

Жежера Николай Илларионович

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ ЦИСТЕРНА, ИСПЫТЫВАЕМАЯ НА ГЕРМЕТИЧНОСТЬ ЖИДКОСТЬЮ, КАК ОБЪЕКТ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Рассмотрено математическое описание железнодорожной цистерны, испытываемой на герметичность жидкостью, как объекта автоматического управления по уровню жидкости с изменением давления газа и наличия газовой фазы в жидкости, подаваемой в цистерну. Проведены линеаризация дифференциального уравнения, преобразование его к операторному виду и составлена структурная схема с использованием динамических звеньев теории автоматического управления.

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2012/8/13.html

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

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2012. № 8 (63). С. 42-47. ISSN 1993-5552.

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

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2012/8/

© 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

оперативно использовать их в часто изменяющихся, иногда экстремальных ситуациях, характерных для его не стандартной деятельности. Существует мнение, что люди, обладающие высоким творческим интеллектом, предпочитают работать в уединении. Люди средних способностей более склонны к работе в коллективе, к руководству людьми. В сложных современных условиях у человека, претендующего на руководство, должно быть высоко и гармонично развиты характерологические и интеллектуальные свойства. *Умение поддерживать свой авторитет*. Авторитет основан на: занимаемом руководителем официальном статусе (должность и власть); признании его превосходства и права принимать ответственные решения в условиях совместной деятельности. Настоящим авторитетом пользуется руководитель - лидер, так как в его поведении присутствуют оба свойства. Имидж руководителя - важная составляющая его авторитета. Внешность руководителя, культура речи, манеры - все это элементы его имиджа. Кроме того, что руководитель должен вести здоровый образ жизни, он должен проходить систематические медицинские обследования. Ведь здоровье высококомпетентного, опытного руководителя - это не только его личное достояние, но и общественная ценность для коллектива, организации и государства [4, с. 39-41].

Кроме общих компетенций менеджеры социокультурной сферы должны отвечать и целому ряду специфических требований, обусловленных особенностями самой социокультурной деятельности и ее конкретных субъектов. На наш взгляд, к специфическим компетенциям можно отнести такие, как: мотивационно-созидательная компетенция; культуровоспроизводящая и культуротворческая компетенция; гуманистическая компетенция; бизнес-компетенция; стимуляционно-творческая компетенция; демократично-управленческая компетенция.

Таким образом, обозначив необходимые компетенции, которыми должен обладать менеджер социокультурной сферы, можно сказать о том, что данная профессия является многопрофильной, разносторонней и конкурентоспособной на рынке труда.

Список литературы

1. Асаинова М. В. Формирование профессиональной компетентности менеджеров социально-культурной деятельности в вузах культуры и искусств. М., 2005. 234 с.
2. Большой энциклопедический словарь [Электронный ресурс]. URL: <http://www.academic.ru>
3. Вещиков С., Пальчик М., Езерская К. Базовые компетенции руководителя // Люди дела. 2005. № 10. С. 23-28.
4. Игнатов В. Г., Албастова Л. Н. Теория управления. М.: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д, 2010. 408 с.

УДК 681.5:620.165.29.008.6

Технические науки

Рассмотрено математическое описание железнодорожной цистерны, испытываемой на герметичность жидкостью, как объекта автоматического управления по уровню жидкости с изменением давления газа и наличия газовой фазы в жидкости, подаваемой в цистерну. Проведены линеаризация дифференциального уравнения, преобразование его к операторному виду и составлена структурная схема с использованием динамических звеньев теории автоматического управления.

Ключевые слова и фразы: железнодорожная цистерна; испытание; герметичность; жидкость; газ; дифференциальное уравнение; объект автоматического управления.

