6.6. ЛАБОРАТОРИЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА

Заведующий д. ф.-м. н., проф. О.А. Кабов

тел. (383) 316-51-37

Основные направления деятельности

- Двухфазные течения в микро- и миниканалах с микро-и нано покрытиями
- Теплообмен, динамика и кризисные явления в жидких пленках
- Термокапиллярная конвекция в тонких пленках жидкости
- Динамика и теплообмен в области линии контакта трех фаз
- Пленочная конденсация пара на поверхностях сложной формы
- Испарительные системы охлаждения микроэлектронного оборудования
- Физика жидкостей при микрогравитации и гипергравитации
- Испарение и течение в каплях и ручейках жидкости на твердой поверхности

Результаты научно-исследовательских работ 2015 г.

Проект III.22.7.4. «Интенсификация процессов переноса в энергонапряженных теплообменных системах» (руководитель зав. лаб., д.ф.-м.н. О.А. Кабов) (Гос. Рег. 01201350449).

Экспериментально исследована динамика испарения в горизонтальном слое жидкости (этанол, толщина 3 мм) ограниченного размера под действием потока газа (воздух). Изучено влияние площади межфазной границы (0,01-0,09 м^2) на удельную массовую скорость испарения. Расход газа варьировался от 100 до 500 мл/мин (средняя скорость от 0,0139 м/с до 0,0694 м/с). Температура системы “жидкость-газ” поддерживалась постоянной 20˚С с отклонением не более 0,1˚С. Установлено, что удельная массовая скорость испарения уменьшается с увеличением площади межфазной границы, рис. 1, вследствие уменьшения градиента концентрации пара в пограничном слое и влияния краевых эффектов.

Выполнено экспериментальное исследование структуры конвективных течений при испарении слоя жидкости обдуваемого потоком газа с помощью PIV метода. Визуализация конвективных течений в горизонтальном испаряющемся слое жидкости под действием потока газа представлена на рис. 2. Найдено, что максимальная скорость испарения достигается в случае устойчивых и равномерных конвективных течений в сторону противоположную потоку газа. Наличие максимального испарения может объясняться тем, что происходит интенсивный теплообмен между нижними и верхними слоями жидкости, за счет равномерной и устойчивой циркуляции жидкости в слое.

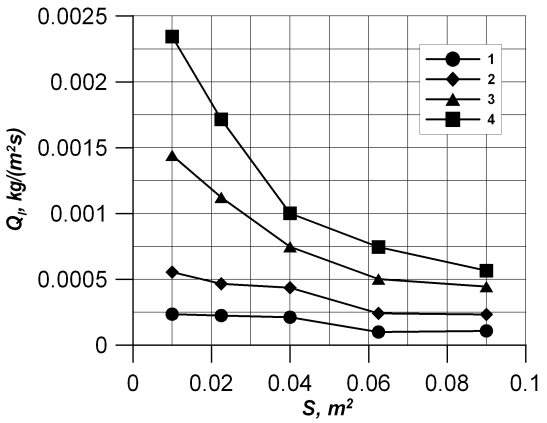

Рис. 1. Зависимость удельной массовой скорости испарения от площади межфазной границы. Средняя скорость газа: 1 – 0,014 m/s; 2 – 0,028 m/s; 3 – 0,069 m/s; 4 – 0,14 m/s.

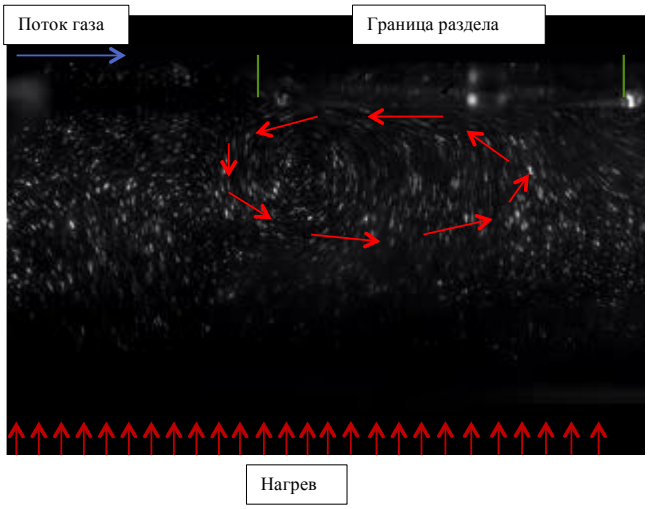

Рис. 2. Визуализация конвективного течения в слое жидкости. Система «воздух-этанол». Толщина слоя жидкости 10 мм.

