

Як впливає з порівняльного аналізу табл. 1, використання повздовжнього оребрення різних модифікацій дозволяє зменшити масу теплообмінника в порівнянні з гладкотрубним аналогом на 20...39 %, скоротити його розміри в 1,5...1,7 рази, знизити гідравлічні втрати в газовому тракті в 2,4...2,8 рази, а у водяному тракті в 1,4...1,75 рази. Що стосується теплогідравлічної ефективності, то застосування повздовжнього оребрення дозволяє в 2,5...2,9 рази підвищити його ефективність в порівнянні з гладкотрубним теплообмінником-утилізатором. Характерно, що найбільшу енергетичну ефективність мають теплообмінники з повздовжнім неперервним оребренням, особливо при їх компактному розташуванні, що обумовлено мінімальними гідравлічними втратами при течії теплоносія в міжтрубному просторі і їх високою теплогідравлічною ефективністю.

Використання поперечного неперервного і розрізного оребрення в котлах-утилізаторах (див. табл. 2) дає можливість знизити масу котла в порівнянні з гладкотрубним котлом в 1,6...1,8 рази, зменшити його габарити в 2,5...3 рази, знизити гідравлічні втрати в газовому тракті в 1,5...1,6 рази, а у водяному тракті котла в 2,5...2,9 рази. При цьому енергетична ефективність котлів

з поперечним оребренням зростає в порівнянні з гладкотрубним аналогом в 1,5...1,6 рази.

Таким чином показано, що використання оребрення, інтенсифікаторів теплообміну, компактного розміщення теплообмінних поверхонь та інших методів інтенсифікації теплообмінних процесів може бути дієвим засобом для зменшення ваги, розмірів та вартості теплообмінного устаткування, яке використовується в комунальній енергетиці, когенераційних технологіях та інших галузях народного господарства.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Кирпичев М.В.* О наивыгоднейшей форме поверхности нагрева // Изв. ЭНИН им. Г.М. Кржижановского, 1944, т.12.
2. *Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Копп И.З., Мякочин А.С.* Эффективные поверхности теплообмена. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 407 с.
3. *Керн Д., Краус А.* Развитие поверхности теплообмена. – М.: Энергия. – 1977. – 452 с.
4. *Ройзен Л.И., Дулькин И.Н.* Тепловой расчет оребренных поверхностей. – М.: Энергия. – 1977. – 254 с.

УДК 666.193; 542.47; 66.047.37

Кремнев В.О., Лопатин В.В., Шпильберг Л.Е., Стецюк В.Г., Прудяк Д.Р., Билецкая Е.В.
Институт технической теплофизики НАН Украины

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ БАЗАЛЬТОВЫХ ПЛИТ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ВЛАГОСОДЕРЖАНИИ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Проведенный расчетный анализ влияния влагосодержания теплоносителя в процессе сушки теплоизоляционных базальтовых плит с бентонитовым связующим показал, что проведение процесса при повышенных влагосодержаниях теплоносителя приводит к экономии энергозатрат на единицу испаренной влаги.

Поэтому задачей исследований было определить влияние влагосодержания теплоносителя на кинетику сушки теплоизоляционных базальтовых плит.

Для определения влияния влагосодержания теплоносителя в первом и втором периодах сушки были проведены серии опытов, в которых из-

менялось влагосодержание теплоносителя.

При проведении исследований было установлено, что заводские образцы имеют довольно широкое колебание в начальном влагосодержании (от 3 до 4,4 кг вл./кг с.в.), в толщине плит ($\delta = 82 \dots 100$ мм), а также плотности образцов (от 140 кг/м³ до 225 кг/м³).

Естественно, что при таких колебаниях в начальных условиях опытов затруднительно определить степень влияния каждого из параметров процесса.

Поэтому, для исключения этого был принят метод проведения исследований с одним образцом: толщина и плотность сухого образца была

одна и та же, а начальное влагосодержание образца путем искусственного увлажнения также было одно и то же.

В результате проведенных исследований было установлено, что увеличение влагосодержания теплоносителя приводит к снижению скорости сушки в первом периоде (рис.1) за счет уменьшения потенциала сушки – разности температур сухого и мокрого термометров. На рис.1 показаны кривые сушки для первого периода при влагосодержаниях теплоносителя $d = 0,55$ кг/кг (кривая 1), $d = 0,39$ кг/кг (2), $d = 0,19$ кг/кг (3) и $d = 0,04$ кг/кг (4). Однако, если мы отнесем значения скорости сушки в этих опытах к разности температур $\frac{N}{t_c - t_m}$, то мы получим практически одни и те же значения скорости сушки в первом периоде, т.е. скорость сушки в первом периоде прямо пропорциональна потенциалу сушки – разности температур сухого и мокрого термометров.