Николай Илларионович Жежера, д.т.н., профессор

Кафедра систем автоматизации производства

Оренбургский государственный университет

nik-gegera@rambler.ru

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ ЦИСТЕРНА, ИСПЫТЫВАЕМАЯ НА ГЕРМЕТИЧНОСТЬ ЖИДКОСТЬЮ, КАК ОБЪЕКТ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ[©]

Железнодорожные цистерны для перевозки углеводородного сырья испытывают на герметичность водой на специальных установках. Для этого в подземных емкостях накапливают необходимое количество воды для испытаний одной или нескольких цистерн одновременно. Для подачи воды из подземных емкостей в цистерну перед началом испытаний и из цистерны в емкости после испытаний используют гидронасосы повышенной производительности или сжатый воздух. Давление в цистерне до испытательного значения повышается насосом высокого давления.

Проектирование систем управления технологическими процессами промышленных установок и их последующая работа требуют более полного математического описания объектов управления [11]. При описании объектов автоматического управления применительно к системам испытаний железнодорожных

цистерн необходимо учитывать значительное количество величин, влияющих на основные управляемые параметры, а также наличие газовой фазы в жидкости, подаваемой гидронасосом.

В работах [3; 6, с. 82; 7, с. 106; 9, с. 33] рассмотрены теоретические основы описания устройств и технологических процессов испытаний изделий на герметичность как объектов систем автоматического управления, в которые поступает смесь жидкости с газообразной средой.

Жидкость, подаваемая в испытываемую на герметичность цистерну, представляет собой двухфазную газожидкостную среду. В настоящее время выполнить точный расчет двухфазных газожидкостных течений невозможно [13].

При теоретическом описании двухфазных газожидкостных смесей используют различные модели: гомогенного или раздельного течения, интегральные, дифференциальные и сплошной среды. В гомогенной модели [Там же] смесь компонентов принимается псевдонепрерывной средой с усредненными свойствами, к которой применены обычные законы гидродинамики. Газ и жидкость в такой модели перемещаются с одинаковой скоростью.

В статье рассматривается гомогенная модель газожидкостной среды, поступающей в железнодорожную цистерну, и математическое описание цистерны, испытываемой на герметичность жидкостью как объекта автоматического управления применительно к системе автоматического регулирования уровня жидкости.

На Рисунке 1 приведена схема железнодорожной цистерны, испытываемой на герметичность жидкостью. Газожидкостная среда через клапан 2 по трубопроводу 1 подается в цистерну 3, в нижней части которой находится жидкость 5, а в верхней части 4 - газ, который отводится из цистерны по трубопроводам 6 и 8 через клапан 7. По трубопроводу 10 через клапан 9 отводится из цистерны жидкость.

