

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук
ТАРАСОВОЇ ВІКТОРІЇ ОЛЕКСАНДРІВНИ

на дисертаційну роботу

ЮРКО ВОЛОДИМИРА ВОЛОДИМИРОВИЧА

на тему «УДОСКОНАЛЕННЯ РЕКУПЕРАТИВНОГО ПОВІТРОНАГРІВАЧА
(ТЕПЛОУТИЛІЗАТОРА) ДЛЯ РОЗШИРЕННЯ ОБЛАСТІ ЗАСТОСУВАННЯ

ЗА УМОВИ ЗАПИЛЕНОГО ГРІЮЧОГО ТЕПЛОНОСІЯ», представлена на

здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 144 –

Теплоенергетика

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Стійке функціонування паливно-енергетичного комплексу України є однією з важливих складових національної безпеки та енергетичної незалежності держави. Але тенденція до підвищення цін на енергоносії як світовому, так і на внутрішньому ринках з кожним роком загострює проблему енергетичної безпеки України. У зв'язку з цим широке впровадження енергоощадних технологій є стратегічним напрямком її державної політики. Утилізація тепла відхідних газів є одним з напрямків підвищення ефективності енергетичних об'єктів.

У дисертаційній роботі Юрко В.В. поставлено і вирішено актуальну задачу щодо удосконалення системи утилізації тепла, що відходить від виробництв, в процесі яких утворюються запилені продукти згоряння.

Підтвердженням актуальності питань, які висвітлено та вирішено у дисертаційній роботі, є виконання дослідження відповідно напрямку «Енергетичної стратегії України на період до 2035 р. “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність”», затвердженої Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р. та напрямку «Технології використання скидних енергоресурсів», що значиться в постанові Кабінету Міністрів України від 27.09.2011 № 942 «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2020 р.».

Актуальність досліджень підтверджується також участю здобувача у виконанні робіт у рамках держбюджетних тем Міністерства освіти і науки України «Розробка енергоефективних комплексних систем утилізації теплових вторинних ресурсів високотемпературних енерготехнологічних процесів»

(2015-2016 рр., № 0115U000523), «Розробка теоретичних основ створення енергоефективних теплоутилізаційних комплексів на базі високотемпературних агрегатів з використанням когенераційних технологій» (2011-2012 рр., №0110U001235).

Таким чином, наукові дослідження за темою «Удосконалення рекуперативного повітрянагрівача (теплоутилізатора) для розширення області застосування за умови запиленого гріючого теплоносія» слід вважати доречними і своєчасними.

2. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Ознайомлення зі змістом дисертаційної роботи Юрко В.В. дає підстави стверджувати, що наукові положення, висновки та рекомендації, які представлено в ній, є достатньо обґрунтованими та достовірними.

Наукові положення, викладені в дисертації, характеризуються повнотою дослідження, про що свідчать структурна побудова та зміст роботи за логікою сходження від теорії, методичних засад до практичної реалізації.

Достовірність результатів, що подані у дисертаційній роботі В.В. Юрко, базуються на коректному використанні фундаментальних положень теорії теплообміну. Отримані результати та зроблені автором висновки не суперечать дослідженням інших авторів, які були проведені у напрямку підвищення ефективності роботи теплообмінників (теплоутилізаторів).

Мета дослідження відповідає темі дисертаційної роботи, а задачі дослідження – запропонованій меті, та їх кількість є достатньою для розкриття обраної теми. Висновки по роботі повністю відповідають отриманим результатам, які відображені у тексті дисертаційної роботи.

Підтвердженням обґрунтованості результатів дослідження сприяє застосування сучасних методів математичного моделювання процесів гідроаеродинаміки та теплопередачі, чисельного експерименту та аналізу.

Крім того, обґрунтованість одержаних результатів підтверджується їхньою апробацією – участю у міжнародних науково-практичних конференціях та впровадженням у науково-практичну діяльність відділу теплогазовикористання ДП «Український Науково-Технічний Центр металургійної промисловості «Енергосталь» та у навчальний процес кафедри теплотехніки та енергоефективних технологій НТУ «ХП».

3. Оцінка наукової новизни дисертаційної роботи

Оцінюючи найважливіші здобутки дисертаційного дослідження, варто вказати на результати, що мають вагому наукову новизну. Це, насамперед, розробка комплексу математичних моделей, методів, нових залежностей та засобів для розробки складних рекуперативних теплообмінників, а саме петлевих теплоутилізаторів запилених димових газів вельц-процесів переробки металургійних відходів.

Здобувачем удосконалено P - NTU метод щодо розрахунку теплообмінної поверхні петлевих теплоутилізаторів запилених димових газів вельц-процесів. Удосконалення методу полягає у виділенні на поверхні теплообміну базових мікротеплообмінників, що дозволяє враховувати особливості компонування складної теплообмінної поверхні (с. 22; пункт 3.2 (с. 103 – 117)).