Выполнено численное исследование совместного движения потока газа и неизотермической тонкой пленки вязкой несжимаемой жидкости в микроканале при локальном нагреве. Обнаружен эффект влияния угла наклона канала к горизонту на интенсивность испарения и экстремальные значения толщины пленки.

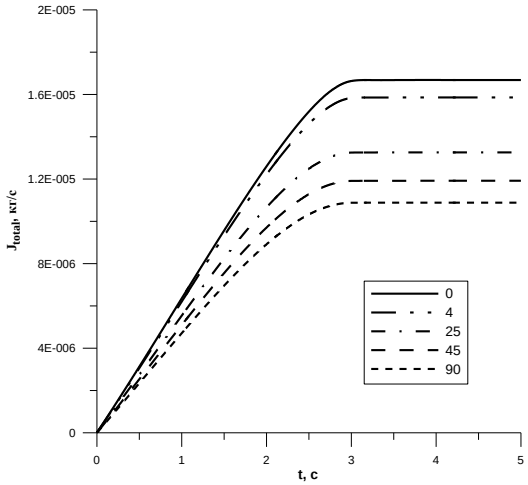

Рис.3. Скорость суммарного испарения с границы раздела газ-жидкость при изменении угла наклона канала к горизонту от 0 до 90 градусов соответственно. Температура на нагревателе T1=25°C, Re =5, Re_g=15.

Получено, что уменьшение угла наклона канала приводит к увеличению деформаций поверхности пленки, и росту интенсивности испарения, даже при относительно слабых нагревах, вследствие учета влияния деформаций свободной поверхности, интенсивности обдува газом и термокапиллярного эффекта. При горизонтальном положении канала интенсивности испарения максимальна, и минимальна при угле наклона равном 90°, при этом разница составляет порядка 30 %, рис.3. Установлено, что интенсивность обдува газом при нулевом угле наклона значительно выше, рис.4, особенно вблизи передней кромки нагревателя, где испарение наиболее существенно. Средняя скорость газа на границе раздела составляет 10,367 см/с при угле наклона равном 90° и 11,430 см/с при 0° соответственно.

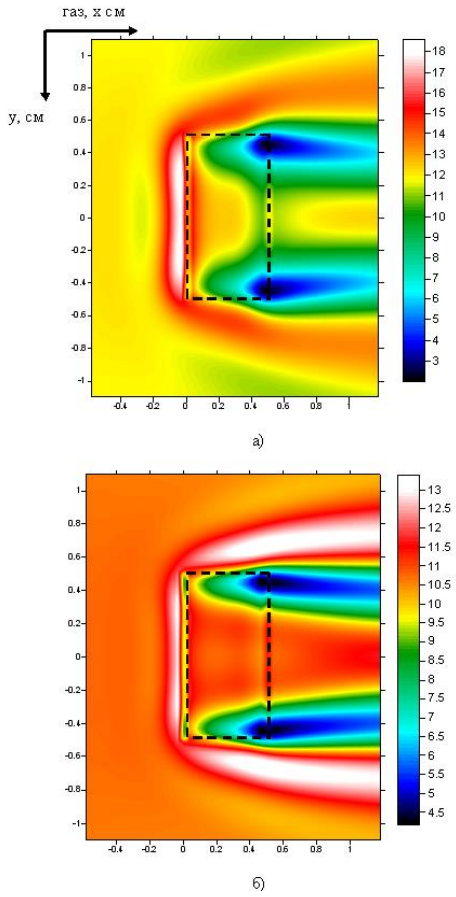

Рис.4. Распределение продольной скорости газа вблизи поверхности раздела, см/с, и шкалы интенсивности. а) угол наклона подложки к горизонту - 0°, б) угол наклона подложки к горизонту - 90°. Температура на нагревателе T1=25°C, Re =5, Re_g=15.

