Жежера Николай Илларионович

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОЙ ЧАСТОТЫ И АМПЛИТУДЫ ПРОДОЛЬНОЙ ВИБРАЦИИ БАРБОТАЖНОЙ ТРУБКИ УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЫ

Установлены аналитические выражения, позволяющие определять необходимую частоту и амплитуду продольной вибрации барботажной трубки устройств контроля герметичности изделий в зависимости от диаметра барботажной трубки и типа жидкости в пузырьковой камере.

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2012/7/10.html

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

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2012. № 7 (62). С. 39-44. ISSN 1993-5552.

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

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2012/7/

© 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

4. **Жежера Н. И., Абубакиров Д. Р.** Влияние касательных и капиллярных напряжений на движение и диаметр жидкостного поршня горизонтальной трубки устройств испытаний изделий на герметичность // Законодательная и прикладная метрология. М., 2006. № 4. С. 49-52.
5. **Жежера Н. И., Абубакиров Д. Р.** Испытание изделий на герметичность жидкостью с использованием пузырьковой камеры при неравных давлениях контрольного газа и жидкости // Законодательная и прикладная метрология. М., 2006. № 1. С. 62-64.
6. **Жежера Н. И., Абубакиров Д. Р.** Испытания с вибрацией изделий на герметичность жидкостью устройством с горизонтальной трубкой // Законодательная и прикладная метрология. М., 2007. № 3. С. 82-84.
7. **Жежера Н. И., Куленко Е. С.** Влияние объема эталонной емкости на погрешность измерений утечек газа из изделия, испытываемого на герметичность с использованием пузырьковой камеры // Законодательная и прикладная метрология. М., 2003. № 1. С. 26-28.
8. **Жежера Н. И., Самойлов Н. Г.** Теоретические положения к устройству измерения динамической составляющей расхода газа // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 4 (39). С. 47-50.
9. **Краснов Н. Ф.** Аэродинамика: учебник для вузов / М-во высш. и средн. образования СССР. М.: Высшая школа, 1971. 632 с.
10. **Метрология: специальные общетехнические вопросы** / гл. ред. Ю. И. Шендлер. М.: ГНТИ нефтяной и горно-топливной литературы, 1962. Кн. первая. 735 с.

УДК 681.5:620.165.29.008.6
Технические науки

Установлены аналитические выражения, позволяющие определять необходимую частоту и амплитуду продольной вибрации барботажной трубки устройств контроля герметичности изделий в зависимости от диаметра барботажной трубки и типа жидкости в пузырьковой камере.

Ключевые слова и фразы: изделие; контроль герметичности; пузырьковая камера; барботажная трубка; амплитуда; частота; вибрация.

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОЙ ЧАСТОТЫ И АМПЛИТУДЫ ПРОДОЛЬНОЙ ВИБРАЦИИ БАРБОТАЖНОЙ ТРУБКИ УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПУЗЫРЬКОВОЙ КАМЕРЫ©

При контроле герметичности изделий пузырьковым методом с использованием устройства с пузырьковой камерой наблюдается большой порог срабатывания потому, что на формирование пузырьков газа в жидкости пузырьковой камеры затрачивается перепад давлений $\Delta P_{пк}$, Н [4]

$$\Delta P_{пк} = 3\frac{\sigma}{d_{мтр}} + \frac{3}{16}\rho_{ж} g d_{мтр} \qquad (1)$$

где σ - поверхностное натяжение жидкости в барботажной трубке, Н/м; $d_{мтр}$ - диаметр барботажной трубки на ее нижнем срезе, м; $\rho_{ж}$ - плотность жидкости в барботажной трубке и пузырьковой камере, кг/м^3; g - ускорение земного тяготения, м/с^2.

На Рисунке 1 представлена схема устройства контроля герметичности изделий с использованием пузырьковой камеры при сообщении барботажной трубке вибрации [6, с. 62; 7, с. 82; 10; 11].

Устройство содержит пузырьковую камеру 6, воздушная полость которой соединена с изделием 3, контролируемое на герметичность. Барботажная трубка 10 соединена с эталонной емкостью 1 через гибкий трубопровод 5. Источник контрольного газа 8 соединен через вентиль 4 с полостью эталонной емкости 1 и барботажной трубкой 10. Барботажной трубке 10 сообщается вибрация через шток 9 от источника вибрации.

