

Copyright © 2015 by Academic Publishing House Researcher



Published in the Russian Federation
European Journal of Technology and Design
Has been issued since 2013.

ISSN: 2308-6505

E-ISSN: 2310-3450

Vol. 8, Is. 2, pp. 66-71, 2015

DOI: 10.13187/ejtd.2015.8.66

www.ejournal4.com

UDC 624.014

Mathematical Modeling of Dynamics Floating Bell

¹ E.A. Kuznetsova² S.S. Makarov¹ Kamsky Institute of Humanitarian and Engineering Technologies, Russian Federation² Institute of Mechanics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation

Abstract

The article contains mathematical model and simulation of dynamics of raising the height of the bell from the gas mass flow. The results obtained for the three sizes gazgoderov GM-600 GM-6400 GM-24000. Assuming the law changes the mass flow rate of gas obtained by the functional dependence of the height of the lifting bell on the initial state.

Keywords: wet gas tank, a mathematical model, the dynamics of the bells.

Введение

Актуальной задачей при проектировании и эксплуатации объектов нефтегазового комплекса является построение и исследование математических моделей процессов и явлений, имеющих место в производственном цикле сложных технических объектов и систем. В связи с этим разработка математических моделей, алгоритмов расчетных программ и поведение численных исследований способствуют более детальному и всестороннему изучению рассматриваемых технологических процессов.

Так в работе [1] систематически изложены данные по конструкциям и основным характеристикам резервуаров, газгольдеров и других конструкций для хранения и транспортировки сжиженных газов, нефтепродуктов и токсичных веществ. Приведены указания по использованию разработанных программных средств для персональных ЭВМ по оперативному анализу параметров резервуарных конструкций.

Объектом исследования является мокрый газгольдер, работающий в динамическом режиме приема и отпуска газообразных углеводородов.

Целью исследований является исследование динамики изменения высоты поднятия колокола от массового расхода газа.

Задачи работы: сбор и систематизация информации по исследуемому процессу; разработка расчетной схемы мокрого газгольдера; построение математической модели процесса изменения высоты поднятия колокола от массового расхода газа; исследование математической модели процесса при корректных начальных данных.

Газгольдеры представляют собой инженерные сооружения, предназначенные для хранения газов различного происхождения и назначения и снабженные специальными

устройствами для регулирования основных параметров хранимых материалов (количество, состав и др.).

В соответствии со своим назначением газгольдеры могут выполнять одну или несколько функций, основными из них являются:

- а) длительное или кратковременное хранение газа;
- б) смешивание и перемешивание газов различных составов или одного газа различных концентраций;
- в) аккумулирование энергии давления хранимого газа;
- г) измерение количества вырабатываемого или добываемого газа;
- д) распределение газа при наполнении баллонов, цистерн и др. или при подаче его в несколько цехов;
- е) выравнивание давления газа в замкнутой газораспределительной системе;
- ж) сигнализирование о стабильности установленного технологического процесса или нарушении его.

Рассмотрим мокрые газгольдеры низкого давления. Такие газгольдеры по своим технологическим особенностям относятся к газгольдерам переменного объема (постоянного давления не более 5 кПа, что соответствует 500 мм вод.столба). В них давление газа сохраняется за счет веса подвижных частей в результате их опускания или подъема (рис. 1).

