

Жежера Николай Илларионович, Евсюкова Наталья Андреевна

ОТСТОЙНИК НЕФТЯНОГО ШЛАМА КАК ОБЪЕКТ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПО УРОВНЮ ЖИДКОСТИ

Рассмотрено математическое описание отстойника нефтяного шлама как объекта автоматического управления по уровню жидкости с учетом давлений в трубопроводах подвода и отвода нефтяного шлама и газа, а также давления и скорости изменения давления газа в отстойнике. 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/1/2012/12-2/9.html

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

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2012. № 12 (67): в 2-х ч. Ч. II. С. 44-49. ISSN 1993-5552.

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

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2012/12-2/

© 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

Если принять, что $K_6=0$ и $T_4=0$, тогда из выражения

$$K_6 = (T_4 + T_3 + T_2 + T_1) - \frac{K_3 T_1}{(T_1 - T_4)} - \frac{K_4 \cdot T_2}{(T_2 - T_4)} - \frac{K_5 T_3}{(T_3 - T_4)} \quad \text{получим} \quad 0 = (T_3 + T_2 + T_1) - K_3 - K_4 - K_5 \quad \text{или}$$

$K_5 = (T_3 + T_2 + T_1) - K_3 - K_4$, что совпадает с формулой (11). В формулу (11) входят коэффициенты K_3 и K_4 , которые определяются через коэффициенты K_1 и K_2 согласно выражениям (7).

Таким образом, определены z-преобразования передаточных функций с двумя-пятью апериодическими звеньями первого порядка и интегрирующим звеном управляемых процессов с фиксатором нулевого порядка цифровых систем автоматического управления путем разложения передаточных функций на алгебраическую сумму простых слагаемых.

Список литературы

1. Бесекерский В. А. Цифровые автоматические системы. М.: Наука, 1976. 576 с.
2. Жежера Н. И. Дифференциальное уравнение движения жидкостного поршня в горизонтальной трубке устройств контроля герметичности изделий // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2012. № 7. С. 35-39.
3. Жежера Н. И. Определение необходимой частоты продольной вибрации барботажной трубки устройств контроля герметичности изделий с использованием пузырьковой камеры // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2012. № 7. С. 39-44.
4. Жежера Н. И. Определение необходимой частоты продольной вибрации горизонтальной трубки устройств контроля герметичности изделий // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2012. № 6. С. 49-54.
5. Жежера Н. И. Развитие теории и совершенствование автоматизированных систем испытаний изделий на герметичность: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.13.06. Оренбург, 2004. 441 с.
6. 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.
7. 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.
8. Жежера Н. И., Кравченко В. В. Математическое описание редукционных установок тепловых электростанций и котельных агрегатов при докритическом течении водяного пара // Вестник Оренбургского государственного университета. 2000. № 2. С. 106-109.
9. Жежера Н. И., Самойлов Н. Г. Дифференциальное уравнение реактора производства сорбента органических соединений пиролиза изношенных шин как объекта автоматического управления // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 4 (39). С. 42-46.
10. 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.
11. Жежера Н. И., Тямкин С. А., Сайденкова 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.
12. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления / пер. с англ. М.: Машиностроение, 1986. 448 с.

УДК 681.5:620.165.29.008.6

Технические науки

Рассмотрено математическое описание отстойника нефтяного шлама как объекта автоматического управления по уровню жидкости с учетом давлений в трубопроводах подвода и отвода нефтяного шлама и газа, а также давления и скорости изменения давления газа в отстойнике. Проведены линеаризация дифференциального уравнения, преобразование его к операторному виду, и составлена структурная схема с использованием динамических звеньев теории автоматического управления.

Ключевые слова и фразы: отстойник; нефтяной шлам; газ; уровень; давление; дифференциальное уравнение; объект автоматического управления; структурная схема.

