

4-Молекулярная физика, физика жидкостей и газов

Дабаева Адиса Баясхалановна, 4 курс

Улан-Удэ, Бурятский государственный университет, физико-технический

МД-моделирование изобарных и адиабатных процессов в системах аргона

Герман Евгений Иванович,

e-mail: adisa.dabaeva.1997@mail.ru стр. 146

Карпей Татьяна Викторовна, 4 курс

Уфа, Башкирский государственный университет, физико-технический институт

Изучение влияния роста кристаллов карбоната кальция на фильтрационные характеристики пористой среды

Саметов С.П., к.ф.-м.н.

e-mail: tkarpey@mail.ru стр. 147

Мезин Андрей Алексеевич, 2 курс

Новосибирск, Новосибирский государственный технический университет, физико-технический

Многоволновый режим генерации Хе-лазера

Ражев Александр Михайлович, д.ф.-м.н.

e-mail: andrey.mezin2014@yandex.ru стр. 149

Сарманаева Алина Риназовна, 4 курс

Пермь, Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, физический

Экспериментальное исследование осредненного потока в сфероидальной полости с периодически деформируемой границей

Субботин Станислав Валерьевич, к.ф.-м.н.

e-mail: sarmanaevw@mail.ru стр. 149

Соломенников Максим Николаевич, 4 курс

Пермь, Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, физический

Поведение двух жидкостей с высоким контрастом вязкостей в неравномерно вращающемся коротком цилиндре

Козлов Виктор Геннадьевич, д.ф.-м.н.

e-mail: solomennikov@pspu.ru стр. 151

Фейзер Кристина Андреевна, 4 курс

Красноярск, Сибирский федеральный университет, институт инженерной физики и радиоэлектроники

Электрооптический отклик пленок капсулированных полимером жидких кристаллов с коническими граничными условиями

Крахалев Михаил Николаевич, к.ф.-м.н.

e-mail: KrisFeyzer@gmail.com стр. 152

Худайгулова Галия Галиевна, 4 курс

Уфа, Башкирский государственный университет, Физико-технический институт

Исследование образования застойных зон при расслоенном течении жидкости в каналах различной геометрии

Киреев Виктор Николаевич, к.ф.-м.н.

e-mail: galka.zxc@yandex.ru стр. 153

МД-моделирование изобарных и адиабатных процессов в системах аргона

Дабаева Адиса Баясхалановна

Бурятский государственный университет

Герман Евгений Иванович

adisa.dabaeva.1997@mail.ru

По результатам компьютерного моделирования методом молекулярной динамики проведены алгоритмы моделирования термодинамических процессов по адиабатному расширению систем аргона, на основе которых получены значения адиабатической сжимаемости и скорости звука.

В современной физике широко используются численные эксперименты, особенно в областях, где проведение натурального эксперимента встречает большие трудности. Целью данной работы является апробация выявления зависимости термодинамических параметров молекулярной системы от скорости охлаждения.

Проведение эксперимента, моделирующего процесс адиабатического расширения, предполагает модернизацию алгоритма путем введения процедуры изменения размеров ячейки моделирования (процесс расширения системы) и процедуры корректировки скоростей частиц для контроля энтропии [1].

Метод моделирования процесса адиабатного расширения открывает возможности численного расчета адиабатической сжимаемости, которую очень трудно измерить на практике

$$\beta_s = -\frac{1}{V} \left(\frac{dV}{dP} \right)_s \quad (1)$$

Предложенный метод моделирования реализован в программном комплексе MDDx11 [2].

С использованием данной методики проведена серия компьютерных экспериментов в которых моделировались процессы адиабатного расширения с изменением плотности на 0,5 % от плотности стартовых фазовых точек. Результаты расчета представлены на рис. 1. Полученные результаты хорошо согласуются с известными справочными данными [3].

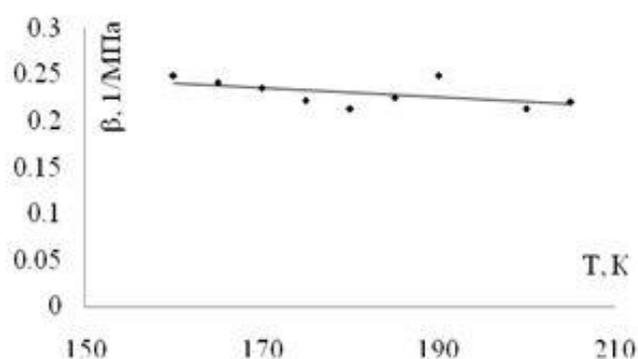


рис. 1. Адиабатическая сжимаемость аргона при давлении 4 МПа по данным компьютерных экспериментов, моделирующих адиабатическое расширение в окрестностях фазовых точек изобары.