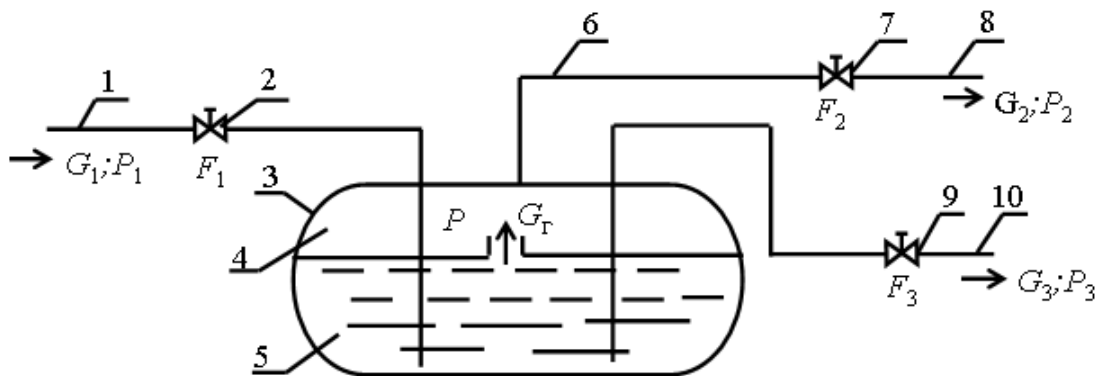


Рис. 1. Схема железнодорожной цистерны, испытываемой на герметичность жидкостью

Состояние газа, находящегося в цистерне, описывается уравнением [2] $PV_g = mRT$, где P - давление газа в цистерне; V_g - объем газового пространства цистерны; m - масса газа в цистерне; R - газовая постоянная; T - абсолютная температура газа. Принимается, что в уравнении состояния газа переменными величинами являются давление P , объем V_g и масса m . Дифференцируя уравнение состояния газа в цистерне относительно принятых переменных по времени t , получим

$$\frac{P}{RT} \frac{dV_g}{dt} + \frac{V_g}{RT} \frac{dP}{dt} = \frac{dm}{dt} \quad (1)$$

Допустим, что на поверхности газожидкостной смеси цистерны находится условная пластина с отверстием, через которое из жидкости в газовое пространство цистерны поступает газ с массовым расходом G_2 . В этом случае уравнение (1) принимает вид

$$\frac{P}{RT} \frac{dV_g}{dt} + \frac{V_g}{RT} \frac{dP}{dt} = G_2 - G_2, \quad (2)$$

где G_2 - массовый расход газа, поступающего в газовое пространство из газожидкостной смеси цистерны; G_2 - массовый расход газа, отводимый из цистерны через клапан 7 (Рис. 1).

На основании гомогенной модели принимается, что по трубопроводу 1 с площадью поперечного течения F_1 протекает газожидкостная среда с массовым расходом $G_{см}$ ($G_{см} = G_{жс} + G_2$, где $G_{жс}$ и G_2 - массовые расходы жидкости и газа в газожидкостной смеси).

Для газожидкостной смеси вводят [4, с. 58; 12] массовое расходное удельное содержание газа в газожидкостной смеси x , которое определяют из соотношения $x = G_2/G_{см}$, и массовое расходное удельное содержание жидкости в газожидкостной смеси $(1-x)$, определяемое из соотношения $(1-x) = G_{жс}/G_{см}$.

Согласно гомогенного течения принимается, что удельный объем газожидкостной смеси складывается из удельных объемов фаз

$$v_{см} = \frac{1}{\rho_{см}} = xv_g + (1-x)v_{жс} = \frac{x}{\rho_g} + \frac{1-x}{\rho_{жс}}, \quad (3)$$

где $v_{см}, v_g, v_{ж}$ - удельные объемы газожидкостной смеси, газовой и жидкостной фаз смеси; $\rho_g, \rho_{ж}$ - плотность газовой и жидкостной фаз газожидкостной смеси.

Массовый расход газожидкостной смеси через клапан 2 ($G_{см}=G_1$), учитывая принятую модель гомогенного течения, определяется по формуле [1; 5, с. 56] $G_1 = \mu_1 F_1 \sqrt{2\rho_{ж}(P_1 - P)}$ для течения обычной жидкости через клапаны, в которой G_1 соответствует расходу газожидкостной смеси $G_{см}$, а плотность жидкости $\rho_{ж}$ - плотности газожидкостной смеси, определяемой из соотношения (3). Тогда массовый расход газожидкостной смеси, поступающей в цистерну, определяется по выражению

$$G_{см} = \mu_1 F_1 \sqrt{2\rho_{см}(P_1 - P)}$$

или $G_{см} = \mu_1 F_1 \sqrt{2(P_1 - P) \left[\frac{x}{\rho_g} + \frac{(1-x)}{\rho_{ж}} \right]}$, (4)

где μ_1 - коэффициент расхода газожидкостной смеси через клапан 2; F_1 - площадь проходного сечения клапана; P_1, P - давление газожидкостной смеси до клапана 2 и в цистерне.

