**Создание технологии охлаждения теплонапряженных элементов с использованием однокомпонентных двухфазных потоков**

**Этап 2**

Соглашение № 14.613.21.0011 в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса на 2014-2020 годы»

**Приоритетное направление**: «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика»

**Период выполнения:** 27.08.2014- 31.12.2016

**Исполнитель:** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук.

**Иностранный партнер:** Kyushu University, г. Фукуока, Япония

**Цели выполнения прикладных научных исследований**

Создание научно-технического задела, разработка и создание экспериментального образца испарительной системы охлаждения теплонапряженных элементов с использованием однокомпонентных двухфазных потоков. Развитие сотрудничества с иностранным партнером.

В ходе выполнения проекта на этапе № 2 в период с 01.01.2015 г. по 30.06.2015 г. выполнялись следующие работы:

2.1 Создание экспериментальной установки для исследования испарения в области контактной линии с использованием рабочего участка с контролируемым массивом микронагревателей, предоставленного иностранным партнером.

2.2. Расчет теплоотдачи от локальных или сложно распределенных источников тепла к пленке жидкости, движущейся под действием спутного потока пара.

2. 3 Экспериментальное исследование гидродинамики, теплообмена и кризисных явлений в пленке жидкости, движущейся под действием потока пара при локальном нагреве.

2.4. Подготовка заявок на патент.

2.5 Участие в мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию результатов.

2.6. Изготовление и поставка в Новосибирск рабочего участка с контролируемым массивом микронагревателей из Японии (выполняется иностранным партнером).

При этом были получены следующие результаты:

Изготовлена экспериментальная установка, а также подготовлены оптические методы диагностики (Шлирен метод с отражением, теневой метод, инфракрасный сканер) для исследования теплообмена в области контактной линии, закуплено необходимое оборудование. Цель эксперимента − комплексное исследование процессов испарения в области раздела фаз, кипения жидкости и конденсации пара в пузыре с контролируемым нагревом поверхности. В ходе эксперимента будут определяться локальные значения температуры, тепловых потоков и коэффициентов теплоотдачи. Эксперименты на данной установке запланированы на 3-м Этапе работ по Соглашению.

Проведены расчеты совместного нестационарного движения пленки жидкости и потока пара той же жидкости в микроканале при локальном нагреве. Для деформируемой границы раздела пар-жидкость учитываются перенос тепла потоками, теплозатраты на испарение, теплопроводность в слоях, а также зависимость поверхностного натяжения и вязкости жидкости от температуры. Расчеты выполнены для случая расположения на подложке одного или нескольких источников тепла, а также при различных тепловых условиях, заданных на нижней стенке канала. Исследован характер влияния основных параметров процесса, а также расстояния между локальными источниками тепла на подложке, на рассматриваемые процессы. Рассчитаны, в частности, скорость испарения пленки, поля скоростей и температур в жидкости и паре, теплоотдача от источников тепла, деформации поверхности пленки, экстремальные значения температур и поверхностных деформаций. При прочих равных условиях, а именно при одинаковой конфигурации канала, одинаковых граничных тепловых условий и равных величинах потоков жидкости и газа/пара, проведены расчеты, демонстрирующие отличия течения и испарения пленки жидкости увлекаемой потоком пара той же жидкости и потоком инертного газа в микроканале при локальном нагреве. Показано, что локальный нагрев вызывает существенные трехмерные деформации в области нагрева. Значительную роль в формировании деформаций играет термокапиллярный эффект. Обнаружен принципиальный эффект влияния типа теплового условия задаваемого на подложке на рассматриваемые процессы. Установлено существование некоторого критического расстояния между нагревателями на подложке при котором утончение пленки становится максимальным, с ростом расстояния между нагревателями этот эффект ослабевает. Для случая, когда пленка увлекается потоком пара, испарение становится менее интенсивным, и все термокапиллярные явления проявляются гораздо слабее.

Подготовлен экспериментальный стенд и оптические методы диагностики (Шлирен метод с отражением, инфракрасный сканер, скоростная камера и камера высокого разрешения) для проведения исследований в пленке жидкости, движущейся под действием потока пара/газа в канале при высокоинтенсивном локальном нагреве. Рабочий участок модифицирован для проведения экспериментов в канале с варьируемой высотой от 0.1 до 2 мм. Разработана высокоточная методика локального измерения высоты канала в произвольной точке исследуемой области. Проведены методические эксперименты по измерению растечек тепла с нагревателя в рабочий участок, как при течении двухфазного потока в канале, так и в отсутствии течения. Построена карта расслоенного двухфазного течения в канале в изотермическом случае (в отсутствии нагрева). Измерен коэффициент теплоотдачи и критический тепловой поток при локальном нагреве для горизонтального канала высотой 2 мм.

Получателем субсидии за отчетный период по 2 этапу выполнены все работы в соответствии с требованиями Технического задания, Плана-графика исполнения обязательств, требованиям по достижению значений показателей результативности, отчетная документация оформлена в надлежащем порядке. Обязательства, указанные в пункте 1.2 соглашения по 2 этапу исполнены надлежащем образом и в полном объеме.