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

Наталья Андреевна Евсюкова

Кафедра систем автоматизации производства

Оренбургский государственный университет

nik-gegera@rambler.ru; YevsNata@yandex.ru

ОТСТОЙНИК НЕФТЯНОГО ШЛАМА КАК ОБЪЕКТ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПО УРОВНЮ ЖИДКОСТИ[©]

Системы автоматического регулирования уровня нефтяного шлама и давления углеводородного газа являются основными системами управления отстойниками нефтяного шлама. Аналоговые системы управления,

которыми снабжены отстойники нефтяного шлама, переоборудуются в настоящее время на цифровые системы управления. Разработка цифровых систем управления технологическими процессами промышленных установок с использованием микропроцессорных устройств требует более полного математического описания объектов управления [8].

В работах [3; 4, с. 58; 5, с. 106; 6, с. 33] рассмотрены теоретические основы описания технологических процессов и устройств как объектов систем автоматического управления по давлению газов, в которые поступает смесь жидкости с газообразной средой (углеводородным газом или водяным паром).

Математическое описание отстойника нефтяного шлама, схема которого приведена на Рисунке 1, рассматривается применительно к системе автоматического регулирования уровня жидкости с учетом давления углеводородного газа в установке и трубопроводах подвода и отвода рабочей среды из установки. Схема отстойника нефтяного шлама содержит трубопровод 1 подвода газожидкостной смеси - нефтяного шлама, на котором установлен регулирующий клапан 2, отстойник нефтяного шлама 3, нижняя часть которого заполнена нефтяным шламом 4, а газ находится в верхней части 5 отстойника.

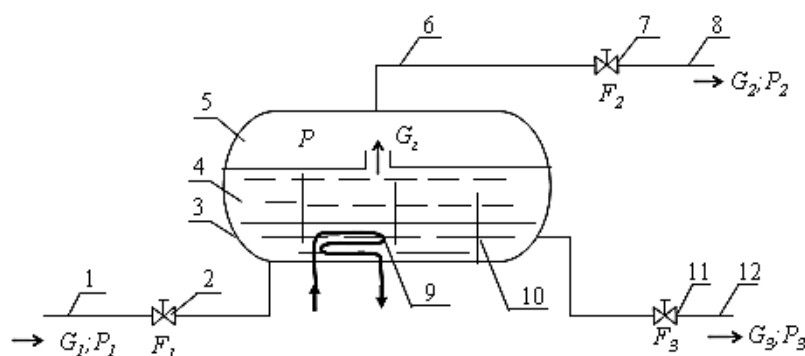


Рис. 1. Схема отстойника нефтяного шлама как объекта автоматического управления по уровню жидкости с учетом давлений в трубопроводах подвода и отвода нефтяного шлама и газа, а также давления и скорости изменения давления газа в отстойнике

Углеводородный газ отводится из отстойника нефтяного шлама по трубопроводам 6 и 8 через регулирующий клапан 7, управляемый регулятором давления газа. В отстойнике установлен подогреватель 9 нефтяного шлама. Трубопровод 12 предназначен для отвода из отстойника нефтяного шлама. На этом трубопроводе устанавливается регулирующий клапан 11, управляемый регулятором плотности отвода нефтяного шлама из отстойника.

Динамика отстойника нефтяного шлама как объекта управления обычно рассматривается отдельно по уровню нефтяного шлама и по давлению углеводородного газа в установке. Однако давление газа в отстойнике нефтяного шлама оказывает существенное влияние на изменение уровня жидкости. Поэтому рассматривается модель отстойника нефтяного шлама как объекта управления по уровню жидкости с учетом давления газа в установке.

Состояние углеводородного газа, находящегося в отстойнике нефтяного шлама, описывается уравнением состояния газа [2]

$$PV_g = mRT, \quad (1)$$

в котором P - давление газа в отстойнике нефтяного шлама, Па; V_g - объем газового пространства отстойника нефтяного шлама, м^3 ; m - масса газа в установке, кг; R - газовая постоянная углеводородного газа, $\text{м}^2\text{с}^{-2}\text{°K}^{-1}$; T - абсолютная температура газа, °K .