Контроль герметичности изделий с использованием пузырьковой камеры при сообщении барботажной трубке вибрации реализуется следующим образом. Исходя из объема изделия 3, допустимой утечки и заданной погрешности определяют объем эталонной емкости 1 [8, с. 26]. Заполняют газом под контрольным давлением изделие 3, эталонную емкость 1 и пузырьковую камеру 6. Для этого открывают вентили 4 и 2, соединяя источник газа 8 с изделием 3 и эталонной емкостью 1.

Сообщают барботажной трубке 10 вибрацию заданных значений амплитуды и частоты от возбудителя вибрации. Закрывают вентили 4 и 2 и отключают изделие 3 и эталонную емкость 1 от источника газа 8. Снижают уровень жидкости в барботажной трубке 10 до нижнего среза путем дросселирования газа из изделия 3 в атмосферу через вентиль 7 до появления газовых пузырьков в жидкости пузырьковой камеры 6.

© Жежера Н. И., 2012

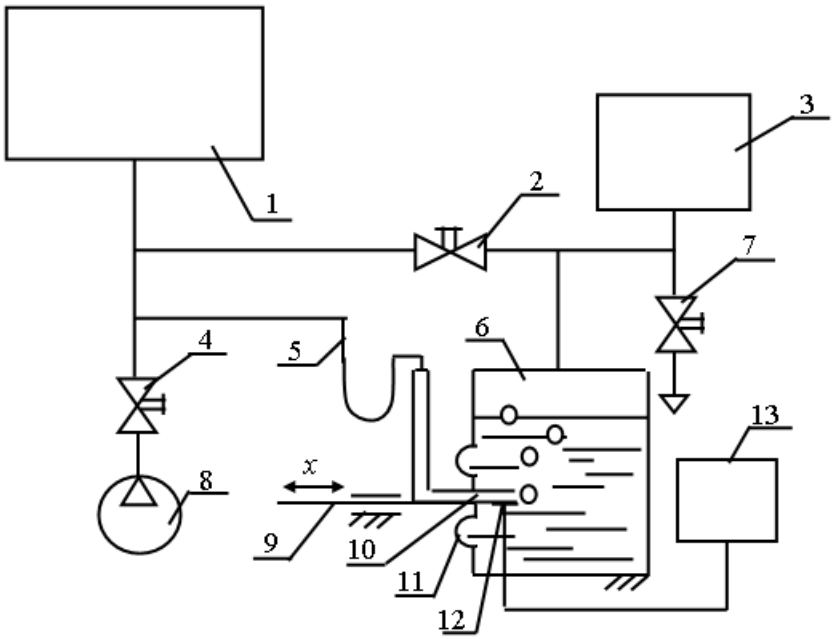

Рис. 1. *Схема устройства контроля герметичности изделий с использованием пузырьковой камеры при сообщении барботажной трубке вибрации*

Прекращают дросселирование газа из изделия 3 в атмосферу через вентиль 7, в результате чего появление пузырьков в жидкости пузырьковой камеры прекращается, а уровень жидкости в барботажной трубке 10 находится на нижнем срезе. Негерметичность изделия 3 определяют по объему газовых пузырьков в жидкости пузырьковой камеры 6 за время испытания по показывающему прибору 13. Сообщение барботажной трубке 10 вибрации повышает эффективность контроля герметичности изделий за счет интенсификации выхода пузырьков газа из барботажной трубки в жидкость пузырьковой камеры.

Определение необходимой частоты продольной вибрации барботажной трубки устройств контроля герметичности изделий можно провести на основании следующих положений.

Вибрацию к барботажной трубке 10 (Рисунок 1) необходимо подвести такой частоты и амплитуды, чтобы жидкостный мениск на правом срезе барботажной трубки начал перемещаться от вибрации. Чтобы жидкостный мениск начал перемещаться в трубке, силы от вибрации трубки, то есть инерционные силы $N_{ми}$, Н, должны быть больше суммы сил:

- силы $N_{м\sigma}$, Н, удерживающей жидкостный мениск в неподвижном состоянии за счет действия сил поверхностного натяжения жидкости со стенками барботажной трубки;

- силы $N_{мE}$, Н, препятствующей перемещению жидкостного мениска за счет упругости сжатого газа в устройстве контроля герметичности изделий при перемещении жидкостного мениска на срезе барботажной трубки и сжимающего газ в изделии.

