

На правах рукописи



Симонов Александр Сергеевич

**ТЕПЛОВЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ДЕГАЗАЦИИ
ЖИДКОСТИ В ВИХРЕВОЙ КАМЕРЕ**

Специальность 01.04.14 Теплофизика и теоретическая теплотехника

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук**

Тюмень - 2013

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Тюменский государственный нефтегазовый университет» на кафедре автоматизации и вычислительной техники и кафедре физики.

Научный руководитель

Пахаруков Юрий Вавилович
доктор физико-математических наук,
профессор

Официальные оппоненты

Земенков Юрий Дмитриевич
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный
нефтегазовый университет»,
заведующий кафедрой транспорт
углеводородных ресурсов
(г. Тюмень)

Саранчин Николай Викторович
кандидат физико-математических наук,
ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный
университет», доцент.
(г. Тюмень)

Ведущая организация

ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный
архитектурно–строительный университет»
(г. Тюмень)

Защита состоится 26 декабря 2013 г. в 11:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.274.10 при ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный университет» по адресу: 625003, г. Тюмень, ул. Перекопская 15а, ауд. 410.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-библиотечном центре ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный университет».

Автореферат разослан 25 ноября 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.274.10
д. ф.-м. н.



Удовиченко С.Ю.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Высокая потребность в углеводородном сырье и его ограниченность в запасах требуют развития энергосберегающих технологий и повышение качества товарной нефти. В этой связи очень важной задачей является подготовка жидкостей. В частности, проведение дегазации жидкости. В случае нефти дегазация вызывает потерю легких фракций. Такая потеря ухудшает физико-химические свойства углеводородного сырья. В настоящее время, используемое сепарационное оборудование в своей основе имеет полуэмпирические теоретические расчеты. Отсутствие научно-обоснованных разработок, базирующихся на фундаментальной теории фазовых превращений, сдерживает развитие эффективных методов решения выше обозначенных задач.

Решение существующей проблемы, на наш взгляд можно искать в применении вихревого эффекта. В результате воздействия, которого газожидкостная смесь может оказаться в неустойчивом состоянии. При выходе из него в условиях сильной неравновесности может реализоваться новое состояние с иными константами равновесия. Таким образом, можно ожидать появление стабильной нефти, содержащей больше легких фракций.

Цель работы: выявление механизмов дегазации жидкости в вихревой камере и выделение условий формирования устойчивого состояния жидкой фазы, содержащей легкие углеводороды.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Изучение неравновесного состояния газожидкостной системы в условиях сильноразвитых флуктуаций в вихревом поле.
2. Экспериментальное исследование кинетики дегазации в неравновесных условиях в вихревой камере.
3. Теоретическое исследование механизма захвата легких углеводородов при диспергировании неустойчивой системы жидкость-газ при выходе ее из неравновесного состояния.

4. Теоретическое исследование изменения констант фазового равновесия системы жидкость-газ в вихревом поле.

Научная новизна работы:

1. Впервые предсказано появление скачка теплоемкости в системе жидкость-газ при вхождении ее в область абсолютной неустойчивости в вихревом поле.

2. Показано, что кинетика дегазации в вихревом поле обеспечивается сильно развитыми флуктуациями плотности в условиях выхода системы из области неустойчивости, генерированной вихревым полем.

3. Впервые рассмотрен механизм захвата и удержания легких углеводородов в процессе диспергирования жидкости.

4. Показано, что изменение сжимаемости системы жидкость-газ не только переводит ее в неустойчивое состояние, но и изменяет область неустойчивости, что приводит к изменению констант равновесия жидкость-газ.

Достоверность полученных результатов обусловлена использованием фундаментальных уравнений описывающих фазовые переходы первого рода, количественным совпадением полученных решений с экспериментальными данными, а так же соответствием данных других авторов.

Основные положения выносимые на защиту

1. Механизм, обеспечивающий скачок теплоемкости в системе жидкость-газ при вхождении ее в область абсолютной неустойчивости в вихревом поле.
2. Флуктуационный механизм кинетики дегазации в вихревом поле в условиях выхода системы из области неустойчивости.
3. Механизм захвата и удержания легких примесей углеводородов в процессе диспергирования жидкости.

