

УДК 658.264

*А.А. КЛИМЧУК*, канд. техн. наук; доц. Одесского национального политехнического университета;

*А.Н. ШРАМЕНКО*, аспирант Одесского национального политехнического университета

## МЕТОДЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ РАЗРЯДКИ В КАНАЛАХ АККУМУЛЯТОРОВ ТЕПЛА НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

В работе рассмотрена современная проблема энергетики – выравнивание суточного потребления электроэнергии за счет ночного аккумулирования тепла. Проведено моделирование процессов разрядки твердых аккумуляторов тепла из плоскими вставками.

**Ключевые слова:** аккумуляторы тепла, интенсификация теплообмена, лучевоспринимающие вставки, поверхность теплообмена, тепловой поток.

### Введение

Одной из проблем современной энергетики является выравнивание нагрузки потребления электроэнергии в течении суток. По большей мере это связано с ночными провалами энергопотребления в коммунальном секторе. Существует много программ, направленных на решение этого вопроса, одной из них является введение двух и трехтарифных счетчиков электроэнергии с существенным снижением стоимости в ночное время. Однако прямое использование электроэнергии в ночное время суток не позволяет в значительной мере решить вопрос выравнивания энергопотребления в течении суток, другое дело если перенести суточное потребление энергии на ночной период. Это можно решить за счет аккумулирования энергии. Однако аккумулирование электрической энергии требует значительных капиталовложений и эксплуатационных издержек (срок службы аккумуляторов электрической энергии, как правило, не более 10 лет). Другим направлением решения данного вопроса может быть использование электроэнергии (по ночному тарифу) для нужд теплоснабжения здания за счет использования аккумуляторов тепла. В отличие от электрических аккумуляторов – тепловые имеют гораздо больший срок службы.

На современном рынке теплоснабжения уже имеются различные типы аккумуляторов тепла. Эти аккумуляторы могут быть как локальными так и централизованными. Применение локальных (устанавливается в каждой комнате) аккумуляторов тепла практически сузило круг используемых аккумулируемых сред к твердым огнеупорным материалам. Одной из задач повышения эффективности использования таких аккумуляторов тепла является интенсификация процесса разрядки.

**Цель работы** – провести анализ различных методов интенсификации процессов разрядки аккумуляторов тепла и определить пути усовершенствования аккумуляторов тепла на основе твердых материалов.

В процессе разрядки аккумулятора тепла происходит теплообмен между стенками прямоугольного канала и воздухом. В этом случае имеет место вынужденная конвекция в относительно коротких каналах.

Количество тепла, отданного аккумулирующим материалом воздуху, Вт

$$Q = \alpha \cdot F \cdot \Delta t . \quad (1)$$

---

© А.А. Климчук, А.Н. Шраменко, 2013

Критериальное уравнение в этом случае согласно [1] имеет вид

$$\text{Nu} = 0,022 \cdot \text{Re}^{0,8} \cdot \text{Pr}^{0,4} \cdot \varepsilon_L, \quad (2)$$

где  $\varepsilon_L$  – поправочный коэффициент. Согласно [1]

$$\varepsilon_L = 1,38 \left( \frac{l}{d_{\text{экв}}} \right)^{-0,12}. \quad (3)$$

Отсюда так же следует, что по мере увеличения длины канала коэффициент теплоотдачи уменьшается.

Так как теплообмен происходит на участке тепловой и гидродинамической стабилизации, главное термическое сопротивление оказывает пограничный слой, образующийся в пристенной области. При этом ядро потока в теплообмене не участвует, а все изменения температуры сосредотачиваются в этом пограничном слое. Чем меньше толщина теплового пограничного слоя, тем более интенсивно протекает теплоотдача. Т.е. коэффициент теплоотдачи уменьшается от максимального на начальном участке канала, до минимального, соответствующего теплообмену в термически стабилизированной области.