Для горизонтального отстойника нефтяного шлама принимается, что в уравнении состояния газа (1) переменными величинами являются давление P , объем V_g и масса m . Дифференцируя уравнение состояния газа (1) по принятым переменным от времени t , получим

$$\frac{P}{RT} \frac{dV_g}{dt} + \frac{V_g}{RT} \frac{dP}{dt} = \frac{dm}{dt}. \quad (2)$$

Уравнение (2) характеризует динамику отстойника нефтяного шлама по давлению газа, который находится в верхней части отстойника нефтяного шлама над нефтяным шламом (газожидкостной смесью), и давление газа в этом пространстве зависит от уровня жидкости. Допустим, что на поверхности газожидкостной смеси отстойника нефтяного шлама (Рисунок 1) находится условная пластина с отверстием, через которое проходит из нефтяного шлама в газовое пространство отстойника газ с массовым расходом G_e . В этом случае уравнение (2) принимает вид

$$\frac{P}{RT} \frac{dV_g}{dt} + \frac{V_g}{RT} \frac{dP}{dt} = G_e - G_2, \quad (3)$$

где $dm/dt = G_e - G_2$; G_e - массовый расход газа, поступающего в газовое пространство из нефтегазовой смеси отстойника нефтяного шлама, кг/с; G_2 - массовый расход газа, отводимый из отстойника нефтяного шлама через регулирующий клапан, кг/с.

Массовый расход газожидкостной смеси (нефтяного шлама) $G_{см} = G_1$, поступающей в отстойник нефтяного шлама, характеризуется двумя фазами: жидкостной и газовой. В настоящее время не существует методов, позволяющих выполнить точный расчет двухфазных газожидкостных течений [9]. Обычно при теоретическом описании двухфазных течений газожидкостных смесей используют различные модели, например, модели гомогенного или раздельного течения, интегральные, дифференциальные модели и модель сплошной среды. В гомогенной модели [10] смесь компонентов принимается псевдонепрерывной средой с усредненными свойствами, к которой применены обычные законы гидродинамики. Газ и жидкость в такой модели перемещаются с одинаковой скоростью, которая равна приведенной скорости. На основании этого принимается, что по трубопроводу 1 (Рисунок 1) и через регулирующий клапан 2 с площадью поперечного течения F_1 , м², протекает нефтяной шлам (газожидкостная смесь) с массовым расходом $G_{см}$, кг/с, причем $G_{см} = G_{жс} + G_{г}$, где $G_{жс}$ и $G_{г}$ - массовые расходы жидкости и газа в газожидкостной смеси, кг/с.

Для газожидкостной смеси вводится [Там же] массовое расходное удельное газосодержание газожидкостной смеси x , которое определяют по соотношению $x = G_{г}/G_{см}$, и массовое расходное удельное содержание жидкости в газожидкостной смеси $(1-x)$, определяемое по соотношению $(1-x) = G_{жс}/G_{см}$.

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

$$v_{см} = \frac{1}{\rho_{см}} = xv_{г} + (1-x)v_{жс} = \frac{x}{\rho_{г}} + \frac{1-x}{\rho_{жс}}, \quad (4)$$

где $v_{см}, v_{г}, v_{жс}$ - удельные объемы газожидкостной смеси, газовой и жидкостной фаз этой смеси, м³/кг; $\rho_{г}, \rho_{жс}$ - плотность газовой и жидкостной фаз газожидкостной смеси.

