

ВЛИЯНИЕ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ВАКУУМНОГО
ЛИТИЕВО-БРОМИДНОГО РАДИАТОРА

В статье приведены результаты исследования вакуумного отопительного прибора с литиево-бромистой смесью. Определен характер изменения теплоотдачи с учетом фазовых превращений смеси.

Ключевые слова: отопительный прибор, теплоноситель, энергосбережение, теплоотдача, тепловой поток, литиево-бромидная смесь.

R.T. Yemelyanov, E.S. Turysheva,
V.K. Schmidt, M.M. Khodjaeva

THE INFLUENCE OF THE PHASE TRANSITIONS ON THE INDICES
OF THE VACUUM LITHIUM-BROMIDE RADIATOR

The research results of the vacuum heating device with the lithium-bromic mixture are given in the article. The nature of the heat irradiation change taking into account the mixture phase transformations is defined.

Key words: heating device, heat carrier, energy conservation, heat irradiation, heat flow, lithium-bromid mixture.

Введение. Вакуумные литиево-бромидные радиаторы обладают высокой теплоотдачей секций, что дает возможность использовать их в низкотемпературных системах отопления. Малая инерционность радиаторов обеспечивает эффективное терморегулирование с гарантией максимальной комфортности жизнеобеспечения. В качестве теплоносителя могут использоваться незамерзающие жидкости, рН которых не превышает 9 при минимальной температуре кипения литиево-бромидной смеси внутри радиатора 35°C и рабочем давлении 1,3 МПа [1].

Цель исследований. Изучение устойчивости работы вакуумного литиево-бромидного отопительного прибора.

Методика и результаты исследований. Объектом исследований стал вакуумный литиево-бромидный отопительный прибор марки «ES-LB» (рис. 1).

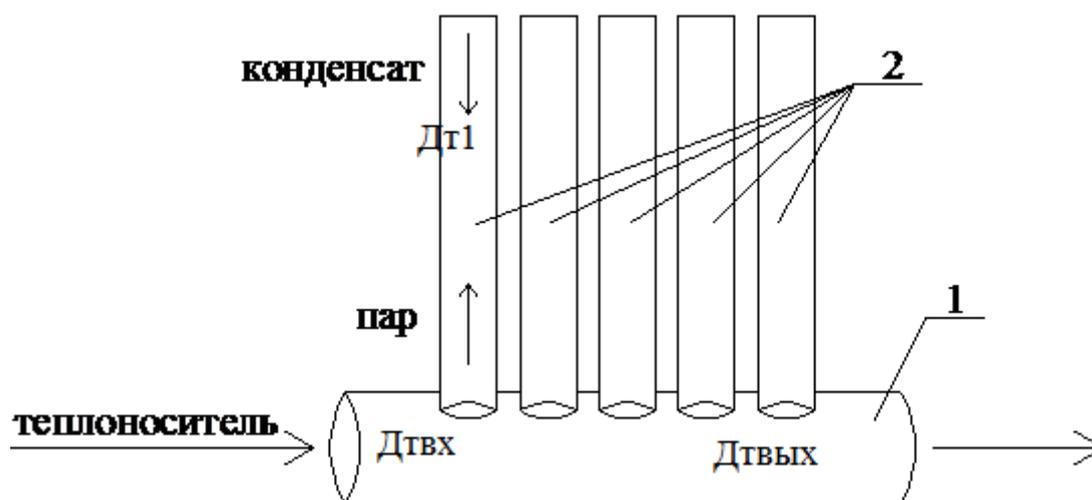


Рис. 1. Принципиальная схема «сверхпроводящего» радиатора: Дтвх – датчик температуры на входе; Дтвых – датчик температуры на выходе; Дтв1 – датчик температуры на поверхности радиатора

В трубку 1 поступает теплоноситель (вода). В трубках 2 находится литиево-бромидная смесь. При соприкосновении трубок 2 с теплоносителем (водой, протекающей в трубке 1) литиево-бромидная смесь закипает и испаряется, поднимаясь к верхней зоне трубок, пар конденсируется и отдает тепло в окружающую среду. Происходит циркуляция низкокипящего теплоносителя, и цикл многократно повторяется.