С учетом соотношений для x и $(1-x)$

$$G_{см} = 2\mu_1^2 F_1^2 (P_1 - P) \sqrt{\left[\frac{G_g}{\rho_g} + \frac{G_{ж}}{\rho_{ж}} \right]}$$
 (5)

Газ через клапаны может протекать с докритической или сверхкритической скоростью, измеряемой расходомером [8, с. 47], и характеризуется коэффициентом β , который определяется коэффициентом адиабаты газа. По значению коэффициента β и давлению газа P до клапана определяют критическое давление $P_{кр} = \beta P$ [2]. Для цистерны, испытываемой на герметичность, учитывая реальные перепады давлений в клапане, течение газа из цистерны принимается докритическим. Массовый расход газа G_2 через клапан 7 при докритическом течении определяется по формуле [10]

$$G_2 = \mu_2 F_2 k_a \sqrt{P(P - P_2)/RT},$$
 (6)

где μ_2 - коэффициент расхода газа при отводе через клапан 7; F_2 - площадь проходного сечения клапана; k_a - коэффициент, определяемый из соотношения [2] по значению коэффициента адиабаты для газа; P, P_2 - давление газа в цистерне и после клапана 7; R - газовая постоянная; T - абсолютная температура газа.

Расход жидкости G_3 через клапан 9 определяется по формуле [1]

$$G_3 = \mu_3 F_3 \sqrt{2\rho_g(P - P_3)},$$
 (7)

где μ_3 - коэффициент расхода жидкости через клапан 9; F_3 - площадь проходного сечения клапана; P, P_3 - давление в цистерне и трубопроводе отвода жидкости; ρ_g - плотность жидкости.

Площадь поверхности газожидкостной смеси в железнодорожной цистерне определяется по соотношению [14]

$$S = 2L\sqrt{2HR_1 - H^2},$$
 (8)

где L - длина цистерны; H - уровень жидкости в цистерне; R_1 - радиус цистерны.

Изменение объема газожидкостной смеси от уровня жидкости запишется в виде $\Delta V_{см} = S\Delta H = 2L\sqrt{2HR_1 - H^2}\Delta H$, а в дифференциальной форме

$$\frac{dV_{см}}{dt} = 2L\sqrt{2HR_1 - H^2} \frac{dH}{dt}$$
 (9)

Увеличение уровня и объема газожидкостной смеси приводит к уменьшению объема занимаемого газом, тогда $dV_{см}/dt = -dV_g/dt$ и формула (9) принимает вид

$$\frac{dV_g}{dt} = -2L\sqrt{2HR_1 - H^2} \frac{dH}{dt}$$
 (10)

После подстановки соотношения (10) в уравнение (2) получим

$$\frac{P}{RT} \left(-2L\sqrt{2HR_1 - H^2} \right) \frac{dH}{dt} + \frac{V_g}{RT} \frac{dP}{dt} = G_2 - G_3$$
 (11)

Изменение во времени массы газожидкостной смеси цистерне определяется соотношением

$$\frac{dm_{см}}{dt} = G_{см} - G_2 - G_3$$
 (12)

Принимая плотность газожидкостной смеси в цистерне равной $\rho_{см}$, из уравнения (12) определим, что

$$\frac{dV_{см}}{dt} \rho_{см} = G_{см} - G_2 - G_3,$$
 (13)

где $dV_{см}/dt$ - изменение объема газожидкостной смеси в цистерне.

Подставляя в формулу (13) соотношения (4), (6), (7), (9) и (11), получим

$$2L\sqrt{2HR_1 - H^2} \frac{dH}{dt} \left(\rho_{cm} - \frac{P}{RT} \right) = \mu_1 F_1 \sqrt{2\rho_{cm}(P_1 - P)} - \mu_2 F k_a \sqrt{\frac{P(P - P_2)}{RT}} - \mu_3 F_3 \sqrt{2\rho_e(P - P_3)} - \frac{V_z}{RT} \frac{dP}{dt} \quad (14)$$