Практическая ценность

На основе проведенных теоретических исследований получены аналитические зависимости для расчета технологических параметров работы сепараторов с использованием вихревого эффекта. Полученные результаты могут быть использованы в разработке эффективных методов, направленных на уменьшение потерь легких углеводородов в процессе дегазации.

Апробация работы и публикации.

Диссертационная работа выполнена в рамках Научно-технической программы Министерства образования РФ «Научные исследования высшей школы» по приоритетным направлениям науки и техники. Тема №гр. 01.200305220 «Разработка комплексных методов повышения надежности и эффективности работы системы сбора, подготовки и транспорта углеводородов».

Основные положения диссертационной работы докладывались: на научной конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы развития газовой промышленности Западной Сибири» Тюмень 2007, на Всероссийской научной школе-семинар «Теплофизика, гидрогазодинамика, теплотехника» Тюмень 2008, 2009 гг., на межрегиональной научно-технической конференции с Международным участием «Подготовка кадров и современные технологии для ТЭК Западной Сибири» Тюмень 2008. По теме диссертации опубликовано 7 статей, в том числе 4 в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Личный вклад соискателя

Соискатель принимал участие в технической подготовке экспериментальной установки. Экспериментальные результаты получены им лично. Так же лично соискателем предложено модели явлений их механизмы, и проведены соответствующие расчеты. В опубликованных работах соавторство диссертанта равноценно.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и выводов, а так же списка используемой литературы.

Содержание диссертации изложено на 114 страницах, включая 25 рисунков и 4 таблиц.

Основное содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи, определена научная новизна результатов и их практическое значение.

В первой главе представлен анализ публикаций по теме исследования, дан краткий анализ методов дегазации жидкостей

Показано, что перспективным методом является разделение жидкостных систем в поле центробежных сил. В случае нефти критерием, определяющим сепарационную эффективность, является доля извлечения легких углеводородов. Однако, на сегодняшний момент механизмы выделения легких углеводородов в вихревом поле описывается качественно и чаще всего представлены в эмпирической зависимости. Иная ситуация сложилась с использованием вихревых камер. На основе решения уравнения Навье-Стокса получены решения для давления в вихревой камере, и доказана возможность плавного перехода системы с изменением термодинамических свойств из стабильного в метастабильное состояние. Следовательно, представляется возможным решение задачи дегазации жидкости, а в случае нефти стабилизации её за счет отбора легких углеводородов в вихревых камерах.

Во второй главе рассмотрено экспериментальное проявление микрогетерофазных состояний.

В параграфе 2.2 обсуждаются свойства многофазных состояний в метастабильной области с сильно развитыми флуктуациями. При невысоком активационном барьере (порядка kT) колебания параметра порядка можно

трактовать как переход из одного состояния в другое, за счет диффузионных переносов. Весь объем разбивается на отдельные блоки размером r_c (r_c - радиус корреляции). В процессе релаксации в системе выделяются области, в которых степени свободы не успевают прийти в состояние равновесия. В работе рассматривается изменение свободной энергии, за счет энтропийного вклада, величина которого увеличивается при формировании ячеистой структуры.

При достаточном энтропийном вкладе создадутся условия для возникновения метастабильного состояния (рис.1).

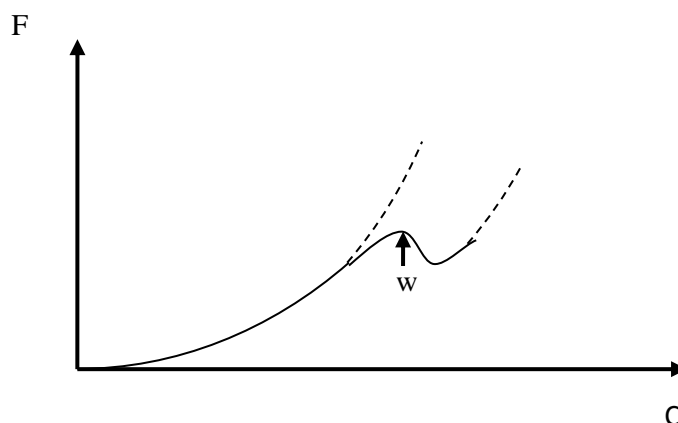


Рис.1. Изменение свободной энергии при энтропийном вкладе. С – концентрация, w – энергетический барьер метастабильного состояния.

