

УДК 536.582

КАБАКОВА Л.Б., ГОНТАРЕВ Ю.К.

Днепропетровский национальный университет

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ КИПЕНИИ В ДВУХФАЗНЫХ ЗАМКНУТЫХ ТЕРМОСИФОНАХ

Проведено експериментальні дослідження теплообміну у зоні випару великогабаритного термосифону. Розглянуто можливість інтенсифікації теплообміну. Отримано експериментальні дані про розподіл температур стінки, що гріє, температури парорідинної суміші вздовж зони випару, розраховано коефіцієнти тепловіддачі при кипінні при різних тисках і щільностях теплового потоку. Доведено можливість підвищення коефіцієнту тепловіддачі шляхом організації кипіння у стиснутих умовах.

Проведены экспериментальные исследования теплообмена в зоне кипения крупногабаритного термосифона. Рассмотрена возможность интенсификации теплообмена. Получены экспериментальные данные о распределении температуры греющей стенки, температуры парожидкостной смеси, рассчитаны коэффициенты теплоотдачи при кипения при различных давлениях и плотностях теплового потока. Показана возможность повышения коэффициента теплоотдачи при кипении путем организации кипения в стесненных условиях.

We have performed experimental investigations of heat transfer into boiling zone of a large-scale thermosiphon. The possibility of intensification of heat exchange was considered. As a result of this investigation, we have obtained experimental data on the temperature distributions of heating wall and the temperature of water-steam mixture along the evaporation zone as well as calculated the local heat transfer coefficients in boiling for different pressures and heat flux densities accounted. The possibility of increasing the heat transfer coefficient by the organization of boiling in under constrained conditions has been proved.

 I – сила тока; P – давление; \bar{q}_n – средняя плотность теплового потока; S – площадь поверхности теплообмена в зоне кипения; T_s – температура насыщения; T_{cp} – средняя температура стенки в зоне нагрева; U – напряжение; α – коэффициент теплоотдачи.

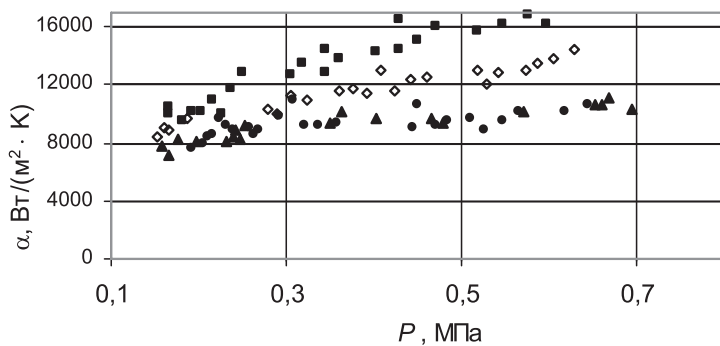
Постановка проблемы и ее связь с научно-практическими задачами

Интенсификации теплообмена при кипении в различных теплотехнических устройствах является актуальной задачей. Одним из перспективных способов интенсификации теплообмена является организация кипения в стесненных условиях, а именно, в щелевых каналах. Процессам теплообмена в щелевых каналах посвящено достаточное количество работ. Однако, полученные закономерности практически не пригодны для оценки основных характеристик теплопереноса в крупногабаритных термосифонах. Во-первых, существующие данные свидетельствуют о противоречивом влиянии основных параметров, во-вторых, основная масса исследований

выполнена при низких давлениях, в-третьих, граница использования предлагаемых формул соответствует возможностям экспериментальных установок, на которых они были получены. В связи с этим возникает необходимость в проведении экспериментальных исследований процессов теплообмена при кипении в стесненных условиях.

Цель исследований

Целью проведенных исследований было определение коэффициентов теплоотдачи при кипении, определение возможности интенсифицировать процесс кипения в крупногабаритных двухфазных термосифонах путем создания щелевых каналов, определение влияния величины щелевого зазора на интенсивность теплообмена.



- – щелевой зазор 3 мм.
- ◆ – щелевой зазор 4 мм.
- ▲ – щелевой зазор 5 мм.
- – большой объем.

Рис. 1. Сравнение коэффициентов теплоотдачи при кипении в щелевых зазорах, плотность теплового потока 22 кВт/м².

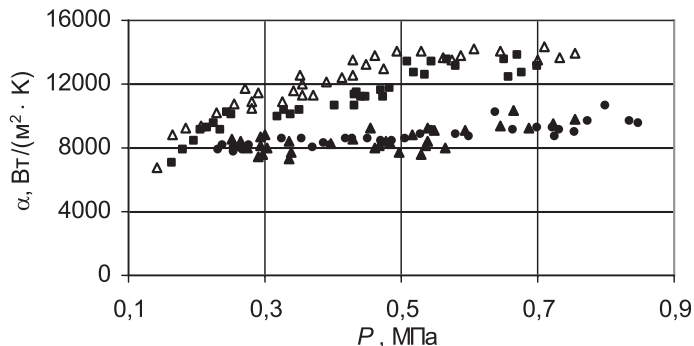
Результаты исследований

Для реализации поставленных целей была создана экспериментальная установка, описанная в [1], в которой кипение воды осуществлялось в кольцевом зазоре с внутренней областью обогрева высотой 1000 мм. Щелевой зазор образовывался путем установки кольцевых дефлекторов различного диаметра как гладких, так и перфорированных. Подвод теплоты к внутренней стенке кольцевого канала осуществляется паром высокого давления. Плотность теплового потока варьировалась от 10 до 50 кВт/м², давление в термосифоне изменялось от 0,1 до 0,7 МПа. Система измерений установки позволяла измерять температуру теплопередающей стенки экспериментального узла (12 термопар в шести сечениях); температуру парожидкостной смеси вдоль зоны кипения, подводимую электрическую и тепловую мощность, давление в экспериментальном узле.