Для линеаризации нелинейного уравнения (14) обозначим установившиеся значения переменных величин $F_1, F_2, F_3, P_1, P, P_2, P_3, H$ через $F_{10}, F_{20}, F_{30}, P_{10}, P_0, P_{20}, P_{30}, H_0$, а координаты переменных величин, выраженные приращениями и установившимися значениями, принимают вид: $F_1 = F_{10} + \Delta F_1$; $F_2 = F_{20} + \Delta F_2$; $F_3 = F_{30} + \Delta F_3$; $P_1 = P_{10} + \Delta P_1$; $P = P_0 + \Delta P$; $P_2 = P_{20} + \Delta P_2$; $P_3 = P_{30} + \Delta P_3$; $H = H_0 + \Delta H$; ΔH^1 ; ΔP^1 .

Уравнение (14) линеаризуем разложением его в ряд Тейлора по принятым переменным в виде частных производных. После линеаризации уравнения (14) получим

$$2L\sqrt{2H_0R_1 - H_0^2} \left(\rho_{cm} - \frac{P_0}{RT} \right) \frac{d(\Delta H)}{dt} = \mu_1 F_{10} \sqrt{2\rho_{cm}(P_{10} - P_0)} - \mu_2 F_{20} K_a \sqrt{\frac{P_0(P_0 - P_{20})}{RT}} - \mu_3 F_{30} \sqrt{2\rho_e(P_0 - P_{30})} + \mu_1 \sqrt{2\rho_{cm}(P_{10} - P_0)} \Delta F_1 - \mu_2 K_a \sqrt{\frac{P_0(P_0 - P_{20})}{RT}} \Delta F_2 - \mu_3 \sqrt{2\rho_e(P_0 - P_{30})} \Delta F_3 + \mu_1 F_{10} \frac{\rho_{cm}}{\sqrt{2\rho_{cm}(P_{10} - P_0)}} \Delta P_1 - \left[\mu_1 F_{10} \frac{\rho_{cm}}{\sqrt{2\rho_{cm}(P_{10} - P_0)}} + \mu_2 F_{20} K_a \frac{(2P_0 - P_{20})}{2\sqrt{RT P_0(P_0 - P_{20})}} + \mu_3 F_{30} \frac{\rho_e}{\sqrt{2\rho_e(P_0 - P_{30})}} \right] \Delta P + \mu_2 F_{20} K_a \frac{P_0}{2\sqrt{RT P_0(P_0 - P_{20})}} \Delta P_2 + \mu_3 F_{30} \frac{\rho_e}{\sqrt{2\rho_e(P_0 - P_{30})}} \Delta P_3 - \frac{V_z}{RT} \frac{d(\Delta P)}{dt} \quad (15)$$

Для установившегося режима уравнение (15) принимает вид

$$2L\sqrt{2H_0R_1 - H_0^2} \frac{dH_0}{dt} \left(\rho_{cm} - \frac{P_0}{RT} \right) = \mu_1 F_{10} \sqrt{2\rho_{cm}(P_{10} - P_0)} - \mu_2 F_{20} K_a \sqrt{\frac{P_0(P_0 - P_{20})}{RT}} - \mu_3 F_{30} \sqrt{2\rho_e(P_0 - P_{30})} - \frac{V_z}{RT} \frac{dP_0}{dt} = 0 \quad (16)$$

Уравнение (16) определяет установившийся массовый расход газожидкостной смеси, газа и жидкости через цистерну

$$G_0 = \mu_1 F_{10} \sqrt{2\rho_{cm}(P_{10} - P_0)} = \mu_2 F_{20} K_a \sqrt{\frac{P_0(P_0 - P_{20})}{RT}} + \mu_3 F_{30} \sqrt{2\rho_e(P_0 - P_{30})} \quad (17)$$