#### **Факторы, влияющие на теплообмен. Способы интенсификации**

Один из способов интенсификации теплообмена – повышение коэффициента теплоотдачи  $\alpha$  путём увеличения турбулентных пульсаций в пристенном слое [2], т.к. именно в нём срабатывает (60–70) % располагаемого температурного напора стенка – воздух. Для этого возможны следующие методы:

1) увеличение скорости движения воздуха. Приводит к общей турбулизации потока и уменьшению толщины теплового пограничного слоя;

2) разрушение или искусственная турбулизация пристенного пограничного слоя за счёт применения искусственной шероховатости или чередующихся выступов. Чтобы рост конвективного теплообмена опережал рост аэродинамического сопротивления необходимо использовать турбулизаторы с хорошо обтекаемыми профилями, например, поперечные кольцевые выступы;

3) создание вихревых структур путём закрутки потока при помощи лент и шнеков в каналах. В результате действия центробежных сил на периферию винтовых вихрей, т.е. к горячим стенам канала, отбрасывается более холодный воздух, а в центре собирается более горячий с меньшей плотностью.

Варианты 2 и 3 наиболее эффективны, однако приводят к значительному росту аэродинамических сопротивлений и относительно труднореализуемы в техническом плане.

Также увеличить количество тепла, отдаваемого от стенки к воздуху можно увеличением поверхности теплообмена. Добиться этого можно использованием лучевоспринимающих вставок внутри канала. При этом часть тепла излучением передаётся от стенки аккумулирующей насадки к вставке, а она, в свою очередь, участвует в конвективном теплообмене с воздухом как дополнительная поверхность.

Лучевоспринимающие вставки должны обеспечивать:

1) приближения ядра потока с максимальной турбулентностью к поверхности теплообмена с наибольшей температурой;

2) достаточное увеличение дополнительных поверхностей нагрева при незначительном сокращении проходного сечения;

3) равномерное распределение дополнительных поверхностей нагрева по всему сечению канала и их участие в лучистом теплообмене со стенками канала;

4) высокий конвективный теплообмен с воздухом при умеренном увеличении аэродинамических сопротивлений.

Этим требованиям лучше всего отвечают плоские вставки [3]. При использовании одной плоской вставки сечение для прохода воздуха уменьшается на 5,8 % а площадь теплообмена с воздухом возрастает на 47,2 %, при использовании крестовины проходное сечение уменьшается на 11,3 % а поверхность теплообмена увеличивается уже на 88,9 %. Уменьшение эквивалентного диаметра вследствие разбивки канала на части также приводит к возрастанию коэффициента теплоотдачи. При этом возможны два варианта расположения крестообразных вставок: прямо и по диагонали.

