

## 2.4. ЛАБОРАТОРИЯ ПРОБЛЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Заведующий д. т. н. М.И. Низовцев

тел. (383) 316-53-36

---

### Основные направления деятельности

- Экспериментально-теоретические исследования и их практическая реализация в области теплообменного оборудования и строительной теплофизики
- Исследование процессов интенсификации тепло- и массообмена в пористых материалах и многофазных потоках
- Развитие научных подходов при решении инженерных задач энерго- и ресурсосбережения
- Разработка приборов и измерительных средств для теплофизических экспериментов

### Результаты научно-исследовательских работ 2018 г.

Проект: Ш.18.2.4: **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛО- И МАС-СООБМЕНА С ЦЕЛЮ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ, СТРОИТЕЛЬСТВА, ХИМИЧЕСКОЙ И НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ** (Гос. рег. АААА-А17-117022810196-0, ГЗ 0322-2016-0012)

**Задание: Выполнить экспериментальные исследования влияния способов подачи промежуточного теплоносителя на эффективность тепло- и влагообмена рекуперативного воздушного теплообменника с капельным орошением.**

Как показали выполненные экспериментальные исследования, важным параметром работы рекуперативного воздушного теплообменника с капельным орошением является равномерность распределения теплоносителя по поверхности насадки. Проведены модельные эксперименты по определению равномерности распределения теплоносителя при «радиально-лучевой» и «равномерно-канальной» системах орошения, а также при дополнительном «периферийном» орошении (рис.1). С применением ячеистого приемника теплоносителя определена несмещенная оценка выборочной дисперсии равномерности орошения при различных расходах теплоносителя для разных систем орошения. Согласно результатам экспериментов с увеличением расхода теплоносителя для всех исследованных систем орошения насадки несмещенная оценка выборочной дисперсии снижалась, что свидетельствовало о повышении равномерности распределе-

ния теплоносителя. Наилучшая равномерность была получена для «равномерно-канальной» системы орошения совместно с «периферийным» орошением. Данная система орошения планируется к использованию в регенеративном теплообменнике для повышения его эффективности.

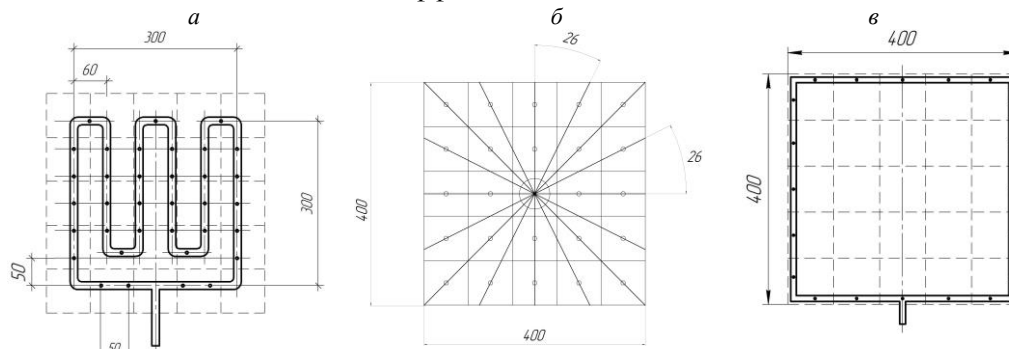


Рис.1. Оросители насадки: а – равномерно-канальный, б – радиально-лучевой, в – периферийный.

**Задание: Экспериментально исследовать зависимости температур и скоростей испарения капель наножидкостей от концентрации и вида наночастиц, температуры и скорости воздушного потока.**

На созданной экспериментальной установке с применением метода ИК-термографии был проведен цикл экспериментов по исследованию испарения капель наножидкости на поверхности пористой медной пластины. Приготовление наножидкости, состоящей из смеси воды с наночастицами золота методом лазерной абляции. В полученной наножидкости концентрация наночастиц составляла около 0,1%. Эксперименты выполнялись при постоянной температуре и влажности окружающего воздуха ( $t = 24^{\circ}\text{C}$ ,  $\phi = 24\%$ ). На основании выполненных экспериментов были получены зависимости изменения средних температур капель наножидкости, лежащих на пористой поверхности при различной интенсивности вдува (скорости фильтрации воздушного потока).

