

УДК 536.242.08

ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛОТДАЧИ ПРИ КИПЕНИИ В ОБЛАСТИ ОКОЛОКРИТИЧЕСКИХ ДАВЛЕНИЙ

БАЙРАМОВ Н.М.

Азербайджанский НИИ Энергетики и Энергопроектирования

В статье представлены результаты экспериментального исследования интенсификации теплоотдачи недогретых ароматических углеводородов при кипении в области околокритических давлений.

В теплообменных аппаратах с заданной плотностью теплового потока на стенке трубы режимы с ухудшенным теплообменом представляют известную опасность, так как температура стенки может превзойти допустимый предел. Эффективным методом снижения температуры стенки в режимах с ухудшенным теплообменом является интенсификация теплоотдачи. Интенсификация теплоотдачи, также является эффективным путем создания компактных теплообменников. Вопросы интенсификации теплоотдачи регистрировались в течение более ста лет и в этой области накоплена большая научная и практическая информация [1-4]. Предложены и исследованы разнообразные методы интенсификации конвективного теплообмена. В качестве рабочих тел использовались воздух, углекислота, гелий, вода, водоглицериновая смесь, а также керосин. Анализы многочисленных литературных данных показывают, что вопросы исследования интенсификации теплоотдачи в основном изучены в области кипения при низких давлениях, а частично, при сверхкритических давлениях теплоносителей. Однако, вопросы интенсификации теплоотдачи при кипении жидкости в околокритических давлениях, особенно при недогревах жидкости, практически не исследованы. В данной работе приводятся результаты экспериментального исследования интенсификации теплоотдачи недогретых ароматических углеводородов при кипении в околокритических давлениях ($P / P_{кр} = 0,7-0,95$). Опыты проводились в гладких трубах и в трубах с накатанными диафрагмами. Экспериментальные трубы (рис.1) с накатанными диафрагмами были изготовлены в лабораторных условиях при обкатке наружной поверхности трубок винтовыми роликами.

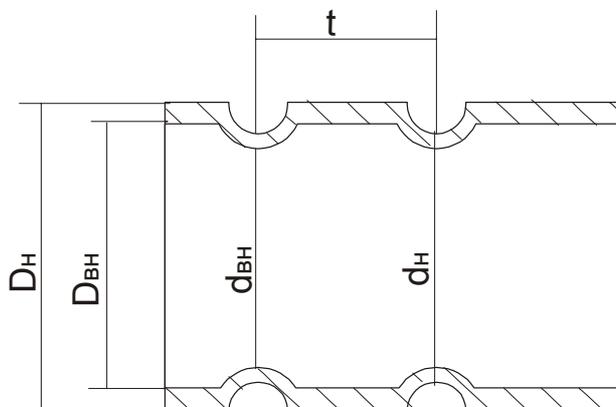


Рис.1. Поперечный разрез экспериментальной трубы с интенсификатором.

$$d_{вн}/D_{вн}=0,92; \quad t/D_{вн}=2,1$$

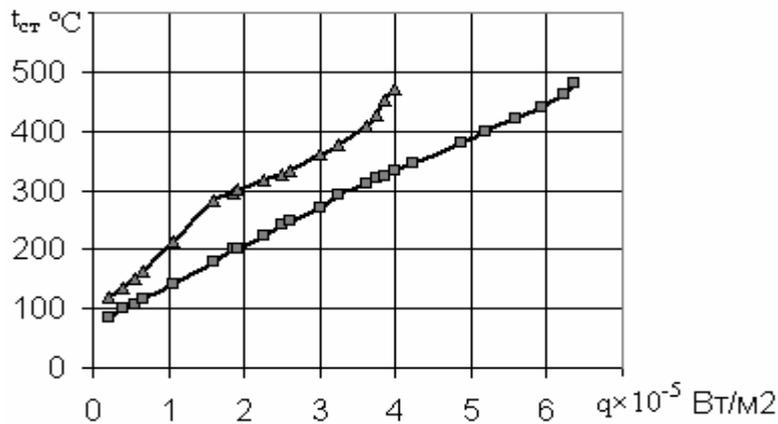


Рис.2. Зависимости изменения температуры стенки от плотности теплового потока
 □ - труба с интенсификаторами; $\rho_i=552 \text{ кг/м}^2\text{с}$
 Δ - гладкая труба; $\rho_i=511 \text{ кг/м}^2\text{с}$

На рис.2 представлены зависимости изменения температуры стенки от плотности теплового потока, полученные в гладких трубах и трубах с интенсификаторами ($P/P_{кр}=0,82$; $t_s=304 \text{ °C}$; $l_{обог}=430\text{мм}$; $l_{общ}=700\text{мм}$; $l_{обог}/d_{вн}=76$; $d_{н}/d_{вн}=6,0/4,0$).

Из рисунка 2 видно, что на протяжении всего опыта температура стенки в гладких трубах намного выше, чем в трубах с интенсификаторами. При малых значениях плотности теплового потока, когда температура стенки $t_{ст.} \leq 200 \text{ °C}$ значение температуры стенки в трубах с интенсификаторами на 30-50 °C меньше, чем в гладких трубах. При больших значениях плотности теплового потока, когда $t_{ст.} \approx t_s$ или $t_{ст.} > t_s$ при $q \approx \text{const}$ разница температур стенок в трубах с интенсификаторами и гладких трубах достигает ~100 °C и более.