Эта взаимосвязь сил может быть представлена выражением

$$N_{ми} > N_{м\sigma} + N_{мE} \qquad (2)$$

Инерционные силы $N_{ми}$, Н, сообщаемые от вибрации барботажной трубке, определяются по выражению второго закона Ньютона

$$N_{ми} = m_{мп} \frac{d^2 x_м(t)}{dt^2} \qquad (3)$$

где $m_{мп}$ - масса жидкостного мениска и присоединенного объема столба жидкости, находящейся в пузырьковой камере, выше среза барботажной трубки, кг; $d^2x_м(t)/dt^2$ - ускорение перемещения жидкостного мениска и присоединенной массы жидкости в пузырьковой камере, м/с^2.

Принимаем, что перемещение барботажной трубки $x_м(t)$, м, от возбудителя вибрации происходит в соответствии с выражением [1; 2, с. 90]

$$x_м(t) = x_{м\max} \sin(\omega \cdot t) = A_{мk} \sin(\omega \cdot t) \qquad (4)$$

где $x_{м\max} = A_{мk}$ - максимальная амплитуда колебаний барботажной трубки, м; t - время, с; ω - круговая частота колебаний, с$^{-1}$.

Первая и вторая производные от выражения (4):

$$\frac{dx_м(t)}{dt} = A_{мк}\omega\cos(\omega\cdot t) \quad (5)$$

$$\frac{d^2x_м(t)}{dt^2} = -A_{мк}\omega^2\sin(\omega\cdot t) \quad (6)$$

Силу $N_{м\sigma}$, Н, удерживающую жидкостный мениск за счет действия сил поверхностного натяжения жидкости со стенками барботажной трубки, определим по формуле (1) потери давления на формирование пузырьков газа на срезе барботажной трубки, умноженной на площадь сечения барботажной трубки на срезе,

$$N_{м\sigma} = \left(3\frac{\sigma}{d_{мтр}} + \frac{3}{16}\rho_ж g d_{мтр}\right)\cdot\frac{\pi d_{мтр}^2}{4} \quad (7)$$

Формула (7) отражает значение силы, возникающей от действия поверхностного натяжения жидкости на срезе барботажной трубки. Однако при рассмотрении движения жидкостного мениска в барботажной трубке, то есть при рассмотрении динамики явлений, эта сила проявляется подобно силе сухого трения при относительном перемещении твердых тел [3, с. 146; 9, с. 47] и может быть представлена выражением

$$N_{м\sigma} = \left| \begin{array}{l} -\left(3\frac{\sigma}{d_{мтр}} + \frac{3}{16}\rho_ж g d_{мтр}\right)\cdot\frac{\pi d_{мтр}^2}{4}, \text{ при } dx_м(t)/dt < 0 \\ \\ \left(3\frac{\sigma}{d_{мтр}} + \frac{3}{16}\rho_ж g d_{мтр}\right)\cdot\frac{\pi d_{мтр}^2}{4}, \text{ при } dx_м(t)/dt > 0 \end{array} \right. \quad (8)$$

Сила N_E, Н, препятствующая перемещению жидкостного мениска в барботажной трубке за счет упругости контрольного газа в устройстве контроля герметичности изделий и сжимающего газ в изделии, определяется по формуле [4; 5, с. 49]

$$N_{мE} = \frac{E_г F_{мтр}^2}{V_2} x_м(t) \quad (9)$$

где $E_г$ - модуль упругости контрольного газа в устройствах контроля герметичности изделий с использованием пузырьковой камеры, Па; $F_{мтр}$ - площадь сечения барботажной трубки пузырьковой камеры, м^2; V_2 - объем изделия, контролируемого на герметичность, м^3.

Заменим в выражении (9) площадь сечения барботажной трубки $F_{тр}$ через диаметр трубки, тогда

$$N_{мE} = \frac{E_г \pi^2 d_{мтр}^4}{16V_2} x_м(t) \quad (10)$$

Если в выражение (2) подставить (3), (8) и (10), тогда

$$m_{мп}\frac{d^2x_м(t)}{dt^2} > \frac{E_г\pi^2 d_{мтр}^4}{16V_2}x_м(t) + \left| \begin{array}{l} -\left(3\frac{\sigma}{d_{мтр}} + \frac{3}{16}\rho_ж g d_{мтр}\right)\cdot\frac{\pi d_{мтр}^2}{4}, \text{ при } dx_м(t)/dt < 0 \\ \\ +\left(3\frac{\sigma}{d_{мтр}} + \frac{3}{16}\rho_ж g d_{мтр}\right)\cdot\frac{\pi d_{мтр}^2}{4}, \text{ при } dx_м(t)/dt > 0 \end{array} \right. \quad (11)$$

