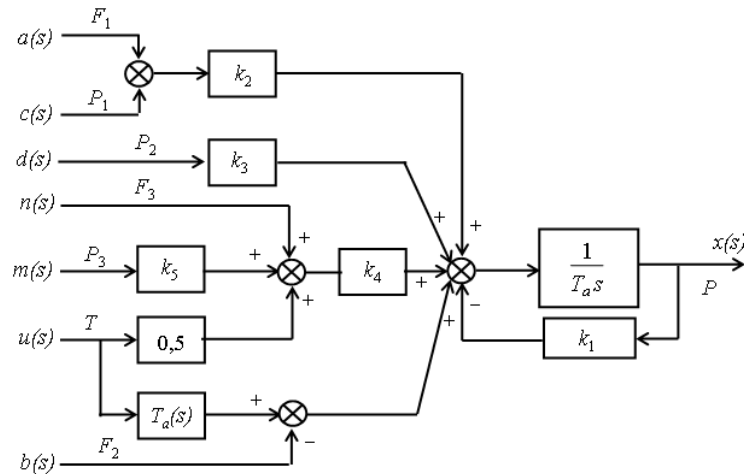


Рис. 2. Схема идентификации процесса прогрева изделия, контролируемого на герметичность перегретым водяным паром

Список литературы

1. Башта Т. М. Машиностроительная гидравлика: справочное пособие. Изд-е 2-е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1971. 672 с.
2. Емцев Б. Т. Техническая гидромеханика: учебник для вузов / М-во высш. и средн. образования СССР. Изд-е 2-е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1987. 440 с.
3. Жежера Н. И. Железнодорожная цистерна, испытываемая на герметичность жидкостью, как объект автоматического управления // Альманах современной науки и образования. 2012. № 8. С. 42-47.
4. Жежера Н. И. Развитие теории и совершенствование автоматизированных систем испытаний изделий на герметичность: дисс. ... д.т.н.: 05.13.06. Оренбург: ОГУ, 2004. 441 с.
5. Жежера Н. И. Сепарационная установка газ-нефть как объект автоматического управления по давлению газа // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 5. С. 58-64.
6. Жежера Н. И. Сепарационная установка газ-нефть как объект автоматического управления по уровню жидкости // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 6. С. 49-55.
7. Жежера Н. И., Евсюкова Н. А. Отстойник нефтяного шлама как объект автоматического управления по уровню жидкости // Альманах современной науки и образования. 2012. № 12: в 2-х ч. Ч. 2. С. 44-49.
8. Жежера Н. И., Кравченко В. В. Математическое описание редуцированных установок тепловых электростанций и котельных агрегатов при докритическом течении водяного пара // Вестник Оренбургского государственного университета. Оренбург: ОГУ, 2000. № 2. С. 106-109.
9. Иващенко Н. Н. Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем: учеб. пособие для вузов / Мин-во высш. и средн. спец. образования СССР. Изд-е 4-е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1978. 736 с.

УДК 681.5:620.165.29.008.6

Технические науки

Рассмотрен порог чувствительности способов пузырькового метода испытаний изделий на герметичность: пузырькового обычного, пузырькового дифференциального и пузырькового дифференциального с периодическими изменениями давления сжатого воздуха в эталонной емкости и изделия и дросселировании части сжатого воздуха из изделия в атмосферу. Установлено, что порог чувствительности пузырькового дифференциального с периодическими изменениями давления сжатого воздуха в эталонной емкости и изделия и дросселировании части сжатого воздуха из изделия в атмосферу способа на два порядка ниже по сравнению с пузырьковым дифференциальным способом или на четыре порядка ниже по сравнению с обычным пузырьковым способом.

Ключевые слова и фразы: пузырьковый метод; способ; камера; изделие; испытания; герметичность; порог чувствительности; сжатый воздух; дросселирование; микрощель.