Массовый расход нефтяного шлама $G_{см} = G_1$ через регулируемый клапан 2 (Рисунок 1), учитывая принятую модель гомогенного течения, определяется по формуле [1] $G_1 = \mu_1 F_1 \sqrt{2\rho_{жс}(P_1 - P)}$ для течения обычной жидкости через клапаны, в которой G_1 соответствует расходу нефтяного шлама $G_{см}$, а плотность жидкости $\rho_{жс}$ - плотности нефтяного шлама $\rho_{см}$, определяемой по соотношению (4). В этом случае массовый расход нефтяного шлама, поступающего в отстойник нефтяного шлама, определяется по выражению

$$G_{см} = \mu_1 F_1 \sqrt{2\rho_{см}(P_1 - P)} \text{ или } G_{см} = \mu_1 F_1 \sqrt{\frac{2(P_1 - P)}{\frac{x}{\rho_{г}} + \frac{(1-x)}{\rho_{жс}}}}, \quad (5)$$

где μ_1 - коэффициент расхода нефтяного шлама через регулирующий клапан 2; F_1 - площадь проходного сечения этого клапана, м²; P_1, P - давление нефтяного шлама до регулирующего клапана и давление в отстойнике нефтяного шлама, Па.

С учетом соотношений для x и $(1-x)$ выражение (5) принимает вид

$$G_{см} = \mu_1 F_1 \sqrt{\frac{2(P_1 - P)}{\frac{G_{г}}{\rho_{г}} + \frac{G_{жс}}{\rho_{жс}}}}. \quad (6)$$

Течение газа через регулирующие клапаны может происходить с докритической или сверхкритической скоростью и характеризуется коэффициентом β , который определяется по коэффициенту адиабаты. По значению коэффициента β и давлению газа P до регулирующего клапана определяется критическое давление $P_{кр} = \beta P$ [2]. Для рассматриваемых горизонтальных отстойников нефтяного шлама, учитывая реальные перепады давлений на клапане 7 (Рисунок 1) при отсутствии за ним непосредственно компрессорной установки, течение газа из отстойника нефтяного шлама принимается докритическим. Массовый расход газа G_2 , кг/с, через регулирующий клапан при докритическом течении определяется по формуле [7]

$$G_2 = \mu_2 F_2 k_a \sqrt{\frac{P(P - P_2)}{RT}}, \quad (7)$$

где μ_2 - коэффициент расхода регулирующего клапана отвода газа из отстойника нефтяного шлама; F_2 - площадь проходного сечения этого клапана, м²; k_a - коэффициент, определяемый по соотношению [2] по значению коэффициента адиабаты для углеводородного газа; P, P_2 - давление углеводородного газа в отстойнике нефтяного шлама и после регулирующего клапана отвода газа из отстойника нефтяного шлама, Па; R - газовая постоянная углеводородного газа, м² с⁻² 0 К⁻¹; T - абсолютная температура газа, 0 К.

Массовый расход нефтяного шлама G_3 , кг/с, через регулирующий клапан 11 определяется по формуле [1]:

$$G_3 = \mu_3 F_3 \sqrt{2\rho_{н}(P - P_3)}, \quad (8)$$

где μ_3 - коэффициент расхода нефтяного шлама для регулирующего клапана 11; F_3 - площадь проходного сечения регулирующих клапанов отвода из отстойника нефтяного шлама, м²; P, P_3 - давление газожидкостной смеси в отстойнике нефтяного шлама и в трубопроводе отвода нефтяного шлама после регулирующего клапана, Па; $\rho_{н}$ - плотность нефтяного шлама, кг/м³.

Площадь поверхности нефтяного шлама в горизонтальном отстойнике S , м^2 , определяется по соотношению [11]

$$S = 2L\sqrt{2HR_1 - H^2}, \quad (9)$$

где L - длина отстойника нефтяного шлама, м; H - уровень нефтяного шлама в отстойнике, м; R_1 - радиус отстойника нефтяного шлама.