После преобразования уравнения (15) с учетом выражения (16) получим

$$\frac{2LH_0\sqrt{2H_0R_1 - H_0^2}}{G_0} \left(\rho_{cm} - \frac{P_0}{RT} \right) \frac{d\left(\frac{\Delta H}{H_0}\right)}{dt} = \frac{\Delta F_1}{F_{10}} - \frac{\mu_2 F_{20} K_a}{G_0} \sqrt{\frac{P_0(P_0 - P_{20})}{RT}} \frac{\Delta F_2}{F_{20}} - \frac{\mu_3 F_{30}}{G_0} \sqrt{2\rho_e(P_0 - P_{30})} \frac{\Delta F_3}{F_{30}} + \frac{P_{10}}{2(P_{10} - P_0)} \frac{\Delta P_1}{P_{10}} - P_0 \left[\frac{1}{2(P_{10} - P_0)} + \frac{\mu_2 F_{20} K_a}{G_0} \frac{(2P_0 - P_{20})}{2\sqrt{RT(P_0^2 - P_0 P_{20})}} + \frac{\mu_3 F_{30}}{G_0} \frac{\rho_e}{\sqrt{2\rho_e(P_0 - P_{30})}} \right] \frac{\Delta P}{P_0} + \frac{\mu_2 F_{20} K_a P_{20}}{G_0} \frac{P_0}{2\sqrt{RT(P_0^2 - P_0 P_{20})}} \frac{\Delta P_2}{P_{20}} + \frac{\mu_3 F_{30} P_{30}}{G_0} \frac{\rho_e}{\sqrt{2\rho_e(P_0 - P_{30})}} \frac{\Delta P_3}{P_{30}} - \frac{V_z P_0}{G_0 RT} \frac{d\left(\frac{\Delta P}{P_0}\right)}{dt} \quad (18)$$

Введем следующие обозначения:

$$\frac{V_z P_0}{G_0 RT} = T_a; \quad \frac{\Delta P}{P_0} = x(t); \quad \frac{\Delta F_1}{F_{10}} = a(t); \quad \frac{\Delta F_2}{F_{20}} = b(t);$$

$$\frac{\Delta P_1}{P_{10}} = c(t); \quad \frac{\Delta P_2}{P_{20}} = d(t); \quad \frac{\Delta P_3}{P_{30}} = m(t); \quad \frac{\Delta F_3}{F_{30}} = n(t); \quad \frac{\Delta H}{H_0} = \psi(t);$$

$$\frac{P_0}{2(P_{10} - P_0)} + \frac{P_0}{G_0} \left[\frac{\mu_2 F_{20} K_a (2P_0 - P_{20})}{2\sqrt{RT(P_0^2 - P_0 P_{20})}} + \frac{\mu_3 F_{30} \rho_e}{\sqrt{2\rho_e(P_0 - P_{30})}} \right] = k_1;$$

$$\begin{aligned} \frac{\mu_2 F_{20} K_a}{G_0} \sqrt{\frac{P_0(P_0 - P_{20})}{RT}} &= k_2; \quad \frac{\mu_3 F_{30}}{G_0} \sqrt{2\rho_s(P_0 - P_{30})} = k_3; \\ \frac{\mu_3 F_{30} P_{30} \rho_s}{G_0 \sqrt{2\rho_s(P_0 - P_{30})}} &= k_4; \quad \frac{P_{10}}{2(P_{10} - P_0)} = k_5; \\ \frac{\mu_2 F_{20} K_a P_0 P_{20}}{2G_0 \sqrt{RT(P_0^2 - P_0 P_{20})}} &= k_6; \quad \frac{2LH_0 \sqrt{2H_0 R_1 - H_0^2}}{G_0} \left(\rho_{cm} - \frac{P_0}{RT} \right) = T_n \end{aligned} \quad (19)$$

После преобразования с учетом принятых обозначений (19) уравнение (18) принимает вид

$$T_n \frac{d\psi(t)}{dt} = a(t) - k_2 b(t) - k_3 n(t) + k_4 m(t) + k_5 c(t) + k_6 d(t) - T_a \frac{dx(t)}{dt} - k_1 x(t), \quad (20)$$

где T_n и T_a - постоянные времени; $k_1 - k_6$ - безразмерные коэффициенты.

