

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ КИПЕНИИ АЦЕТОНА НА НЕИЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЯХ

**А.В. ОВСЯННИК, Д.А. ДРОБЫШЕВСКИЙ,
Н.А. ВАЛЬЧЕНКО, Д.А. ГУРИКОВ**

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого»,
Республика Беларусь*

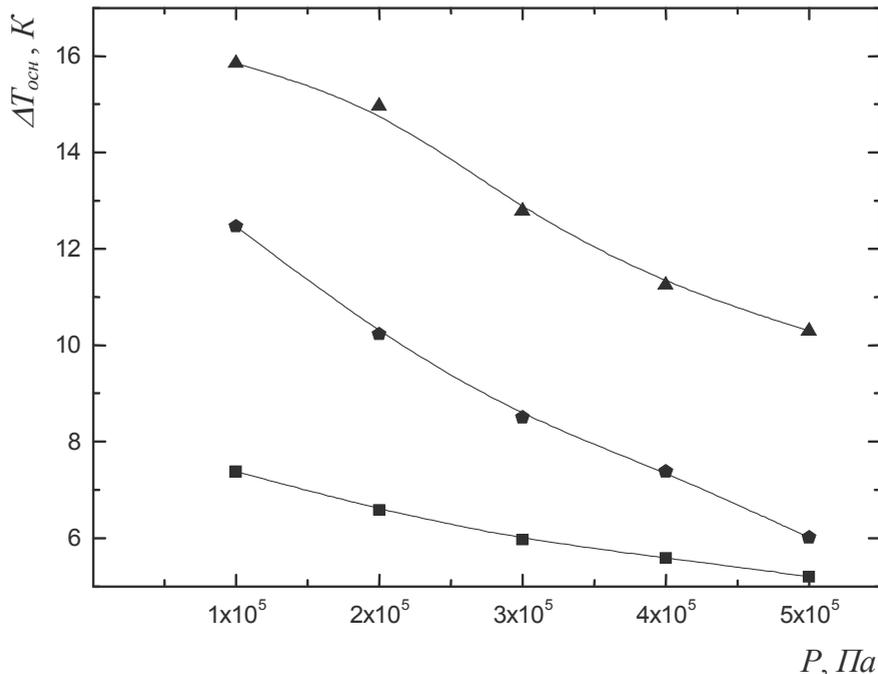
Одним из наиболее эффективных способов интенсификации теплообмена при кипении является оребрение. Известно, что величина коэффициентов теплоотдачи α при кипении жидкостей зависит от давления, причем степень влияния давления по-разному проявляется в зависимости от вида теплоотдающей поверхности и теплофизических свойств жидкости.

Анализ ряда экспериментальных работ свидетельствует о существенном влиянии давления на величину перегрева и интенсивность теплоотдачи. На рис. 1 представлены экспериментально полученные зависимости величины перегрева теплоотдающей поверхности ΔT , при развитом пузырьковом кипении ацетона, от давления паров насыщения p_n на поверхностях с продольным типом оребрения. Как видно из рисунка, при кипении ацетона в условиях большого объема на оребренных поверхностях перегрев при развитом пузырьковом кипении уменьшается с возрастанием давления, что качественно согласуется с результатами большинства экспериментальных исследований по кипению жидкостей на гладких и оребренных поверхностях.

Поскольку влияние давления на интенсивность теплообмена, как отмечено выше, зависит от области рабочих давлений, более корректным будет представление опытных данных в виде зависимости $\alpha = f(p_n/p_{кр})$. На рис. 2 приведены результаты экспериментального исследования зависимости коэффициента теплоотдачи от давления насыщения при кипении ацетона на оребренных поверхностях. Данная зависимость показывает, что α непрерывно возрастает с увеличением давления. Такой ход $\alpha = f(p)$ объясняется тем, что с увеличением давления уменьшается величина радиуса элемента, который при данном значении ΔT может явиться центром зарождения паровой фазы. Следовательно, с увеличением давления облегчаются условия зарождения паровых пузырей на теплоотдающей поверхности. При понижении давления, наоборот, поверхность обедняется центрами парообразования, поэтому для зарождения на ней паровых пузырей данного радиуса требуется более высокий перегрев жидкости или более высокое значение удельного теплового потока.