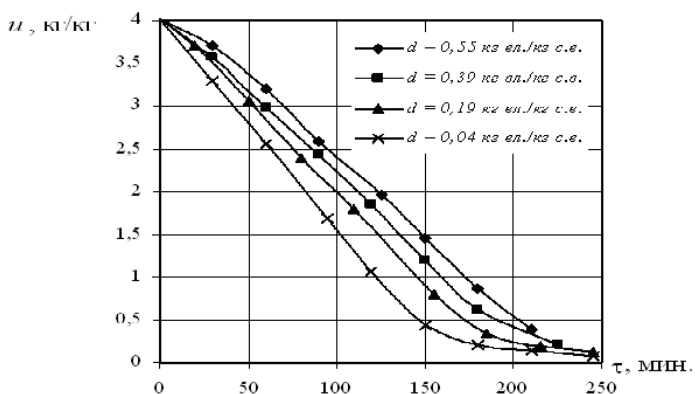


Рис. 1. Кривые сушки теплоизоляционных базальтовых плит при повышенном влагосодержании теплоносителя, $t = 150^\circ\text{C}$, $v = 7,8$ м/с.

Одновременно отмечено, что при повышенном влагосодержании происходит увеличение продолжительности первого периода сушки и снижение первого критического влагосодержания материала с $u_{кр} = 1,8$ кг/кг до $u_{кр} = 1,0 \dots 0,8$ кг/кг.

Были проведены опыты по определению влияния скорости движения теплоносителя при его повышенном влагосодержании. На рис. 2 приведены кривые сушки, полученные при постоянном влагосодержании теплоносителя $d \approx 0,2$ кг/кг и температуре 140°C и разных скоростях движения теплоносителя $v = 1,87$ м/с; $3,5$ м/с; $7,7$ м/с.

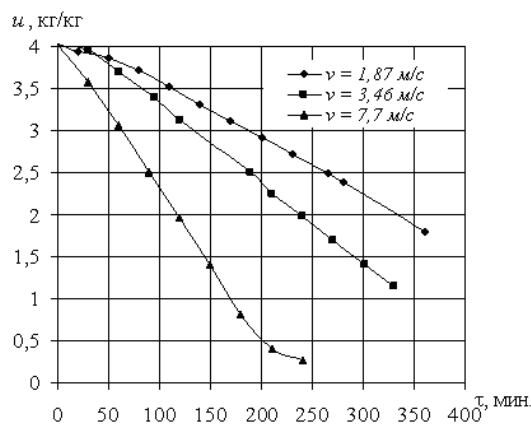


Рис. 2. Кривые сушки теплоизоляционных базальтовых плит в зависимости от скорости при повышенном влагосодержании теплоносителя, $t = 140^\circ\text{C}$.

Опытные данные свидетельствуют о значительном влиянии скорости движения теплоносителя на интенсивность сушки.

На рис. 3 приведены кривые сушки, полученные при разных температурах теплоносителя и его влагосодержании $d = 0,2 \dots 0,27$ кг/кг с.в., из анализа которых можно сделать вывод, что при повышенном влагосодержании теплоносителя интенсивность сушки в первом периоде, а также и во втором увеличивается прямо пропорционально разности температур сухого и мокрого термометров.

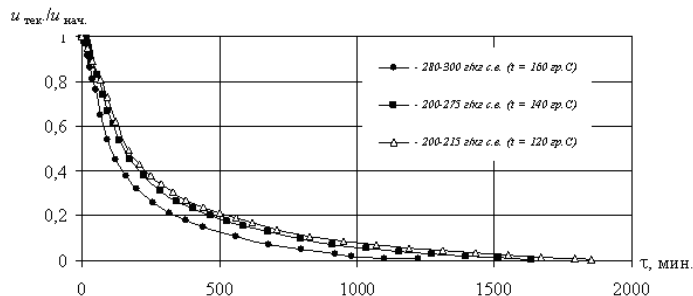


Рис. 3. Кривые сушки теплоизоляционных базальтовых плит $d = 100$ мм в зависимости от температуры теплоносителя при постоянной скорости $v = 7,8$ м/с и повышенных влагосодержаниях.

