

**Основы математического моделирования при кипении в миниканалах  
Мальцев А.В. (ИТМО)**

**Научный руководитель – кандидат технических наук Малышев А.А. (ИТМО)**

**Введение.** Миниканальные теплообменники демонстрируют улучшенные теплообменные свойства по сравнению с традиционными системами, особенно в условиях низких объемов и высоких тепловых нагрузок. Разработка математической модели позволяет более точно проанализировать процессы кипения и оптимизировать работу таких систем. С увеличением применения альтернативных хладагентов и новых конструкционных материалов, необходимых для достижения устойчивости и эффективности, важно создать универсальные модели, которые учтут их уникальные термодинамические и физические свойства. Понимание процессов кипения, а также улучшенное моделирование этого перехода в миниканалах может помочь в повышении эффективности использования хладагентов и снижении выбросов вредных веществ, что соответствует глобальным экологическим требованиям.

Кипению хладагентов в миниканалах были посвящены работы [1], [2]. В работе [1] в качестве модельной жидкости для специальных охлаждающих устройств был использован хладагент R21. В исследовании [2] эксперименты проводились при положительных температурах, что не полностью учитывает особенности кипения при отрицательных температурах. В таких условиях удельные объемы пара увеличиваются в несколько раз, что приводит к значительным изменениям в физике процесса кипения. [3].

**Основная часть.** Выполнен анализ существующих математических моделей при конденсации в миниканалах [3], модель расчета испарителей с внутритрубным кипением [4].

В данной работе представлен анализ современных подходов к математическому моделированию процессов кипения в миниканалах. Рассмотрены основные физические явления, такие как формирование пузырьков, динамика двухфазных потоков и теплообмен на границе раздела фаз. Проведен обзор методов численного моделирования, включая методы конечных объемов и конечно-разностные схемы. Особое внимание уделено влиянию геометрических параметров миниканалов на интенсивность теплообмена.

**Выводы.** Произведен анализ термогидродинамических процессов для миниканалов применительно к низкотемпературным установкам и разработана математическая модель при кипении в миниканалах.

**Список использованных источников:**

1. Kuznetsov V.V., Shamirzaev A.S. Boiling Heat Transfer for Freon R21 in Rectangular Minichannel. Heat Transfer Eng. 2007. Vol. 28, No. 8-9. pp. 738–745.
2. Niño, V. G., Hrnjak, P. S., and Newell, T. A., “Two-Phase Flow Visualization of R134A in a Multi-port Microchannel Tube”, Heat Transfer Engineering, Vol. 24, No. 1, pp. 41-52, 2003.
3. Синицына К. М., Зайцев А. В., Бараненко А. В. Аналитическая модель конденсации в миниканалах // Вестник Международной академии холода. 2016. № 1. С. 66–72. doi: 10.21047/1606-4313-2016-16-1-66-72.
4. Апицына, О.С., Малышев, А.А., Зайцев, А.В. Модель расчета испарителей с внутритрубным кипением хладагенов // Вестник Международной академии холода. – 2021. – № 2. – С. 79–87. УДК 621.56.