



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ТҰҢҒЫШ ПРЕЗИДЕНТІ - ЕЛБАСЫНЫҢ ҚОРЫ

**«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ – 2017»**

студенттер мен жас ғалымдардың  
XII Халықаралық ғылыми конференциясының  
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

XII Международной научной конференции  
студентов и молодых ученых  
**«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ – 2017»**

**PROCEEDINGS**

of the XII International Scientific Conference  
for students and young scholars  
**«SCIENCE AND EDUCATION - 2017»**



14<sup>th</sup> April 2017, Astana



**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**«Ғылым және білім - 2017»  
студенттер мен жас ғалымдардың  
XII Халықаралық ғылыми конференциясының  
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
XII Международной научной конференции  
студентов и молодых ученых  
«Наука и образование - 2017»**

**PROCEEDINGS  
of the XII International Scientific Conference  
for students and young scholars  
«Science and education - 2017»**

**2017 жыл 14 сәуір**

**Астана**

**УДК 378**

**ББК 74.58**

**Ғ 96**

Ғ 96

«Ғылым және білім – 2017» студенттер мен жас ғалымдардың XII Халықаралық ғылыми конференциясы = The XII International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2017» = XII Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2017». – Астана: <http://www.enu.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/>, 2017. – 7466 стр. (қазақша, орысша, ағылшынша).

ISBN 978-9965-31-827-6

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 378

ББК 74.58

ISBN 978-9965-31-827-6

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия  
ұлттық университеті, 2017

величину этих параметров гемотерическое взаиморасположение ведущего, ведомого и натяжного шкивив. В связи с ограниченностью объема статьи выводы, а также методика получения уравнений (7) и (8) нами не были приведены, а даны только их окончательные решения. Задачей следующего этапа исследования должна быть рассмотрение других вариантов взаиморасположения шкивов: например, когда натяжной шкив расположен левее остальных шкивов, который, кстати может быть также расположен не внутри замкнутой гибкой связи, а снаружи.

При этом одним из вариантов геометрического расположения шкивов может быть также и случай когда,  $d_1 \geq d_2$ .

Следует отметить, что последний случай, может иметь место практически во всех случаях взаиморасположения шкивов.

#### Список использованных источников

1. Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах. / Под ред. Д.Р. Меркина. - Том II. Динамика. - М.: Наука, 1985. - 560 с.
2. Светлицкий В.А. Упругие элементы машин. - М.: Машиностроение, 1989. - 260 с.
3. Коловский М.З. Динамика машин. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд., 1989. - 262 с.
4. Воробьев И.И. Ременные передачи. - 2-е изд. - М.: Машиностроение, 1979. - 168 с.

УДК 532.529: 533.6.01

### МЕЖФАЗНЫЙ МАССООБМЕН ПРИ ДВУХФАЗНОМ ТЕЧЕНИИ В ТРУБАХ

Шишов Р.А.

[sh.r.a\\_93@mail.ru](mailto:sh.r.a_93@mail.ru)

Магистрант ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан  
Научный руководитель – Н.Ж. Джайчибеков

Расчет течений газа и жидкости в трубах и каналах осложняется при наличии межфазного массообмена. Это может быть испарение жидкости или, наоборот, конденсация газа, а, кроме того, возможно образование твердых газогидратных отложений на стенках трубопровода при соединении газа с водой.

#### 1. Испарение и конденсация

Процесс испарения (конденсации) регулируется тремя факторами: молекулярной кинетикой межфазного перехода, диффузией вблизи межфазной поверхности раздела и теплообменом.

Известно, что динамическое равновесие между жидким и газообразным состоянием вещества может быть при равенстве парциального давления газа давлению насыщенного пара  $P^*$ , которое является функцией температуры межфазной поверхности  $T_i$ . Зависимость  $P^*(T_i)$  является свойством испаряющегося вещества и приводится в справочниках. В случае отсутствия равновесия поток массы через единицу площади межфазной поверхности определяется по разности парциального давления газа у поверхности  $P_i$  и  $P^*$ :

$$I_v = \alpha \frac{P^*(T_i) - P_i}{\sqrt{2\pi RT_i}}, \quad (1)$$

где  $R$  – газовая постоянная,  $I_v$  - масса испарившегося вещества в единицу времени с единицы площади поверхности, индексом  $i$  отмечаются параметры на межфазной поверхности. Коэффициент  $\alpha$  - вероятность перехода в жидкость молекулы газа, ударившейся о поверхность жидкости. Стационарным процесс будет, если испарение уравновешивается диффузией газа, поток которой обычно записывают в виде

$$I_D = \beta(\xi_i - \xi_\infty), \quad (2)$$

где  $\beta$  - коэффициент массообмена, определяемый экспериментально или теоретически,  $\xi_i, \xi_\infty$  - массовые концентрации испаряющегося газа у межфазной поверхности и на удалении от нее. Таким образом, условие

$$\beta(\xi_i - \xi_\infty) = \alpha \frac{P^*(T_i) - P_i}{\sqrt{2\pi RT_i}} \quad (3)$$

определяет баланс массы испаряющегося газа.

Другим условием, определяющим динамику испарения (конденсации) является баланс энергии, связывающий тепловые потоки к межфазной поверхности со скрытой теплотой парообразования  $r_v$ :

$$q_f + q_g = I_D r_v. \quad (4)$$

Тепловые потоки обычно записываются в виде  $q_1 = \gamma_1(T_1 - T_i)$ ,  $q_2 = \gamma_2(T_2 - T_i)$ , где  $\gamma_1, \gamma_2$  - коэффициенты теплообмена межфазной поверхности с жидкостью и газом, соответственно, а  $T_1, T_2$  - температуры жидкости и газа на удалении от этой поверхности.

