

Жежера Николай Илларионович

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСХОДА ГАЗА ЧЕРЕЗ ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ ТРУБКУ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ИЗДЕЛИЙ НА ГЕРМЕТИЧНОСТЬ

Установлены дифференциальное уравнение и передаточная функция расхода газа через горизонтальную трубку относительно утечек газа из изделия. Определены аналитические выражения для проводимости и гидравлического сопротивления горизонтальной трубки в зависимости от ее диаметра, длины, испытательного давления и свойств контрольного газа. Выявлено влияние объемов эталонной емкости и изделия на динамические свойства устройства испытаний изделий на герметичность.

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2012/9/18.html

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

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2012. № 9 (64). С. 68-71. ISSN 1993-5552.

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

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2012/9/

© 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

7. Жежера Н. И. Развитие теории и совершенствование автоматизированных систем испытаний изделий на герметичность: автореф. дисс. ... д.т.н. / Оренбургский государственный университет. Оренбург, 2004.
8. Жежера Н. И. Утечки жидкости из вибрируемых изделий, испытываемых на герметичность // Альманах современной науки и образования. 2012. № 5. С. 56-60.
9. Жежера Н. И., Самойлов Н. Г. Теоретические положения к устройству измерения динамической составляющей расхода газа // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 4. С. 47-50.
10. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров: определения, теоремы, формулы / пер. с американского. М.: Наука, 1984. 831 с.

УДК 681.5:620.165.29.008.6 (075.8)

Технические науки

Установлены дифференциальное уравнение и передаточная функция расхода газа через горизонтальную трубку относительно утечек газа из изделия. Определены аналитические выражения для проводимости и гидравлического сопротивления горизонтальной трубки в зависимости от ее диаметра, длины, испытательного давления и свойств контрольного газа. Выявлено влияние объемов эталонной емкости и изделия на динамические свойства устройства испытаний изделий на герметичность.

Ключевые слова и фразы: герметичность; изделие; испытание; горизонтальная трубка; дифференциальное уравнение; расход; утечки газа; проводимость; гидравлическое сопротивление.

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

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСХОДА ГАЗА ЧЕРЕЗ ГОРИЗОНТАЛЬНУЮ ТРУБКУ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ИЗДЕЛИЙ НА ГЕРМЕТИЧНОСТЬ[©]

Испытания на герметичность изделий манометрическим методом по давлению проводятся обычно путем подачи в изделие контрольного газа (сжатого воздуха, гелия или смеси сжатого воздуха с гелием) заданного давления от источника, затем изделие отсоединяется от источника газа и берется первый отсчет давления по шкале прибора, подсоединенного к изделию. Изделие выдерживают под установленным давлением в течение заданного промежутка времени, берется второй отсчет по шкале прибора давления и по разности давлений делается заключение о герметичности изделия [4; 8].

Схема базового устройства для испытаний изделий на герметичность газом с использованием горизонтальной трубки приведена на Рисунке 1. Устройство содержит источник контрольного газа 1, эталонную емкость 3, объем которой выбирается по методике [2, с. 64], испытываемое на герметичность изделие 4, горизонтальную трубку 8 с жидкостным поршнем 9, вентили 2, 5, 6, 7 и 10, емкостный измерительный преобразователь 11, вторичный показывающий прибор 13 и дроссели 12 и 14. Перед подключением изделия 4 к устройству для испытаний все вентили и дроссели находятся в закрытом положении.

После подключения изделия к устройству испытаний заполняют его газом до заданного давления, для чего открывают вентили 2, 6 и 5. После этого закрывают вентиль 2 и открывают вентили 7 и 10, через которые подается газ к горизонтальной трубке. С помощью дросселей 12 и 14 устанавливают жидкостный поршень 9 в горизонтальной трубке 8 в начальное положение. В некоторых устройствах испытаний изделий на герметичность горизонтальной трубке 8 сообщается вибрация [6, с. 49]. Берется первый отсчет по прибору 13, показывающему положение жидкостного поршня 9 в горизонтальной трубке 8. Испытывают изделие 4 в течение установленного времени и берут второй отсчет по прибору 13. По разности показаний показывающего прибора 13 делают заключение о герметичности изделия 4. Закончив испытания изделия на герметичность, вентили 7, 10 и 5 закрывают и изделие 4 отключают от устройства испытаний.

Для проектирования устройств испытаний изделий на герметичность с использованием горизонтальной трубки важно установить теоретические положения о влиянии сил трения и капиллярных сил [5, с. 39; 9, с. 56], с учетом воздействия инерционных сил [3, с. 35], на движение жидкостного поршня в горизонтальной трубке и выбираемый диаметр горизонтальной трубки, а также провести оценку динамической чувствительности контроля герметичности изделий [7, с. 55].