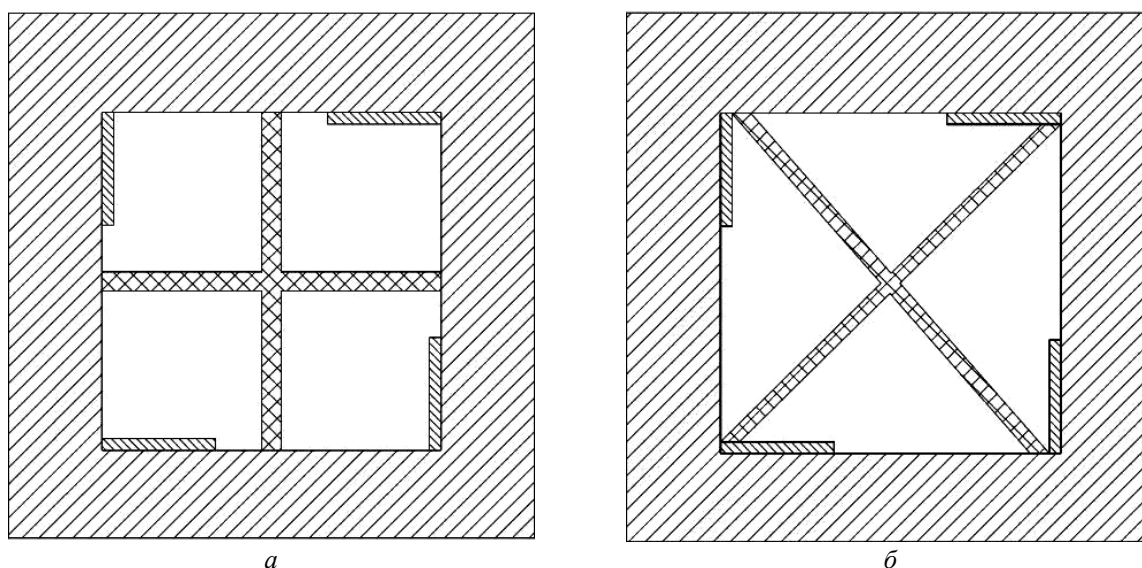


Рис. – Исследуемые модели канала аккумулятора тепла:  
а – крестообразные вставки, б – вставки расположенные по диагонали

Исследования теплообмена в не круглых каналах разного профиля [4] показали, что влияние угловых зон прямоугольных каналов на конвективный теплообмен очень мало. А в «острых» угловых зонах треугольных каналов образуются застойные зоны, в которых коэффициент теплоотдачи на 18 % меньше, чем в круглой трубе. Поэтому целесообразнее использовать прямую крестообразную вставку. Моделирование процесса разрядки с крестообразными вставками различных расположений в канале показало увеличение процесса теплоотдачи в варианте с диагональной установкой вставки.

### Выводы

В работе проведено исследование существующих методов интенсификации процесса разрядки аккумуляторов тепла с использованием огнеупорных материалов. По результатам исследования составлены модели и проведены расчеты наиболее эффективных расположений вставок в канале аккумуляторов тепла.

Результаты моделирования показали:

- использование таких вставок приводит к увеличению коэффициента теплоотдачи на 12 %, а поверхность теплообмена увеличивается на 88,9 %;
- величина теплового потока от стенок к воздуху с применением вставок увеличивается в 2 раза, аэродинамическое сопротивление возрастает в 3 раза. При

достигении того же результата простым увеличением скорости воздуха, сопротивление увеличивается в 5 раз;

– при моделировании процесса разрядки аккумуляторов тепла на основе твердых материалов обнаружено противоречие с результатами существующих работ.

**Список литературы:** 1. *Исаченко, В.П.* Теплопередача [Текст]: учеб. для вузов / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомёл. – 3-е изд.; перераб. и доп. – М.: Энергия, 1975. – 488 с. 2. *Селиверстов, В.М.* Термодинамика, теплопередача и теплообменные аппараты [Текст]: учеб. для институтов водн. трансп / В.М. Селиверстов, П.И. Бажан. – М.: Транспорт, 1988. – 287 с. 3. *Димитров, А.Д.* Высокотемпературный рекуперативный нагрев воздуха для промышленных печей: Дис. ... канд. техн. наук / А.Д. Димитров // ОПИ. – Одесса, 1969. – 181 с. 4. *Павловский, В.Г.* Интенсификация конвективного теплообмена в некруглых каналах [Текст] / В.Г. Павловский // Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. Вестник НТУ «ХПИ»: Сб. науч. трудов. – Х.: НТУ «ХПИ», 2005. – № 6. – С. 85-88.

*Поступила в редколлегию 18.01.13*

УДК 658.264

**Методы интенсификации процессов разрядки в каналах аккумуляторов тепла на основе твердых материалов** [Текст] / **А.А. Климчук, А.Н. Шраменко** // Вісник НТУ «ХПИ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Х.: НТУ «ХПИ», 2013. – № 13(987). – С. 136-139. – Бібліогр.: 4 назв. – ISSN 2078-774X.

В роботі розглянуто сучасна проблема енергетики – вирівнювання добового споживання електроенергії за рахунок нічного акумулювання тепла. Проведено моделювання процесів розрядки твердих акумуляторів тепла із плоскими вставками.

**Ключові слова:** акумулятори тепла, інтенсифікація теплообміну, проймаючі вставки, поверхня теплообміну, тепловий потік.

In work the modern problem of power – alignment of daily electricity consumption at the expense of night accumulation of heat is considered. Modeling of processes of a discharge of firm accumulators of heat with flat inserts is carried out.

**Keywords:** heat accumulators, heat exchange intensification, radiation inserts, heat exchange surface, thermal stream.