

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук,
професора Гумницького Ярослава Михайловича
на дисертаційну роботу Юзбашьян Анни Петрівни
«Інтенсифікація теплообмінних процесів в технологіях переробки
вуглеводнів з використанням нерозбірних пластинчастих теплообмінників»,
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за
спеціальністю 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології

1. Актуальність теми

Теплові процеси належать до одних з найважливіших процесів хімічних виробництв. Підвищення ефективності їх використання є однією з важливих задач. Представлена робота вирішує ряд проблем енергоефективності, що у кінцевому результаті зменшує енергозатрати. До цих проблем, що вирішує автор дослідження, належить у першу чергу заміна кожухотрубчастих теплообмінників на пластинчасті. Досліджується процес використання пластинчастих теплообмінних апаратів (ПТА) для процесів переробки вуглеводнів, які, як відомо, є багатотоннажними і займають важливе місце у структурі народного господарства. Разом з процесами теплообміну з участю вуглеводневої сировини вирішується задача впливу забруднень на теплообмін. Актуальним є використання аналогії переносу імпульсу та тепла.

Робота виконувалась у рамках завдань фундаментальних досліджень держбюджетної тематики та приймала участь у міжнародних проектах.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій і їхня достовірність

Обґрунтованість та достовірність наукових результатів дисертаційної роботи базується на фундаментальних законах і принципах хімічної технології, використанні апробованих в хімічній технології методів моделювання, проектування і оптимізації теплообмінних апаратів.

В роботі надано новий метод розрахунку багатоходових пластинчастих теплообмінних апаратів нерозбірної конструкції та одноходових нерозбірних пластинчастих апаратів з заокругленими пластинами з урахуванням впливу забруднень поверхні теплопередач, який дозволяє встановити порогові значення термічного опору забруднень поверхні теплопередачі та їх зміну в часі. Запропонований метод був використаний при розрахунку системи теплообміну для блоку первинного підігріву нафти та для розрахунку зварних ПТА необхідних при енергозберігаючій реконструкції на

нафтопереробному заводі. Достовірність отриманих результатів підтверджується узгодженням з експериментальними даними відомих вчених опублікованих в авторитетних вітчизняних і зарубіжних тематичних виданнях.

Наукові положення і висновки, сформульовані в дисертації, обґрунтовані з наукової і технічної точки зору і підтверджуються їх практичною реалізацією.

3. Наукова новизна

В процесі розв'язання науково-технічних задач, які були поставлені в роботі, виходячи з її мети, автором було отримано низку науково-технічних та практичних результатів, серед яких:

1. Отримана залежність теплопередачі та гідравлічного опору від геометричних параметрів пластин з урахуванням гідравлічного опору в зонах розподілу потоку в пластинчастих теплообмінних апаратах нерозбірної конструкції з квадратними та круглими пластинами.

2. Набув подальшого розвитку підхід щодо визначення тепловіддачі для турбулентного режиму руху рідини, який дозволяє враховувати вплив числа Прандтля в діапазоні його значень від 3 до 500.

3. Запропоновано спрощене рівняння для визначення ступеню при числі Прандтля в залежності для визначення тепловіддачі в каналах зварних ПТА, який слушний в діапазоні чисел Рейнольдса від 100 до 20 000 і числа Прандтля від 0,7 до 1000.

4. Запропоновано та розроблено метод, який дозволяє встановити порогові значення термічного опору забруднень поверхні теплопередачі та зміну забруднення в часі в залежності від геометричних параметрів гофрування пластин та теплофізичних властивостей теплоносія.

5. Розвинуто метод розрахунку одноходових нерозбірних пластинчастих теплообмінних апаратів з круглим пластинами та багатоходових теплообмінних апаратів з квадратним пластинами спеціального гофрування, що дозволяє спроектувати апарати з мінімальною площею теплопередачі.

4. Значення одержаних результатів для науки і практики

Наукове значення результатів роботи полягає в наступному:

1. Розвинуто науково-прикладні основи проектування нерозбірних пластинчастих теплообмінних апаратів з одноходовим та багатоходовим компонуванням.

2. Запропонована математична модель відкладення забруднень, що дає можливість прогнозувати термічний опір для різних швидкостей потоку та температури поверхні.

3. Проведені дослідження впливу тангенсу кута нахилу гофрування на величину поверхні теплообміну і площу пластини та дослідження ефекту вирівнювання швидкостей теплоносіїв в каналах при використанні пластин з різною висотою гофрування по холодній та гарячій стороні для розрахунку теплообмінників з круглою пластиною.

4. Із застосуванням методу «пінч-аналізу» проведена реконструкція нафтопереробного заводу, що дала можливість використання скидного тепла для потреб тепlopостачання прилеглого міста та розраховані індивідуальні теплові пункти з нерозбірними теплообмінними апаратами.

Практичне значення одержаних результатів:

1. Розроблена математична модель розрахунку двох типів нерозбірних теплообмінних апаратів з урахуванням динаміки забруднення поверхні теплопередачі дозволяє, ще на етапі проектування, вдосконалити систему теплообміну і розробити графік очищення апаратів.