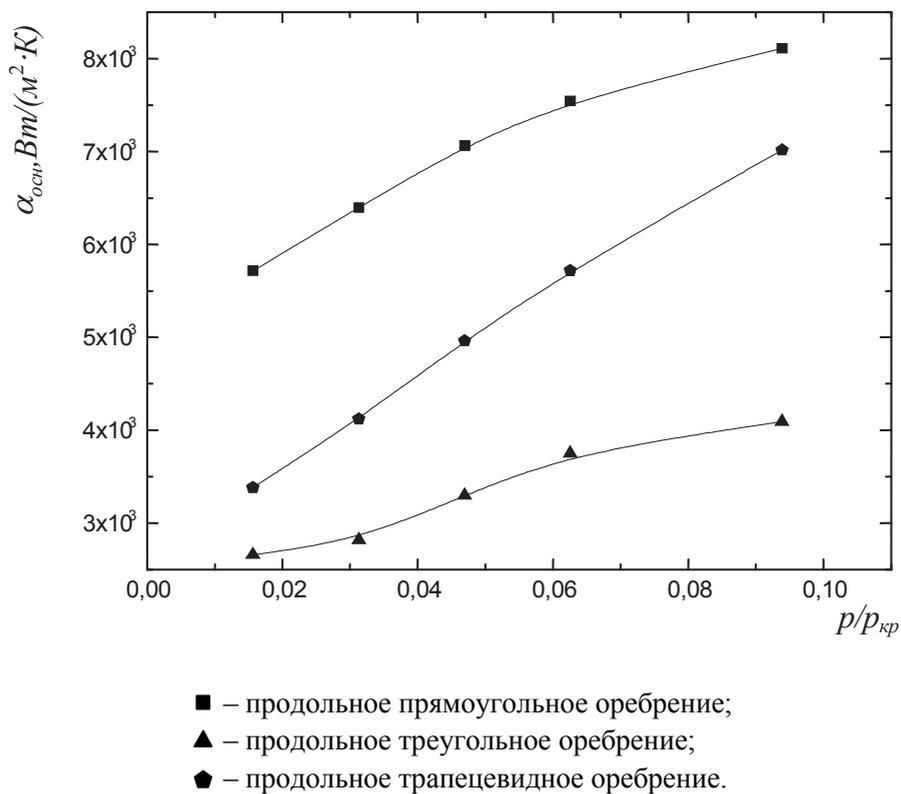
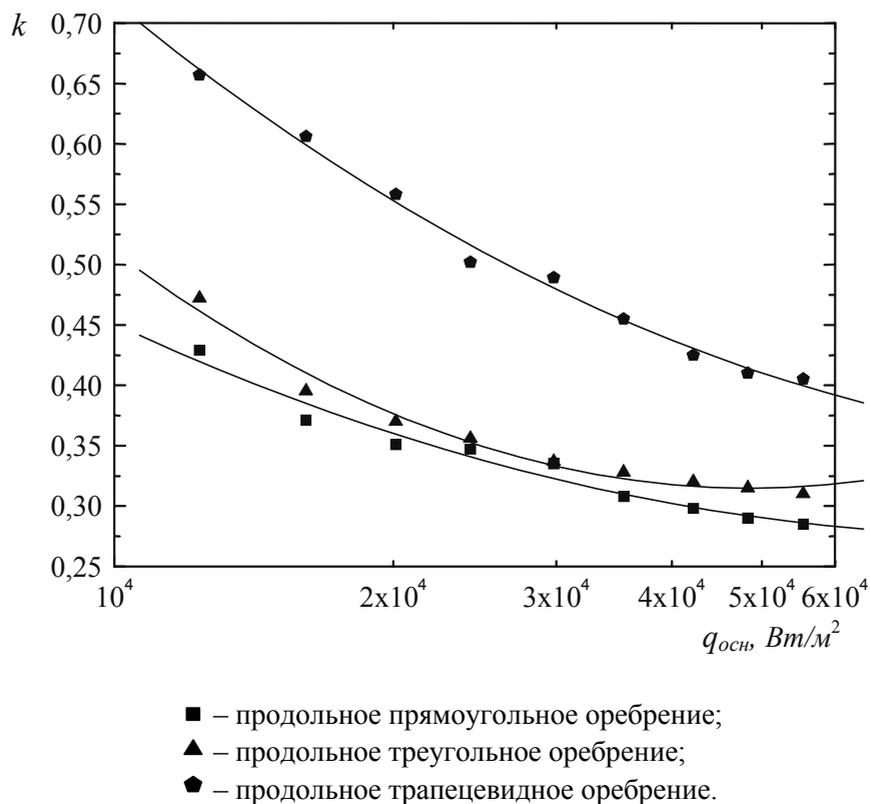
На основании проведенных экспериментальных исследований был определен показатель степени в соотношении $\alpha = f(p_n/p_{кр})^k$ и выявлено влияние на него различных факторов, определяющих интенсивность теплоотдачи при кипении.