Стипендия Президента Российской Федерации СП-2749.2013.1 «Исследование интенсификации теплообмена за счет управления формированием термокапиллярных неустойчивостей на поверхности волновой нагреваемой пленки жидкости» (руководитель Шатский Е.Н.)

Проведен анализ механизма разрушения крупных солитонообразных волн. Показано, что сочетание термокапиллярных и инерционных эффектов в волновой пленке жидкости приводит к деформации крупных естественно образующихся волн и их распаду на волны меньшей ширины, которые перемещаются в сторону струй, образованных термокапиллярной структурой в остаточном слое. Начальный размер таких волн существенно больше расстояния между струями. Важной особенностью является то, что перегиб фронта крупной волны происходит не в точке, соответствующей максимальным термокапиллярным напряжениям, а в месте локального уменьшения толщины, где термокапиллярные силы выше сил инерции жидкости.

Молодежный научно-исследовательский проект ИТ СО РАН «Волновые и термокапиллярные эффекты в пленках жидкости» (руководитель Шатский Е.Н.)

С использованием синхронных методик измерения толщины и температуры поверхности пленки выполнено экспериментальное исследование взаимодействия развитых трехмерных волн с термокапиллярной структурой на поверхности пленки и определены средний и локальный коэффициенты теплоотдачи. В условиях сложного взаимодействия волновых и термокапиллярных неустойчивостей проведено исследование механизма разрыва пленки жидкости. Установлено, что в условиях сложного взаимодействия происходил рост амплитуды волн в области волн и постоянное перемещение струй поперек потока. Эти факторы приводят к увеличению теплового потока, необходимого для разрыва пленки в несколько раз.

Российский фонд фундаментальных исследований:

Проект РФФИ 14-08-31677 мол_а «Теоретическое и экспериментальное исследование испаряющейся пленки жидкости, движущейся под действием потока газа в микроканале при локальном нагреве» (руководитель к.ф.-м.н. Кабова Ю.О.)

Проект РФФИ 14-08-31515 мол_а «Исследование ручейкового течения жидкости под действием спутного потока газа в миниканале» (руководитель аспирант Чеверда В.В.)

Проект РФФИ 14-08-31559 мол_а «Исследование теплообмена и динамики в сидячих каплях жидкости» (руководитель аспирант Семенов А.А.)

Проект РФФИ № 15-01-04320 а «Влияние термокапиллярно-волновых структур на тепломассообмен в нагреваемой пленке жидкости» (руководитель д.ф.-м.н. Чиннов Е.А.)

Министерство образования и науки, ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России 2014-2020 годы»:

Соглашение № 14.604.21.0053 «Разработка и создание экспериментальных образцов испарительной системы охлаждения для высокопроизводительных вычислительных процессоров и энергоэффективных светодиодных устройств» (руководитель д.ф.-м.н. Кабов О.А.)

Соглашение № 14.613.21.0011 «Создание технологии охлаждения теплонапряженных элементов с использованием однокомпонентных двухфазных потоков» (руководитель д.ф.-м.н. Кабов О.А.)

Соглашение № 14.616.21.0016 «Создание научно-технического задела и экспериментальных образцов высокоэффективных двухфазных систем охлаждения с естественной циркуляцией для космических и транспортных приложений» (руководитель д.ф.-м.н. Кабов О.А.)

Соглашение № 14.613.21.0038 «Создание научно-технического задела для высокоэффективных капельных охлаждающих систем» (руководитель д.ф.-м.н. Кабов О.А.)

РНФ, «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами»:

Соглашение № 14-19-01755 «Процессы переноса в двухфазных течениях с контактными линиями в микроканалах применительно к высокоинтенсивным системам охлаждения» (руководитель д.ф.-м.н. Кабов О.А.)

РНФ, «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований с представлением результатов в рамках международной конференции (конгресса)»:

Соглашение № 15-19-30038 «Поверхностные явления в сложных микроразмерных двухфазных течениях» (руководитель д.ф.-м.н. Чиннов Е.А.)

РНФ, «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований в небольших группах под руководством ведущих российских и зарубежных ученых» »:

Соглашение № 15-19-20049 «Процессы переноса в многофазных системах с фазовыми переходами» (руководитель д.ф.-м.н. Легро Ж.К.)