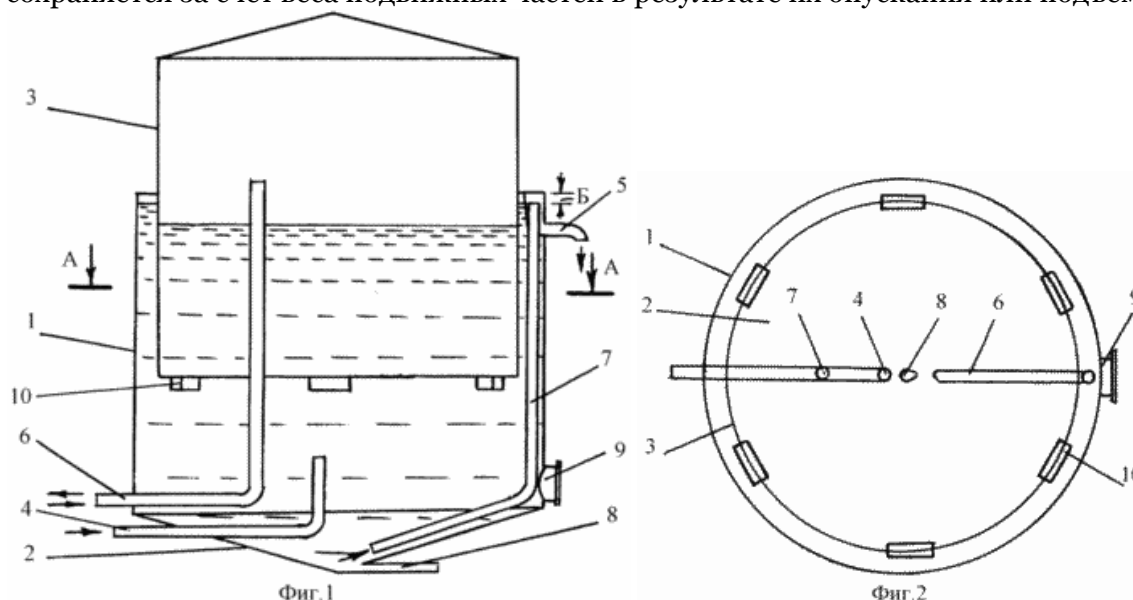


Рис. 1. Схема мокрого газгольдера

Мокрый газгольдер переменной емкости (фиг. 1 и 2) содержит резервуар 1 с конусным дном 2 и с подъемно-опускаемым колоколом 3. В резервуаре 1 выполнены патрубки заполнения 4 и 5 опорожнения резервуара 1 проточной жидкостью, патрубков /патрубки/ подвода и отвода газа 6.

Заборная часть 7 патрубка опорожнения 5 резервуара 1 от проточной жидкости с осадком, выполненная в виде изогнутой трубы, нижний конец которой установлен в центре конусного дна 2, а верхний - вмонтирован в расширенную верхнюю часть изогнутого патрубка опорожнения 5 на расстоянии "Б" от верха резервуара 1 и несколько выше патрубка 5, что обеспечивает слив из резервуара 1 проточной жидкости, вытекающей с осадком с верхнего конца трубы заборной части 7. Для опорожнения резервуара от жидкости в днище 2 выполнен патрубок 8, а для периодической очистки дна 2 раз в 3-4 года от осадков снизу в стенке резервуара 1 выполнен люк с крышкой 9. Для установления регламентируемого СНиП давления газа в метантенках и газгольдерах к колоколу 3 снизу прикреплены съемные грузы 10, вес которых назначается с учетом диаметра и веса колокола 3.

Основными конструктивными элементами газгольдера являются: резервуар, колокол, а также трубная обвязка. Работа газгольдера основана на поступательном движении колокола. При подводе газа через патрубок колокол поднимается, при отводе – опускается.

Расчетная схема

На рис. 2 представлена расчетная схема газгольдера мокрого.

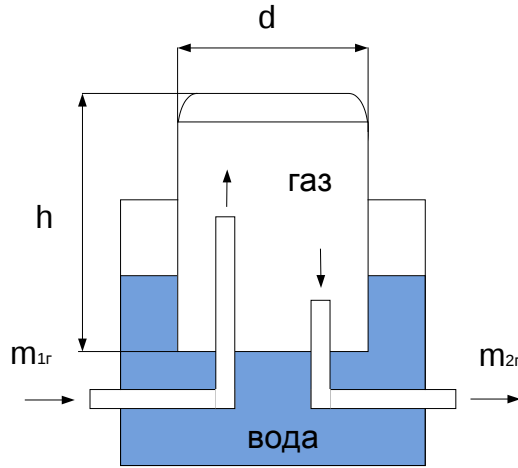


Рис. 2. Расчетная схема газгольдера мокрого

На рис. 2 h – высота колокола; d – внутренний диаметр колокола; m_{1r} – массовый расход газа на входе; m_{2r} – массовый расход газа, отбираемый из газгольдера.