После подстановки в это неравенство выражений (4) и (6), получим

$$-m_{мп}A_{мк}\omega^2\sin\omega\cdot t > \frac{E_г\pi^2 d_{мтр}^4}{16V_2}A_{мк}\sin\omega\cdot t + \left| \begin{array}{l} -\left(3\frac{\sigma}{d_{мтр}} + \frac{3}{16}\rho_ж g d_{мтр}\right)\cdot\frac{\pi d_{мтр}^2}{4}, \text{ при } dx_м(t)/dt < 0 \\ \\ +\left(3\frac{\sigma}{d_{мтр}} + \frac{3}{16}\rho_ж g d_{мтр}\right)\cdot\frac{\pi d_{мтр}^2}{4}, \text{ при } dx_м(t)/dt > 0 \end{array} \right. \quad (12)$$

В выражении (12) два неравенства абсолютно идентичны, если рассматривать силы, действующие на жидкостный мениск в барботажной трубке, а не рассматривать динамику жидкостного мениска в барботажной трубке. Поэтому рассмотрим первое неравенство в выражении (12).

$$-m_{мп}A_{мк}\omega^2\sin(\omega\cdot t) > \frac{E_г\pi^2 d_{мтр}^4}{16V_2}A_{мк}\sin(\omega\cdot t) - \left(3\frac{\sigma}{d_{мтр}} + \frac{3}{16}\rho_{ж}gd_{мтр}\right)\cdot\frac{\pi d_{мтр}^2}{4} \qquad (13)$$

Рассматривая случай в неравенстве (13), когда силы имеют максимальные значения, то есть когда $\sin(\omega\cdot t) = 1$, получим

$$m_{мп}A_{мк}\omega^2 > \left(3\frac{\sigma}{d_{мтр}} + \frac{3}{16}\rho_{ж}gd_{мтр}\right)\cdot\frac{\pi d_{мтр}^2}{4} - \frac{E_г\pi^2 d_{мтр}^4}{16V_2}A_{мк} \qquad (14)$$

Массу жидкостного мениска в барботажной трубке с присоединенной массой жидкости, находящейся выше барботажной трубки в пузырьковой камере $m_{мп}$, кг, определим по выражению

$$m_{мп} = \frac{\pi\cdot d_{мтр}^2 h_{ж}\rho_{ж}}{4} \qquad (15)$$

где $h_{ж}$ - высота столба жидкости в пузырьковой камере над мениском в барботажной трубке.

После подстановки выражения (15) в неравенство (14) получим

$$\frac{\pi\cdot d_{мтр}^2 h_{ж}\rho_{ж}}{4}A_{мк}\omega^2 > \left(3\frac{\sigma}{d_{мтр}} + \frac{3}{16}\rho_{ж}gd_{мтр}\right)\cdot\frac{\pi d_{мтр}^2}{4} - \frac{E_г\pi^2 d_{мтр}^4}{16V_2}A_{мк} \qquad (16)$$

или $$h_{ж}\rho_{ж}A_{мк}\omega^2 > \frac{\left(48\sigma + 3\rho_{ж}gd_{мтр}^2\right)}{16d_{мтр}} - \frac{E_г\pi\ d_{мтр}^2}{4V_2}A_{мк} \qquad (17)$$

По выражению (17) определяем:

$$\omega > \sqrt{\frac{\left(48\sigma + 3\rho_{ж}gd_{мтр}^2\right)}{16d_{мтр}h_{ж}\rho_{ж}A_{мк}} - \frac{E_г\pi\cdot d_{мтр}^2}{4h_{ж}\rho_{ж}V_2}} \qquad (18)$$

$$A_{мк} > \frac{V_2\left(48\sigma + 3\rho_{ж}gd_{мтр}^2\right)}{4d_{мтр}\left(4V_2h_{ж}\rho_{ж}\omega^2 + E_г\pi\ d_{мтр}^2\right)} \qquad (19)$$