Используя расчетные значения плотности и адиабатической сжимаемости можно получить температурную зависимость для скорости звука c :

$$c = \sqrt{\frac{1}{\beta_s \rho}} \quad (2)$$

На рис.2 приведен график зависимости скорости звука в аргоне от температуры. Наклон графика температурной зависимости скорости звука сравним с литературными данными, по самим значениям наблюдается статичная разница от значений экспериментальных примерно на 50 м/с, вероятнее всего обусловленная неточностью параметров потенциала взаимодействия.

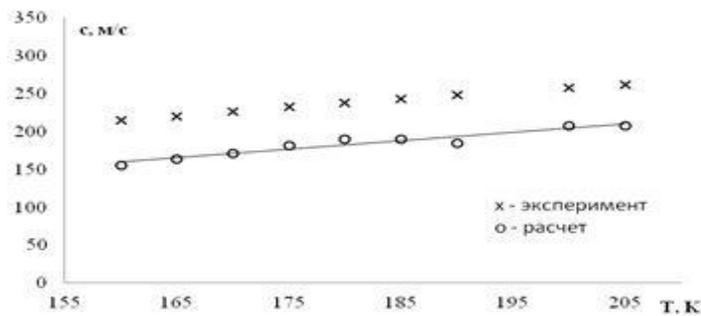


рис. 2. Зависимость скорости звука в аргоне от температуры при давлении 4 МПа. Сравнение расчетных и экспериментальных данных.

Таким образом, использованные методики моделирования термодинамических процессов в молекулярных системах приводят к разумным результатам, применение данных методик в компьютерных экспериментах, моделирующих сложные системы с химическими связями, может решить ряд задач в рамках синтеза новых материалов и прогнозирования физических свойств таких материалов.

Список публикаций:

- [1] Герман Е.И., Цыдыпов Ш.Б. Молекулярная динамика процесса адиабатного расширения // Вестник Бурятского государственного университета. Математика, Информатика. 2017. №1. С.66-71.
 [2] Свид. 2016617783 Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Программа моделирования молекулярных систем MDDX11 / Е.И. Герман; заявитель и правообладатель Е.И. Герман (RU). – №2016615005; заявл. 20.08.2016; опубл. 14.07.2016, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с
 [3] Thermophysical Properties of Fluid Systems [Электронный ресурс]. – NIST. – Режим доступа: <http://webbook.nist.gov/chemistry/fluid/>, свободный. – Загл. С экрана.

Изучение влияния роста кристаллов карбоната кальция на фильтрационные характеристики пористой среды

Карпей Татьяна Викторовна

Саметов Сергей Павлович

Бакирский государственный университет

Саметов Сергей Павлович, к.ф.-м.н.

tkarpey@mail.ru

Одним из самых распространенных видов осложнений при эксплуатации нефтяных скважин является солеотложение на скважинном оборудовании [1]. Выпадение неорганических солей приводит к увеличению числа аварийного ремонта скважин, простоев скважин, уменьшению дебита нефти, удорожанию себестоимости нефти. Среди неорганических солей можно выделить такие соли, как карбонат кальция, магния, сульфат кальция, бария, кальция, хлорид натрия, встречающиеся во многих нефтедобывающих регионах Российской Федерации: Западная Сибирь, Башкирия, республика Татарстан, Пермь, Оренбург [2].

Солеобразование при разработке и эксплуатации залежей нефти – достаточно сложный и многофакторный процесс, обусловленный как природными, так и техногенными явлениями. Попутно добываемая вода является основным источником солеотложений в нефтедобыче. Это связано с ее перенасыщением труднорастворимыми солями, что происходит под действием меняющихся условий добычи – температуры, давления, концентрации солеобразующих ионов и других факторов. Вода представляет собой хороший растворитель для многих веществ и способна при этом переносить большие количества растворенных минеральных солей.

В настоящей работе проведено экспериментальное исследование динамики образования кристаллов карбоната кальция при смешивании водных растворов солей хлорида кальция и карбоната натрия на макро- и микроуровне: 1) в модели пористой среды, изготовленной из плотно упакованных стеклянных волокон (рис.1), 2) в каналах микрофлюидного устройства, который был изготовлен с помощью метода мягкой литографии (рис.2).



рис.1. Схематическое изображение модели пористой среды из стеклянных волокон.

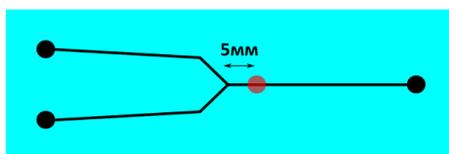


рис.2. Схематическое изображение геометрии микроканалов микрофлюидного устройства.

