

## TECHNICAL SCIENCES

---

Isayev H.I., Aliyeva S.Kh.

### FEATURES OF CONVECTIVE HEAT TRANSFER AT VARIABLE PHYSICAL PARAMETERS OF LIQUID

Isayev Hidayet Isa, Azerbaijan State of Oil and Industry University (ASOIU), Dr.Sci.Tech., professor of the Department "Power System"

Aliyeva Sanubar Khidir, Azerbaijan State of Oil and Industry University (ASOIU), Dissertator of the Department "Heat Engineering"

#### Abstract

The results of experimental studies of the temperature regime of the pipe walls in the forced motion of ethylbenzene of supercritical pressures are presented. It is established that irrespective of the channel orientation in the space and the direction of the fluid flow, the temperature of the heat-dissipating surface of the pipe wall, as a function of the density of the heat flux, changes not monotonously, and normal, primarily improved, relatively degraded and stable modes of improved heat exchange are observed.

**Keywords:** critical pressure, heat emission, heat capacity, density, wall temperature, heat flux density

**Введение.** Вопросы повышения интенсивности процесса конвективного теплообмена тесно связаны с проектированием и созданием высокоэффективных теплообменных аппаратов и устройств применяемых в различной отрасли промышленности. Анализ результатов исследований посвященный изучению процесса теплоотдачи показывает, что одним из основных путей повышения интенсивности процесса конвективного теплообмена является осуществление процесса в теплообменных аппаратах и устройствах с переходом используемого

теплоносителя на «суперкритические» параметры. Именно в этих условиях теплофизические свойства испытываемого теплоносителя претерпевают весьма сильное и своеобразное изменение, что существенно влияет на ход процесса и интенсивность конвективной теплоотдачи, в результате которых этот сложный процесс еще более осложнится. В этой связи до сих пор механизм рассматриваемого процесса изучен не достаточно и не предложены окончательные расчётные рекомендации для оценки интенсивности конвективной теплоотдачи. В связи с изложенным рассматриваемая проблема по-прежнему сохраняет свою актуальность и требует проведения дальнейших исследований.

В настоящей работе излагаются результаты экспериментальных исследований температурного режима стенок труб и интенсивности конвективной теплоотдачи при вынужденном движении этилбензола в условиях сверхкритических давлений и при этом рассматривают случаи:

- когда направления вынужденного и свободного движений совпадают (подъёмное движение);
- когда направления вынужденного и свободного движений противоположны (опускное движение);
- когда направления свободного и вынужденного движений взаимно перпендикулярны (горизонтальная труба).

Опыты проводились в стационарном тепловом режиме на экспериментальной установке, представляющей собой разомкнутый циркуляционный контур, изготовленный из нержавеющей стали, подробное описание которой даётся в [1]. В исследованиях режимные параметры процесса изменялись в следующих интервалах:

$$P = (1.075 \dots 2.419) P_{кз}, \quad t_{жс} = (0.028 \dots 0.638) t_{кз},$$

$$t_c^6 = (0.086 \dots 1.588) t_{кз}, \quad R_{с.жс,d} = (1 \dots 8) \cdot 10^4,$$

$$\rho \omega = (980 \dots 3600) \frac{кг}{м^2 \cdot с} \quad \text{и} \quad q = (0.40 \dots 7.00) \cdot 10^6 \frac{Вт}{м^2}$$

Полученные результаты обрабатывались по общепринятым методам и строились различные графические зависимости, характеризующие рассматриваемый процесс. При определении коэффициента теплоотдачи максимально возможная относительная погрешность составляла 19%, а средняя квадратичная 14%, что является вполне допустимым, учитывая условия сложности проводимых исследований.

На рис.1 представлены графики изменения температуры теплоотдающей поверхности стенки трубы в зависимости от плотности теплового потока для подъёмного движения этилбензола при различных сверхкритических давлениях и  $t_{ж}^{ex} = 10^0 C$ ,  $\rho\omega = 2500 \frac{Kz}{M^2 \cdot c}$ .