Если принять, что σ = 72,5·10^{-3} Н/м; $A_{мк}$ = 0,5·10^{-3} м; $d_{мтр}$ = 3·10^{-3} м; $h_{ж}$ = 50·10^{-3} м; $\rho_{ж}$ = 998 кг/м^3; $E_г$ = 1,27·10^6 Па; V_2 = 0,4·0,4 ·0,2 = 0,032 м^3, тогда по формуле (18)

$$\omega > \sqrt{\frac{\left(48\cdot 72{,}5\cdot 10^{-3} + 3\cdot 998\cdot 9{,}86\cdot 9\cdot 10^{-6}\right)}{16\cdot 3\cdot 10^{-3}\cdot 50\cdot 10^{-3}\cdot 998\cdot 0{,}5\cdot 10^{-3}} - \frac{1{,}27\cdot 10^6\cdot 3{,}14\cdot 9\cdot 10^{-6}}{4\cdot 50\cdot 10^{-3}\cdot 998\cdot 0{,}032}} = 55{,}9$$

Необходимая частота вибрации барботажной трубки $f_в$ в герцах (Гц) определяется по выражению

$$f_в > \frac{\omega}{2\pi} > \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\left(48\sigma + 3\rho_{ж}gd_{мтр}^2\right)}{16d_{мтр}h_{ж}\rho_{ж}A_{мк}} - \frac{E_г\pi\cdot d_{мтр}^2}{4h_{ж}\rho_{ж}V_2}}$$

или для рассматриваемого примера $f_в > \omega/2\pi$ = 55,9/6,28 = 8,89 Гц.

На Рисунке 2 приведены теоретические результаты исследований зависимости частоты $f_в$ колебаний барботажной трубки, необходимой для сдвига жидкостного мениска при вибрации, от амплитуды колебаний $A_к$ барботажной трубки и типа жидкости в барботажной трубке (кривая 1 - жидкостный мениск в барботажной трубке из воды, кривая 2 - жидкостный мениск из ртути, кривая 3 - жидкостный мениск из этилового эфира).

На Рисунке 3 приведены теоретические зависимости частоты $f_в$ колебаний барботажной трубки, необходимой для сдвига жидкостного мениска из воды при вибрации, от диаметра барботажной трубки $d_{тр}$ и заданной амплитуды колебаний $A_к$ барботажной трубки (кривая 1 - $A_к$ = 0,5·10^{-3} м; кривая 2 - $A_к$ = 1,0·10^{-3} м; кривая 3 - $A_к$ = 1,5·10^{-3} м; кривая 4 - $A_к$ = 2,0·10^{-3} м).

На Рисунке 4 приведены теоретические зависимости частоты $f_в$, Гц, колебаний барботажной трубки, необходимой для сдвига жидкостного мениска при вибрации, от объема контролируемого на герметичность изделия, V_2, м^3, и амплитуды колебаний $A_к$ (прямая 1 - $A_к$ = 0,25 ·10^{-3} м; прямая 2 - $A_к$ = 0,5 · 10^{-3} м; прямая 3 - $A_к$ = 1,0 ·10^{-3} м; прямая 4 - $A_к$ = 1,5 ·10^{-3} м).

Таким образом, установлены аналитические выражения, которые позволяют определять необходимую частоту и амплитуду продольной вибрации барботажной трубки устройств контроля герметичности изделий в зависимости от диаметра барботажной трубки и типа жидкости в пузырьковой камере.

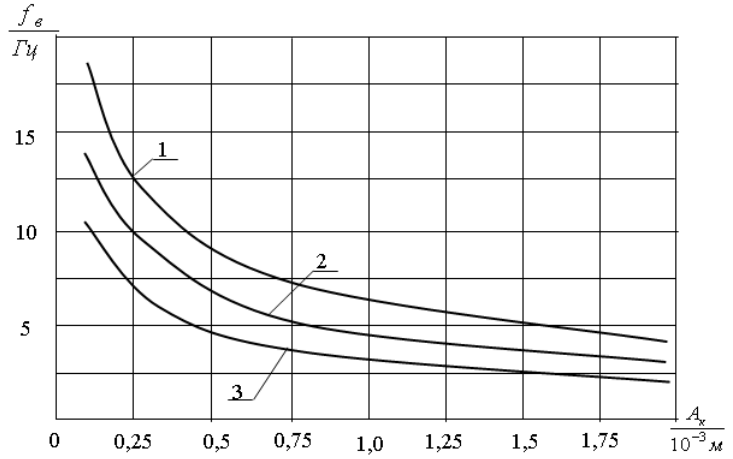

Рис. 2. *Зависимость частоты $f_в$ колебаний барботажной трубки, необходимой для сдвига жидкостного мениска при вибрации, от амплитуды колебаний $A_к$ барботажной трубки и типа жидкости в барботажной трубке: 1 - жидкостный мениск в барботажной трубке из воды, 2 - жидкостный мениск из ртути, 3 - жидкостный мениск из этилового эфира*