Модель пористой среды состоит из стеклянной трубки длиной 3 см и внутренним диаметром 3,7 мм, заполненной стеклянными волокнами диаметром 24 мкм (рис.1). На вход модели подаются отдельно растворы солей хлорида кальция и карбоната натрия с концентрацией 0,01 моль/л при постоянном расходе 0,1 мкл/мин с помощью шприцевого насоса. Выпадение кристаллов карбоната кальция в порах модели регистрируется по показаниям датчика давления, расположенного на входе модели. Установлено уменьшение проницаемости пористой среды в модели из стеклянных волокон со временем вследствие кристаллообразования карбоната кальция.

Для детального изучения влияния роста кристаллов на фильтрационные характеристики изготовлена модель, позволяющая регистрировать отдельные кристаллы. Данное микрофлюидное устройство уместается на предметном стекле и представляет собой систему из двух смыкающихся микроканалов шириной 200 мкм и высотой 100 мкм, через которые отдельно подаются растворы соли хлорида кальция и карбоната натрия с концентрацией 0,01 моль/л при постоянном расходе 2 мкл/мин (рис.2). Ячейка изготовлена из оптически прозрачных материалов – стекло и полимер полидиметилсилоксан, видеорегистрация велась на расстоянии 5 мм от места смешивания солей (отмеченная область на рис.2). Реагенты прокачивались через микроканал в течение 20 минут.

На рис.3 показаны изображения кристаллов карбоната кальция, в результате осажденные в микроканале. Во всех экспериментах наблюдались кристаллы двух типов. Кристаллы 1-го типа с четко выраженными гранями являются кристаллами кальцита, а поликристаллические образования округлой формы (тип 2) – ватеритом.

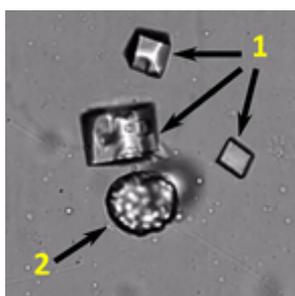


рис.3. Кристаллы карбоната кальция в микроканале.

Полученные изображения иллюстрируют возможность использования микрофлюидного устройства для получения, визуализации и анализа роста кристаллов карбоната кальция. Однако многочисленные эксперименты показывают плохую повторяемость для размера и количества кальцитов и ватеритов. Качественный анализ образования и скорости роста кристаллов сильно зависит от условий, которые должны быть воспроизводимы [3]. Одним из эффективных методов для получения воспроизводимых данных следует считать образование кристаллов внутри капель [4]. Данные полученные из модели пористой среды показывают, что при фильтрации растворов карбоната натрия и хлорида кальция со временем ухудшается проницаемость вследствие осаждения кристаллов карбоната кальция, которое приводит к ухудшению проницаемости пласта вокруг скважины так называемый скин-фактор [5].

Список публикаций:

- [1] Канзафаров Ф.Я. и др. Влияние солеотложения на процесс коррозии эксплуатационных колонн добывающих скважин //Вестник ЦКР Роснедра. – 2013. – №. 1.
- [2] Исаева Г.Ю. Разработка методики и модели компьютерного прогнозирования процесса солеотложения в нефтяных пластах при заводнении //Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.06. – Москва, 2000. – 163 с.
- [3] Yashina A., Meldrum F., deMello A. Calcium carbonate polymorph control using droplet-based microfluidics //Biomicrofluidics. – 2012. – Т. 6. – №. 2. – С. 022001.
- [4] Laval P. et al. Microfluidic screening of potassium nitrate polymorphism //Journal of Crystal Growth. – 2008. – Т. 310. – №. 12. – С. 3121-3124.
- [5] Деева Т.А., Камартидинов М.Р., Кулагина Т.Е. Гидродинамические исследования скважин: анализ и интерпретация //Центр профессиональной переподготовки специалистов нефтегазового дела. – Томск, 2009. – С. 19.

Многоволновый режим генерации Хе-лазера
Мезин Андрей Алексеевич
Новосибирский государственный технический университет
Ражев Александр Михайлович, д.ф.-м.н.
andrey.mezin2014@yandex.ru

Экспериментальные и теоретические исследования временных, спектральных и энергетических характеристик излучения ИК лазера на электронных переходах атомов ксенона (Xe), проводятся с 1962 года [1] и таковые на сегодняшний день не прекращаются. Об этом свидетельствует неугасающий интерес, как экспериментаторов [2-3], так и теоретических групп [4] к такому надежному, простому и многоцелевому ИК лазерному источнику как импульсный Хе-лазер высокого давления с накачкой объемным поперечным электрическим разрядом. Этот интерес подтверждается опубликованными на данный момент работами и связан со сложностью процессов, происходящих в активной среде данного лазера и приводящих к заселению верхнего лазерного уровня.

Представлены результаты экспериментального исследования спектральных характеристик генерации Хе-лазера с накачкой объемным поперечным электрическим разрядом с УФ предыонизацией активной среды.