Анализ устойчивости системы к флуктуациям строится на использовании функции $f(v)$. Это функция плотности вероятности обнаружить систему из N молекул при температуре (T) и давлении (P):

$$f(v) = Z \exp [-(PV+F)kT], \quad (1)$$

где F – свободная энергия, Z – статистическая сумма.

В предположении малости термодинамических флуктуаций,

$$\frac{\langle (\Delta V)^2 \rangle^{\frac{1}{2}}}{V} \ll 1,$$

можно разложить показатель экспоненты по степеням (ΔV) до второго порядка:

$$f(v) \approx e^{-\frac{(PV+F)}{kT}} \approx \exp\left[\frac{(\Delta V)^2 (\partial P / \partial V)_T}{2kT}\right] \approx \exp\left[-\frac{N(\Delta V)^2}{2kT\rho|\chi|}\right],$$

где $\chi = -\frac{1}{2}\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)$ изотермическая сжимаемость.

Из выражения видно, что увеличение сжимаемости в вихревом движении увеличивает флуктуации. Эти флуктуации не термодинамические. Рост флуктуаций приведет в конечном итоге к формированию метастабильных состояний. Появление метастабильных состояний приводит к формированию поверхности. В результате в системе будет наблюдаться тепловой эффект:

$$\Delta Q = -T \frac{d\sigma}{dT} \Delta S,$$

где ΔS - площадь границы метастабильного состояния, (σ) – поверхностное натяжение, ограничивающее области флуктуации.

Таким образом тепловой эффект является результатом нарастания не термодинамических флуктуаций, а нарастанием флуктуаций за счет увеличения сжимаемости в вихревом поле, что вызывает локальное тепловыделение и дегазацию жидкости.

В разделе 2.3 показано, что для изотермического изменения состояния требуется изменения энтропии за счет обмена теплом между изменяющимися метастабильными состояниями. В результате в вихровой камере будет наблюдаться скачок изобарной теплоемкости (C_p):

$$C_p = C_v \frac{(\partial P / \partial v)}{\rho \left(\frac{C_2}{a}\right)^2 \left[\frac{2}{3}(V-V_{СИ})^{-1} + \frac{1}{3}(V-V_{СИ})^{-\frac{5}{3}}\right]}, \quad (2)$$

где $V_{\text{сп}}$ – объем в области спинодали.

Изменение знака теплоемкости меняет знак температуропроводности $\alpha_T = \lambda_T / C_P$, (где λ_T – коэффициент теплопроводности). Это значит в вихревой камере появятся решения экспоненциально нарастающей локальной температурой, что усилит расслоение системы на метастабильные состояния.

В третьей главе приведено описание экспериментальной установки для исследования процесса дегазации жидкости в вихревой камере. В предварительных экспериментах были выявлены оптимальные соотношения между размером камеры, уровнем жидкости, высотой расположения шайбы, отделяющей двухфазную среду и дегазированную жидкость.

В разделе 3.2 содержатся экспериментальные измерения эффективности газовыделения. Это исследования степени дегазации и исследования кинетики дегазации. Тестовые эксперименты проводились на воде с растворенным углекислым газом. Результаты исследования приведены в таблице 1.

N	Перепад давления на камере ΔP (МПа)	Массовая скорость жидкости на входе в камеру $u \cdot 10^{-3}$ (кг/м ² с)	Начальное давление, Р(МПа)	Степень дегазации, E	Время τ , с
1	0,89	17,9	0,98	0,68	3,16
2	0,70	15,6	0,98	0,76	4,05
3	0,66	15,1	0,98	0,79	4,35
4	0,55	13,6	0,98	0,82	5,15
5	0,47	12,3	0,98	0,72	5,47
6	0,43	11,6	0,98	0,9	6,17
7	0,37	10,5	0,98	0,93	6,90

Таблица 1. Результаты экспериментов по дегазации воды, насыщенной углекислым газом в вихревой камере.