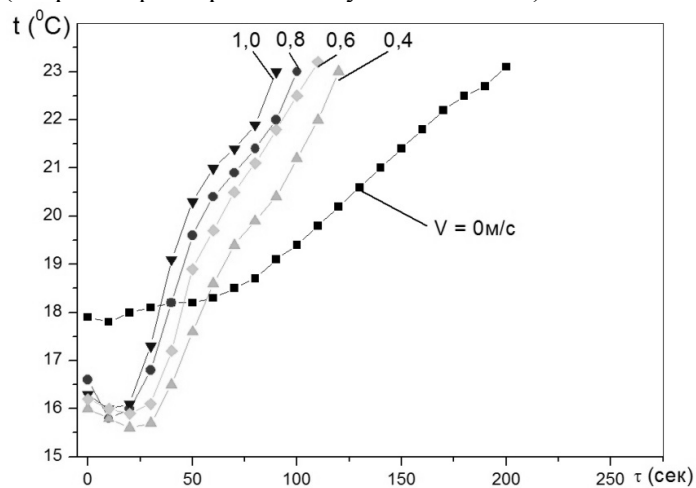


Рис. 2. Изменение температуры капель наножидкости на пористой поверхности при различных

скоростях фильтрации воздушного потока.

Полученные результаты показали, что во всех экспериментах в начальный период, как при отсутствии, так и при наличии вдува температура капли резко снижалась. Отличия заключались в том, что при отсутствии вдува понижение температуры капли в начальный период достигало  $18^{\circ}\text{C}$ , а при наличии вдува температура опускалась до значений  $15,7\text{--}16^{\circ}\text{C}$ . В дальнейшем наблюдалось постепенное повышение температуры капель до их полного испарения. При наличии вдува во всех экспериментах наблюдался более быстрый рост температуры капель, и существенно снижалось время их испарения, причем, чем больше была скорость потока воздуха, тем меньше было время испарения. Таким образом, вдув воздуха интенсифицировал процессы испарения капель наножидкости, лежащих на пористой поверхности. Полученные экспериментальные данные показали, что добавление наночастиц золота  $0.1\%$  по массе в воду приводило к увеличению краевого угла смачивания по сравнению с чистой водой. В результате наблюдались отличия в форме и динамике испарения капель воды и наножидкости. При одинаковом объеме капель площадь контакта капли наножидкости с поверхностью была меньше чем у капли воды и время испарения капель наножидкости было на  $2\text{--}4\%$  больше, чем для воды.

**Задание: Разработать состав прибора и алгоритм вычисления действующего значения вязкости жидкости. Разработать метод определения эффективного значения вязкости неньютоновской жидкости по измерениям на эталонной смеси индустриальное масло-вода-воздух.**

Значение действующей вязкости является важной составляющей по оценке эффективности транспортировки добытых нефтепродуктов. В рамках задания были определены состав вискозиметра и алгоритм вычисления действующего значения вязкости многокомпонентной смеси индустриальное масло-вода-воздух и разработан метод определения действующего значения вязкости неньютоновской многофазной смеси по измерениям на тестовой смеси индустриальное масло-вода-воздух.

Созданный макетный образец устройства (рис.3) позволил выполнить исследование и определить метод вычисления действующей вязкости смеси индустриальное масло-вода по перепаду давления на сужающем устройстве (СУ) вискозиметра и значении скорости звука в потоке жидкости, проходящей через рабочий канал СУ [1 - 3]. Особенность прибора заключается в том, что величина вязкости протекающей жидкости не влияет на результат измерения объемного расхода [4, 5].

