

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИФИКАЦИИ КИПЕНИЯ ПРИ МАЛЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАПОРАХ

С. Ф. Труханович, А. В. Сосинский

*Научные руководители – канд. техн. наук, доц. Д. Г. Калишук,
ассистент Н. П. Саевич*

(Белорусский государственный технологический университет)

Утилизация вторичного тепла – один из известных путей снижения энергопотребления при проведении технологических процессов, в том числе в химической промышленности. Например, при разделении многокомпонентных систем в ректификационных установках, содержащих несколько колонн, работающих при различных давлениях, возможно использовать тепло дистиллята и флегмы высокотемпературной колонны для испарения кубовой жидкости низкотемпературной. Однако целесообразность такого способа утилизации сильно зависит от разности температур теплоносителей (ΔT) в конденсаторе-испарителе.

Сотрудниками кафедры процессов и аппаратов химических производств была разработана методика технико-экономической оценки целесообразности утилизации тепла паров при кипении принимающего теплоносителя [1]. Расчеты, проведенные по данной методике для случая утилизации паров дистиллята и флегмы в ректификационных установках разделения продуктов окисления циклогексана производства капролактама, показали, что гарантированное получение экономического эффекта при температурном напоре менее 22 К возможно лишь при интенсификации теплообмена в конденсаторе-испарителе. Лимитирующая стадия процесса при этом – теплоотдача при кипении.

Одним из известных интенсифицирующих факторов является ввод в кипящую жидкость острого пара [2,3]. Однако точных данных об эффективности такого способа интенсификации при малых температурных напорах ($\Delta T < 25$ К) в научной литературе нет. Поэтому были проведены исследования влияния ввода острого пара на интенсивность кипения при ΔT от 5 до 15 К с получением интегральных характеристик теплообмена [4]. Результаты этих исследований свидетельствуют о положительном эффекте ввода острого пара в кипящую жидкость на коэффициент теплопередачи, причем увеличение удельного теплового потока достигало 50%. Было также обнаружено, что максимальный интенсифицирующий эффект достигается в узком диапазоне значений соотношения расходов острого пара и испарившейся жидкости $\epsilon = 0,2 - 0,3$ и при увеличении ϵ положительный эффект не только снижался, но и происходило ухудшение процесса теплообмена. Это позволило сделать

вывод о том, что ввод острого пара в качестве интенсифицирующего фактора требует точного распределения пара по трубному пучку конденсатора-испарителя.

С целью решения данной проблемы был разработан и исследован парораспределитель, отличительной особенностью которого является двухступенчатая конструкция. Парораспределитель обеспечивает равномерное распределение, нечувствителен к загрязнению, не требует точности установки при монтаже [5].

Для исследования влияния острого пара на кипения при температурных напорах от 1 до 15 К с получением локальных характеристик процесса (коэффициента теплоотдачи и др.) была разработана и изготовлена экспериментальная установка, схема которой представлена на рис. 1.

Исследовательская ячейка представляет собой вертикальную медную трубу диаметром 28Ø4 мм, обогреваемую водяным насыщенным паром. Для определения температурных напоров в пограничных слоях теплоносителей производится измерение температуры поверхностей стенки трубы.

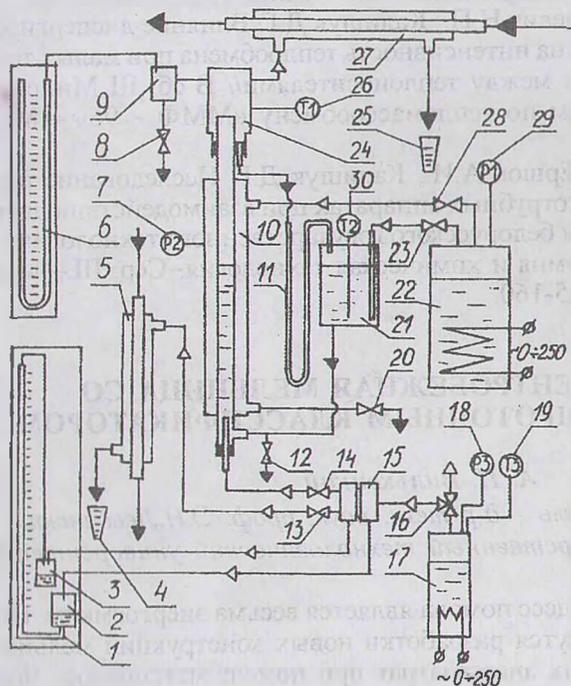


Рис. 1. Схема экспериментальной установки
 1, 6 – дифференциальный манометр;
 2, 3, 9 – сборник конденсата; 4, 25 – мерный сосуд; 5, 27 – конденсатор; 7, 18, 29 – манометр;
 8, 12-14, 16 – кран;
 10 – испаритель;
 11 – гидрозатвор;
 15 – диафрагма;
 17 – кипятильник;
 19, 26, 30 – термометр;
 20, 23, 28 – вентиль;
 21 – термостат;
 22 – парогенератор;
 24 – сепаратор

Методика и программа исследований предусматривают экспериментальное получение значения коэффициента теплоотдачи а при изменении различных факторов: ΔT , уровня светлой жидкости в кипяtilьной трубе и ϵ .

В настоящее время нами уже проведен ряд экспериментов на модельной среде – воде при ΔT от 1 до 3 К. Результаты исследований подтверждают полученные ранее данные. Однако при сверхмалых температурных напорах ввод острого пара в кипящую жидкость приводит к более существенному росту (до 3 раз) коэффициента теплоотдачи при кипении.

Список литературы

1. Калишук Д.Г., Саевич Н.П., Коротков М.В. Техничко-экономическая оценка утилизации низкопотенциального тепла ректификационных установок// Энергоэффективность. – 1999. – №9. – С. 21.
2. Кутепов А.М., Стерман Л.С., Стюшин Н.Г. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании. – М.: Высшая школа, 1986. – 448 с.
3. Таубман Е.И. Выпаривание. – М.: Химия, 1982. – 382 с.
4. Ершов А.И., Саевич Н.П., Калишук Д.Г. Влияние диспергирования пара в жидкость на интенсивность теплообмена при малых температурных перепадах между теплоносителями// В сб. III Минский международный форум по тепломассообмену «ММФ – 96». – Мн., 1996. – Т.7 – С. 54-59.
5. Саевич Н.П., Ершов А.И., Калишук Д.Г. Исследование распределения газа в многотрубных аппаратах при взаимодействии двухфазных систем// Труды белорусского государственного технологического университета. – Химия и химическая технология. – Сер. III. – Мн., 1998. – Вып. VI. – С. 155-160.

УДК 676

РОТОРНО-ЦЕНТРОБЕЖНАЯ МЕЛЬНИЦА СО ВСТРОЕННЫМ ПРОТОЧНЫМ КЛАССИФИКАТОРОМ

А. И. Вилькоцкий

*Научный руководитель – д-р техн. наук, проф. Э.И. Левданский
(Белорусский государственный технологический университет)*

Известно, что процесс помола является весьма энергоемким. Поэтому в настоящее время ведутся разработки новых конструкций мельниц для снижения удельных энергозатрат при помолe материалов. Дос-