В разделе 3.3 рассматривается интенсивность газовыделения при выходе системы жидкость-газ из области неустойчивости. Учитывая, что нас интересует зависимость процесса дегазации от времени, а не характер движения пузырьков, в работе используются следующие приближения: будем считать задачу одномерной, пренебрежем хаотическим движением пузырьков, рост пузырьков осуществляется за счет осаждения газа на их поверхности, пузырьки образуются, как центры размножения. Записав кинетическое уравнение для плотности газовой фазы (ρ), получим следующее выражение:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = D \frac{\partial^2 \rho}{\partial z^2} - N_3 m_3 \int_z^H \frac{\tau N_3}{u} dx, \quad (3)$$

где u – скорость всплывания пузырька, N_3 – число зародышей, H – высота вихревой камеры.

Связь между N_3 и ΔP была получена из обобщенного уравнения:

$$\frac{dn}{dt} = D \Delta n + f(\tau, t), \quad 0 \leq t \leq \tau_0, \quad (4)$$

где τ_0 – время появления зародыша, $f(R, t)$ – случайная функция распределения пузырьков.

Считаем $f(R, t)$ медленно меняющейся функцией. В результате прирост газа на зародыше будет определяться выражением:

$$\Delta N = n(0) \exp \int_0^{\Delta t} \lambda(\tau) d\tau,$$

где λ – собственное значение, полученное из решения уравнения (4) в стационарном случае.

Введем параметр $\theta = \int_{-\infty}^{+\infty} \lambda(t) dt$ и $P(\theta)$ – вероятность возникновения пузырька с параметром (θ), тогда:

$$\Delta N = n(0) \int_0^t P(\theta) \exp(\theta) d\theta = \Delta P \frac{\theta^*}{kT}, \quad (5)$$

где $\theta^* = \int e^\theta P(\theta) d\theta$, $\Delta P \approx (\rho_c - \rho_{c0})^\delta \approx (c_c - c_0)^\delta$,

$$1 \leq \delta < 2.$$

В результате преобразуем исследуемое уравнение:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -\frac{(\Delta c)^\delta}{Y_0} - (c_c - c_p) \int_0^1 (\Delta c)^\delta d\bar{z}, \quad (6)$$

где $\Delta c = \frac{c_e - c_B}{c_0 - c_B}$, $Y_0 = D^{-2/3} \rho_e \frac{RTH}{\pi R_0^3 \alpha^{2/3} \mu B}$.

Решение уравнения (6) определяет кинетику дегазации. В работе сравниваются результаты решения (6) с экспериментальными результатами. Показано, что расчетная кривая соответствует экспериментальным результатам.

В разделе 3.4 приведен анализ механизма отклонения скорости дегазации жидкости от экспоненциальной зависимости в вихревой камере.

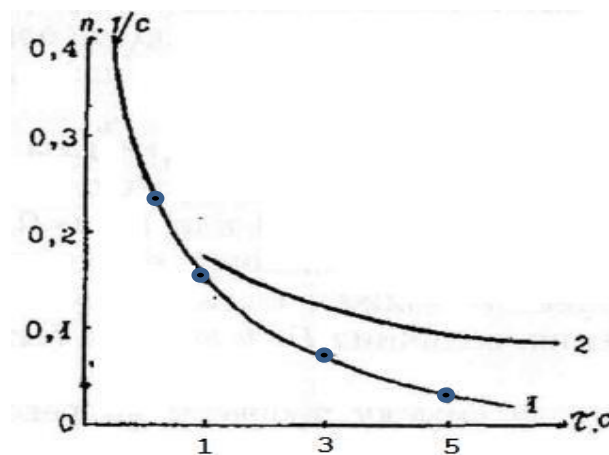


Рис.2. Зависимость газовой выделенности от времени дегазации:
1-дегазирование жидкости в вихревой камере; 2-дегазация

нефти при перепаде давления.