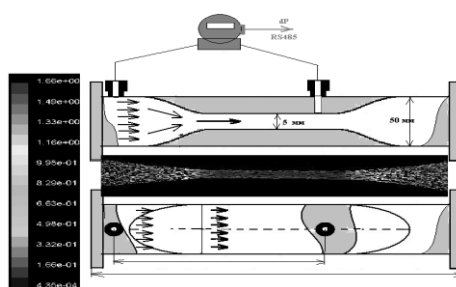


Рис.3. Схема диафрагменного измерителя вязкости и поля скоростей в щелевом зазоре СУ.

Метод измерения вязкости жидкости с помощью плоского щелевого СУ заключается в том, что конкретное сужающее устройство калибруется на гидравлическом стенде. По итогам калибровки строится безразмерная универсальная для заданной геометрии СУ зависимость:

$$Re = g(\zeta) \rightarrow (\rho V d) / \mu = g(2\Delta P / \rho V^2)$$

На рис. 4 приведена безразмерная зависимость  $Re = g(\zeta)$ , полученная для реально изготовленного СУ.

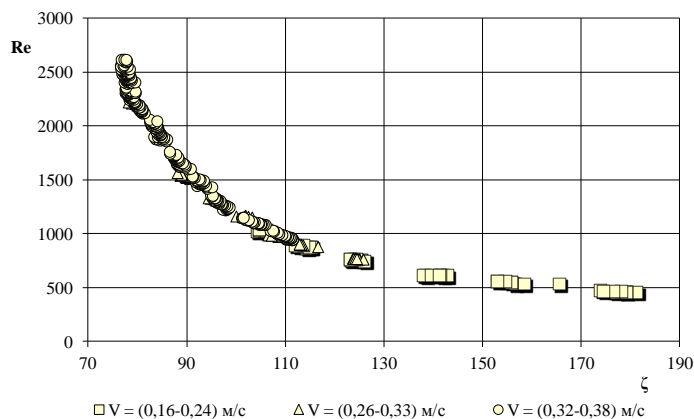


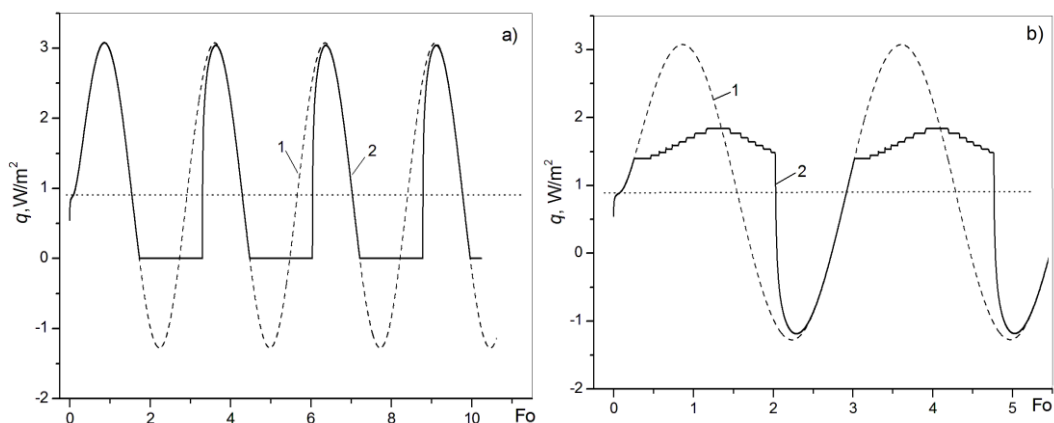
Рис. 4 Калибровочная характеристика СУ.

Все экспериментальные данные, полученные в процессе проведения калибровочных измерений, хорошо обобщаются безразмерной универсальной зависимостью. Это обстоятельство подтверждает возможность измерения кинематической вязкости с помощью СУ. Эксперименты показали, что при измерении вязкости неньютоновской жидкости, например, газожидкостного потока, вискозиметр СУ по описанной выше методике регистрировал «действующее» значение кинематической вязкости потока.