Жежера Николай Илларионович, д.т.н., профессор
Оренбургский государственный университет
nik-gegera@rambler.ru

ПОРОГ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПУЗЫРЬКОВОГО МЕТОДА ИСПЫТАНИЙ ИЗДЕЛИЙ НА ГЕРМЕТИЧНОСТЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЫ[©]

Пузырьковый метод испытаний изделий на герметичность согласно ГОСТ 24054-80 [1] состоит в том, что «Изделие подключают к пузырьковой камере и подают в него пробный газ под давлением. О негерметичности

судят по интенсивности появления пузырьков газа в камере после стабилизации системы». Это обычный способ реализации пузырькового метода испытаний изделий на герметичность, который может быть реализован с использованием устройства, приведенного на Рисунке 1. На этом рисунке: 1 – источник сжатого воздуха, 2 и 3 – вентили, 4 – испытываемое на герметичность изделие, 5 – барботажная трубка, 6 – пузырьковая камера с прозрачной стенкой.

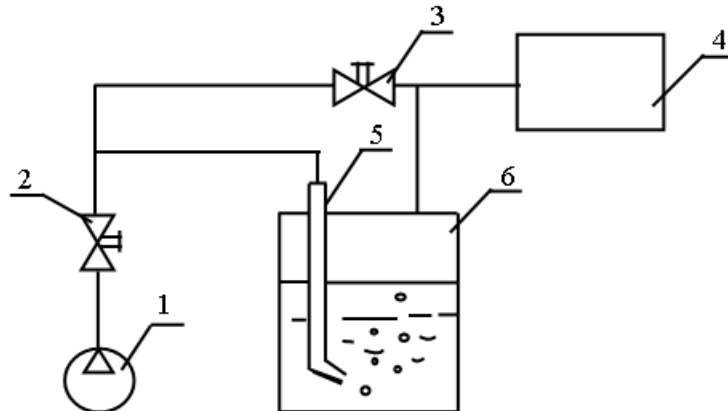


Рис. 1. Схема устройства испытаний изделий на герметичность сжатым воздухом обычным способом пузырькового метода с использованием пузырьковой камеры

Перед испытанием изделия 4 на герметичность подключают его к устройству испытаний. Открывают вентили 2 и 3 и заполняют изделие сжатым воздухом. Закрывают вентиль 3 и по интенсивности пузырьков сжатого воздуха в жидкости пузырьковой камеры 6 делают заключение о герметичности изделия. Влияние диаметра барботажной трубки и типа жидкости на размеры пузырьков газа в пузырьковой камере систем испытаний изделий на герметичность рассмотрено в работе [2, с. 56].

Известен пузырьковый дифференциальный способ пузырькового метода испытаний изделий на герметичность с использованием пузырьковой камеры при периодических изменениях давления сжатого воздуха в эталонной емкости и дросселировании части сжатого воздуха из изделия в атмосферу [6]. На Рисунке 2 приведена схема устройства для реализации этого способа пузырькового метода испытаний изделий на герметичность, которая содержит эталонную емкость 1, сильфон 2 с толкателем 3, изделие 4, испытываемое на герметичность, вентили 5, 6 и 10, счетчик пузырьков сжатого воздуха 7, барботажную трубку 8, пузырьковую камеру 9, источник сжатого воздуха 11 и датчик пузырьков воздуха 12. Пузырьковая камера 9 частично заполнена жидкостью, в которую погружена барботажная трубка 8.