Считается, что средняя концентрация близка к значению на спинодали

$|c_B - c_1|/c_s \ll 1$, и определив флуктуации концентрации $v(x, t) = c(x, t) -$

c_0 , можно из уравнения диффузии концентрации получить уравнение для

изменения флуктуаций:

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \left(\frac{d^3 f}{dc^3} \right) u c_s (c_s - c_0) \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \frac{1}{2} \frac{d^3 f}{dc^3} u c_s \frac{\partial^2 v}{\partial x^2}. \quad (7)$$

В предположении однородности корреляторы второго и третьего порядка будут зависеть от разности координат $|x - x'|$. Считая, что временная зависимость коррелятора третьего порядка $G(0, t)$ совпадает с временной зависимостью коррелятора второго порядка $K(0, t)$ можно из уравнения (7) получить рабочее уравнение для (K):

$$\frac{\partial K}{\partial t} = \left[2 \frac{d^3 f}{dc^3} u c_s (c - c_s) - \frac{d^3 f}{dc^3} u c_s \frac{G(0, t)}{K(0, t)} \right] \frac{\partial^2 K}{\partial |x - x'|^2}. \quad (8)$$

Из решения которого, предполагая, что:

$K(|x - x'|, t) \sim n(t)$, $K(0) \sim n_0$, $\frac{|x - x'|^2}{R^2} \approx t/t_0$, получим выражение:

$$n(t) \approx n_0 \exp \left(- \left(\frac{t}{t_0} + \ln \left| \frac{R(0)}{R(t)} \right| \right) \right). \quad (9)$$

Таким образом, кинетическая зависимость процесса дегазирования жидкости в вихревой камере опережает экспоненциальную зависимость.

Интересно отметить, что эволюция крупномасштабных флуктуаций носит не термодинамический характер. Из выражения (9) следует, что важен размер первоначальных флуктуаций, последующая временная динамика в развитии флуктуаций предопределяет эволюцию системы. Результаты приведенного анализа дают основания утверждать, что концентрационная неоднородность, приводящая к дегазации, является следствием сильных корреляций между флуктуациями. Если в результате воздействия вихревого поля усиливаются случайные неоднородности, то тогда уже на ранней стадии появляется релаксационная структура без фазовых границ. С развитием процесса, на поздней стадии дегазации возникает обычная гетерогенность, характеризующаяся тем, что одна из фаз (пузырьки газа) оказывается диспергированной внутри жидкой фазы.

В четвертой главе рассматривается извлечение легких углеводородов в вихревом поле. Из проведенного анализа экспериментальных работ выделены следующие закономерности. С увеличением степени крутки (увеличение давления на входе) отмечается рост извлечения доли легких углеводородов. С достижением максимума наблюдается спад зависимости. Причем, максимум для разных углеводородов наблюдается при одинаковых значениях степени крутки. Наибольшее влияние на процесс стабилизации нефти, наряду с температурой, оказывает степень крутки, а значит и изменение сжимаемости.

В разделе 4.2 рассматривается механизм захвата жидких фракций пузырьками газа в результате потери устойчивости однородного состояния жидкость-газ. В исследуемой системе, при большой степени крутки успевает отрелаксировать лишь степени свободы порядка межмолекулярного состояния. Это связано с отставанием вязкости от перепада давления. В результате система оказывается диспергированной и характеризуется двумя пространственными масштабами. Один из них, это радиус корреляции, который дает средний размер области с концентрацией газа (Δc), другой масштаб соответствует переходной области между фазами:

$$\Delta x \approx \frac{\Delta c}{dc/dx}.$$

Для выполнения условия формирования устойчивого газового пузырька должна сформироваться линия равновесия, на которой бы выполнялось условие для химического потенциала. При диффузии молекул жидкости за счет $\mu_{\text{смеси}} = \mu_{\text{граница}}$ энтропии смешения ($\mu_{\text{смеси}}$) понизится. На границе такой метастабильной области будут развиваться два потока: один – молекулы легких фракций, другой – молекулы газа в жидкость:

$$J = -4\pi R^2 D_{\Gamma} \frac{dc}{dr} \left(1 + \frac{c}{T} \frac{d\mu}{dc} \right), \quad (10)$$

