

ТЕПЛОФИЗИКА И ГИДРОДИНАМИКА

УДК 536.4.033

DOI: 10.17223/00213411/69/1/1

**Теплофизические проблемы отвода тепла
от локальных источников большой мощности***В.В. Кузнецов¹, А.С. Шамирзаев¹¹ *Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, г. Новосибирск, Россия*

Применительно к разработке систем охлаждения теплонапряженного оборудования экспериментально установлены физические механизмы теплообмена и кризиса кипения воды в микроканальной и микроструйной системе отвода тепла от локальных источников большой мощности. Разработан метод расчета теплообмена при кипении недогретой жидкости, учитывающий совместно вклад вынужденной конвекции и пузырькового кипения. Установленные закономерности теплообмена на малых масштабах позволяют разработать методы управления процессами теплообмена при кипении и вынужденной конвекции в двухфазных системах отвода тепла от локальных источников большой мощности.

Ключевые слова: отвод тепла, микроканалы, микроструи, теплообмен, эффективность охлаждения, вынужденная конвекция, кипение, кризис кипения.

Введение

Последние разработки в области высокопроизводительных компьютерных чипов, больших центров обработки данных и силовой электроники привели к значительному увеличению тепловыделения от локальных источников тепла, и существующие системы, основанные на воздушном охлаждении, не позволяют эффективно рассеивать выделяемую тепловую энергию. В докладе IRDS за 2022 г. [1] приводится прогноз, согласно которому тепловыделение высокопроизводительных процессоров возрастет на 35% к 2026 г. и увеличение числа транзисторов будет проводиться путем создания его объемной архитектуры [2]. При создании 3D-архитектуры процессора одной из основных проблем является отвод тепла от локальных источников большой мощности. Оптимизированное решение для отвода больших тепловых потоков, учитывая ограничения на электроэнергию, потребляемую электронными устройствами, должно включать условие минимальных затрат на прокачку охлаждающего теплоносителя. Одним из решений, разрабатываемых для отвода больших тепловых потоков от локальных источников, является применение микроканальных и микроструйных систем охлаждения в режиме однофазной конвекции. В [3] проведено сравнение теплогидравлической эффективности микроканального и микроструйного охлаждения затопленными струями в данных условиях, определены оптимальные условия отвода тепла с использованием этих технологий. В частности, подробно рассмотрен отклик систем охлаждения на изменение их геометрических параметров, поскольку уменьшение размера охлаждаемого устройства может значительно повысить сложность производства и стоимость предлагаемого решения по терморегулированию. Вместе с тем применение однофазных систем отвода тепла не обеспечивает терморегулирование локальных источников тепла с высоким уровнем тепловыделения, поэтому применение микроразмерных двухфазных систем отвода тепла, использующих скрытую теплоту фазового перехода, становится определяющей технологией [4]. Двухфазные системы охлаждения обладают значительными преимуществами по сравнению с однофазными системами отвода тепла, поскольку их ключевым недостатком является большой градиент температуры. Двухфазные системы отвода тепла способны поддерживать равномерность температуры поверхности охлаждаемого устройства, так как в них поддерживается температура, близкая к температуре насыщения охлаждающего теплоносителя.

Известно, что применение микроканальных систем охлаждения ограничено возникновением преждевременного кризиса кипения [5]. Поэтому поиску путей увеличения критического теплово-

* Работа выполнена при поддержке государственного задания ИТ СО РАН (№ 121031800215).