Изменение объема нефтяного шлама в установке $\Delta V_{cm} = S\Delta H = 2L\sqrt{2HR_1 - H^2}\Delta H$ или в дифференциальной форме

$$\frac{dV_{cm}}{dt} = 2L\sqrt{2HR_1 - H^2} \frac{dH}{dt}. \quad (10)$$

Увеличение уровня и объема нефтяного шлама в отстойнике приводит к уменьшению объема, занимаемого газом dV_z , поэтому $dV_{cm}/dt = -dV_z/dt$ и формула (10) принимает вид

$$\frac{dV_z}{dt} = -2L\sqrt{2HR_1 - H^2} \frac{dH}{dt}. \quad (11)$$

После подстановки соотношения (11) в уравнение (3) получим

$$\frac{P}{RT} \left(-2L\sqrt{2HR_1 - H^2} \right) \frac{dH}{dt} + \frac{V_z}{RT} \frac{dP}{dt} = G_z - G_2. \quad (12)$$

Изменение массы нефтяного шлама dm_{cm}/dt , кг/с, в отстойнике нефтяного шлама определяется соотношением

$$\frac{dm_{cm}}{dt} = G_{cm} - G_z - G_3. \quad (13)$$

Принимая плотность нефтяного шлама в отстойнике равной ρ_{cm} , кг/м³, получим из уравнения (13)

$$\frac{dV_{cm}}{dt} \rho_{cm} = G_{cm} - G_z - G_3, \quad (14)$$

где dV_{cm}/dt - изменение объема, м³/с, нефтяного шлама в отстойнике.

Подставляя в формулу (14) соотношения (5)-(8), (10) и (12), получим

$$2L\sqrt{2HR_1 - H^2} \frac{dH}{dt} \left(\rho_{cm} - \frac{P}{RT} \right) = \mu_1 F_1 \sqrt{2\rho_{cm}(P_1 - P)} - \mu_2 F_2 K_a \sqrt{\frac{P(P - P_2)}{RT}} - \mu_3 F_3 \sqrt{2\rho_n(P - P_3)} - \frac{V_z}{RT} \frac{dP}{dt}. \quad (15)$$

Для линеаризации нелинейного уравнения (15) обозначаем установившиеся значения переменных величин: $F_1, F_2, F_3, P_1, P, P_2, P_3, H$ как: $F_{10}, F_{20}, F_{30}, P_{10}, P_0, P_{20}, P_{30}, H_0$, а координаты переменных величин, выраженные через приращения и установившиеся значения, принимают вид:

$$F_1 = F_{10} + \Delta F_1; F_2 = F_{20} + \Delta F_2; F_3 = F_{30} + \Delta F_3; P_1 = P_{10} + \Delta P_1;$$

$$P = P_0 + \Delta P; P_2 = P_{20} + \Delta P_2; P_3 = P_{30} + \Delta P_3; H = H_0 + \Delta H.$$

Линеаризация уравнения (15) производится путем разложения его в ряд Тейлора по принятым переменным в виде частных производных, а затем вместо всех переменных параметров выполняется подстановка их установившихся значений. После линеаризации уравнения (15) получим

$$\begin{aligned} 2L\sqrt{2H_0R_1 - H_0^2} \left(\rho_{cm} - \frac{P_0}{RT} \right) \frac{d(\Delta H)}{dt} = & \mu_1 F_{10} \sqrt{2\rho_{cm}(P_{10} - P_0)} - \mu_2 F_{20} K_a \sqrt{\frac{P_0(P_0 - P_{20})}{RT}} - \mu_3 F_{30} \sqrt{2\rho_n(P_0 - P_{30})} + \\ & + \mu_1 \sqrt{2\rho_{cm}(P_{10} - P_0)} \Delta F_1 - \mu_2 K_a \sqrt{\frac{P_0(P_0 - P_{20})}{RT}} \Delta F_2 - \mu_3 \sqrt{2\rho_n(P_0 - P_{30})} \Delta F_3 + \mu_1 F_{10} \frac{\rho_{cm}}{\sqrt{2\rho_{cm}(P_{10} - P_0)}} \Delta P_1 - \\ & - \left[\mu_1 F_{10} \frac{\rho_{cm}}{\sqrt{2\rho_{cm}(P_{10} - P_0)}} + \mu_2 F_{20} K_a \frac{(2P_0 - P_{20})}{2\sqrt{RT P_0(P_0 - P_{20})}} + \right. \\ & + \mu_3 F_{30} \frac{\rho_n}{\sqrt{2\rho_n(P_0 - P_{30})}} \Delta P + \mu_2 F_{20} K_a \frac{P_0}{2\sqrt{RT P_0(P_0 - P_{20})}} \Delta P_2 + \\ & \left. + \mu_3 F_{30} \frac{\rho_n}{\sqrt{2\rho_n(P_0 - P_{30})}} \Delta P_3 - \frac{V_z}{RT} \frac{d(\Delta P)}{dt} \right]. \end{aligned} \quad (16)$$