2. На основі розрахунків двох типів нерозбірних пластинчастих теплообмінних апаратів і порівняння їх з традиційними кожухотрубчастими апаратами, доведено, що використання перших є перспективним для позиції підігріву нафти.

3. Проаналізовані та розраховані нерозбірні теплообмінні апарати для двох можливих схем розташування (паралельна та послідовна) для проекту реконструкції теплообмінної системи нафтопереробного заводу

4. Розроблена розподільча мережа опалення та гарячого водopостачання для потреб приміщень прилеглого до заводу міста.

5. Результати роботи за проектом EFENIS та АТ «Співдружність-Т» впроваджені на нафтопереробному заводі корпорації IPIOM в місті Бузалла (Італія) при енергозберігаючій реконструкції. Рекомендації з основних параметрів покладенні в основу нормативно-технічної документації для розрахунків теплообмінних апаратів на машинобудівельному підприємстві ПНВФ «Анкор-Теплоенерго».

Результати дисертаційної роботи впроваджено в навчальний процес на кафедрі інтегрованих технологій, процесів та апаратів НТУ «ХПІ» при викладанні дисциплін «Процеси та апарати хімічних виробництв», «Основи енерго- та ресурсозбереження».

5. Повнота викладення основних результатів роботи

Основні результати дисертаційної роботи в достатній мірі опубліковано в 9 наукових працях, з яких: 3 статті в наукових фахових виданнях України, 3 статті в закордонних періодичних наукових виданнях, що входять до Міжнародної наукометричної бази Scopus, 3 – у матеріалах конференцій. Основні наукові положення і висновки, які представлені в дисертації та авторефераті ідентичні між собою. Автореферат відображає актуальність роботи, зміст і суть одержаних наукових результатів, їх практичне значення, детально відокремлює особистий внесок здобувача та демонструє апробацію результатів досліджень.

Теоретичні положення і практичні результати взаємопов'язані та отримані на основі системного аналізу. Результати роботи свідчать про особливий вклад здобувача в науку.

6. Оцінка змісту дисертації і її завершеність в цілому

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел зі 122 найменувань та додатків, в яких наведено розрахунки впливу параметрів гофрування, результати пінч-інтеграції та акти використання результатів роботи. Загальний обсяг дисертації становить 176 сторінок, з них: 37 рисунків за текстом; 1 рисунок на 1 окремій сторінці; 23 таблиці за текстом; 2 таблиці на 2 окремих сторінках. Обсяг дисертаційної роботи не перевищує встановлені норми.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і завдання дослідження, приведено наукову новизну та практичну значимість одержаних результатів. Наведено відомість про апробацію роботи та публікації.

У **першому розділі** надано аналіз існуючих наукових публікацій щодо особливостей експлуатації теплообмінного обладнання в технологіях переробки вуглеводнів та конструкцій теплообмінних апаратів, які використовуються в них. Наведені і розглянуті роботи з методами розрахунку пластинчастих теплообмінників на основі досліджень теплопередачі і гідравлічного опору в каналах пластинчастих теплообмінних апаратів. Проведено аналіз впливу процесу відкладення забруднень на теплопередаючій поверхні на працездатність теплообмінників.

Другий розділ присвячений підходу для розрахунку теплопередачі та гідравлічного опору в пластинчастих теплообмінних апаратах нерозбірної конструкції. Для розрахунку перепаду тиску в багатоходовому апараті запропоновано підхід, який враховує падіння тиску в портах і колекторах та

кількість ходів. На основі аналогії переносу тепла та імпульсу отримано залежності для визначення тепловіддачі.

Крім того у цьому розділі розвинуто метод визначення термічного опору відкладень у часі на основі асимптотичного характеру утворення відкладень. Запропоновано співвідношення для визначення інтенсивності осадження відкладень через дотичне напруження та враховує вплив теплофізичних властивостей теплоносіїв і температуру поверхні теплопередачі.

У третьому розділі основна увага була приділена теплообмінній мережі попереднього підігріву нафти на нафтопереробному заводі та можливості застосування і порівняльний аналіз двох типів пластинчастих теплообмінних апаратів нерозбірної конструкції.

З аналізу умов роботи теплообмінної мережі виявлено на деяких позиціях значну різницю витрат та великий діапазон температур теплоносіїв. Це дозволило зробити порівняння теплообмінних апаратів в широкому діапазоні робочих умов.

У цьому розділі представлено дослідження впливу тангенсу кута гофрування та висоти гофрування на величину поверхні теплообміну і площу пластини. Аналіз одержаних результатів дозволив автору зробити висновок, що за рахунок використання пластин з різною висотою гофрування по холодній та гарячій стороні досягається ефект вирівнювання швидкостей в каналах, що призводить до істотного зменшення площі поверхні теплопередачі апарату і, як наслідок, зниження його вартості.