После преобразования по Лапласу уравнение (20) запишется в виде

$$T_n s \psi(s) = a(s) - k_2 b(s) - k_3 n(s) + k_4 m(s) + k_5 c(s) + k_6 d(s) - T_a s x(s) - k_1 x(s), \quad (21)$$

где s - оператор Лапласа.

Согласно уравнению (21) на Рисунке 2 представлена динамическая идентификация цистерны, испытываемой на герметичность жидкостью.

Уравнение (21) позволяет анализировать процессы, происходящие в цистерне как объекте автоматического управления при поступлении не только газожидкостной смеси, но и одной жидкости. Например, если рассматривают снижение уровня жидкости в цистерне, тогда уравнение (21) принимает вид

$$T_n \frac{d\psi(t)}{dt} = a(t) - k_3 n(t) + k_4 m(t) + k_5 c(t) - T_a \frac{dx(t)}{dt} - k_1 x(t)$$

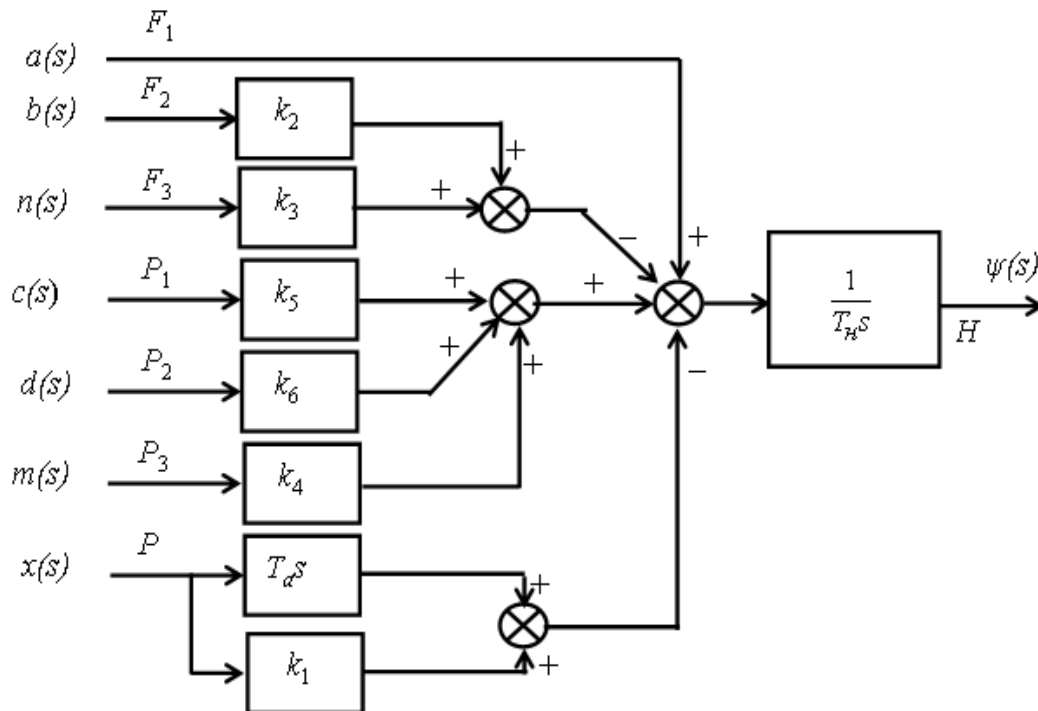


Рис. 2. Динамическая идентификация железнодорожной цистерны, испытываемой на герметичность жидкостью