Для установившегося режима течения нефтяного шлама в отстойник и выхода в отдельности газа и нефтяного шлама из установки уравнение (16) принимает вид

$$2L\sqrt{2H_0R_1-H_0^2}\frac{dH_0}{dt}\left(\rho_{cm}-\frac{P_0}{RT}\right)=\mu_1F_{10}\sqrt{2\rho_{cm}(P_{10}-P_0)}-\mu_2F_{20}K_a\sqrt{\frac{P_0(P_0-P_{20})}{RT}}- \\ -\mu_3F_{30}\sqrt{2\rho_n(P_0-P_{30})}-\frac{V_z}{RT}\frac{dP_0}{dt}=0. \quad (17)$$

Уравнение (17) определяет установившийся массовый расход газа и нефтяного шлама G_0 , кг/с, через отстойник нефтяного шлама, а именно

$$G_0=\mu_1F_{10}\sqrt{2\rho_{cm}(P_{10}-P_0)}=\mu_2F_{20}K_a\sqrt{\frac{P_0(P_0-P_{20})}{RT}}+\mu_3F_{30}\sqrt{2\rho_n(P_0-P_{30})}. \quad (18)$$

Если из уравнения (16) вычесть соответствующие части уравнения (17), затем разделить обе части полученного соотношения на установившийся расход G_0 с учетом его значения по формуле (18), тогда получим

$$\frac{2LH_0\sqrt{2H_0R_1-H_0^2}}{G_0}\left(\rho_{cm}-\frac{P_0}{RT}\right)\frac{d\left(\frac{\Delta H}{H_0}\right)}{dt}=\frac{\Delta F_1}{F_{10}}-\frac{\mu_2F_{20}K_a}{G_0}\sqrt{\frac{P_0(P_0-P_{20})}{RT}}\frac{\Delta F_2}{F_{20}}- \\ -\frac{\mu_3F_{30}}{G_0}\sqrt{2\rho_n(P_0-P_{30})}\frac{\Delta F_3}{F_{30}}+\frac{P_{10}}{2(P_{10}-P_0)}\frac{\Delta P_1}{P_{10}}- \\ -P_0\left[\frac{1}{2(P_{10}-P_0)}+\frac{\mu_2F_{20}K_a}{G_0}\frac{(2P_0-P_{20})}{2\sqrt{RT(P_0^2-P_0P_{20})}}+\frac{\mu_3F_{30}}{G_0}\frac{\rho_n}{\sqrt{2\rho_n(P_0-P_{30})}}\right]\frac{\Delta P}{P_0}+ \\ +\frac{\mu_2F_{20}K_aP_{20}}{G_0}\frac{P_0}{2\sqrt{RT(P_0^2-P_0P_{20})}}\frac{\Delta P_2}{P_{20}}+\frac{\mu_3F_{30}P_{30}}{G_0}\frac{\rho_n}{\sqrt{2\rho_n(P_0-P_{30})}}\frac{\Delta P_3}{P_{30}}-\frac{V_zP_0}{G_0RT}\frac{d\left(\frac{\Delta P}{P_0}\right)}{dt}. \quad (19)$$