Слід відмітити науковий результат, який полягає у визначенні впливу розміру пилових частинок та їх концентрації в продуктах згоряння на температури теплоносіїв, коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням і загальний коефіцієнт теплопередачі для умов роботи петлевого рекуператора в сильно запилених газових потоках (с. 22). Для наочності отриманих результатів автором побудовані графіки та діаграми (рис. 4.18 – 4.58), що ілюструють вплив запиленості димових газів на коефіцієнти тепловіддачі випромінювання та теплопередачі, температури теплоносіїв на виході та температуру трубної поверхні нагріву для кожної секції з різними схемами руху теплоносіїв в повітрянагрівачі. Використання цих результатів при проектуванні теплоутилізаторів може сприяти розширенню області їх застосування.

Також здобувачем проведено оцінку зменшення викидів парникових газів при заміщенні природного газу нагрітим повітрям завдяки використанню петлевого повітрянагрівача-утилізатора димових газів вельц-процесу (с. 23; розділ 5). На с. 180 у висновках автором наведено річну економію природного газу при використанні повітрянагрівача-утилізатора димових газів вельц-процесу, а також розраховано ціну квоти за зменшення викидів вуглекислого газу (с. 177).

4. Значення результатів для науки і практики

Проведене В.В. Юрко дослідження має як теоретичне, так і практичне значення, оскільки удосконалені автором методи та розроблені програми можуть бути використані для проектування надійних та ефективних багатоходових теплообмінників зі складним рухом потоків за умови запиленості продуктів горіння. Надані в роботі рекомендації щодо впровадження

теплоутилізатора димових газів вельц-процесу сприяють вирішенню не тільки економічної, а також – і екологічної проблеми завдяки зменшенню викидів парникових газів при заміщенні природного газу нагрітим повітрям.

Слід відмітити і те, що здобувачем запропоновано підхід до визначення області можливого виникнення перегріву та корозійного зносу поверхні нагріву з урахуванням режимів роботи теплоутилізаторів та факторів їх експлуатації, який також має теоретичне і практичне значення.

Практична цінність наукових результатів дисертаційної роботи Юрко В.В. документально підтверджується актами про їх використання (с. 196, 197) та патентом № u201700817 «Комплекс переробки сировини, що містить сполуки цинку та свинцю» (с. 193). В патенті, зокрема, у комплексі переробки сировини запропоновано встановлювати за рухом продуктів горіння з вельц-печі в газоочистку теплоутилізатор з пристроєм для видалення вельц-оксиду з поверхонь нагрівання.

5. Дискусійні питання та основні зауваження щодо змісту дисертації

Разом із загальною високою оцінкою дисертаційної роботи Юрко В.В., слід звернути увагу на певні дискусійні моменти:

1. Автор досить обґрунтовано пропонує використовувати *P-NTU* метод для розрахунку рекуперативного теплообмінника зі складним рухом теплоносія із застосуванням методики дискретного розрахунку. При цьому на с. 106 він пише, що «кожна труба кожної секції поділяється на 15 елементів (мікротеплообмінників)». Але у дисертації відсутнє обґрунтування вибору такої кількості елементів. Вважаю, що при розробці методики автору слід було б надати рекомендації щодо поділу рекуперативного теплообмінника на складові і вказати, на які саме чинники слід спиратися при даному виборі (розміри теплообмінника, витрата теплоносія та ін.).

2. На початку 3-го розділу (с. 84) автор наголошує про те, що «пропонується проводити розрахунок петлевого повітрянагрівача методом поправкового коефіцієнту і *P-NTU* методом та порівняти отримані результати». На мою думку, ці методи скоріше застосовувались послідовно, ніж порівнювалися між собою. Перший, метод поправкового коефіцієнта, використовувався для вибору схеми компонування петлевого теплообмінника (пункти 4.1 – 4.3), а другий, *P-NTU* метод (пункт 4.4), – для знаходження області можливого виникнення корозії в останній секції повітрянагрівача при варіюванні температури навколишнього повітря для обраної схеми компонування. Варто було б оцінити похибку результатів, отриманих першим

та другим методом при інших рівних умовах в якості перевірки працездатності розроблених програм за цими методами в разі відсутності експериментальних даних.

3. У пункті 4.3 «Порівняльний аналіз ефективності схем компоновання петлевого повітрянагрівача при запилених димових газах» записано результати теплового розрахунку при різному компонованні рекуператора, а саме температури запилених газів на виході з рекуператора та температури повітря, що нагрівається. Але не вистачає більш чітких рекомендацій щодо вибору схеми компоновання теплообмінника з врахуванням того, що частину труб слід виготовляти із жаростійкої сталі, що, як слушно зазначає автор на с. 161, призводить до підвищення його вартості, а останню секцію – із неіржавіючої сталі (с. 169, пункт 4.4). Якщо б автор провів техніко-економічну оцінку різних схем компоновання, це було б логічним завершенням 4 розділу, та дозволило б виробити рекомендації щодо вибору схеми з урахуванням різних комбінацій матеріалів труб та їх вартості.