Математическое моделирование расхода газа через горизонтальную трубку (Рисунок 1) проводится с той целью, чтобы установить влияние объемов эталонной емкости, изделия и их соотношения на погрешность измерений утечек газа горизонтальной трубкой и оценить динамические свойства устройства с горизонтальной трубкой, среди которых важнейшими, например, являются время переходного процесса и запаздывание от момента начала испытаний изделия до начального смещения жидкостного поршня.

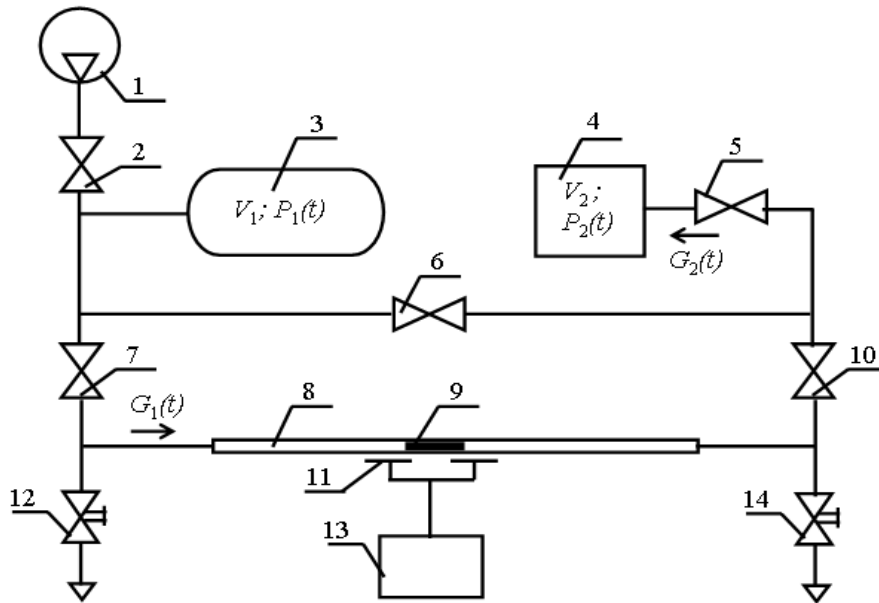


Рис. 1. Схема устройства для испытаний изделий на герметичность газом с использованием горизонтальной трубки

В теоретических положениях принимается [1; 4; 8], что жидкостный поршень в горизонтальной трубке представлен газовым поршнем. Это позволяет не учитывать инерционные силы в уравнениях движения жидкостного поршня в горизонтальной трубке. С другой стороны, такой анализ проводится с той целью, чтобы выяснить работу устройства с горизонтальной трубкой при контроле герметичности изделий при уменьшении или сведению к нулю действия инерционных сил, приложенных к жидкостному поршню горизонтальной трубки.

В установившемся режиме массовый расход газа на входе в горизонтальную трубку $G_1(t)$, кг/с, равен массовому расходу газа, который выходит из изделия 4 (Рисунок 1) в виде суммарных утечек через микрощели, $G_2(t)$, кг/с, то есть $G_1(t) = G_2(t)$.

Для трубопровода с ламинарным течением объемный расход среды $Q(t)$, м³/с, определяется по формуле [4; 8; 10, с. 47]

$$Q(t) = \frac{\pi \cdot d_{um}^4}{128 \cdot \mu_c \cdot l_m} \Delta P(t), \quad (1)$$

где d_{um} , l_m - диаметр и длина трубопровода, м; μ_c - динамическая вязкость газа, Н·с/м²; $\Delta P(t)$ - разность давлений, Па, приложенная к границам трубопровода.

Массовый расход газа по горизонтальной трубке $G_1(t)$, кг/с, учитывая, что $G_1(t) = Q(t) \cdot \rho_c$, где ρ_c - плотность газа, кг/м³, в соответствии с формулой (1) определяется выражением

$$G_1(t) = k_{um} [P_1(t) - P_2(t)], \quad (2)$$

где $P_1(t)$, $P_2(t)$ - давление газа соответственно в эталонной емкости и изделии, Па; k_{um} - размерный коэффициент, кг/(с·Па), который представляет проводимость горизонтальной трубки

$$k_{um} = \frac{\pi \cdot d_{um}^4 \cdot \rho_c}{128 \cdot \mu_c \cdot l_m} \quad (3)$$

Для эталонной емкости 3 (Рисунок 1), если из нее уходит часть газа в изделие, можно написать на основании уравнения состояния газа $V_1 P_1 = m_1 RT$ следующие выражения:

$$V_1 \frac{dP_1(t)}{dt} = \frac{dm_1(t)}{dt} RT \quad \text{или} \quad V_1 \frac{dP_1(t)}{dt} = G_1^1(t) RT, \quad (4)$$

где m_1 - масса газа в эталонной емкости, кг; $dm_1(t)/dt$ - изменения массы газа в эталонной емкости при изменении давления в ней на $dP_1(t)$, кг/с; $G_1^1(t)$ - расход газа, соответствующий изменению массы газа $dm_1(t)/dt$, то есть $G_1^1(t) = dm_1(t)/dt$ при изменении давления на $dP_1(t)$, кг/с; R - газовая постоянная, м²/(с²·К); T - абсолютное значение температуры газа, К.