Из рисунка видно, что эта зависимость имеет довольно сложный характер изменения. На участке АБ увеличение температуры стенки прямо пропорционально росту плотности теплового потока. В точке Б температура стенки и температура этилбензола в пристеночном слое приближается к температуре, соответствующей максимуму теплоемкости при данном давлении. При  $t_c^g \approx t_m$  в пристеночном слое происходит сильное изменение теплофизических свойств этилбензола; в частности, незначительный рост температуры сопровождается резким увеличением теплоёмкости. Поэтому после точки Б увеличение плотности теплового потока не приводит к возрастанию температуры стенки, в результате которой образуется участок БВ, где процесс теплоотдачи интенсифицируется. На участке ВГ увеличение температуры стенки опять-таки прямо пропорционально росту плотности теплового потока. Этот участок графика является как бы продолжением участка АБ данной зависимости с той лишь разницей, что она в целом перемещена в сторону больших значений плотности теплового потока. Возрастание температуры стенки на этом участке можно объяснить уменьшением изобарной теплоемкости после достигнутого максимума при дальнейшем росте температуры.

При больших значениях плотности теплового потока  $\sim 4.2 \frac{MBT}{M^2}$  и высокой температуре стенки ( $t_c^g \geq 475^0 C$ ) с увеличением плотности теплового потока обнаруживается снижение температуры стенки порядка  $\sim (40...60)^0 C$  и образуется участок ГДЕ данной зависимости - устойчивый режим улучшенного теплообмена.

Справедливость установленной закономерности подтверждается результатами проведённых исследований при опускном движении этилбензола, а так же при движении ее в горизонтальной трубе в условиях сверхкритических давлений.

Таким образом, независимо от направления течения этилбензола и ориентации канала в пространстве наблюдается нормальный ( $t_c^g < t_m$ ), первично улучшённый ( $t_c^g > t_m$ ) относительно ухудшённый ( $t_c^g > t_m$ ) и

устойчивый улучшенный ( $t_c^6 \gg t_m$ ) и больших значениях  $q$ ) режимы теплоотдачи.

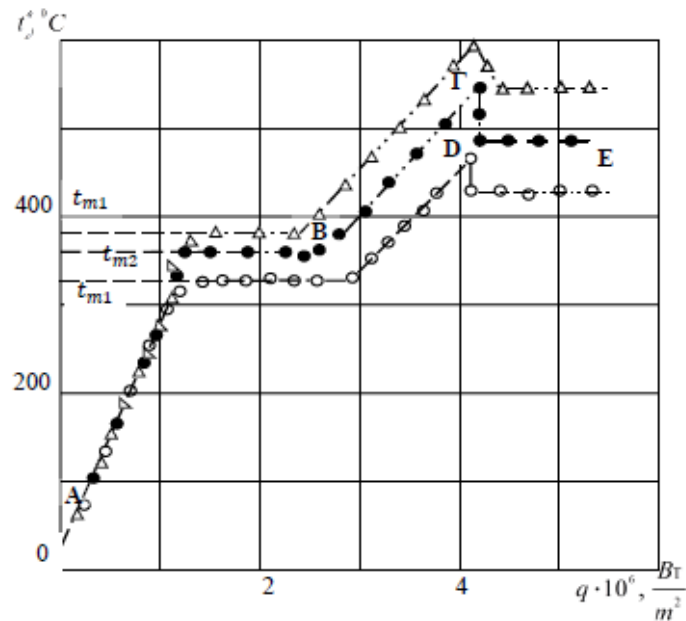


Рис.1. Характер изменения температуры внутренней стенки в зависимости от потока для подъёмного движения этилбензола при  $\rho\omega = 2500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$ . 1 – 4.0; 2 – 5.0; 3 – 6.0 МПа

**Обозначения**

$P$  – давление, МПа;  $t_{ж}, t_c^6$  соответственно температура жидкости и внутренней стенки, °С;  $Re$  – критерии Рейнольдса;  $\rho\omega$  – массовая скорость,  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$ ;  $q$  – плотность теплового потока,  $с$  – стенка,  $в$  – внутренний,  $м$  – псевдокритический

**References:**

[1] Isaev G.I. Issledovanie teplootdachi pri vynuzhdenom dvizhenii n – geptana i okolo kriticheskome davlenii zhidkosti//Promyshlennaja teplotehnika-1981, №4, t.3, s. 33-37.