

Скорость генерации пара при кипении наножидкости под действием солнечного излучения

Thursday, 19 November 2020 14:00 (15 minutes)

В последнее время широкое распространение получила идея применения мелкодисперсных суспензий с характерным размером твердой фракции от 10 до 500 нм (т. н. наножидкости) в солнечных коллекторах для локализации поглощения излучения непосредственно в рабочем теле (теплоносителе). В зависимости от типа и назначения солнечного коллектора рабочее тело может претерпевать фазовые превращения, а полученный пар может быть использован для совершения работы на турбине. В научной литературе показана принципиальная возможность создания таких солнечных коллекторов [1-4], однако не представлено общих рекомендаций по выбору оптимальных технологических параметров и характеристик наножидкости. В этом случае, для определения оптимального состава наножидкости требуется проведение большого количества однотипных экспериментов, которые жестко связаны с конкретными условиями протекания процесса (геометрия, состав наножидкости и пр.) и, следовательно, ограничивающих область применимости результатов.

Целью настоящей работы является разработка и валидация упрощенной аналитической модели кипения наножидкости под действием солнечного излучения (модель кипения НЖ), которая позволит рассчитывать скорость генерации пара и зависимость этой величины от основных параметров наножидкости.

Предлагаемая модель кипения НЖ основана на базовом предположении о том, что паровой пузырь образуется вокруг перегретого агломерата наночастиц в области жидкости, прилегающей к облучаемой поверхности, в которой происходит поглощение большей части падающего излучения (зона кипения) [4]. Паровой пузырь растет и достигает размеров зоны кипения в некоторый (критический [5]) момент времени, после чего покидает объем наножидкости без дальнейшего изменения размера. Скорость генерации пара при этом можно рассчитать, как отношение количества пара в зоне кипения к критическому времени [5].

Предложенная модель кипения НЖ была валидирована по двум наборам экспериментальных данных, полученным на лабораторной установке и на прототипе солнечного коллектора с замыканием цикла конденсата. В экспериментальном исследовании использовалась наножидкость на основе воды с добавлением частиц оксида железа Fe₃O₄ (средний размер агломератов ~1,3 мкм).

Модель кипения НЖ описывает экспериментальные данные со средней невязкой 4,2% при максимальной – 11%. Предложенная модель может быть использована для простой оценки скорости генерации пара при фототермическом кипении НЖ и оптимальных параметров НЖ, при которых скорость генерации пара максимальна.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90306.

Литература

- [1] O. Neumann, et al. Compact solar autoclave based on steam generation using broadband light-harvesting nanoparticles // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2013, vol. 110 (29), pp. 11677-11681.
- [2] T.P. Otanicar, et al. Nanofluid-based direct absorption solar collector // Journal of Renewable and Sustainable Energy, 2010, vol. 2 (3), 33102.
- [3] L. Shi, Y. He, Y. Huang, B. Jiang. Recyclable Fe₃O₄@CNT nanoparticle for high-efficiency solar vapor generation // Energy Conversion and Management, 2017, vol. 149, pp. 401-408.
- [4] E.T. Ulset, et al. Photothermal boiling in aqueous nanofluids // Nano Energy, 2018, vol. 50, pp. 339-346.
- [5] M. Dietzel, D. Poulikakos, On vapor bubble formation around heated nanoparticles in liquids // International Journal of Heat and Mass Transfer, 2007, vol. 50, pp. 2246-2259.

Primary author: Mr КУЗЬМЕНКОВ, Дмитрий (Национальный Исследовательский Ядерный Университет МИФИ)

Co-authors: Mr СТРУЧАЛИН, Павел (Национальный Исследовательский Ядерный Университет МИФИ); Prof.

КУЦЕНКО, Кирилл (Национальный Исследовательский Ядерный Университет МИФИ)

Presenter: Mr КУЗЬМЕНКОВ, Дмитрий (Национальный Исследовательский Ядерный Университет МИФИ)

Session Classification: Прикладная ядерная физика и теплофизика

Track Classification: Прикладная ядерная физика и теплофизика