Математическая модель

Будем считать, что в качестве рабочего тела принимается газ, близкий по своим свойствам к идеальному газу.

За основу для расчетов берется уравнение Менделеева – Клапейрона:

$$pV = mRT, \quad \text{или} \quad p = \rho RT \quad (1)$$

где p – абсолютное давление, Па; V – объем рабочей полости, м^3 ; m – масса, кг; R – удельная газовая постоянная, Дж/(кг К); T – абсолютная температура, К; ρ – плотность газа.

Задачей построения математической модели является исследование поведения функции $h(t)$ – изменения высоты поднятия колокола от массового расхода газа, подаваемого m_{1r} и отбираемый m_{2r} из газгольдера.

Тогда запишем: $V = h \frac{\pi d^2}{4}$ то $h = \frac{4V}{\pi d^2}$. Объем рабочей полости будет изменяться

пропорционально балансу массовых расходов:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{\rho} \Delta m_r, \quad \Delta m_r = \Delta m_{1r} - \Delta m_{2r}.$$

t – время.

Отсюда имеем запись для $h(t)$ – изменения высоты поднятия колокола от массового

расхода газа: $\frac{dh}{dt} = \frac{4}{\pi d^2 \rho} \Delta m_r$. Плотность газа выразим из уравнения состояния (1):

$\rho = p/RT$, тогда:

$$\frac{dh}{dt} = \frac{4RT}{\pi d^2 p} \Delta m_r \quad (2)$$

Полученное соотношение (2) будем использовать в качестве основного. Примем за целевую функцию – $h(t)$.

Результаты моделирования

Проведенный предварительный обзор и анализ литературных источников [2-5] выбраны начальные параметры для трех типов газгольдеров: высота, диаметр колокола и давление табл. 1.

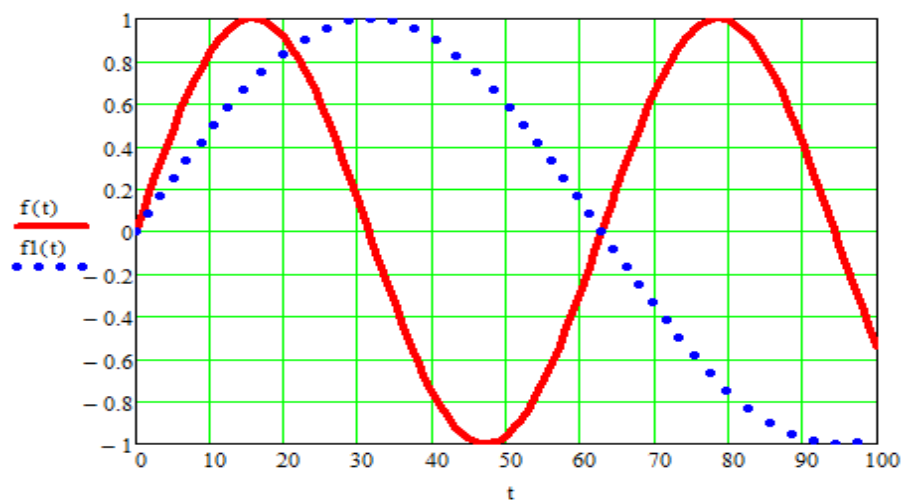
Таблица 1. Исходные данные для моделирования

Тип газгольдер	Размеры колокола, м		Давление газа, МПа	
	Диаметр	Высота	min	max
ГМ-600	12,479	5,296	1400	4000
ГМ-6400	27,5	11,27	1400	
ГМ-24000	35,876	11,145	1600/2400*	

*В числителе – при опущенном телескопе, в знаменателе – при поднятом

В качестве рабочего тела используется газ метан, удельная газовая постоянная $R_g=519$ Дж/(кг К) при температуре $T=300$ К.

Как вариант, закон изменения массового расхода возможно взять из эксперимента. Однако, в связи с многообразием эксплуатационных режимов, была выбрана синусоидальная зависимость (рис. 3).



$$f = dm \cdot \sin\left(\frac{t}{10}\right); \quad f1 = dm \cdot \sin\left(\frac{t}{20}\right)$$

Рис. 3. Закон изменения массового расхода газа

Видно, что $t/10$, $t/20$ определяет интенсивность подачи газа. Для дальнейших расчетов берем первую функцию - f .