Одним из параметров, оказывающих значительное влияние на значение k , является плотность теплового потока. На рис. 3 показаны экспериментально полученные зависимости значений показателя степени k от плотности теплового потока q для продольно оребренных образцов с различной геометрией ребра. Из рисунка 3 видно, что с повышением плотности теплового потока степень влияния давления снижается. Это можно объяснить уменьшением при возрастании давления перегрева, необходимого для вскипания жидкости. По мере возрастания плотности теплового потока (или перегрева теплоотдающей поверхности) кипение начинается вначале на нижней образующей образца, затем на всей поверхности. Однако очевидно, что для каждого давления существует граничный перегрев поверхности $\Delta T_{ГР}$, начиная с которого подавляющее количество центров парообразования оребренной поверхности становятся активными. При $\Delta T > \Delta T_{ГР}$ активизируются центры очень малых размеров, количество которых относительно невелико. Из-за сравнительно небольшого прироста количества активных центров парообразования увеличение интенсивности теплоотдачи незначительно. Поскольку с увеличением давления значения $\Delta T_{ГР}$ снижаются, то при малых тепловых потоках влияние давления возрастает по сравнению с большими значениями q . При $\Delta T > \Delta T_{ГР}$ достигается примерное равенство активных центров парообразования, что приводит к слабому или вообще отсутствию влияния давления на теплообмен. Приведенные выше рассуждения позволяют обосновать ослабление степени влияния давления на интенсивность теплоотдачи с ростом теплового потока.



- – продольное прямоугольное оребрение;
- ▲ – продольное треугольное оребрение;
- ◆ – продольное трапецевидное оребрение.

Рис. 1. Зависимость $\Delta T = f(p_u)$

Рис. 2. Зависимость $\alpha = f(p_H/p_{кр})$ Рис. 3. Зависимость показателя степени k в соотношении $\alpha = f(p_H/p_{кр})^k$ от плотности теплового потока q при кипении ацетона

Как отмечено выше, степень влияния давления связана с темпом активации центров парообразования (оребрение, шероховатость, пористость и т. д.). Для структур, имеющих широкий диапазон активных центров парообразования, это влияние проявляется сильнее по сравнению с гладкой поверхностью [1, 2], поскольку с изменением давления насыщения изменяется количество центров парообразования.

Интенсивность теплоотдачи при кипении зависит также и от теплофизических свойств жидкости, которые по мере изменения давления (и температуры) насыщения существенно меняются. С увеличением коэффициента теплопроводности жидкости теплоотдача повышается, поскольку основной поток тепла от стенки воспринимается жидкой, а не паровой фазой. С увеличением вязкости теплоотдача, наоборот, уменьшается, так как уменьшается интенсивность перемешивания жидкости, обусловленная парообразованием. Зависимость α от p для различных жидкостей различна. В работе [3, 4] показано, что эта зависимость для ацетона, этилового спирта и фреона больше, чем для воды.

Выводы

1. Коэффициент теплоотдачи непрерывно возрастает с увеличением давления насыщения вследствие облегчения условия зарождения паровых пузырей на теплоотдающей поверхности.

2. При увеличении плотности теплового потока степень влияния давления насыщения снижается из-за увеличения величины перегрева, необходимого для вскипания жидкости, и снижения степени увеличения активных центров парообразования.

3. Для оребренных поверхностей степень влияния давления проявляется сильнее нежели на гладкой поверхности из-за большего количества активных центров парообразования.

Литература

1. Толубинский В.И. Теплообмен при кипении. – Киев: Наукова думка, 1980. – 316 с.
2. Кутепов А.М., Стерман Л.С., Стюшин Н.Г. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании. – М.: Высшая школа, 1986. – 448 с.
3. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел. Теплопередача. – М.: Энергоиздат. – 1981. – 416 с.
4. Данилова Г.Н., Тихонов А.В. Экспериментальное исследование теплообмена при кипении холодильных агентов на интенсифицированных поверхностях теплообмена //Кипение, кризисы кипения, закризисный теплообмен: Тр. Первой Российской национальной конференции по теплообмену (Москва, Россия, ноябрь 1994). – М.: Изд-во МЭИ, 1994. – Т. 4. – С. 91-95.

Получено 11.05.2004 г.