Международные связи

Сотрудничество с Европейским Космическим Агентством (Голландия).

Сотрудничество с Центром по Смарт интерфейсам при университете Дармштадта (Германия)

Сотрудничество с отделением механики университета штата Мериланд (США)

Сотрудничество с отделением математики Методистского университета штата Техас (США)

Сотрудничество с De Core Science & Technologies Ltd., Индия

Сотрудничество с Инженерной школой при университете Марселя (Франция)

Сотрудничество с университетом Kyushu, Фокуока, Япония

Сотрудничество с государственной ключевой лабораторией по многофазным течениям в энергетике, Xi'an Jiaotong University, Сиань, Китай

Зарубежные командировки – 5

Связи с отраслевой и вузовской наукой

Сотрудничество с НГУ, ТПУ, ФГОУ ВПО «Новосибирский государственный аграрный университет».

Публикации

Главы в монографиях	– 2
Центральные журналы	– 18
Международные журналы	– 9
Труды отечественных конференций	– 31
Прочие публикации	– 3
Принятые в печать	– 7

Доклады на конференциях и совещаниях

Международных		– 6
в т. ч.	секц.	– 5
	плен.	– 1
Всероссийских		– 32
в т. ч.	плен.	– 5
	секц.	– 16
	стенд.	– 10
	пригл.	– 1

Экспертиза научных проектов

профессор, д. ф.-м. н. Кабов О.А.

Discovery Grant proposals of Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC)

Научно-организационная деятельность

профессор, д. ф.-м. н. Кабов О.А.

Член национального комитета РАН по тепло-массо обмену.

Главный редактор международного журнала «Interfacial Phenomena and Heat Transfer».

Член редакционной коллегии международного журнала “Journal of Microgravity Science and Technology”.

Член Европейской ассоциации по микро-гравитации (ELGRA)

Координатор от России двух международных проектов Европейского космического агентства «Испарительная конвекция и межфазный тепло-массо-перенос (CIMEX - ИКМОС)», и «Процессы в области линии контакта газ-жидкость-твердое тело (Multiscale Boiling - Микрорегион)».

Сопредседатель международного семинара “Two-Phase Systems for Ground and Space Applications”, Балтимор, США.

д. ф.-м. н. Чиннов Е.А.

Член национального комитета РАН по тепло-массо обмену.

Член Ученого Совета отдела физической гидродинамики ИТ.

доцент, д.ф.-м.н. Марчук И.В.

член Ученого Совета Специализированного Учебно-Научного Центра Новосибирского Государственного Университета,

к. ф.-м. н. Зайцев Д.В.

заместитель регионального редактора международного журнала «Enhanced Heat Transfer»;

помощник редактора международного журнала «Interfacial Phenomena and Heat Transfer»;

к.ф.н. Быковская Е.Ф.- помощник редактора международного журнала «Interfacial Phenomena and Heat Transfer»;

аспирант Шатский Е.Н. – член Совета научной молодежи ИТ СО РАН;

Премии и награды

Шатский Е.Н. - Стипендия Президента РФ 2013-2015;

Кириченко Д.П. - Диплом 1 степени «Международный молодежный форум «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ»;

Научно-педагогическая деятельность

Курс «Высшая математика» (проф. Марчук И.В.) НГАУ, кафедра высшей математики

Курс «Физика» (проф. Чиннов Е.А.), НГАСУ, кафедра физики.

Курс «Физика» (доцент Кабова Ю.О.), НГАСУ, кафедра физики.

Молекулярный практикум (аспирант Шатский Е.Н.), НГУ, физический факультет, ассистент

Семинар «Основы вычислительной физики» (аспирант Семенов А.А.), НГУ, ассистент, кафедра высшей математики физического факультета

Научно-исследовательская работа со студентами и аспирантами

Аспирантов	– 3
Магистрантов НГУ	– 4
Студентов НГУ	– 5

Кадровый состав

Всего сотрудников	*– 18*
Из них научных сотрудников	*– 9*
в т. ч. докторов наук	*– 5*
кандидатов наук	*– 5*

Информационно-вычислительные ресурсы

Персональные ЭВМ:

Ноутбук – 9

Настольный ПК – 10

Компьютеры подключены к локальной сети Института с выходом в Internet.