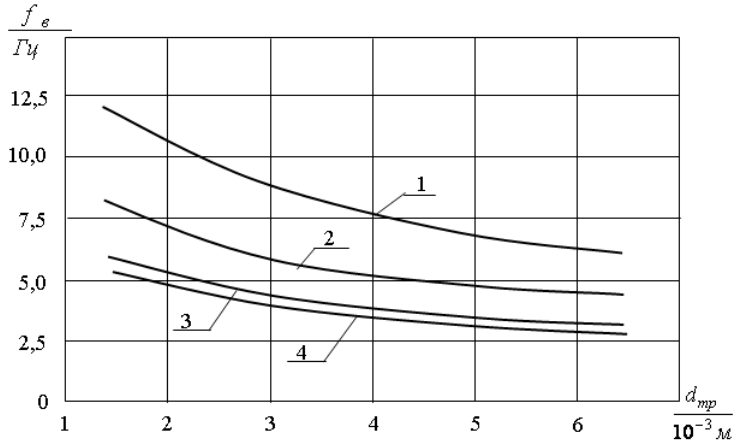

Рис. 3. *Зависимость частоты $f_в$ колебаний барботажной трубки, необходимой для сдвига жидкостного мениска из воды при вибрации, от диаметра барботажной трубки $d_{тр}$ и заданной амплитуды колебаний $A_к$ барботажной трубки: 1 - $A_к = 0,5 \cdot 10^{-3}$ м; 2 - $A_к = 1,0 \cdot 10^{-3}$ м; 3 - $A_к = 1,5 \cdot 10^{-3}$ м; 4 - $A_к = 2,0 \cdot 10^{-3}$ м*

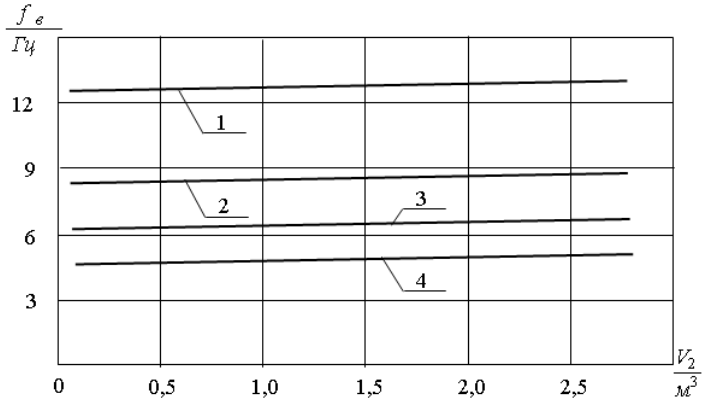

Рис. 4. *Зависимость частоты $f_в$, Гц, колебаний барботажной трубки, необходимой для сдвига жидкостного мениска при вибрации, от объема контролируемого на герметичность изделия V_2, $м^3$, и амплитуды колебаний $A_к$*

Список литературы

1. **Вибрации в технике**: справочник: в 6-ти т. / ред. В. Н. Челомей и др. М.: Машиностроение, 1978. Т. 1. Колебания линейных систем / под ред. В. В. Болотина. 352 с.
2. **Жежера Н. И.** Ввод сигнала по производной от входного давления в предохранительном клапане с серводействием // Вестник Оренбургского государственного университета. Оренбург: ОГУ, 2000. № 3. С. 90-94.
3. **Жежера Н. И.** Давление рабочей жидкости в щелях с криволинейными стенками регулирующих клапанов систем автоматизации и управления // Вестник Оренбургского государственного университета. Оренбург: ОГУ, 2001. № 1. С. 146-150.
4. **Жежера Н. И.** Развитие теории и совершенствование автоматизированных систем испытаний изделий на герметичность: дисс. … д-ра техн. наук: 05.13.06. Оренбург: ОГУ, 2004. 441 с.