Разрядный промежуток лазера был образован двумя протяженными металлическими электродами, разнесенными на расстояние 21 мм. В экспериментах использовалась высоковольтная система возбуждения, выполненная по типу «LC-инвертор» с автоматической УФ предыонизацией от искровых промежутков. Оптический резонатор был образован выходной плоскопараллельной пластиной из кристаллического CaF₂ и внешним Al-зеркалом. Длина оптического резонатора составляла 120 см.

В качестве активной среды использовались газовые смеси буферного газа (Ar) и рабочего газа (Xe). Проведенные ранее эксперименты показали, что оптимальным соотношением компонент газовой смеси для получения максимальной энергии излучения является Ar:Xe = 98:2% при полном давлении 3.8 атм.

Для исследования спектральных характеристик ИК лазерного излучения использовался монохроматор «ЛОМО» (МДР-204). Для более точного изучения спектра генерации использовались спектральные фильтры с диапазоном пропускания: 0.75-1; 0.97-1.5; 1.45-2.5; 1.95-3.2; 3.15-5.024 мкм, располагаемые возле входной щели монохроматора.

При изучении зависимости спектра излучения лазера от параметров накачки было замечено, что при давлении смеси менее 2.5 атм наблюдается спектральная линия 980 нм (Xe), которая вносит вклад в общую энергию излучения на уровне единиц процентов. При детальном изучении спектра излучения были замечены новые линии генерации, ранее не опубликованные в открытых источниках печати.

Импульс генерации Хе-лазера содержит 11 наиболее интенсивных спектральных линий в диапазоне 500-5010 нм. Следует упомянуть следующие спектральные линии с длинами волн: 980, 1730, 2030, 2630, 2650, 3440, 990, 995, 1500, 3600, 4050 нм, последние 5 из которых ранее не были опубликованы.

Список публикаций

- [1] Patel C. K. N. // *Applied Physics Letters*. 1962. Т. 1. №. 4. С. 84-85.
- [2] Серeda O.B. // *Квантовая электроника*. 1993. 20. 6. С. 535-558.
- [3] Карелин A.B. // *Квантовая электроника*. 2004. 34. 1. С. 29-36.
- [4] Денежкин И.А. // *Квантовая электроника*. 2009. 39. 2. С. 135-138.

Экспериментальное исследование осредненного потока в сфероидальной полости с периодически деформируемой границей

Сарманаева Алина Риназовна
Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет
Субботин Станислав Валерьевич, к.ф.-м.н.
sarmanaevw@mail.ru

Целью работы является экспериментальное исследование осредненных течений, возникающих в жидкости под действием переменных силовых полей. Известно, что колебания жидкости в вязких пограничных слоях Стокса генерируют осредненную завихренность, которая приводит в движение жидкость в объеме [1, 2]. Колебания границы полости приводит к формированию двух тороидальных вихрей (рис. 1). В вихрях жидкость циркулирует в направлении от полюсов полости к центру. Вблизи границ полости можно рассмотреть вихри в пограничном слое.

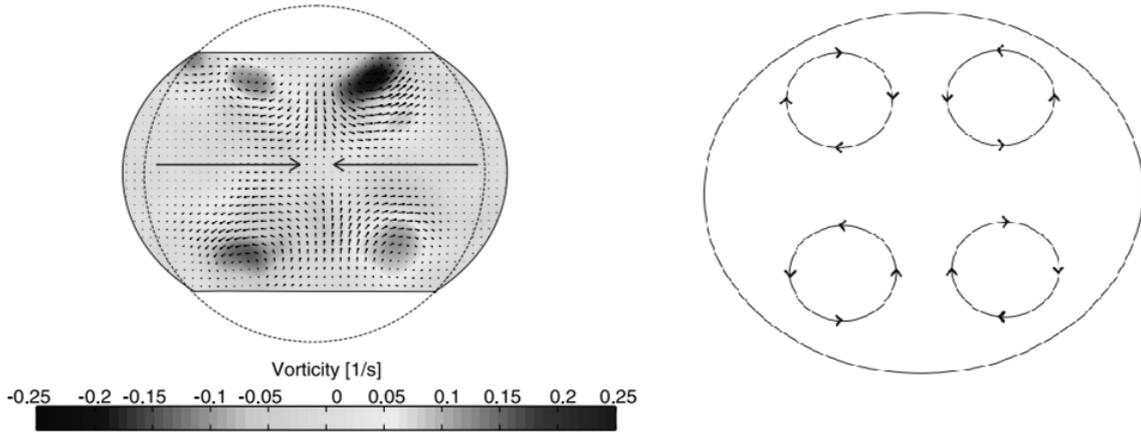


рис. 1. Структура осредненного течения в осевом сечении колеблющейся полости при $\nu = 9,8 \text{ сСт}$, $b = 2,7 \text{ мм}$, $f = 22 \text{ Гц}$

Для характеристики интенсивности движения жидкости в вихрях измеряется максимальная горизонтальная скорость вблизи экваториальной плоскости, где оптические искажения минимальны.