где D_{Γ} - коэффициент диффузии газа, T – температура, c – концентрация. На молекулы легкой фракции будет действовать сила $F(r)$ в жидкой фазе на расстоянии r от центра кластера газа:

$$\Delta\mu = \mu_{\text{жидкости}} - \mu_{\text{кластера}} = \int_{r_0}^{\infty} F(r) dr.$$

При выравнивании химических потенциалов поток молекул в кластеры прекратится. Таким образом, в зародышах газовой фазы оказываются захваченными молекулы легких фракций жидкости. В связи этим становится понятным спад выделения легких углеводородов с увеличением степени крутки в вихревом потоке.

В разделе 4.3 рассмотрена зависимость давления насыщенных паров от степени крутки системы жидкость-газ в вихревой камере.

Поскольку при выходе системы жидкость-газ из области абсолютной неустойчивости скорость изменения состояния является конечной величиной, система не успевает перейти в неоднородное устойчивое состояние. За конечное время возникает случайная структура ячеек, в каждой из которых

развивается релаксации компонентов системы. Следовательно, речь должна идти о микрогетерофазном состоянии многокомпонентной системы. Размер микрогетерофазного состояния характеризуется корреляционным радиусом $R(t)$ и описывается уравнением (8):

$$\Delta c_s \gg \frac{G(0, t)}{K(0)}.$$

В этом случае в уравнении (8) вторым слагаемым можно пренебречь. Новое выражение будет иметь следующий вид:

$$\frac{dR(t)}{dt} \approx \frac{2\beta\Delta c_s}{R(t)}.$$

Из структуры этого уравнения, без его решения можно выделить временной параметр:

$$t \sim \frac{R^2}{\beta\Delta c_s}.$$

Физический смысл этого временного параметра определяет время выхода системы из неустойчивого состояния нефть-газ.

Знаменатель в последней формуле пропорционален коэффициенту диффузии, который для каждой из компонент имеет свое значение. Следовательно, внутри этих областей компоненты с разной молекулярной массой будут иметь различное время выхода из неустойчивого состояния. Быстрее всего будут релаксировать легкие газовые фракции, образуя и укрупняя размеры областей, с последующим расслоением в поле тяжести по удельному весу (всплывают). Если за время общей неравновесности системы брать время дегазации, то оно намного больше времени выхода легких газовых фракций, а радиус корреляции в системе меньше величины крупномасштабных изменений. Устойчивость метастабильных состояний связана со

среднеквадратичными флуктуациями концентрации газовой фазы соотношением:

$$\frac{(c_0 - c_s)^2}{c_0^2} \approx \frac{k_0 T}{V_0} \chi,$$

где $\chi = \rho \left(\frac{c_2}{a} \right) \left(\frac{2}{3} V^{-1} + \frac{1}{3} V^{-5/3} \right)$ – изотермическая сжимаемость, c_s - константа, зависящая от степени крутки. Следовательно, значение концентрации от спинодали будет зависеть от (χ):

$$c_0 - c_1 = \pm c_0 \sqrt{\frac{kT}{V_0} \chi}.$$

В результате этой зависимости на фазовой диаграмме значения меняются, как в области конденсации газовой фазы, так и в области испарения.

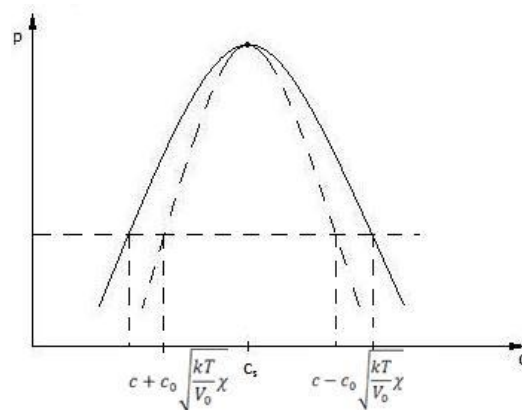


Рис.3. Схематичное изменение фазовой диаграммы жидкость-газ от степени сжимаемости.