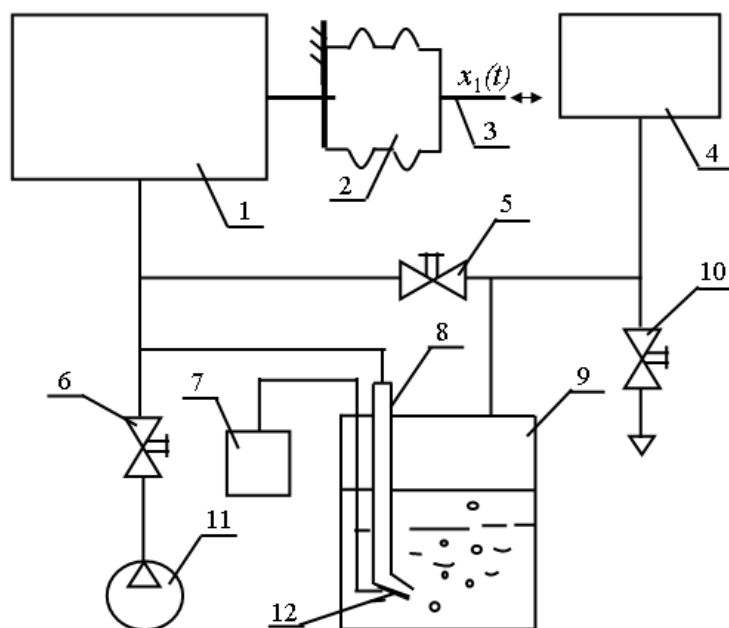


Рис. 2. Схема испытаний изделий на герметичность сжатым воздухом пузырьковым дифференциальным способом пузырькового метода при периодических изменениях давления сжатого воздуха в эталонной емкости и дросселировании части сжатого воздуха из изделия в атмосферу

Устройство испытаний изделий на герметичность пузырьковым дифференциальным способом с использованием пузырьковой камеры при периодических изменениях давления сжатого воздуха в эталонной емкости и дросселировании части сжатого воздуха из изделия в атмосферу работает следующим образом. Выбирают объем эталонной емкости 1 [3, с. 64] по объему испытываемого на герметичность изделия 4 и принятой относительной погрешности испытаний. Изделие 4, пузырьковую камеру 9 с барботажной трубкой 8 и эталонную емкость 1 заполняют одновременно сжатым воздухом. Для этого открывают вентиль 5, соединяя параллельно по входу сжатого воздуха эталонную емкость, пузырьковую камеру и изделие, и подводят к ним от источника 11 сжатый воздух через вентиль 6.

После заполнения элементов устройства сжатым воздухом до заданного давления соединяются последовательно эталонная емкость 1, пузырьковая камера 9 и изделие 4 путем закрытия вентиля 5. Отключение устройства испытаний от источника сжатого воздуха осуществляют закрытием вентиля 6. Настройка устройства в исходное состояние осуществляется с помощью вентиля 10. Открывая вентиль 10, дросселируют часть сжатого воздуха из изделия в атмосферу.

После появления пузырьков в жидкости пузырьковой камеры дросселирование сжатого воздуха через вентиль 10 в атмосферу прекращают. Прекращение дросселирования сжатого воздуха в атмосферу при герметичном изделии исключает появление пузырьков в жидкости пузырьковой камеры. В этот момент уровень жидкости в барботажной трубке понижается до нижнего среза и остается на этом уровне.

Включают с помощью устройства регулирования амплитуды колебаний давления [7, с. 53] через толкатель 3 сильфон 2 для создания периодических изменений давления сжатого воздуха в эталонной емкости 1 и во всей схеме испытаний или включают вибратор для вибрации барботажной трубки 8 [4, с. 39]. На выходе барботажной трубки 8 формируются один-два пузырька сжатого воздуха, а потом появление пузырьков воздуха в жидкости пузырьковой камеры прекращается.

Наличие микрощели и микротечи в изделии 4 приводит к формированию и движению пузырьков сжатого воздуха через жидкость пузырьковой камеры, которые подсчитываются счетчиком 7.

По количеству пузырьков сжатого воздуха, проходящих через жидкость пузырьковой камеры, и их объему делают заключение о герметичности изделия.