**Проект: «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАТИВНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ С ФАЗОИЗМЕНЯЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ» КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СО РАН «МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИНТЕГРАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ» НА 2018-2020 ГГ. БЛОК «32.2.СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ С ФАЗОИЗМЕНЯЕМЫМИ МАТЕРИАЛАМИ, ПРОЯВЛЯЮЩИХ ЭФФЕКТЫ АККУМУЛЯЦИИ ТЕПЛА. РАЗРАБОТКА ФИЗИЧЕСКИХ И МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА В КОМПОЗИТАХ С ФАЗОИЗМЕНЯЕМЫМИ МАТЕРИАЛАМИ И ИХ АНАЛИЗ» (Гос. рег. АААА-А18-118112690056-2)**

На основе разработанной энтальпийной модели проведены численные расчеты, и проанализировано влияние макрокапсулированного фазоизменяемого материала (ФИМ) на теплоинерционные свойства стен из легкой теплоизоляции с

фазоизменяемыми материалами. В расчетах варьировалось пространственное расположение фазоизменяемого материала, а также температура его фазового перехода. Расчеты выполнены для кондиционированного помещения с постоянной температурой воздуха при суточных циклических колебаниях температуры наружного воздуха. В результате расчетов при расположении ФИМ в центре с температурой фазового перехода между средней температурой наружного воздуха и температурой воздуха в помещении обнаружено существенное влияние. Наличие ФИМ в этой области приводило к снижению пиковых плотностей теплового потока на внутренней поверхности стены в 2.5 – 3 раза и сдвигу его фаз на 5.3 часа относительно максимумов и минимумов наружной температуры воздуха.



**Рис. 5.** Суточные колебания плотности теплового потока на внутренней поверхности (а) при  $T_m = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$  и (б) при  $T_m = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$ : 1– без учёта фазовых превращений; 2–с учётом фазовых превращений. ФИМ расположен вблизи внутренней поверхности.

Интересные особенности ФИМ выполнять функцию «теплового диода» проявляются при его расположении вблизи внутренней поверхности стены (рис.5). В этом случае могут происходить существенные изменения теплового потока на внутренней поверхности стены при наличии ФИМ. Если температура фазового перехода близка к температуре внутреннего воздуха, то в этом случае полностью устраняется поток тепла, направленный из помещения (5, рис.5а). Таким образом, потерь тепла из помещения в наиболее холодное время суток не происходит. При этом надо отметить, что пиковые значения теплового потока в помещение в теплое время суток практически не претерпевают никаких изменений, т.е. сохраняется и фаза, и максимальное значение. Если температура фазового перехода будет выше температуры внутреннего воздуха, то в более холодное время суток, наоборот, тепловой поток, направленный из помещения не будет существенно изменяться (5, рис.5б). При этом максимальное значение теплового потока в помещение в дневное время снизится в два раза и будет иметь сдвиг по времени почти на 4 часа относительно максимума наружной температуры.

Из выполненных расчетов следует, что путем добавления ФИМ внутрь легкого теплоизоляционного материала можно значительно увеличить его теплоаккумулирующие свойства. Выбором пространственного положения ФИМ и его объемного содержания можно добиться необходимого сдвига между фазами колебаний температуры и теплового потока. Это открывает дополнительные возможности в управлении амплитудой и направлением тепловых потоков.

#### **Перечень проектов, выполняемых сотрудниками лаборатории**

Проект РФФИ: **Теоретико-экспериментальные исследования тепло- и влагопереноса в новых конструкциях наружных стен из древесины и монолитного полистиролбетона и системах фасадного утепления зданий** (16-48-700367, рук. Цветков Н. А)

Проект РФФИ: **Испарение капель жидкостей на гидрофобных и структурированных поверхностях** (17-58-53168 ГФЕН\_а, рук. Терехов В.В.)