Эксперименты показывают, что с увеличением амплитуды вибраций при фиксированной частоте скорость осредненного движения жидкости нелинейно возрастает. Изменение частоты вибраций при фиксированной амплитуде деформации $b = 5 \text{ мм}$ приводит к линейному росту осредненной скорости.

При увеличении кинематической вязкости жидкости до 269 сСт толщина вязких пограничных слоев Стокса постепенно увеличивается в размере, тем самым над вторичными вихрями формируется система первичных вихрей. В конце концов, вторичные вихри гасятся разросшимися первичными (рис. 2).

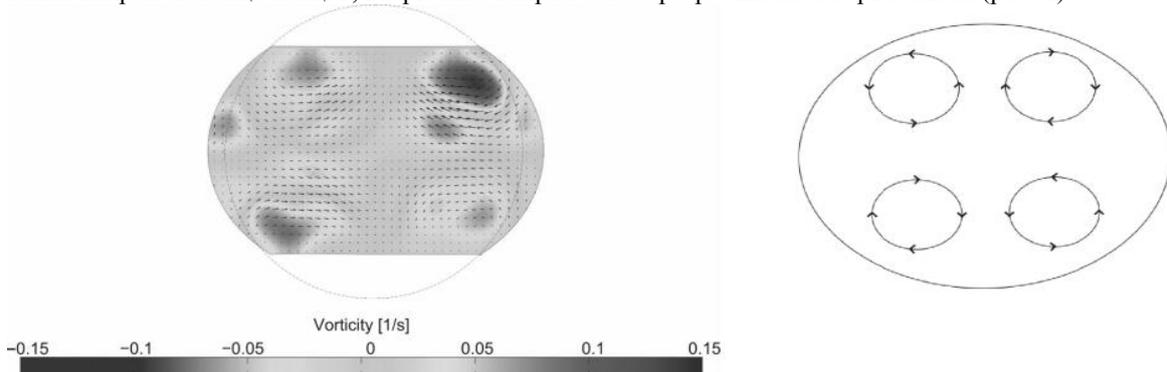


рис. 2 Структура осредненного течения в осевом сечении колеблющейся полости при $\nu = 269 \text{ сСт}$, $b = 2,8 \text{ мм}$, $f = 22 \text{ Гц}$

Отметим, что направление движения жидкости в первичных слоях противоположно направлению, в котором вращаются вторичные.

При фиксированной частоте вибраций с увеличением амплитуды b скорость осредненного течения возрастает по степенному закону. А при увеличении частоты вибраций при фиксированном значении амплитуды b приводит к линейному возрастанию осредненной скорости.

Динамика жидкости в осциллирующей полости определяется безразмерной частотой (1):

$$\omega = \frac{\Omega R^2}{\nu} \quad (1)$$

В случае высоких безразмерных частот и относительно малых амплитуд вибраций интенсивность осредненного потока определяется пульсационным числом Рейнольдса (2):

$$\text{Re}_p = \frac{b \Omega}{\nu} \quad (2)$$

В качестве безразмерной характеристики скорости жидкости во вторичных вихрях используется параметр (3):

$$V = \frac{v_{\text{ax}} r}{\nu} \quad (3)$$

Интенсивность осредненного течения V монотонно возрастает с увеличением пульсационного числа Рейнольдса. Результаты, полученные при различных частотах и амплитудах деформаций плоскости, удовлетворительно согласуются между собой. Этот результат подтверждает определяющую роль в области высоких безразмерных частот, что согласуется с ранее полученными результатами [3].

Список публикаций:

[1] Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя / Шлихтинг Г. - М.: Наука, 1974. 712 с.

[2] Ниборг В. Акустические течения / В. Ниборг // Физическая акустика / под ред. У.Мэзона. М.: Мир, 1969. С. 302 – 377.

[3] Иванова А.А., Козлов В.Г. Вибрационная конвекция при поступательных колебаниях полости (изотермический случай) / Изв. РАН. МЖГ. 2003. №2. С. 25 – 32.

Поведение двух жидкостей с высоким контрастом вязкостей в неравномерно вращающемся коротком цилиндре