Порог чувствительности обычного способа пузырькового метода испытаний изделий на герметичность B_{II} , $\text{м}^3 \cdot \text{Па} / \text{с}$, когда изделие погружают в ванну с индикаторной жидкостью, заполняют его сжатым воздухом под давлением и о герметичности судят по появлению пузырьков сжатого воздуха, оценивают по выражению [1]

$$B_{II} = \frac{\pi D_n^3}{t} \left(\frac{4\sigma}{D_n} + \rho gh + P_a \right), \quad (1)$$

где D_n – минимальный диаметр пузырька, м; t – время от момента образования пузырька сжатого воздуха до его отрыва от изделия, испытываемого на герметичность, с; σ – поверхностное натяжение индикаторной жидкости, Н/м; ρ – плотность индикаторной жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$; g – ускорение силы тяжести, $\text{м}/\text{с}^2$; h – высота столба индикаторной жидкости, находящейся над выходящим через микрощель пузырьком, м; P_a – атмосферное давление, Па.

Принимаем, что $t = 5$ с, $D_n = 4,3 \cdot 10^{-3}$ м, $\sigma = 72,5 \cdot 10^{-3}$ Н/м, $\rho = 998$ $\text{кг}/\text{м}^3$, $h = 1$ м, тогда

$$B_{II} = \frac{3,14 \cdot (4,3 \cdot 10^{-3})^3}{5} \left(\frac{4 \cdot 72,5 \cdot 10^{-3}}{4,3 \cdot 10^{-3}} + 998 \cdot 9,81 \cdot 1 + 10^5 \right) = 5,52 \cdot 10^{-3}, \text{ м}^3 \cdot \text{Па} / \text{с}.$$

При дифференциальном пузырьковом способе испытаний изделий с использованием пузырьковой камеры оценку порога чувствительности можно проводить по выражению, которое вытекает из формулы (1) с учетом того, что атмосферное давление P_a (и избыточные давления в эталонной емкости и изделии) взаимно компенсируются:

$$B_{III-1} = \frac{\pi D_n^3}{t} \left(\frac{4\sigma}{D_n} + \rho gh \right), \quad (2)$$

где B_{III-1} – порог чувствительности при испытаниях изделий на герметичность дифференциальным пузырьковым способом с использованием пузырьковой камеры, $\text{м}^3 \cdot \text{Па} / \text{с}$, который принимает значение (при $h = 0,1$ м для пузырьковой камеры)

$$B_{III-1} = \frac{3,14 \cdot (4,3 \cdot 10^{-3})^3}{5} \left(\frac{4 \cdot 72,5 \cdot 10^{-3}}{4,3 \cdot 10^{-3}} + 998 \cdot 9,81 \cdot 0,1 \right) = 5,23 \cdot 10^{-5}.$$

В работе [5, с. 44] выведена формула, согласно которой потери давления на формирование пузырьков сжатого воздуха в пузырьковой камере определяются выражением (учитывая, что при выводе этой формулы принималось условие – диаметр формируемого пузырька воздуха равен диаметру барботажной трубки)

$$\Delta P_{\phi n} = 3 \frac{\sigma}{D_n} + \frac{3}{16} \rho g D_n, \quad (3)$$

где D_n – диаметр пузырька сжатого воздуха, м.

Из формулы (2) с учетом выражения (3) получим

$$B_{\text{ИД-2}} = \frac{\pi D_n^3}{t} \left(3 \frac{\sigma}{D_n} + \frac{3}{16} \rho g D_n + \rho g h \right) \quad (4)$$

или

$$B_{\text{ИД-2}} = \frac{3,14 \cdot (4,3 \cdot 10^{-3})^3}{5} \left(\frac{3 \cdot 72,5 \cdot 10^{-3}}{4,3 \cdot 10^{-3}} + \frac{3}{16} \cdot 998 \cdot 9,81 \cdot 4,3 \cdot 10^{-3} + 998 \cdot 9,81 \cdot 0,1 \right) = 5,77 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 \cdot \text{Па} / \text{с}.$$