Введем в это уравнение следующие обозначения:

$$\frac{V_zP_0}{G_0RT}=T_a; \quad \frac{\Delta P}{P_0}=x(t); \quad \frac{\Delta F_1}{F_{10}}=a(t); \quad \frac{\Delta F_2}{F_{20}}=b(t); \quad \frac{\Delta P_1}{P_{10}}=c(t); \quad \frac{\Delta P_2}{P_{20}}=d(t); \\ \frac{\Delta P_3}{P_{30}}=m(t); \quad \frac{\Delta F_3}{F_{30}}=n(t); \quad \frac{\Delta H}{H_0}=\psi(t);$$

$$\frac{P_0}{2(P_{10}-P_0)}+\frac{P_0}{G_0}\left[\frac{\mu_2F_{20}K_a(2P_0-P_{20})}{2\sqrt{RT(P_0^2-P_0P_{20})}}+\frac{\mu_3F_{30}\rho_n}{\sqrt{2\rho_n(P_0-P_{30})}}\right]=k_1; \\ \frac{\mu_2F_{20}K_a}{G_0}\sqrt{\frac{P_0(P_0-P_{20})}{RT}}=k_2; \quad \frac{\mu_3F_{30}}{G_0}\sqrt{2\rho_n(P_0-P_{30})}=k_3; \\ \frac{P_{10}}{2(P_{10}-P_0)}=\frac{k_5}{2G_0\sqrt{RT(P_0^2-P_0P_{20})}}=k_6; \\ \frac{\mu_3F_{30}P_{30}\rho_n}{G_0\sqrt{2\rho_n(P_0-P_{30})}}=k_7; \quad \frac{2LH_0\sqrt{2H_0R_1-H_0^2}}{G_0}\left(\rho_{cm}-\frac{P_0}{RT}\right)=T_n. \quad (20)$$

С учетом соотношений (20) уравнение (19) принимает вид

$$T_n\frac{d\psi(t)}{dt}=a(t)-k_2b(t)-k_3n(t)+k_5c(t)+k_6d(t)+k_7m(t)-T_a\frac{dx(t)}{dt}-k_1x(t). \quad (21)$$

В соотношениях (20) и (21) T_n и T_a - постоянные времени по уровню нефтяного шлама в отстойнике нефтяного шлама и по давлению газа в этой установке, с, а k_1-k_3, k_5-k_7 - безразмерные коэффициенты.

Из уравнения (21) следует, что на изменение уровня нефтяного шлама $T_n \cdot d\psi(t)/dt$ в отстойнике оказывают влияние не только общепринятые параметры проходных сечений регулирующих клапанов (Рисунок 1): $a(t)=\Delta F_1/F_{10}$; $b(t)=\Delta F_2/F_{20}$; $n(t)=\Delta F_3/F_{30}$; но и давления в трубопроводах подвода и отвода рабочей среды из установки $c(t)=\Delta P_1/P_{10}$; $d(t)=\Delta P_2/P_{20}$; $m(t)=\Delta P_3/P_{30}$; давление газа $x(t)=\Delta P/P_0$ и скорость изменения этого давления $T_a \cdot dx(t)/dt$ в отстойнике нефтяного шлама.

После преобразования по Лапласу уравнения (21) получим

$$T_n s\psi(s)=a(s)-k_2b(s)-k_3n(s)+k_5c(s)+k_6d(s)+k_7m(s)-T_a s x(s)-k_1x(s), \quad (22)$$

где s - оператор Лапласа.

На Рисунке 2 представлена структурная схема отстойника нефтяного шлама как объекта автоматического управления по уровню жидкости с учетом давлений в трубопроводах подвода и отвода нефтяного шлама и газа из установки, давления газа и скорости изменения этого давления в отстойнике нефтяного шлама, составленная по уравнению (22).

