

значення температури середовищ по перерізу теплообмінника, в заданих точках його довжини:

$$t_1 = t_1' + \frac{G_2 c_2}{G_1 c_1} (t_2 - t_2''), \quad (2)$$

$$t_2 = \frac{t_1' - \frac{G_2 c_2}{G_1 c_1} t_2'' + (t_2'' - t_1') e^{-mkF}}{1 - \frac{G_2 c_2}{G_1 c_1}}, \quad (3)$$

де, t_1 – температура охолоджуючого середовища, у заданій точці довжини теплообмінника, °C; t_2 – температура теплоносія, у заданій точці довжини теплообмінника, °C

Як сказано раніше, отримані за допомогою формул (2) та (3) значення температури середовища трубного та міжтрубного простору теплообмінника використовуються для подальших чисельних розрахунків, виконаних за допомогою методу МСЕ. В результаті проведених теплових розрахунків ми можемо отримати дані по тепловим навантаженням в окремих елементах теплообмінника та визначити температурний розподіл по товщині стінок його елементів.

За допомогою вищезазначеної комбінації аналітичних та чисельних методів виконання теплових розрахунків визначено термонапружений стан окремих елементів теплообмінника ТОАР, які представляють найбільший інтерес з точки зору його міцності та на основі результатів проведених розрахунків зроблено висновки щодо його безпечної експлуатації під час протікання аварійних ситуацій.

Інформаційні джерела

1. Пирогов Т. В., Інюшев В. В., Куров В. О., Колядюк А. С. Аналіз проектних розрахунків на міцність теплообмінника аварійного розхолодження на відповідність вимогам діючих нормативних документів в атомній енергетиці. *Ядерна енергетика та довкілля*. 2020. № 2 (17). С. 30–38.
2. Флореа О., Смигельский О. Расчеты по процессам и аппаратам химической технологии. М.: Химия, 1971. — 450 с.

УДК 669.162.231

ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ВИДІВ НАСАДОК РЕГЕНЕРАТИВНИХ ТЕПЛОБІМНІКІВ СКЛОВАРНИХ ПЕЧЕЙ

Кошельник О.В.^{1,2}, к.т.н., доцент, Гойсан С.Б.¹, аспірант, Долобовська О.В.¹, аспірант

¹Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

²Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна

Процес формування скляних виробів є достатньо енерговитратним, оскільки приблизна кількість палива на 1 кг готової продукції складає 5000-11000 кДж. При виплавці скломаси на виході з печі температура димових газів сягає 1400-1500 °C. Тому для утилізації цієї теплоти використовуються теплообмінні апарати, що утилізують дану теплоту. Їх можна розділити на рекуперативні, а також апарати періодичної дії – регенератори. Використання теплоти вихідних газів дозволяє зменшити витрати палива, цим самим збільшити тепловий коефіцієнт корисної дії печі. При регенеративній системі повітря горіння підігрівається до температури 1000-1200 °C.

Регенератори являють собою спеціальні камери, всередині яких знаходиться насадка. Конструктивно їхнє виконання буває вертикальним або горизонтальним. На даний час найбільш поширеним типом є вертикальний регенератор внаслідок рівномірного розподілу димових газів перетину насадки і меншого аеродинамічного опору, загальний вид якого зображено на рисунку.

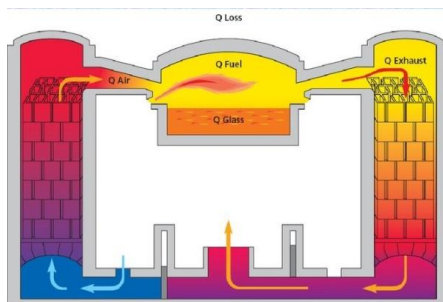


Рисунок. Секційний вертикальний регенератор ванної печі

Насадки регенераторів виконують із вогнетривких матеріалів, як правило шамот, високоглиноземіста та термостійка магнезитова цегла. Зараз виробляються високоякісні вогнетриви як аналогічні по складу вітчизняним, так і вогнетриви інших типів. При виробництві боросилікатного скла широко застосовуються корунд-цирконієві та цирконіо-молітові матеріали. Для використання в регенераторах промислових печей розроблені високостійкі періклазові, періклазоцирконієві та перікло-форстерито-цирконієві вогнетриви, які забезпечують термін служби насадок 6-8 років і можуть використовуватися при температурі 1400 -1500 °С.

Слід зазначити що на сьогоднішній час більшість із вищезазначених насадок досліджені, оптимізовані та успішно використовуються в скловарному виробництві як в Україні, так й за її межами. Проте незважаючи на це, більша частина втрат розхідної частини теплового балансу печі складають саме втрати з вихідними газами, тому слід розглядати нові можливості для зменшення цих втрат.

Одним із варіантів вирішення даної проблеми може бути застосування теплоакуюлюючих елементів з фазовим переходом, в якості «наповнювача» використовуються солі різних металів. Вогнетривкі вироби з «сольової кераміки» можуть випускатися як у вигляді стандартної цегли, так у вигляді формових блоків. Ці вироби показали високу стійкість при циклічних навантаженнях. Дослідження показали, що через дію «залишкового» теплового ефекту, обумовленого фазовим переходом соляних компонентів, кількість тепла, що передається в насадці, значно збільшується. Найбільш ефективне використання насадок з таких матеріалів у зоні значних перепадів температур, тобто в верхній та нижній частинах регенератора. Слід зазначити, що цей метод дозволить збільшити кількість переданої теплоти через насадку без збільшення її габаритів, однак дане питання потребує більш глибокого вивчення як ефективних конструкційних параметрів насадки так і хімічних елементів.