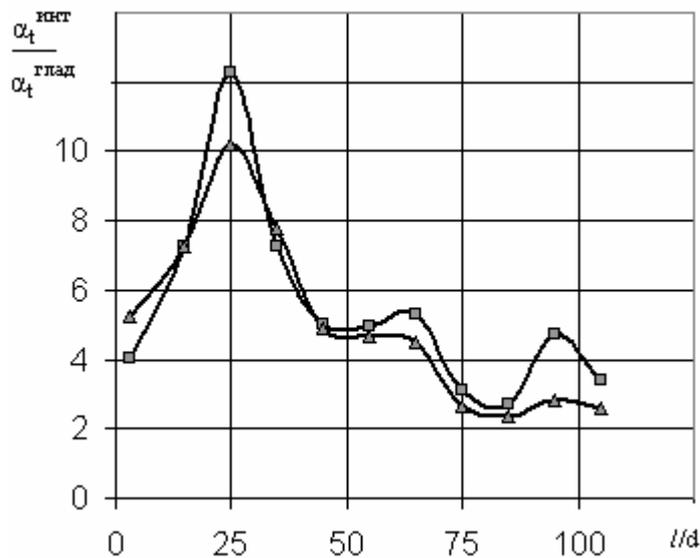


Рис.3. Зависимость $\alpha_{ст}^{инт} / \alpha_{ст}^{глад} = f(l_{обог}/d_{вн})$.
 □ - $q/\rho_i=0,16 \text{ кДж/кг}$
 Δ - $q/\rho_i=0,48 \text{ кДж/кг}$

Сопоставление коэффициента теплоотдачи по длине трубы показывает, что на входной части трубы влияние на теплоотдачу искусственных интенсификаторов намного больше, чем на выходной части.

Из рисунка 3 видно, что при $P / P_{кр} = 0,94$ ($l_{обог}=430\text{мм}$; $l_{общ}=700\text{мм}$; $\Delta t_{обог}=234\text{ }^\circ\text{C}$; $d_n/d_{вн}=6,0/4,0$) на входной части трубы коэффициент теплоотдачи в трубах с интенсификаторами в 5-10 раз больше, чем в гладких трубах, а выше средней части трубы это влияние постепенно уменьшается и сохраняется порядка в 2-4 раза больше, чем в гладких трубах. Аналогичные результаты были получены и в других работах [4].

Результаты исследования интенсификации теплоотдачи при кризисе кипения показывают, что в трубах с интенсификаторами критический тепловой поток намного больше, чем в гладких трубах. На рисунке 4 представлена зависимость критического теплового потока от относительной энтальпии $q_{кр}=f(x)$, из которой видно, что при прочих равных условиях применение трубы с интенсификаторами позволяет увеличить критические тепловые потоки \sim в 1,3 раза. Эти явления особенно ярко выражаются при давлении, близком к критическому. Так, при $P / P_{кр} = 0,94$ критические плотности теплового потока ($q_{кр}$) в трубах с интенсификаторами \sim в 1,8-2,0 раза больше, чем в гладких трубах.

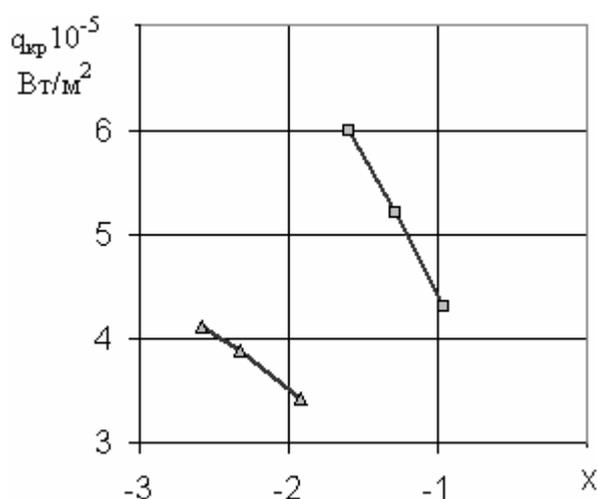


Рис.4. Зависимость $q_{кр}=f(x)$.

□ - труба с интенсификаторами; $\rho_i=475\text{ кг/м}^3\text{с}$
 Δ - гладкая труба; $\rho_i=511\text{ кг/м}^3\text{с}$

В заключение отметим, что применение искусственных интенсификаторов в высокофорсированных теплообменных аппаратах позволяет намного улучшить интенсификацию теплоотдачи, в результате которой снижается температура стенки при ухудшенном режиме. Для установления влияния формы и размера интенсификаторов на теплоотдачу при околкритических давлениях требуется продолжение дальнейших исследований в данной области.

1. Справочник по теплообменникам М.1987. том.1. 559 с.
2. Интенсификация теплообмена: Успехи теплопередачи. 2. / Ю.В.Вилемас, Г.И.Воронин, Б.В.Дзюбенко. Под ред. Проф. А.А.Жукаускаса и проф. Э.К.Калинина. Вильнюс: Мокелас. 1988. 188 с.
3. В.К.Мигай. Повышение эффективности современных теплообменников. Л.: Энергия. 1980 140 с.
4. Э.К.Калинин, Г.А.Дрейцер, С.А.Ярхо. Интенсификация теплообмена в каналах. М. Машиностроение. 1990. 199 с.

**KRİTİKƏTRAFI TƏZYİQLƏRDƏ QAYNAMA ZAMANI
İSTİLİKVERMƏNİN İNTENSİVLƏŞDİRİLMƏSİ**

BAYRAMOV N.M.

Məqalədə kritikətrafi təzyiqlərdə qızdırılmamış aromatik karbohidrogenlərin qaynaması zamanı istilikvermənin intensivləşdirilməsinin təcrübi tədqiqinin nəticələri təqdim olunub.

**INTENSIFICATION OF HEAT DISSIPATION AT BOILING
IN AREA NEAR-CRITICAL PRESSURE**

BAYRAMOV N.M.

In clause are submitted results of an experimental research of intensification heat dissipation underheated aromatic hydrocarbons at boiling in area near-critical pressure.