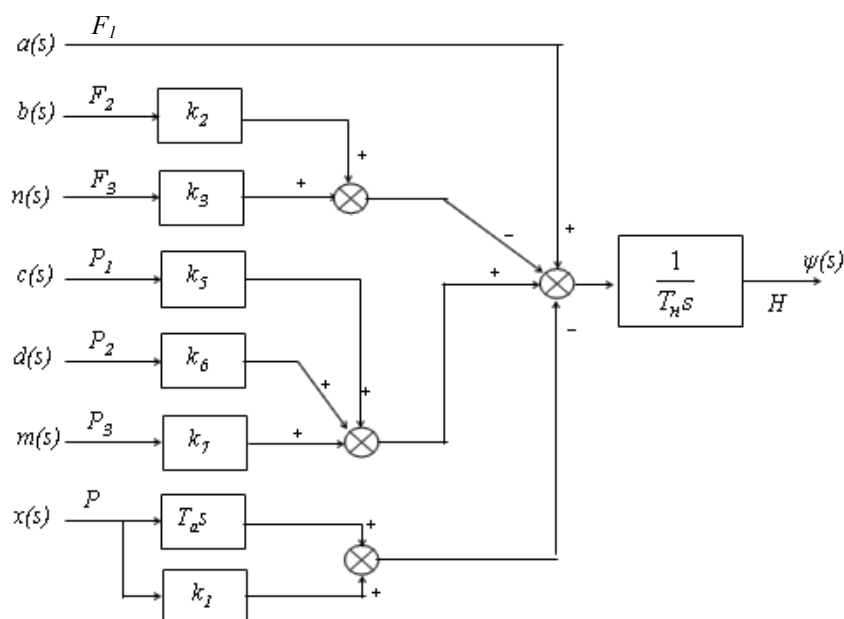


Рис. 2. Структурная схема отстойника нефтяного шлама как объекта автоматического управления по уровню жидкости с учетом давлений в трубопроводах подвода и отвода нефтяного шлама и газа, а также давления и скорости изменения давления газа в отстойнике

Таким образом, установлено, что на изменение уровня нефтяного шлама в отстойнике оказывают влияние не только общепринятые параметры проходных сечений регулирующих клапанов, но и давления в трубопроводах подвода и отвода рабочей среды из установки, давление газа и скорость изменения этого давления в отстойнике нефтяного шлама. Существенное влияние давлений и скорости изменения давления на уровень нефтяного шлама в отстойнике связано с тем, что во входном трубопроводе и в отстойнике вместо жидкости находится газожидкостная смесь - нефтяной шлам.

Установленные дифференциальное уравнение и выражения для определения коэффициентов этого уравнения позволяют проектировать и эксплуатировать цифровые системы автоматического управления отстойником нефтяного шлама по уровню жидкости с учетом изменения давления газа в установке.

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: автореф. дисс. ... д.т.н. / Оренбургский государственный университет. Оренбург, 2004.
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., Кравченко В. В. Математическое описание редукционных установок тепловых электростанций и котельных агрегатов при докритическом течении водяного пара // Вестник Оренбургского государственного университета. Оренбург: ОГУ, 2000. № 2. С. 106-109.
6. Жежера Н. И., Тямкин С. А., Сайденкова 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.
7. Иващенко Н. Н. Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем: учеб. пособие для вузов / Мин-во высш. и средн. специал. образования СССР. Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1978. 736 с.
8. Изерман Р. Цифровые системы управления / пер. с англ. М.: Мир, 1984. 541 с.
9. Коган В. Б., Харисов М. А. Оборудование для разделения смесей под вакуумом. Изд-е 2-е, перераб. и доп. Л.: Машиностроение, 1976. 416 с.
10. Протодяконов И. О., Люблинская И. Е. Гидродинамика и массообмен в системах газ-жидкость. Л.: Наука, 1990. 349 с.
11. Штеренлихт Д. В. Гидравлика. М.: Энергоатомиздат, 1984. 640 с.