Применяя закон для выбранных исходных данных (табл. 1), имеем зависимость поднятия колокола от его диаметра (рис. 4).

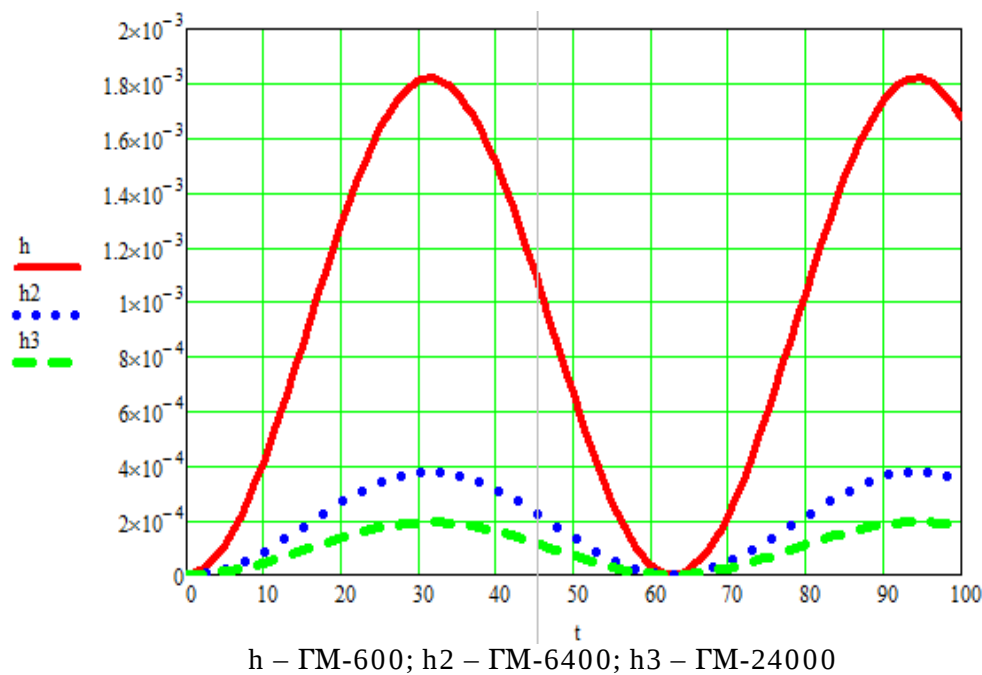
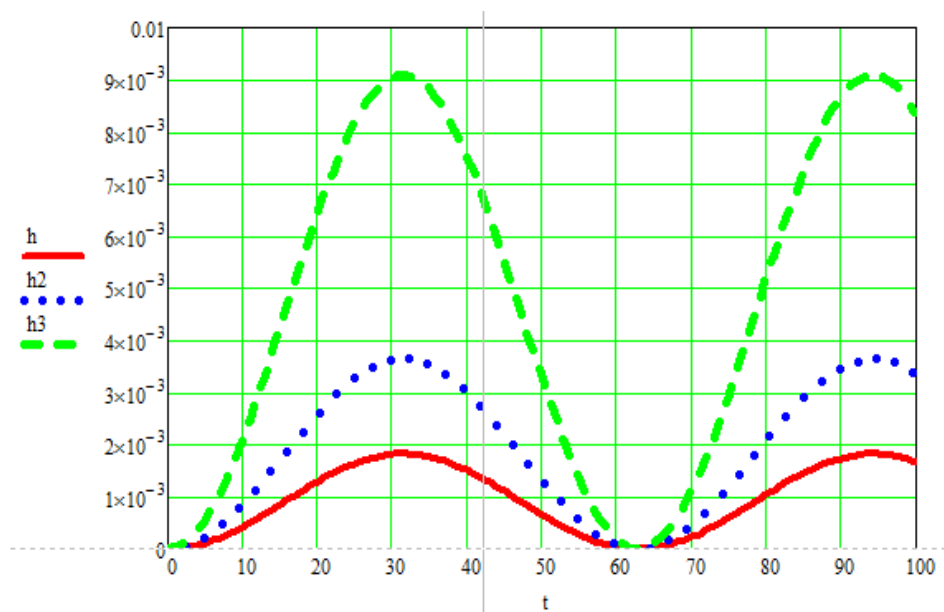


Рис. 4. Зависимость высоты поднятия колокола от его диаметра

Из проведенного модельного расчета видно, что, чем больше диаметр колокола, тем меньше высота поднятия колокола.