4. При порівнянні ефективності різних схем компоновання петлевого повітрянагрівача при запилених димових газах (с. 160 – 161) наведено розраховані температури димових газів при запиленості пилом з розміром частинок в 1 мкм. Вважаю, коректніше було б представити результати розв'язку теплової задачі у порівнянні для запилених димових газів та без запиленості. Тим більш, що ці результати наводяться на рисунках 4.18–4.58, але в подальшому практично не обговорюються. Це зауваження витікає ще з того, що в реальних умовах частинки пилу можуть мати різний розмір, а це виходячи з формули (3.41) позначиться на величині коефіцієнту випромінювання в бік її зменшення (за умови, що 1 мкм – це мінімальний розмір частинки пилу), і, отже, на температурах димових газів і повітря на виході.

5. При розрахунку петлевого теплообмінника P - NTU методом (пункт 4.4) вказано, що розглядається протитечійна схема компоновання теплообмінника. Потребує уточнення, який розмір частинок пилу приймався при розрахунку коефіцієнту тепловіддачі випромінюванням зі сторони потоку запилених димових газів, тому що, як наголошує автор у пункті 4.3, при запиленості 50 г/Нм^3 і розміру пилових частинок в 1 мкм коефіцієнт теплопередачі в останній секції в порівнянні з димовими газами без запиленості відрізняється на 3,92 % (с. 161).

6. При оцінці зменшення викидів парникових газів при замішенні природного газу підігрітим повітрям не вказано для якої схеми і для яких умов навколишнього середовища проводилися розрахунки?

Серед незначних друкарських помилок такі:

– на стор.160 записано «в протитечійній схемі (рис. 4.3)», але мова йде про прямотечійну схему;

– в формулах 2.43–2.45 (с. 61) та 2.57 і 2.58 (с. 65) є описки.

Висловлені зауваження не ставлять під сумнів вагомість отриманих наукових результатів та не зменшують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи.

6. Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях

Основні результати дисертаційної роботи висвітлено у належній кількості публікацій. А саме у 18 публікаціях: з них 1 – патент; 3 – у наукових періодичних фахових виданнях України, з яких 1 – у наукових виданнях, які входять в міжнародні наукометричні бази (Scopus); 13 – у матеріалах та тезах доповідей конференцій.

Опубліковані праці повною мірою відображають основні результати дисертаційної роботи.

7. Відповідність дисертації встановленим вимогам та дотримання академічної доброчесності

Ознайомлення з текстом дисертації дає підстави стверджувати, що за структурою та змістом вона відповідає всім вимогам. Структура дисертації є чіткою і послідовною. Її логіку підпорядковано вирішенню сформульованих дослідницьких завдань. Не викликають зауважень постановка мети, задач, об'єкта та предмета дослідження. Наприкінці кожного розділу подано чіткі стислі висновки, які відповідають тексту дослідження. Дисертаційна робота містить: анотацію, вступ, 5 розділів, висновок, список використаних джерел та додатків. Повний обсяг дисертаційної роботи – 197 сторінок, з них основного тексту 165 сторінок, 88 рисунків, 17 таблиць, список використаних джерел з 122 найменувань на 12 сторінках, 3 додатки на 5 сторінках.

Використання положень, текстів інших авторів мають відповідні посилання на джерела.

З наукових публікацій, які написані у співавторстві, дисертація містить лише положення та пропозиції, які є особистим науковим здобутком автора.

8. Загальний висновок

Розглянувши дисертаційну роботу Юрко Володимира Володимировича можна зробити наступні висновки:

Стиль викладання чіткий, послідовний та виключає неоднозначність трактування і розуміння основних положень дисертаційного дослідження.

1. Оформлення дисертації відповідає вимогам подання науково-технічної інформації.

2. Основні результати опубліковані у періодичних виданнях, основні положення апробовані на науково-технічних конференціях.

3. Дисертаційна робота Юрко В.В. є закінченим науковим дослідженням, більша частина зауважень має характер уточнень, які спрямовані на прояснення окремих нюансів дослідження, на розвиток напрямку роботи в наступному і не знижує значимість отриманих дисертантом результатів.

Дисертаційну роботу виконано на високому рівні, вона відповідає чинним вимогам п.п. 9, 10, 11, 12 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 167 від 06 березня 2019 р., та вимогам до оформлення дисертацій (наказ Міністерства освіти і науки України «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» №40 від 12 січня 2017 р., зі змінами, внесеними згідно наказом Міністерства освіти і науки №759 від 31 травня 2019 року), а її автор – Юрко Володимир Володимирович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 144 – Теплоенергетика.

Офіційний опонент
доктор технічних наук,
старший науковий співробітник
відділу моделювання та
ідентифікації теплових процесів
Інституту проблем машинобудування
ім. А.М. Підгорного НАН України

«16» квітня 2021 р.

В.О. Тарасова



засвідчую _____
Зав. сектору діловодства (_____)