Изменение массы газа $dm_1(t)/dt$ и расхода газа $G_1^1(t) = dm_1(t)/dt$ при изменении давления на $dP_1(t)$ соответствует расходу газа через горизонтальную трубку $G_1(t)$, кг/с, но с противоположным знаком (Рисунок 1), то есть $G_1^1(t) = -G_1(t)$. С учетом этого соотношения из выражения (4) получим

$$V_1 \frac{dP_1(t)}{dt} = -G_1(t) RT \quad (5)$$

Дифференцируя по времени (2)

$$\frac{dG_1(t)}{dt} = k_{um} \left[\frac{dP_1(t)}{dt} - \frac{dP_2(t)}{dt} \right] \quad (6)$$

и с учетом (5), получим

$$V_1 \frac{dP_2(t)}{dt} + \frac{V_1}{k_{um}} \frac{dG_1(t)}{dt} = -G_1(t)RT \quad (7)$$

Применительно к утечкам газа из изделия 4 (Рисунок 1) можно отметить, что значение этих утечек (расход газа через микрощели) определяется давлением в изделии $P_2(t)$ (именно давлением возле самой стенки с микрощелью внутри изделия), а количество этих утечек (их объем или масса) взаимосвязано с объемом (массой) газа, который находится в изделии и эталонной емкости V_1+V_2 . Другими словами, утечки газа из изделия будут до тех пор, пока не выйдет газ полностью из изделия и эталонной емкости, но давление, которое будет определять эти утечки, будет равным $P_2(t)$. На основании этого для утечек газа из изделия вместо уравнения состояния газа $P_2V_2 = m_2RT$ запишем $P_2(V_1+V_2) = m_2RT$, после дифференцирования которого получим

$$(V_1+V_2) \frac{dP_2(t)}{dt} = G_2^1(t)RT = -G_2(t)RT, \quad (8)$$

где $G_2^1(t)$ - массовый расход газа (как бы внутри изделия) за счет изменения массы газа в изделии при уменьшения давления $P_2(t)$, кг/с; $G_2(t)$ - массовый расход газа из изделия в атмосферу, кг/с, то есть, утечки газа, и направлены они из емкости, поэтому $G_2^1(t) = -G_2(t)$.

В формулу (7) подставим $dP_2(t)/dt$ из выражения (8) и получим

$$\frac{V_1}{RT \cdot k_{um}} \cdot \frac{dG_1(t)}{dt} + G_1(t) = \frac{V_1}{V_1+V_2} G_2(t) \quad (9)$$

Преобразуем уравнение (9) по Лапласу и определим передаточную функцию расхода газа через горизонтальную трубку относительно утечек газа из изделия

$$W_1(s) = \frac{G_1(s)}{G_2(s)} = \frac{V_1}{(V_1+V_2)} \cdot \frac{1}{T_{um}s+1}, \quad (10)$$

где T_{um} - постоянная времени, с, апериодического звена первого порядка

$$T_{um} = V_1/k_{um}RT$$

Если подать на вход системы с передаточной функцией (10) единичное возмущение $G_2(s)=1/s$ и произвести обратное преобразование по Лапласу, тогда получим

$$G_1(t) = \frac{V_1}{(V_1+V_2)} (1 - e^{-k_{um}RT \cdot t/V_1})$$

В этой формуле k_{um} - размерный коэффициент, кг/(с·Па), который характеризует гидравлическую проводимость горизонтальной трубки. Гидравлическое сопротивление горизонтальной трубки R_{um} , с·Па/кг, является обратной величиной от гидравлической проводимости трубки

$$R_{um} = \frac{128 \cdot \mu_e \cdot l_m}{\pi \cdot d_{um}^4 \cdot \rho_e} \quad (11)$$

Определим значение k_{um} и R_{um} для различных диаметров горизонтальной трубки с жидкостным поршнем при давлении контрольного газа в системе испытаний равном, например, 1,0 МПа. Для такого давления плотность сжатого воздуха $\rho_e = 11,67 \text{ кг/м}^3$ [4], а динамическая вязкость $\mu_e = 18,01 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$ [Там же]. Длину горизонтальной трубки принимаем равной 0,5 м.