Соломенников Максим Николаевич

Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет

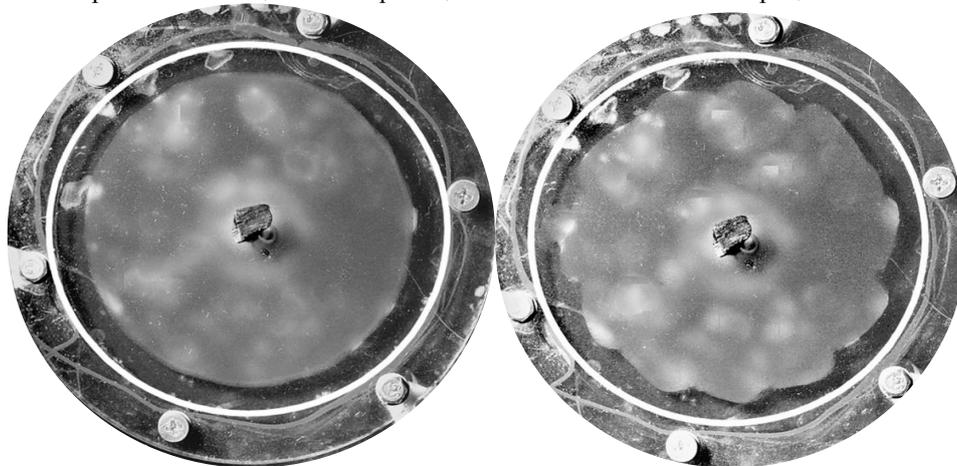
Козлов Виктор Геннадьевич, д.ф.-м.н.

solomennikov@pspu.ru

Целью работы является экспериментальное изучение поведения двух несмешивающихся жидкостей с высоким контрастом вязкостей в горизонтальной цилиндрической полости, которая вращается неравномерно. Используются: масло ПМС-1000 и веретенное масло, плотность которых равняется 0.971 г/см^3 и 0.890 г/см^3 , соответственно. Более плотная жидкость имеет большую вязкость. Цилиндрическая полость изготовлена из органического стекла. Внутренний радиус полости $R = 5.5 \text{ см}$, а высота составляет 0.8 см . Вязкое взаимодействие жидкостей в такой кювете происходит в первую очередь не с боковыми стенками, а с торцевыми. Цилиндр вращается достаточно быстро вокруг собственной горизонтальной оси, при этом система жидкостей находится в центрифугированном состоянии, т. е. тяжёлая жидкость располагается ровным слоем у боковой поверхности, а граница раздела имеет цилиндрическую форму. Скорость вращения изменяется со временем по закону: $\Omega = \Omega_{\text{rot}} + \Omega_{\text{rot}} \varepsilon \cos \Omega_{\text{Lib}} t$, где $\Omega_{\text{rot}} \varepsilon$ – амплитуда колебаний угловой скорости. Цилиндр полностью заполнен жидкостями.

Исследуется форма поверхности границы раздела в зависимости от амплитуды модуляции и частоты либрации Ω_{Lib} .

На рис. 1 показаны фотографии вращающейся кюветы, полученные в свете лампы-вспышки; белой кольцевой линией отмечена граница кюветы, внутри которой находится тяжёлая вязкая жидкость тёмного цвета, а в центральной части располагается светлая маловязкая жидкость. Обнаружено, что при малой модуляции скорости вращения граница раздела сохраняет цилиндрическую форму (рис. 1а). С повышением амплитуды модуляции на границе раздела пороговым образом возникает квазистационарный рельеф (рис. 1б). В среднем по периоду колебаний рельеф остается неподвижным относительно вращающейся полости, при этом вершины холмов совершают тангенциальные границы колебания с частотой либраций.



(а)

(б)

рис. 1. Фотография границы раздела при $\Omega_{\text{rot}} = 37.7 \text{ с}^{-1}$, $\varepsilon = 0.18$ и $\Omega_{\text{Lib}} = 62.8 \text{ с}^{-1}$ (а); фотография рельефа на границе раздела при $\Omega_{\text{rot}} = 37.7 \text{ с}^{-1}$, $\varepsilon = 0.22$ и $\Omega_{\text{Lib}} = 62.8 \text{ с}^{-1}$ (б)

Предположительно, появление рельефа связано с неустойчивостью Кельвина-Гельмгольца. Устойчивость границы раздела является актуальным, так как вибрационное управление формой границы раздела может быть использовано для управления массообменом (теплообменом) на границе раздела двух жидкостей в различных технологических процессах.

Обнаруженное явление является новым. В дальнейшем планируется:

1. Систематическое изучение устойчивости границы раздела жидкостей и её формы в экспериментах с жидкостями разных вязкостей и плотностей.
2. Выяснение закономерностей возникновения рельефа в зависимости от амплитуды и относительной частоты либрации, а также относительной вязкости и относительного объема жидкостей.
3. Изучение динамики рельефа и структуры возникающих в жидкостях потоков с помощью PIV-метода.

Электрооптический отклик пленок капсулированных полимером жидких кристаллов с коническими граничными условиями

Фейзер Кристина Андреевна

Институт инженерной физики и радиоэлектроники, Сибирский федеральный университет

Крахалев Михаил Николаевич, к.ф.-м.н.