Теплоотдача радиатора зависит от температуры и расхода теплоносителя при фазовых переходах литиево-бромидной смеси, и определяется коэффициентом теплоотдачи. Коэффициент теплоотдачи зависит от большого количества факторов: формы и размеров поверхности теплообмена; физических свойств потока; скорости потока; температуры стенки и потока; природы возникновения движения потока и других [2].

Коэффициент теплоотдачи равен плотности теплового потока при температурном напоре, равному единице.

$$\alpha = \frac{dQ}{\Delta t dF} = \frac{\bar{q}}{\Delta t} \quad (1)$$

Тепловой поток определяется по уравнению закона Ньютона – Рихмана:

$$dQ = \alpha \Delta t dF, \quad (2)$$

где dQ – тепловой поток, Вт; Δt – температурный напор – разность температур между потоками и стенкой, К; dF – поверхность теплообмена, м²; α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м² К).

Действительная теплопередача отопительного прибора $Q_{пр.д.}$, Вт, пропорциональна тепловому потоку, приведенному к расчетным условиям, которая определяется по формуле:

$$Q_{пр.д.} = Q_{н.у.} \cdot \varphi_k, \quad (3)$$

где $Q_{н.у.}$ – номинальный тепловой поток; φ_k – комплексный коэффициент приведения $Q_{н.у.}$ к расчетным условиям, определяемый при водяном теплоносителе по формуле:

$$\varphi_k = \left(\frac{\Delta t_{cp}}{70}\right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{пр}}{360}\right)^p \cdot \nu \cdot \psi \cdot c, \quad (4)$$

где $G_{пр}$ – расход теплоносителя, кг/ч;

ν – коэффициент учета атмосферного давления в данной местности;

ψ – коэффициент учета направления движения теплоносителя (воды) в приборе снизу-вверх;

n, p, c – экспериментальные числовые показатели;

Δt_{cp} – разность средней температуры воды t_{cp} в приборе и температуры окружающего воздуха t_b , °С, которая определяется по формуле:

$$\Delta t_{cp} = \frac{t_{вх} + t_{вых}}{2} - t_b, \quad (5)$$

где $t_{вх}$ – температура воды на входе в прибор, °С;

$t_{вых}$ – температура воды на выходе из прибора, °С;

t_b – температура окружающего воздуха, °С.

Таким образом, коэффициент теплоотдачи равен плотности теплового потока при температурном напоре, равному единице.

$$\alpha = \frac{dQ}{\Delta t dF} = \frac{\bar{q}}{\Delta t} \quad (6)$$

График изменения фактической теплоотдачи одной секции в зависимости от температуры [3] приведен рис. 2.

