

УДК 66.045.1

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ОСНОВНИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕТЛЕВИХ РЕКУПЕРАТОРІВ

В. В. Юрко¹, А. М. Ганжа²

¹ аспірант кафедри теплотехніки та енергоефективних технологій, НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна

² д-р техн. наук., проф., завідувач кафедри теплотехніки та енергоефективних технологій, НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна

yurkovladymyr@ukr.net

Вступ. В промисловості після багатьох технологічних процесів утворюються запилені димові гази. Висока температура не дозволяє направити їх на газоочистку, а викидати такі вторинні енергетичні ресурси в навколишнє середовище заборонено. Постає актуальне завдання розробки теплообмінного обладнання, методів і засобів його розрахунку, що дозволить проводити аналіз теплової ефективності та надійності, враховуючи особливості компонування і умови експлуатації.

Мета. Для цієї мети здійснено розробку конструкції та виконано дві математичні моделі процесу теплопередачі та гідроаеродинаміки в багатоходовому трубчатому повітрянагрівачі з перехресною схемою руху теплоносіїв, базуючись на основних методах розрахунку: P - NTU -методі та методі поправкового коефіцієнту.

Опис отриманих результатів роботи. Рекуператор представляє собою чотири секції із труб що вільно висять, дозволяючи проводити струс для очищення поверхні нагріву від пилу (див. рис. 1). Петлева конструкція рекуператора зручна тим, що дозволяє створити протитечійну, прямотечійну і 6 комбінованих схем руху теплоносіїв.

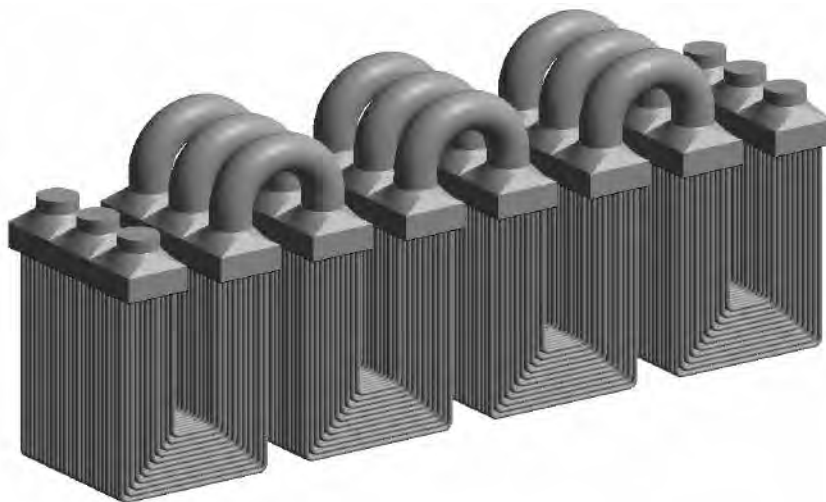


Рис. 1 – 3D вид трубного петлевого чотирьохсекційного повітрянагрівача

Розрахунок здійснений на основі P - NTU -методу та методу поправкового коефіцієнту.

Проектні організації при розрахунку теплообмінного обладнання найчастіше користуються методом поправкового коефіцієнта. В ньому розподілу основних параметрів отримується для всього повітрянагрівача або окремої петлевої секції [1].

P - NTU метод являється дискретним (інтервальним) і базується на ряді безрозмірних величин, використання яких призводить до скорочення змінних величин і більш зручних обчислень. Вихідна система рівнянь математичної моделі включає

рівняння теплового балансу і теплопередачі для елементарних ділянок (кінцевих різниць) поверхні, враховується розподіл локальних різниць температур у апараті, рівняння, що враховують особливості руху та з'єднання потоків теплоносіїв, зокрема кількість рядів труб у секції, схеми поєднання секцій, схеми руху теплоносіїв, враховується перемішування чи не перемішування потоків теплоносіїв.

Методика інтервального розрахунку дозволяє спростити пошук рішення рівнянь шляхом розбивки труб на найпростіші елементами з однократним перехресним плином, з яких компонується рекуператор. Ряди для плинну внутрішнього теплоносія можуть бути багатоходовими, тобто існує тривимірний випадок [2]. Кожна трубка в одному ході z поділяється на 15 елементів. Нумерація елементів розпочинається за напрямом руху теплоносія в трубі, також нумеруються ряди труб i .

Результати розрахунків теплової ефективності P та поправкового коефіцієнту ψ по розроблених методиках зіставлені з номограмами і відзначено практично їхній збіг, що говорить про достовірність розроблених математичних моделей, методик та алгоритмів. При числі дискретних елементів у ряді $60/nc$ (4 секції і менше) розходження в результатах практично відсутні. Відмінність в отриманих значеннях температур теплоносіїв пояснюється тим, що розрахункові залежності в методі поправкового коефіцієнту інтегральні і призначені для апарату в цілому. Інтенсивність теплообміну входить у розрахунки усереднена, не враховується її локальний розподіл і особливості компонування поверхні, що призводить до похибок у розрахунках [3].

За результатами розрахунків теплових характеристик багатоходового трубчатого повітрянагрівача двома методами побудовані наступні графіки та діаграми:

- розподіл коефіцієнтів тепловіддачі і теплопередачі по петлевим секціям рекуператора для кожної із 8 схем руху теплоносіїв.
- розподіл температури димових газів, повітря по поверхні теплообміну;
- розподіл температури стінки по елементам одного ходу останньої петлевої секції, що дозволяє виявити області імовірної корозії (різницю між температурою зовнішньої стінки і температурою насичення парів у газах).
- вплив запиленості та розміру пилових частинок на коефіцієнт теплопередачі у відсотках.

Висновки. Розроблені універсальні методи одержання розподілу локальних температурних характеристик, визначення та аналізу ефективності складних багатоходових та багатосекційних теплообмінників із складною змішаною схемою плинну теплоносіїв. Здійснено порівняльний аналіз аналітичного та дискретного методів розрахунку теплових характеристик та оцінено їх ефективність. Побудовано діаграми розподілу коефіцієнтів тепловіддачі, теплопередачі та локальних температурних характеристик. Виявлено місця можливого протікання процесів корозії поверхні теплообміну з урахуванням конструкції рекуператора, умов експлуатації, та різних схем руху теплоносіїв. Запропоновані рішення по підвищенню зручності застосування вказаних методів в сучасних інженерно-практичних розрахунках на ЕОМ.

Список літератури:

1. Юрко В.В. Розробка математичної моделі компонування петлевого повітрянагрівача при запиленних димових газах та аналіз ефективності / В. В. Юрко, А. М. Ганжа // Тези доповідей XVI Міжн. наук.-техн. конф-ції «Енергетичні і теплотехнічні процеси і устаткування».
2. Юрко В.В. Методика расчета тепловых процессов в петлевом теплообменном аппарате при запыленном греющем теплоносителе / В. В. Юрко, А. Н. Ганжа // Экология и промышленность. – 2019 – № 2 (59). – С. 43–50.
3. Ганжа, А. М. (2011). Підвищення ефективності поверхневих тепломасообмінних апаратів шляхом розвинення закономірностей розподілу локальних теплогідравлічних параметрів: дис. на здоб. наук. ступ. докт. техн. наук: спец. 05.14.06 «Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика». Харків.