KrisFeyzer@gmail.com

Капсулированный полимером нематический жидкий кристалл (КПНЖК) представляет собой полимерную пленку с диспергированными в ней каплями нематика [1]. Оптические свойства такой композитной пленки определяются ориентационной структурой (конфигурацией) директора (единичного вектора, ориентированного вдоль длинных осей молекул жидкого кристалла), формирующейся в каплях. Конфигурация директора зависит от граничных условий (ориентации директора на межфазной границе, энергии сцепления), формы и размера капель, соотношения констант упругости жидкого кристалла, электрического (магнитного) поля [2]. В случае тангенциального сцепления (на межфазной границе директор ориентирован параллельно поверхности капли) в каплях формируется биполярная конфигурация директора, характеризующаяся наличием двух точечных дефектов – буджумов, расположенных на диаметрально противоположных полюсах капли. При гомеотропном сцеплении (на межфазной границе директор ориентирован перпендикулярно поверхности капли) в каплях могут сформироваться радиальная конфигурация, характеризующаяся точечным дефектом – ежом в объеме или аксиальная ориентационная структура с кольцевым поверхностным дефектом. В каплях с коническими граничными условиями (директор на межфазной границе капли ориентирован под углом к нормали к поверхности отличным от 0° и 90°) может сформироваться несколько ориентационных структур, различающихся типом и взаимным расположением точечных и линейных дефектов [3]. Одной из часто наблюдаемых является аксиал-биполярная конфигурация, характеризующаяся наличием двух буджумов (как у капли с биполярной структурой) и кольцевым поверхностным дефектом (как у аксиальной конфигурации) [4].

Внешнее электрическое поле изменяет ориентационную структуру капель (эффект Фредерикса), что сказывается на оптических характеристиках КПНЖК пленки. Так, например, капли с биполярной конфигурацией стремятся сориентироваться биполярной осью (осью, соединяющей буджумы) вдоль поля. В результате этого КПНЖК пленка переключается из рассеивающего в прозрачное состояние [5]. При этом процесс переориентации биполярной оси носит пороговый характер, величина порогового поля зависит, в том числе, от формы и размера капель [2]. Капли с аксиал-биполярной конфигурацией ориентируются биполярной осью вдоль поля, а процесс переориентации конфигурации носит пороговый характер, при этом величина порогового поля в несколько раз меньше порогового поля, необходимого для переориентации капель с биполярной ориентационной структурой [6].

В данной работе представлены результаты исследования электрооптического отклика КПНЖК пленок с каплями нематика, имеющие аксиал-биполярную конфигурацию директора. Исследовались образцы толщиной 20 мкм к которым прикладывалось переменное напряжение частотой 1 кГц. Изменение светопропускания образца начинаются примерно при 0,6 В, при этом начиная с 3 В процесс изменения светопропускания достигает насыщения (рис. 1). После выключения электрического поля наблюдается медленное уменьшение светопропускания до начальных значение в течение нескольких часов.

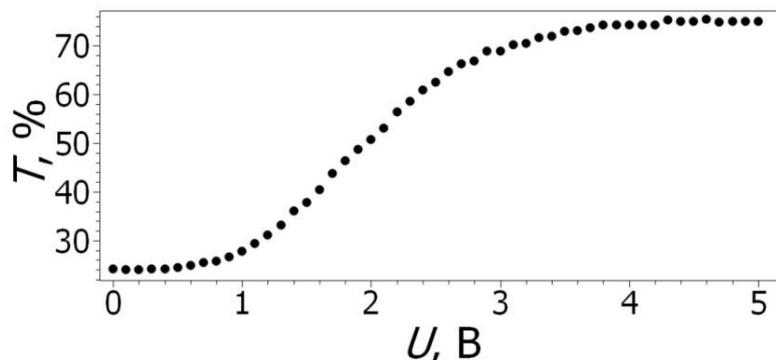


рис.1. Зависимость светопропускания T КПНЖК пленки от приложенного напряжения U

Полученные данные показали, что начало изменения светопропускания, наблюдающееся при $0,03$ В/мкм, меньше порогового поля, необходимого для переориентации аксиал-биполярной конфигурации, полученного ранее в [6]. Данный эффект можно объяснить тем фактом, что в образце в исходном состоянии, ориентация биполярных осей капель по отношению к направлению прикладываемого поля различна [4]. В этом случае для ряда капель процесс переориентации начинается при гораздо меньших полях, что соответствует началу процесса изменения светопропускания. Последними переориентируются капли, у которых исходно биполярная ось ориентирована перпендикулярно прикладываемому полю, что соответствует напряженности поля примерно $0,15$ В/мкм. Полученные данные позволяют говорить о том, что КПНЖК пленки с аксиал-биполярной конфигурацией капель имеют малые управляющие напряжения (поля) и большие времена релаксации, что делает их перспективными для создания электрооптического материала с низким энергопотреблением и эффектом структурной и оптической памяти.