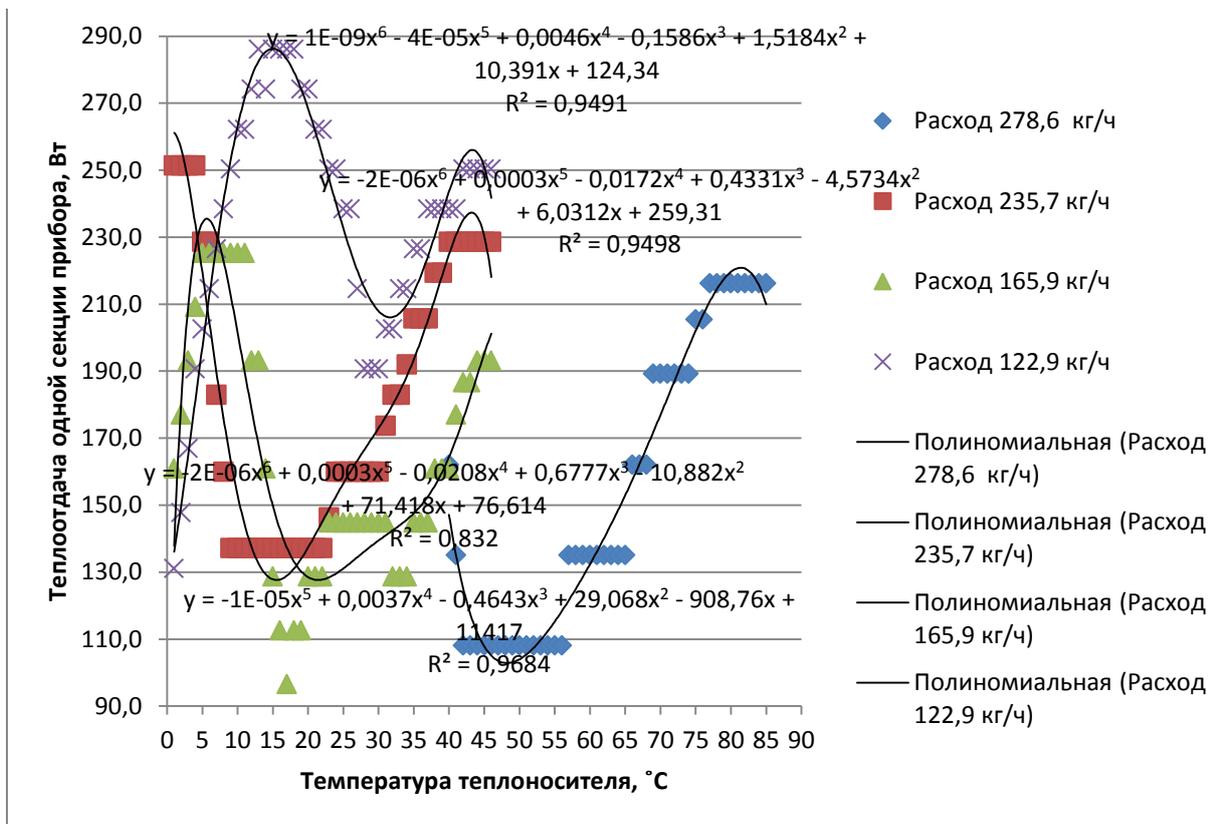


Рис. 2. Сравнительный график изменения фактической теплоотдачи в зависимости от температуры теплоносителя

Удельная теплота фазового перехода является величиной постоянной [3]:

$$Q_f = Q_f / m, \tag{7}$$

где Q_f – скрытая теплота фазового перехода; m – масса.

Резкие увеличения и снижения теплоотдачи связаны со скрытой теплотой, вызванной фазовым переходом литиево-бромидной смеси, соответствующей интенсивной конденсацией и испарением внутри радиатора.

Заключение. Фактическая теплоотдача одной секции отопительного прибора вначале резко увеличивается, а затем с повышением температуры теплоносителя уменьшается. Затем наступает фазовый переход литиево-бромидной смеси и процесс повторяется до достижения температуры теплоносителя 85°C. В процессе проведения опытов состав фаз смеси непрерывно изменяется, что затрудняет проведение эксперимента, так как в каждый момент времени необходимо знать состав фаз. По окончании теплового расчета нужно провести гидравлический расчет, позволяющий определить потери давления при прохождении теплоносителя через прибор.

Литература

1. Кутергина Д.А. Радиаторы отопительные стальные, литиево-бромидные вакуумные суперпроводящие // Молодежь и наука: сб. мат-лов IX Всерос. науч.-техн. конф. студ., асп. и мол. ученых с междунар. участием, посвящ. 385-летию со дня основания г. Красноярска [Электронный ресурс]. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013.
2. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: справ. пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 368 с.
3. Радиаторы ES-LB [Электронный ресурс] // expert-poisk.ru>data/infoblok/radiatores-lb.pdf.