5. **Жежера Н. И., Абубакиров Д. Р.** Влияние касательных и капиллярных напряжений на движение и диаметр жидкостного поршня горизонтальной трубки устройств испытаний изделий на герметичность // Законодательная и прикладная метрология. М., 2006. № 4. С. 49-52.
6. **Жежера Н. И., Абубакиров Д. Р.** Испытание изделий на герметичность жидкостью с использованием пузырьковой камеры при неравных давлениях контрольного газа и жидкости // Законодательная и прикладная метрология. М., 2006. № 1. С. 62-64.
7. **Жежера Н. И., Абубакиров Д. Р.** Испытания с вибрацией изделий на герметичность жидкостью устройством с горизонтальной трубкой // Законодательная и прикладная метрология. М., 2007. № 3. С. 82-84.
8. **Жежера Н. И., Куленко Е. С.** Влияние объема эталонной емкости на погрешность измерений утечек газа из изделия, испытываемого на герметичность с использованием пузырьковой камеры // Законодательная и прикладная метрология. М., 2003. № 1. С. 26-28.
9. **Жежера Н. И., Самойлов Н. Г.** Теоретические положения к устройству измерения динамической составляющей расхода газа // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 4 (39). С. 47-50.
10. **Патент на изобретение № 2297609 РФ. Способ испытания изделий на герметичность.** Авторы изобретения Н. И. Жежера, Д. Р. Абубакиров. Приоритет от 17.11.2005. Опубл. 20.04.2007. Бюлл. № 11.
11. **Патент на изобретение № 2308691 РФ. Способ испытания цельных или с неподвижными соединениями изделий на герметичность.** Авторы изобретения Н. И. Жежера, Д. Р. Абубакиров. Приоритет от 26.04.2006. Опубл. 20.10.2007. Бюлл. № 29.

УДК 681.5:620.165.29.008.6
Технические науки

Установлено аналитическое выражение для определения потери давления на формирование пузырьков газа на срезе барботажной трубки при испытаниях изделий на герметичность пузырьковым камерным способом. Это выражение позволяет выбирать необходимый диаметр барботажной трубки в зависимости от заданного значения потерь давления на ней, которые характеризует начало появления газовых пузырьков в жидкости пузырьковой камеры при испытаниях изделий на герметичность.

Ключевые слова и фразы: изделие; испытание; герметичность; пузырьковая камера; барботажная трубка; потери давления.

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

ПОТЕРИ ДАВЛЕНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПУЗЫРЬКОВ ГАЗА НА СРЕЗЕ БАРБОТАЖНОЙ ТРУБКИ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ИЗДЕЛИЙ НА ГЕРМЕТИЧНОСТЬ ПУЗЫРЬКОВЫМ КАМЕРНЫМ СПОСОБОМ©

В работах [2; 5; 7, с. 62; 13] рассматривается метод испытаний изделий на герметичность газом с использованием пузырьковой камеры. Схема устройства для испытаний изделий на герметичность газом с использованием пузырьковой камеры приведена на Рисунке 1 и содержит: эталонную емкость 1 необходимого объема [9, с. 26]; изделие 2, испытываемое на герметичность; вентили 3, 4, 8; электрический счетчик пузырьков газа 5 [10, с. 47]; барботажную трубку 6 пузырьковой камеры; пузырьковую камеру 7; источник газа 9; измерительный преобразователь формируемых пузырьков газа 10 в жидкости пузырьковой камеры.

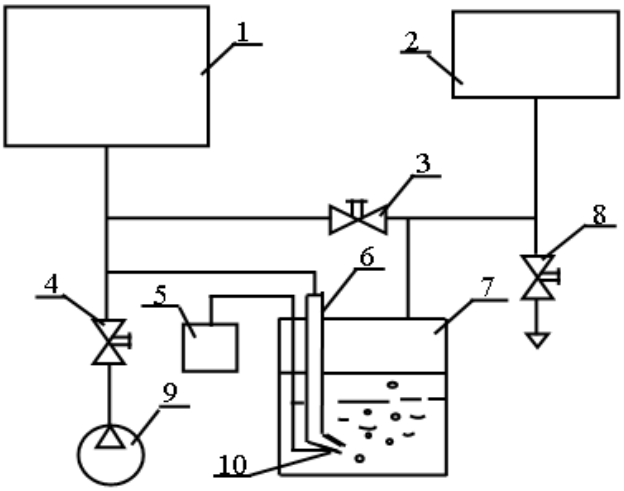

Рис. 1. *Схема устройства для испытаний изделий на герметичность газом с использованием пузырьковой камеры*

© Жежера Н. И., 2012