Проведенные исследования показали, что влияние влагосодержания теплоносителя при высоких температурах ($t \geq 120^\circ\text{C}$) на время суш-

ки базальтовых плит незначительно (рис.4) [1].

На рис. 4 представлены кривые сушки базальтовых плит толщиной $\delta \approx 100$ мм при скорости теплоносителя $v \approx 7,7$ м/с и ступенчатом изменении температуры, через равные промежутки времени $t \approx 110$ °С, 120 °С, 130 °С, 140 °С, 150 °С при обычном влагосодержании $d_{ср} = 0,025$ кг/кг с.в. (кривая 1) и высоком влагосодержании теплоносителя $d_{ср} \approx 0,23$ кг/кг с.в.

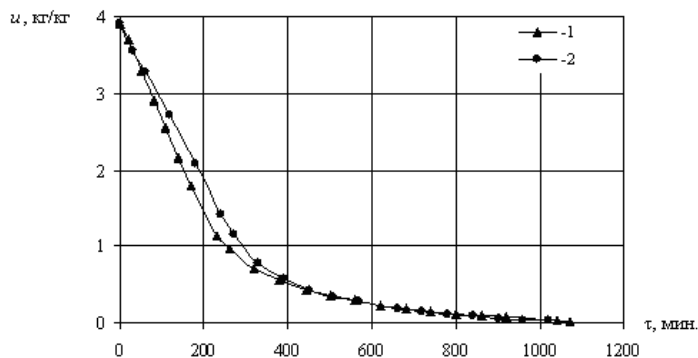


Рис. 4. Кривые сушки теплоизоляционных базальтовых плит толщиной $d \approx 100$ мм при $v = 7,7$ м/с, ступенчатом изменении температуры ($t = 110...150$ °С) и влагосодержании теплоносителя $d_{ср} = 25$ г/кг (1), $d_{ср} = 230$ г/кг (2).

УДК 536.24:697.1

Круковский П.Г., Пархоменко Г.А.

Институт технической теплофизики НАН Украины

РАЗРАБОТКА И ВЕРИФИКАЦИЯ ТРЕХМЕРНЫХ CFD-МОДЕЛЕЙ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ПОМЕЩЕНИЯ С РАЗЛИЧНЫМИ СИСТЕМАМИ ОТОПЛЕНИЯ

В работе излагаются особенности и результаты разработки трехмерных CFD-моделей теплового режима офисного помещения (с фигурой человека в помещении) в сопряженной трехмерной постановке с различными системами отопления (радиатор, теплый пол, теплая стена, теплый потолок, конвектор) для анализа теплового состояния помещения в наиболее полной постановке с учетом конвективного, радиационного теплообмена и естественной вентиляции. Конвективный теплообмен воздуха с ограждающими конструкциями помещения моделировался в ламинарном режиме, модель лучистого теплообмена – Discrete Beams. Была проведена верификация теплообмена на горизонтальных и вертикальных поверхностях модели с использованием эмпирических зависимостей. Максимальное от-

Из полученных опытных кривых сушки можно сделать вывод, что при повышенном влагосодержании теплоносителя происходит снижение скорости сушки в первом периоде, но в то же время увеличивается продолжительность первого периода сушки и снижается значение первого критического влагосодержания материала. Вследствие чего через определенный промежуток времени происходит практическое совмещение кривых сушки и длительность процесса сушки оказывается одинаковой или отличается незначительно.

Из проведенных исследований следует вывод, что проведение процесса сушки при повышенных влагосодержаниях теплоносителя является целесообразным.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кремнев О.А., Пиевский И.М.* Теплообменные процессы в производстве гипсовых и гипсобетонных строительных материалов. – Киев.: Наукова думка, 1989.– 188 с.

личие в коэффициенте теплоотдачи достигало 7 %.

Анализ условий комфортности производился согласно ISO 7730 и ГОСТ 30494 – 96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

Получены распределения температур воздуха по высоте в исследуемом помещении. Показано соответствие полученных данных с приведенными в литературе. Проведен анализ параметров комфортности пребывания человека в моделируемом помещении.

Разработанные трехмерные CFD-модели теплового режима помещения в наиболее полной постановке с учетом конвективного, радиационного теплообмена и естественной вентиляции, а также с фигурой человека в сопряженной поста-