Изменения сжимаемости χ от степени крутки в вихревой камере изменяет константы фазового равновесия мольной доли компонента в газовой фазе (x):

$$x'_\Gamma = x_\Gamma \left(1 - \frac{c_0}{x} \sqrt{\frac{kT}{V} \chi} \right),$$

И мольной доли этого же компонента в жидкой фазе (y):

$$y'_ж = y_ж \left(1 + \frac{c_0}{y} \sqrt{\frac{kT}{V} \chi} \right),$$

Константа фазового равновесия (K) будет иметь вид:

$$K = \frac{(x - c_0 \sqrt{\frac{kT}{V} \chi})}{(y + c_0 \sqrt{\frac{kT}{V} \chi})}.$$

В связи с тем, что константа фазового равновесия может быть выражена через давление насыщенного пара p' , можно получить зависимость давления насыщенных паров определенной компоненты от степени крутки в вихревой камере:

$$p' = pK = p \frac{(x - c_0 \sqrt{\frac{kT}{V} \chi})}{(y + c_0 \sqrt{\frac{kT}{V} \chi})},$$

где p – общее давление системы. Следовательно, пребывание жидкости нефть-газ в вихревой камере сопровождается снижением давления насыщенных паров.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Впервые предсказано появление скачка теплоемкости в системе жидкость-газ в процессе ее дегазации в вихревом поле.
2. Показано, что кинетика дегазации в вихревом поле обеспечивается сильно развитыми флуктуациями плотности в условиях выхода системы из области неустойчивости. Получена аналитическая зависимость интенсивности дегазации от параметров и режимов дегазации.

3. Предложен флуктуационный механизм, объясняющий отклонение от экспоненциальной зависимости скорости дегазации от параметров и режимов дегазации.
4. Впервые рассмотрен механизм захвата и удержания легких углеводородов в процессе диспергирования жидкости.
5. Показано, что изменение сжимаемости системы жидкость-газ изменяет область неустойчивости, что приводит к изменению констант равновесия жидкость-газ, и в конечном итоге, является причиной уменьшения давления насыщенных паров.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ

1. Корнеева Н.С., Пахаруков Ю.В., Симонов А.С. Тепловой подход к появлению мелких трещин в трубных сталях в процессе старения // Нефть и Газ. – 2009. – №2. – С.120-122.
2. Бахмат Г.В., Корнеева Н.С., Пахаруков Ю.В., Симонов А.С. Отклонение скорости дегазации жидкости от экспериментальной зависимости в вихревом потоке // Нефть и Газ. – 2010. – №2. – С.63-65.
3. Бахмат Г.В., Корнеева Н.С., Пахаруков Ю.В., Симонов А.С. Вынос легких фракций в процессе дегазации // Нефть и Газ. – 2010. – №1. – С.26-30.
4. Пахаруков Ю.В., Симонов А.С., Корнеева Н.С. К вопросу о механизме дегазации жидкости в вихревых камерах// Территория Нефтегаз. – 2009. №8. – С.44-45.

Публикации в других изданиях

5. Бахмат Г.В., Корнеева Н.С., Пахаруков Ю.В., Симонов А.С. Отклонение скорости дегазации жидкости от экспоненциальной зависимости:

- Сб.науч.тр./Подготовка кадров и современные технологии для ТЭК Западной Сибири/ Отв. ред. Г.П.Зазуля // Тюмень.2008. – С.118-122.
6. Пахаруков Ю.В., Глебов А.П., Ясколко Е.В., Корнеева Н.С., Симонов А.С. К механизму возникновения микрогетерофазного состояния с низким поверхностным натяжением на границе раздела слаборастворимых жидкостей: Сб.науч.тр./ Подготовка кадров и современные технологии для ТЭК Западной Сибири/ Отв. ред. Г.П.Зазуля // Тюмень. 2008. – С.163-169.
7. Бахмат Г.В., Пахаруков Ю.В., Симонов С.Г. Увеличение теплоемкости при фильтрации жидкости с газом при давлениях, близких к давлению насыщения: Сб.науч.тр./Новые технологии для ТЭК Западной Сибири/ Отв.ред. С.И. Грачев // Тюмень.2010. – С.104-110.