Если цистерну заполняют жидкостью и вместе клапана 7 (Рисунок 1) устанавливают регулятор давления, тогда

$$T_n \frac{d\psi(t)}{dt} = a(t) - k_2 b(t) + k_5 c(t) + k_6 d(t),$$

а при соединении газового пространства цистерны с атмосферой (при отсутствии клапана 7)

$$T_n \frac{d\psi(t)}{dt} = a(t) + k_5 c(t)$$

Таким образом, рассмотрено математическое описание железнодорожной цистерны, испытываемой на герметичность жидкостью, как объекта автоматического управления по уровню жидкости с изменением

давления газа и наличия газовой фазы в жидкости, подаваемой в цистерну. Проведены линеаризация дифференциального уравнения, преобразование его к операторному виду и составлена структурная схема с использованием динамических звеньев теории автоматического управления.

Разработанные положения позволяют проводить анализ влияния технологических параметров на переходные процессы в железнодорожной цистерне как объекте управления при проектировании автоматизированных систем испытаний, а также управлять процессами испытаний цистерн на герметичность с использованием микропроцессорных систем автоматического управления.

Список литературы

1. Башта Т. М. Машиностроительная гидравлика: справочное пособие. Изд. 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. 2-е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1987. 440 с.
3. 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.
4. Жежера Н. И. Сепарационная установка газ-нефть как объект автоматического управления по давлению газа // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 5 (40). С. 58-64.
5. Жежера Н. И. Утечки жидкости из вибрируемых изделий, испытываемых на герметичность // Альманах современной науки и образования. 2012. № 5. С. 56-60.
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., 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.
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. Жежера Н. И., Тямкин С. А., Сайденнова Г. А. Математическое описание реактора пиролиза изношенных шин как объекта автоматического управления по давлению газов // Автоматизация и современные технологии. М., 2010. № 12. С. 33-36.
10. Иващенко Н. Н. Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем: учеб. пособие для вузов / Мин-во высш. и средн. спец. образования СССР. Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1978. 736 с.
11. Изерман Р. Цифровые системы управления / перевод с английского. М.: Мир, 1984. 541 с.
12. Коган В. Б., Харисов М. А. Оборудование для разделения смесей под вакуумом. Изд. 2-е, перераб. и доп. Л.: Машиностроение, 1976. 416 с.
13. Протодяконов И. О., Люблинская И. Е. Гидродинамика и массообмен в системах газ-жидкость. Л.: Наука, 1990. 349 с.
14. Штеренлихт Д. В. Гидравлика. М.: Энергоатомиздат, 1984. 640 с.

УДК 681.5:620.165.29.008.6

Технические науки

Установлена аналитическая зависимость для определения коэффициента повышения давления в сжимаемых емкостях и полостях дифференциального манометра при испытаниях изделий на герметичность с использованием сжимаемых емкостей, присоединенных к дифференциальному манометру. Определены условия соотношения изменения объемов сжимаемых емкостей и объемов полостей дифференциального манометра и соединительных трубопроводов.

Ключевые слова и фразы: контроль; герметичность; контрольный газ; давление; дифференциальный манометр; сжимаемые емкости; коэффициент повышения давления.

Николай Илларионович Жежера, д.т.н., профессор

Кафедра систем автоматизации производства

Оренбургский государственный университет

nik-gegera@rambler.ru

ИСПЫТАНИЯ ИЗДЕЛИЙ НА ГЕРМЕТИЧНОСТЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЖИМАЕМЫХ ЕМКостей, ПРИСОЕДИНЕННЫХ К ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМУ МАНОМЕТРУ[©]

Повышение чувствительности устройств испытаний на герметичность изделий по разности давлений достигается путем применения способа испытаний на герметичность с использованием дифференциального манометра (дифманометра) и сжимаемых емкостей [4; 5, с. 56; 6, с. 49]. Одно из устройств, реализующее данный способ, приведено на Рисунке 1 [1].