Значение $B_{\text{ИД-2}}$ почти совпадает со значением $B_{\text{ИД-1}}$. Это указывает на достоверность рассматриваемых выражений (2) и (4). Однако выражение (4) позволяет глубже оценить работу пузырьковой камеры. Например, если путем дросселирования понизить уровень жидкости в барботажной трубке до нижнего среза, тогда перепад давления на трубке возрастает на величину $\rho g h$, и формула (4) принимает вид

$$B_{\text{ИД-3}} = \frac{\pi D_n^3}{t} \left(3 \frac{\sigma}{D_n} + \frac{3}{16} \rho g D_n \right). \quad (5)$$

Подставив численные значения в эту формулу, получим оценку порога чувствительности на порядок ниже, чем по формуле (4)

$$B_{\text{ИД-3}} = \frac{3,14 \cdot (4,3 \cdot 10^{-3})^3}{5} \left(\frac{3 \cdot 72,5 \cdot 10^{-3}}{4,3 \cdot 10^{-3}} + \frac{3}{16} \cdot 998 \cdot 9,81 \cdot 4,3 \cdot 10^{-3} \right) = 2,92 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \cdot \text{Па} / \text{с}.$$

Если в устройстве испытаний создавать возмущения давления сжатого воздуха, чтобы формировался периодически мениск пузырька, определяемый силами поверхностного натяжения жидкости, тогда формула (5) принимает вид

$$B_{\text{ИД-4}} = \frac{3}{16} \frac{\pi \rho g D_n^4}{t}.$$

Подставив численные значения величин в эту формулу, получим $B_{\text{ИД-4}} = 3,94 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3 \cdot \text{Па} / \text{с}$, то есть еще на один порядок порог чувствительности ниже, чем по формуле (5).

Таким образом, установлено, что путем дросселирования части сжатого воздуха из изделия в атмосферу, понижая уровень жидкости в барботажной трубке до нижнего среза и создавая периодические возмущения давления в эталонной емкости и изделии, порог чувствительности пузырькового дифференциального способа пузырькового метода испытаний изделий на герметичность с использованием пузырьковой камеры понижается по сравнению с пузырьковым дифференциальным методом на два порядка (от $B_{\text{ИД-1}} = 5,23 \cdot 10^{-5}$ и $B_{\text{ИД-2}} = 5,77 \cdot 10^{-5}$ до $B_{\text{ИД-4}} = 3,94 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3 \cdot \text{Па} / \text{с}$), а по сравнению с обычным пузырьковым методом – на четыре порядка (от $B_{\text{ИД}} = 5,52 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 \cdot \text{Па} / \text{с}$ до $B_{\text{ИД-4}} = 3,94 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3 \cdot \text{Па} / \text{с}$).

Список литературы

1. ГОСТ 24054-80. Изделия машиностроения и приборостроения. Методы испытаний на герметичность. Общие требования / введ. 01.01.81. М.: Изд-во стандартов, 1987. 18 с.
2. Жежера Н. И. Влияние диаметра барботажной трубки и типа жидкости на размеры пузырьков газа в пузырьковой камере систем испытаний изделий на герметичность // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 6. С. 56-60.
3. Жежера Н. И. Выбор объема эталонной емкости при испытаниях изделий на герметичность газом с использованием пузырьковой камеры // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 5. С. 64-68.
4. Жежера Н. И. Определение необходимой частоты продольной вибрации барботажной трубки устройств контроля герметичности изделий с использованием пузырьковой камеры // Альманах современной науки и образования. 2012. № 7. С. 39-44.
5. Жежера Н. И. Потери давления на формирование пузырьков сжатого воздуха на срезе барботажной трубки при испытаниях изделий на герметичность пузырьковым камерным способом // Альманах современной науки и образования. 2012. № 7. С. 44-48.
6. Жежера Н. И. Развитие теории и совершенствование автоматизированных систем испытаний изделий на герметичность: дисс. ... д.т.н.: 05.13.06. Оренбург: ОГУ, 2004. 441 с.
7. Жежера Н. И., Евсюкова Н. А. Устройство регулирования амплитуды колебаний давления при контроле герметичности изделий // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 10. С. 53-57.