К сожалению, сведения о величине коэффициента  $\alpha$  в литературе практически отсутствуют и большинство исследователей считает процесс испарения (конденсации) равновесным, используя вместо (3) условие

$$P_i = P^*(T_i), \quad (3^*)$$

которое вместе с уравнениями (2) и (4) позволяет замкнуть задачу определения массообмена на межфазной поверхности.

## 2. Гидратообразование

Математическое моделирование образования или диссоциации газогидратов аналогично рассмотренному выше процессу испарения – конденсации [1 – 6]. В случае учета кинетики процесса роль уравнения (3) играет экспериментальная зависимость скорости диссоциации газогидрата от давления, температуры и размеров его частиц [5]. Однако надежных экспериментальных данных на эту тему очень мало, к тому же нет уверенности, что данные по скорости диссоциации можно использовать для определения скорости гидратообразования. Поэтому большинство исследователей [1 – 4] использует равновесную модель, основанную на принятии уравнения равновесия на границе между газогидратом и газожидкостной смесью, в которой достаточно газа и влаги для образования гидрата. В работе [6] показано, что при численном моделировании процесса диссоциации газовых гидратов в пласте равновесная и кинетическая модели дают близкие результаты, к тому же кинетическая модель сложнее в реализации и потому здесь не излагается.

В соответствии с равновесной моделью газ, вода и гидрат могут находиться в равновесии, если температура и давление связаны уравнением

$$T = \beta_1 \ln p + \beta_2, \quad (5)$$

где  $\beta_1$  и  $\beta_2$  константы, определяемые экспериментально. Если к гидрату, находящемуся в равновесном состоянии подводится тепло или понижается давление, то происходит диссоциация гидрата с образованием воды и газа. И наоборот, если понижается температура или повышается давление, то (при наличии свободных газа и воды) образуется гидрат. Указанные реакции сопровождаются тепловым эффектом: при диссоциации тепло поглощается, а при гидратообразовании выделяется. Фазовая диаграмма системы газ – вода – гидрат представлена на рисунке 1. Уравнение (5) на этой диаграмме представлено сплошной кривой.

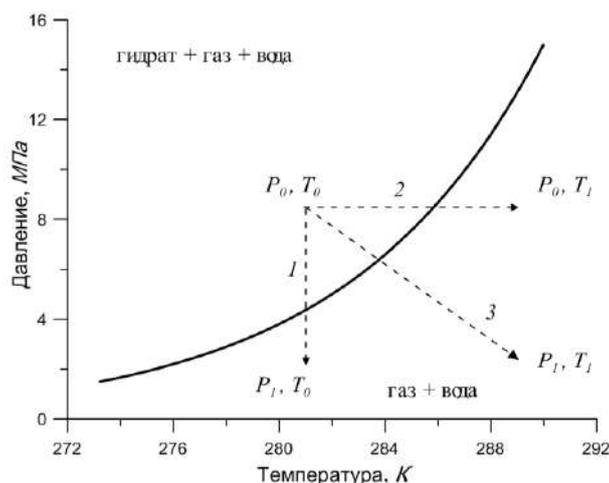


Рисунок 1 - Фазовая диаграмма системы газ-вода-гидрат и возможные методы воздействия на газогидрат для его диссоциации  
 1 – депрессионное воздействие, 2 – тепловое воздействие, 3 – комбинированное воздействие

Условием, определяющим динамику гидратообразования (или диссоциации) при заданном давлении является баланс энергии, связывающий тепловые потоки к межфазной поверхности с энергией диссоциации  $r_G$  :

$$q_s + q_g = I_G r_G, \quad (6)$$

где  $I_G$  - массовая скорость диссоциации,  $q_s, q_g$  - тепловые потоки к межфазной поверхности со стороны гидрата и газа, соответственно ( $q_s \leq 0$ , поскольку температура внутри слоя гидрата ниже, чем на его диссоциирующей поверхности).

Уравнения (5), (6) при известных зависимостях  $q_s, q_g$  от искомых параметров течения позволяют замкнуть задачу определения образования (диссоциации) газогидрата.

#### Список использованных источников

1. Хайруллин М.Х., Шамсиев М.Н, Морозов П.Е., Тулупов Л.А.. Моделирование гидратообразования в стволе вертикальной газовой скважины. // Вычислительные технологии. Т. 13, №5. - 2008. - С. 88-94.
2. Бондарев Э.А., Бабэ Г.Д., Гройсман А.Г., Каниболотский М.А. Механика образования гидратов в газовых потоках. - Новосибирск: Наука, - 1976. 157с.
3. Бондарев Э.А., Габышева Л.Н., Каниболотский М.А. Моделирование образования гидратов при движении газа в трубах // Механика жидкости и газа, 1982. № 5. - С. 105-112.
4. Бондарев Э.А., Попов В.В. Динамика образования гидратов при добыче природного газа // Выч. технологии. - 2002. Т.7. № 5. С.28–33.
5. Kim H.C., Bishnoi P.R., Heidemann R.A., Rizvi S.S.H. Kinetics of methane hydrate decomposition // Chem. Eng. Science. - 1987. Vol. 42. №7. P. 1645-1653.
6. Kowalsky M.B., Moridis G.J. Comparison of kinetic and equilibrium reaction models in simulating gas hydrate behavior in porous media // Energy Conversion and Management. - 2007. № 48. P. 1850–1863.