На рис. 5 приведена зависимость высоты поднятия колокола от массового расхода газа.



h – при $dm=1$ кг/с; h2 – при $dm=2$ кг/с; h3 – при $dm=5$ кг/с

Рис. 5. Зависимость высоты поднятия колокола от массового расхода газа для ГМ-600

Видно, что чем меньше разница массового расхода газа в газгольдере, тем высота поднятия колокола меньше, а изменение высоты поднятия колокола подчиняется линейной зависимости, т.е. во сколько раз увеличивается изменение массового расхода, во столько же увеличивается и высота поднятия колокола.

Выводы:

1. Приведенная математическая модель позволяет качественно и количественно оценить динамику изменения целевой функции $h(t)$ (высоты колокола) от массового расхода подаваемого и отбираемого из газгольдера газа.
2. Изменение высоты колокола изменяется пропорционально притоку или оттоку массового расхода газа в колокол газгольдера.
3. Модельное решение позволяет производить анализ поведения высоты колокола от температуры T и состава газа R .

Примечания:

1. Котляревский В.А., Шаталов А.А., Ханухов Х.М. Безопасность резервуаров и трубопроводов. М.: Экономика и информатика, 2000. 555 с.
2. Веревкин С.И., Корчагин В.А. Газгольдеры. М.: Издательство литературы по строительству, 1966. 239 с.
3. Нехаев Г.А. Проектирование и расчет стальных цилиндрических резервуаров и газгольдеров низкого давления. М.: Издательство АВС, 2005. 216 с.
4. Филиппов В.Н., Зиновьев А.П., Рыжов Г.И. и др. Оборудование и технология очистки сточных вод, примеры расчета на ЭВМ. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2003 300 с.
5. <http://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=553585> (Дата обращения 21.04.2015).
6. <http://www.ktovdome.ru/58/389/179/> (Дата обращения 21.04.2015).

References:

1. Kotlyarevskii V.A., Shatalov A.A., Khanukhov Kh.M. Bezopasnost' rezervuarov i truboprovodov. M.: Ekonomika i informatika, 2000. 555 s.
2. Verevkin S.I., Korchagin V.A. Gazgol'dery. M.: Izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu, 1966. 239 s.
3. Nekhaev G.A. Proektirovanie i raschet stal'nykh tsilindricheskikh rezervuarov i gazgol'derov nizkogo davleniya. M.: Izdatel'stvo AVS, 2005. 216 s.
4. Filippov V.N., Zinov'ev A.P., Ryzhov G.I. i dr. Oborudovanie i tekhnologiya ochistki stochnykh vod, primery rascheta na EVM. Ufa: Izd-vo UGNTU, 2003 300 s.
5. <http://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=553585> (Data obrashcheniya 21.04.2015).
6. <http://www.ktovdome.ru/58/389/179/> (Data obrashcheniya 21.04.2015).

УДК 624.014

Математическое моделирование динамики колокола мокрого газгольдера

¹ Е.А. Кузнецова² С.С. Макаров¹ Камский институт гуманитарных и инженерных технологий, Российская Федерация² Институт механики УрО РАН, Российская Федерация

Аннотация. В работе приведена математическая модель и результаты моделирования динамики изменения высоты поднятия колокола от массового расхода газа. Результаты получены для трех типоразмеров газгольдеров ГМ-600, ГМ-6400, ГМ-24000. Задаваясь законом изменения массового расхода газа, получена функциональная зависимость изменения высоты поднятия колокола от начального состояния.

Ключевые слова: газгольдер мокрый, математическая модель, динамика колокола.