В результате экспериментальных исследований получены следующие характеристики: распределение температур греющей стенки, температура парожидкостной смеси по высоте зоны испарения, передаваемые локальные тепловые потоки и коэффициенты теплоотдачи при кипении.

Плотность теплового потока определялась по формуле

$$\bar{q} = I U / S. \quad (1)$$



- – щелевой зазор 3 мм.
- ▲ – щелевой зазор 4 мм.
- ◆ – щелевой зазор 5 мм.
- – большой объем.

Рис. 2. Сравнение коэффициентов теплоотдачи при кипении в щелевых зазорах, плотность теплового потока 44 кВт/м².

Средний коэффициент теплоотдачи определяется по формуле

$$\bar{\alpha} = \bar{q} / (T_{cp} - T_s). \quad (2)$$

Результаты экспериментальных исследований при плотностях теплового потока 22 кВт/м² и 44 кВт/м² приведены на рис. 1 – 3.

Исследования кипения проводились без интенсификаторов теплообмена в так называемом “большом объеме”, в щелевых зазорах 3, 4 и 5 мм.

Как следует из рисунков, коэффициент теплоотдачи при кипении в щелевых каналах выше, чем при кипении в “большом объеме”. Так, при плотности теплового потока 22 кВт/м² (рис. 1) с уменьшением величины щелевого зазора интенсификация теплообмена увеличивается, при кипении в щели 3 мм наблюдается наибольший коэффициент теплоотдачи.

При высоких тепловых потоках (44 кВт/м²) интенсифицирующее действие щели менее выражено, максимальный коэффициент теплоотдачи наблюдается в щелевом зазоре 4 мм, уменьшение величины щели до 3 мм приводит к уменьшению коэффициента теплоотдачи (рис. 2). Это можно объяснить запариванием потока в верхней части зоны кипения и осушением теплопередающей стенки.

Для увеличения коэффициента теплоотдачи при кипении при высоких плотностях теплового потока была проведена серия экспериментальных исследований кипения в щели размером 3 мм, образованной теплопередающей стенкой и

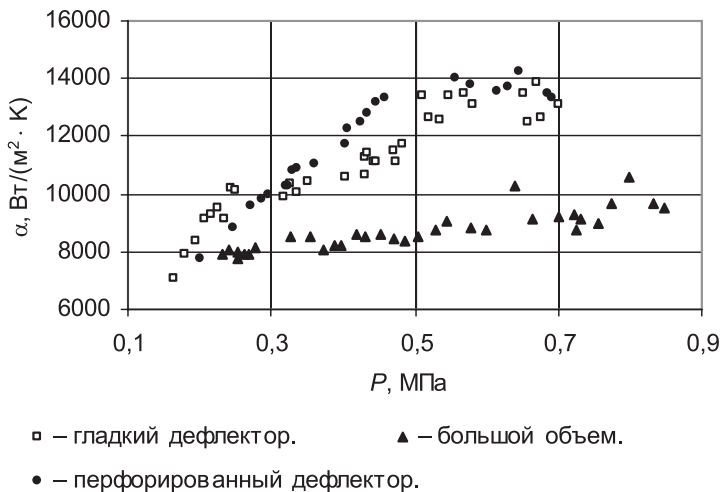


Рис. 3. Сравнение коэффициентов теплоотдачи при кипении в щелевых зазорах, плотность теплового потока 44 кВт/м^2 , щелевой зазор 3 мм.

перфорированными дефлекторами. В экспериментах использовались три различных перфорированных дефлектора с различным размером и шагом перфораций. Наиболее эффективным оказался дефлектор со следующими характеристиками: размер перфораций – 5×5 мм, шаг перфораций – 25 мм. Дефлекторы с большим размером перфораций не оказывали интенсифицирующего влияние на процессы теплообмена.

Полученные коэффициенты теплоотдачи в щели с перфорированным дефлектором превышают коэффициенты теплоотдачи при аналогичных условиях при кипении в щели с гладким дефлектором.

Выводы

В результате исследований была спроектирована и изготовлена экспериментальная установка, проведен комплекс исследований кипения в термосифоне с различными интенсификаторами теплообмена и без них. Экспериментально получены значения коэффициентов теплоотдачи при различных параметрах. Доказана возможность интенсификации теплообмена путем использования дефлекторов, которые образуют щелевые каналы. Полученные данные могут быть использованы при проектировании теплообменных аппаратов различного назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гонтарев Ю.К., Кабакова Л.Б. Экспериментальні дослідження теплообміну у зоні випару двофазного термосифону // Проблеми високотемпературної техніки: Сб. научн. тр. – Д.: Вид-во ДНУ, 2004. – С. 26-30.

Получено 03.11.2005 г.