Проект РФФИ: **Турбулентный теплоперенос в вихревых потоках. Теория, эксперимент, численное моделирование** (18-19-000161, рук. Терехов В.И. ).

Проект РФФИ: **Прямое преобразование энергии ветра в тепло на основе течения Куэтта-Тэйлора** (18-48-540009, рук. Назаров А.Д.).

Проект РФФИ: **Применение высокоскоростных методов исследования и разработка способов интенсификации теплообмена при спреинном охлаждении** (18-48-540018, рук. Суртаев А.С.).

#### **Международные связи**

Выполняются работы по международному контракту с фирмами «Air Products» (США).

#### **Связи с вузовской наукой**

С Алтайским государственным техническим университетом совместная кафедра в ИТ СО РАН и проблемная лаборатория в АлтГТУ. Низовцев М.И. – заведующий совместной кафедрой теплофизических, химических и экологических проблем в энергетике, технологии и тепловых двигателях.

Назаров А.Д. – заведующий кафедрой естественно-научных дисциплин Высшего колледжа информатики Новосибирского государственного университета.

Серов А.Ф. – профессор кафедры технической теплофизика Новосибирского государственного технического университета.

#### **Публикации**

Центральные журналы – 4

Международные журналы – 12

Труды международных конференций – 1

### **Доклады на конференциях и совещаниях**

Международных – 8  
в т.ч. секц. – 8  
Всероссийских – 27  
в т.ч. приг. – 5  
секц. – 22

### **Подготовка научных кадров высшей квалификации**

#### **Работа в научных и диссертационных советах**

*Низовцев М.И.* – член специализированного совета по защите кандидатских и докторских диссертаций Д 003.053.01 в ИТ СО РАН; член специализированного совета по защите кандидатских и докторских диссертаций Д.212.173.02 в НГТУ

*Серов А.Ф.* – член межведомственного диссертационного совета Д.01.05.306 при Государственном университете им. К. Тынытстанова Республики Казахстан.

#### **Подготовка отзывов официальных оппонентов на диссертационные работы**

Низовцев М.И. – официальный оппонент Велькина В. И. «Методология оптимизации параметров микрогенерирующих энергокомплексов на основе возобновляемых источников энергии», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.08 – энергоустановки на основе возобновляемых источников энергии.

Низовцев М.И. – официальный оппонент Кияница Л. А. «Тепло- массообменные процессы в подземных сооружениях станций закрытого типа метрополитена с двухпутным тоннелем», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.20 – геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.

#### **Участие в совместных с вузами научно-образовательных проектах, научных исследованиях и экспериментальных разработках, а также иных совместных мероприятиях**

Организация и проведение совместно с Иркутским национальным исследовательским техническим университетом, Иркутским Государственным Университетом Всероссийскую научно-практическую конференцию с международным участием «Ольхон – модельная территория энергоэффективности и экологического развития».

Совместно с ВКИ НГУ (г. Новосибирск) проведение Международной научной студенческой конференция, МНСК 2018.

Совместно с НГУ (г. Новосибирск) проведение межвузовского чемпионата «Молодые профессионалы (Ворлдскиллс Россия)»

### **Научно-педагогическая деятельность**

Проф. Серов А.Ф., НГТУ, лекции и семинары, «Разработка, планирование и обработка результатов эксперимента», «Компьютерные технологии в науке и образовании».

Проф. Сеначин П.К., АлГТУ им. И.И. Ползунова, кафедра двигателей внутреннего сгорания, «Двигатели внутреннего сгорания», лекции.

### **Научно-исследовательская работа со студентами и аспирантами**

Студентов НГТУ – 3

Аспирантов ИТ – 3

#### **Кадровый состав**

Всего сотрудников	– 20
из них научных сотрудников	– 8
в т. ч. докторов наук	– 4
кандидатов наук	– 3

### **Информационно-вычислительные ресурсы**

Персональные ЭВМ:

Pentium – 14

Компьютеры подключены к локальной сети Института