На Рисунке 2 приведены значения проводимости k_{um} и гидравлического сопротивления R_{um} горизонтальной трубки в зависимости от ее диаметра при испытательном давлении, равном 1,0 МПа, вычисленные по формулам (3) и (11).

Таким образом, установлены дифференциальное уравнение и передаточная функция расхода газа через горизонтальную трубку относительно утечек газа из изделия. Определены аналитические выражения для проводимости и гидравлического сопротивления горизонтальной трубки в зависимости от ее диаметра, длины, испытательного давления и свойств контрольного газа. Выявлено влияние объемов эталонной емкости и изделия на динамические свойства устройства испытаний изделий на герметичность. Полученные теоретические положения позволяют рационально проектировать системы автоматического контроля при испытаниях изделий на герметичность.

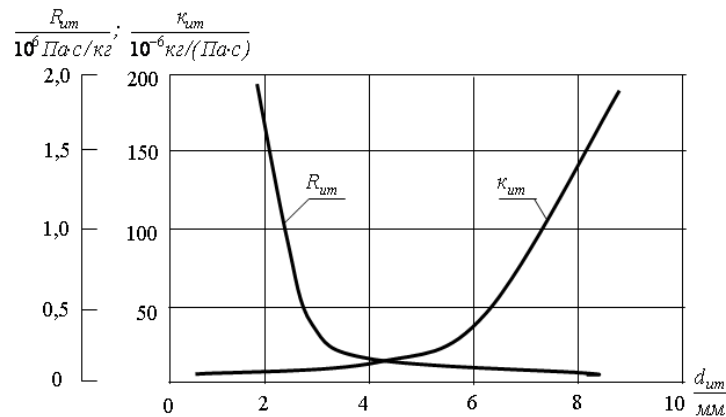


Рис. 2. Изменение проводимости $k_{гм}$ и гидравлического сопротивления $R_{гм}$ горизонтальной трубы в зависимости от ее диаметра при испытательном давлении, равном 1,0 МПа

Список литературы

1. Жежера Н. И. Автоматизация контроля герметичности изделий при периодических возмущениях давления пробной среды: монография. Оренбург: ОГУ, 2006. 200 с.
2. 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.
3. Жежера Н. И. Дифференциальное уравнение движения жидкостного поршня в горизонтальной трубке устройств контроля герметичности изделий // Альманах современной науки и образования. 2012. № 7. С. 35-39.
4. Жежера Н. И. Научные основы автоматизации испытаний изделий на герметичность: монография. Оренбург: ОГУ, 2003. 258 с.
5. 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.
6. Жежера Н. И. Определение необходимой частоты продольной вибрации горизонтальной трубки устройств контроля герметичности изделий // Альманах современной науки и образования. 2012. № 6. С. 49-54.
7. Жежера Н. И. Оценка динамической чувствительности контроля герметичности изделий с горизонтальной трубкой при изменении параметров устройства // Альманах современной науки и образования. 2012. № 6. С. 55-58.
8. Жежера Н. И. Развитие теории и совершенствование автоматизированных систем испытаний изделий на герметичность: автореф. дисс. ... д.т.н. / Оренбургский государственный университет. Оренбург, 2004.
9. Жежера Н. И. Утечки жидкости из вибрируемых изделий, испытываемых на герметичность // Альманах современной науки и образования. 2012. № 5. С. 56-60.
10. Жежера Н. И., Самойлов Н. Г. Теоретические положения к устройству измерения динамической составляющей расхода газа // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 4. С. 47-50.

УДК 332.143

Экономические науки

В статье исследуются проблемы влияния условий вступления России во Всемирную торговую организацию (ВТО) на состояние продовольственной безопасности на региональном уровне. Основное внимание уделено проблемам модернизации методов государственной финансовой поддержки сельскохозяйственных производителей на уровне региона в новых условиях.

Ключевые слова и фразы: Всемирная торговая организация (ВТО); продовольственная безопасность; областной бюджет; меры «желтой корзины»; меры «зеленой корзины»; поддержка сельскохозяйственного производства.

Валерия Александровна Житкова, к.э.н.

Информационно-аналитический отдел

Нижегородский государственный педагогический университет им. Козьмы Минина

valeria_zh@mail.ru

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВСТУПЛЕНИЯ РОССИИ В ВТО НА СОСТОЯНИЕ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ (НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ) ©

В условиях присоединения Российской Федерации к Марракешскому соглашению об учреждении Всемирной торговой организации (ВТО) от 15 апреля 1994 года и реализации положений Доктрины продовольственной