Автором відзначено, що зростання дотичного напруження простежується до досягнення екстремального значення величини гофри по одній стороні, що відповідає мінімальному значенню площі поверхні теплопередачі. Після цього по мірі подальшого збільшення гофри спостерігається досить різке падіння дотичного напруження, як по гарячій, так і по холодній стороні, що є наслідком зниження швидкості теплоносіїв в каналах апарату.

Проведені розрахунки двох типів нерозбірних ПТА показали, що використання одноходових теплообмінників з круглою пластиною на більшості позицій для підігріву нафти, за площею поверхні теплопередачі практично не відрізняється від використання багатходових, а значення величин дотичного напруження на стінці, як величини, що відповідає за появу забруднення на поверхні теплопередачі, схожі.

На основі концепції «граничного забруднення» отримана крива граничних умов відкладення забруднень для температури поверхні та дотичного напруження, що визначила позиції теплообмінників, які можуть

працювати без процесу відкладення забруднення протягом усього часу експлуатації. Для позицій, які схильні до забруднення поверхні теплопередачі, проведена оцінка погіршення продуктивності в часі.

У **четвертому розділі дисертації** застосовано метод розрахунку ПТА нерозбірної конструкції для розрахунку нових теплообмінних апаратів, що потрібні для теплообмінної мережі заводу згідно енергозберігаючої реконструкції та прогнозування його працездатності на кожній конкретній позиції з урахуванням забруднення поверхні теплопередачі.

Наведено можливість використання зайвого тепла нафтопереробного заводу для опалення та гарячого водопостачання приміщень прилегло до заводу міста та представлені результати розрахунку двадцяти індивідуальних теплових пунктів з нерозбірними теплообмінниками та оцінку витрат на їх придбання та монтаж.

7. Зауваження по змісту і оформленню дисертації та автореферату

1. У залежність втрати тиску у багатоходовому ПТА (2.2) введено коефіцієнт 1,3 при визначенні втрат напору у портах. Немає пояснення цього коефіцієнта або посилання на літературне джерело.

2. На рис. 2.3 наведено визначене згідно двох рівнянь число Нуссельта і стверджується, що похибка у визначенні числа Нуссельта не перевищує 5%. Згідно даних рисунка відносна похибка дорівнює приблизно 70%.

3. У другому розділі рекомендується представити методики експериментальних досліджень та характеристики досліджуваних матеріалів.

4. У другому розділі аналіз буферного шару оцінюється рівнянням (2.9) і, як наприклад, верхня межа цього шару розрахована для води, хоч у дисертаційній роботі аналізується теплопередачі за участі вуглеводнів.

5. У третьому розділі наведено результати розрахунків ПТА з заокругленими пластинами з однаковою висотою гофрування (табл. 3.5, 3.8, 3.9). Якщо це розрахунок, то необхідно було б вказати, за якими теоретичними залежностями це розраховано.

6. На рис. 3.9 наведено графік зміни площі поверхні теплопередачі у залежності від висоти гофрування у границях 6,0-6,5 мм. Незрозуміла наявність на такій невеликій різниці висот мінімуму та максимуму площі.

7. Автор вказує на наявність 6 механізмів відкладення забруднень. У роботі не зроблено аналіз можливості виникнення цих відкладень за найбільш вірогідних механізмів.

8. Зустрічаються деякі граматичні помилки. Наприклад, степінь у числі Прандтля, а не ступінь; коефіцієнт теплопровідності, не теплопровідність і т.д.

Проте, вважаю, що вищезазначені зауваження та недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку роботи, не зменшують її наукову новизну та практичну значимість.

8. Висновок про відповідність встановленим вимогам

Дисертаційна робота Юзбашьян Анни Петрівни на тему «Інтенсифікація теплообмінних процесів в технологіях переробки вуглеводнів з використанням нерозбірних пластинчастих теплообмінників», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології, є завершеною науково-дослідною роботою і містить науково-обґрунтовані результати, які в сукупності вирішують актуальну наукову проблему розвитку науково-прикладних основ проектування пластинчастих теплообмінних апаратів нерозбірної конструкції, що має суттєве значення для хімічного машинобудування України.

Робота відповідає напрямам досліджень паспорту спеціальності 05.17.08, а саме за напрямками: «Теоретичні й експериментальні дослідження теплових і масообмінних процесів теплообміну в газових і рідких системах; ...», «...загальні основи розрахунку тепло- і масообмінного обладнання. ...», «...Встановлення основних параметрів, необхідних для створення нового обладнання (теплообмінних апаратів, ...)», та повністю відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів» від 24 липня 2013 р. № 567, а її автор, Юзбашьян Анна Петрівна, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології.

Офіційний опонент
професор кафедри екології та
збалансованого природокористування
Національного університету
«Львівська політехніка»,
доктор технічних наук, професор



Гумницький Я.М.

Підпис проф. Гумницького Я.М.
засвідчую:
Учений секретар Національного
університету «Львівська політехніка»



Брилинський Р.Б.