Список публикаций:

- [1] Жаркова Г.М., Сонин А.С. Жидкокристаллические композиты. – Новосибирск: Наука. 1994. – с. 214.
- [2] Drzaic P.S. Liquid crystal dispersions. – Singapore: World Scientific. 1995. – p. 430.
- [3] Рудяк В. Ю., // Письма в ЖЭТФ. 2017. Т. 106. Вып. 6. С. 358.
- [4] Krakhalev M.N., Prishchepa O.O., Sutormin V.S. and Zyryanov V.Ya. // Liquid Crystals. 2017. Vol. 44. №2. P. 355-363.
- [5] Doane J. W., et al. // Appl. Phys. Lett. 1986. 48. P. 269.
- [6] Rudyak V. Yu., et al. Phys. Rev. E. 2017. 96. 052701.

Исследование образования застойных зон при расслоенном течении жидкости в каналах различной геометрии

Худайгулова Галия Галиевна

Киреев Виктор Николаевич

Башкирский государственный университет

Киреев Виктор Николаевич, к.ф.-м.н.

galka.zxc@yandex.ru

Двухфазные течения имеют широкое распространение в природе и в промышленности. Например, процесс вытеснения в двухкомпонентном потоке можно наблюдать в системе «нефть-вода» в случае, когда вода замещает нефть [1]. Поток следует рассматривать как совокупность двух областей из-за разных свойств: при предельных для нефти градиентах давления образуются «застойные» зоны - целики нефти. Это участки канала, в которых нефть остается неизвлеченной. Также целики могут встречаться в результате образования языков обводнения - неравномерного продвижения контурной воды, которая отсекает отдельные неразработанные области пласта. Их образование ведет к снижению общего коэффициента отдачи нефти. На рис. 1 показано два варианта образования «застойных» зон: слева изображен результат процесса вытеснения воды нефтью, а справа – нефти водой.

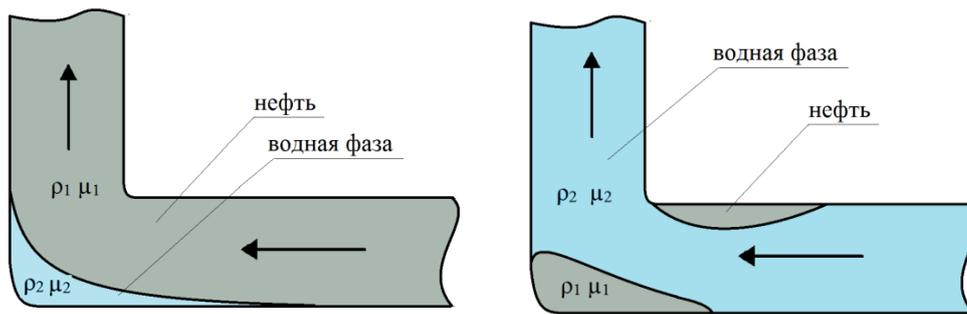


рис.1. Изображение «застойных» зон в системе «нефть-вода»

В данной работе численно рассматривается процесс образования «застойных» зон в каналах различной геометрии. Математическая модель процесса состоит из уравнения неразрывности, уравнений Навье-Стокса, уравнения динамики границы раздела и замыкающего соотношения [2].

$$\frac{\partial U_x}{\partial x} + \frac{\partial U_y}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial U_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(U_x^2) + \frac{\partial}{\partial y}(U_x U_y) = -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu \frac{\partial U_x}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu \frac{\partial U_x}{\partial y} \right)$$

$$\frac{\partial U_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(U_x U_y) + \frac{\partial}{\partial y}(U_y^2) = -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dy} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu \frac{\partial U_y}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\nu \frac{\partial U_y}{\partial y} \right)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \nabla(CU) = 0$$

$$v(x, y) = Cv_1 + (1 - C)v_2$$

где U_x, U_y – компоненты вектора скорости, ρ – плотность, p – давление, ν – кинематическая вязкость, C – функция, описывающая границу раздела.

В начальный момент задается положение границы двухфазной системы, затем используется вычисленное поле скоростей. В среде разработки программного обеспечения Lazarus была написана компьютерная программа, где динамика границы раздела фаз рассчитывается по методу Volume-of-Fluid [3]. Программа позволяет также визуализировать изменение поверхности при уже заданном поле скоростей. Гидродинамические уравнения в задаче решаются методом контрольного объема [4]. В работе были определены размер и положение границы раздела фаз, а также размеры «застойных» зон при различных режимах.

Список публикаций:

[1] Гусейнова Д. Ф. Определение степени дренируемости нефтяной залежи // Научно-технический журнал "Нефтегазовое дело", Том 15 № 2. – 2016. – 50-54 с.
 [2] Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М. Гидродинамика. — Издание 6-е, исправленное. — М.: Физматлит, 2015. — 728 с. («Теоретическая физика», том VI).
 [3] Hirt C.W., Nichols B.D. Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries// Journal of Computational Physics. 39 (1). – 1981. – P. 201–225.
 [4] Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. Пер. с англ. (1980 г), М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.