

## ВІДГУК

офіційного опонента Нікольського Валерія Євгеновича  
на дисертаційну роботу Алтухової Ольги Василівни  
«Математичне моделювання, удосконалення та оптимізація пластинчастих  
теплообмінників»,

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук  
за спеціальністю 05.14.06 - технічна теплофізика та промислова теплоенергетика

### **Актуальність теми.**

Пластинчасті теплообмінники – перспективний вид теплообмінного обладнання. У них є ряд переваг у порівнянні з кожухотрубними теплообмінниками: вони мають меншу питому вагу та металоємність на одиницю теплової потужності, більшу інтенсивність теплообміну, менший гідравлічний опір, крім того, розбірні пластинчасті теплообмінники легко можна розбирати для очищення теплообмінних поверхонь. З удосконаленням цього виду обладнання воно може замінювати традиційні кожухотрубні теплообмінники у все більшій кількості областей. Щоб гарантувати найбільш ефективне використання ресурсів, необхідне проведення оптимізації теплообмінного обладнання. Це дозволить значно скоротити вартість цього обладнання та забезпечить більшу інвестиційну привабливість проектів.

Значні потенційні переваги пластинчастих теплообмінників, з одного боку, і необхідність їх оптимізації, з іншого, привели до появи важливої для промисловості наукової проблеми. Її суть полягає в оптимізації конструктивних і режимних параметрів пластинчастих теплообмінників та вдосконалення методів їх розрахунку.

Актуальність теми роботи підтверджується тим, що вона пов'язана з виконанням проектів Міністерства освіти (2010 – 2017 рр): «Розробка теоретичних основ створення енергоефективних теплоутилізаційних комплексів на базі високотемпературних агрегатів з використанням когенераційних технологій», (державний реєстраційний номер ДР110U001235), «Підвищення енергоефективності систем скидної теплоти скловарних печей на основі моделювання та оптимізації теплообмінного обладнання» (державний реєстраційний номер 0113U000423), «Розробка енергоефективних комплексних систем утилізації теплових вторинних енергоресурсів високотемпературних енерготехнологічних процесів» (державний

реєстраційний номер 0115U000523).

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.**

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі Алтухової О.В. базується на аналізі науково-технічних джерел за даною проблемою, системній постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних аналітичних методів дослідження, зіставленні і критичному аналізі отриманих результатів у порівнянні з результатами моделювання в 3D CFD, формулюванні отриманих висновків. Теоретичні дослідження виконано з використанням сучасного математичного апарату, з урахуванням фізичних явищ, які мають місце при передачі теплоти в теплообмінних апаратах.

**Достовірність результатів досліджень.**

Достовірність результатів дисертаційного дослідження забезпечується коректністю постановок математичних задач, застосуванням стандартних методів математичного моделювання, максимально наближених математичних конструкцій змісту фізичної суті описуваних процесів. Наукові результати здобувача використані при проектуванні енергетичних установок інженерною компанією ТОВ "ІК Актуальна механіка".

**До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:**

– Запропоновано використання уточненого інтервального теплового розрахунку в пластинчастому теплообмінному апараті, як комплексу теплообмінних поверхонь з використанням фрактального підходу. Це дозволило досягнути підвищення точності результатів теплового розрахунку до 10%. Можливість використання такого підходу підтверджено CFD розрахунками.

– Встановлено ступінь впливу похибки, допущеної у тепловому та гідравлічному розрахунках теплообмінника, на кінцеві результати його оптимізації. Це є основою доведення необхідності використання уточнених методів розрахунку теплообмінного апарата.

– Розраховано оптимальні швидкості теплоносіїв у каналах пластинчастого теплообмінника в залежності від рівня цін на електроенергію та метал, та співвідношення між ними. Запропоновано формулу для визначення оптимальної швидкості води в каналах пластинчастого теплообмінника з урахуванням вказаних параметрів.

– Встановлено порядок та шаг перебору незалежних змінних, що забезпечує найшвидший пошук екстремуму критерію оптимальності при проектуванні пластинчастих теплообмінників.

#### **Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.**

Наукове значення результатів дисертації полягає у нових знаннях, які отримані шляхом розрахунково-теоретичних досліджень і розширюють уявлення про методи розрахунку та оптимізації пластинчастого теплообмінного обладнання. На підставі проведених теоретичних досліджень визначено оптимальні конструкції та режимні параметри пластинчастих теплообмінників для ряду потужностей різних енергетичних установок. Розроблено графічні та математичні залежності впливу економічних показників на оптимальні параметри ПТО. Ці знання можуть бути використані при оптимізації пластинчастих теплообмінників енергетичних та інших установок за економічними критеріями ефективності енерго- та ресурсозбереження.

Розроблений програмний продукт СПОТО для розрахунку і оптимізації ПТО може бути включений в системи автоматизованого проектування обладнання, а також бути використаний у наукових дослідженнях для пошуку шляхів подальшого удосконалення ПТО. Він дозволяє провести оцінку ефективності ПТО не лише на етапі проектування, але й в процесі експлуатації, модернізації, реконструкції, тобто на всіх етапах життєвого циклу.

#### **Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.**

Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно опубліковані в 22 наукових працях, у тому числі 6 публікацій у наукових фахових виданнях України. У цілому, рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України. Вклад автора у вирішення питань, що виносяться на захист, є основним.

### **Оцінка змісту дисертаційної роботи.**

Дисертаційна робота Алтухової Ольги Василівни складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків.

Матеріали дисертаційної роботи в основному викладено грамотною технічною українською мовою та подано в послідовності відповідно до поставленої мети та завдань дослідження.

Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовані виразно та відповідають змісту дисертаційної роботи.

Список використаних джерел охоплює сучасні вітчизняні та зарубіжні публікації із 102 найменувань.

Обсяг і структура роботи відповідає вимогам до кандидатських дисертацій ДАК МОН України.

Зміст автореферату відображає основний зміст дисертації та розкриває внесок здобувача в наукові результати та практичну цінність роботи.

#### **По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:**

1. Автор проводить оптимізацію пластинчастого теплообмінника на основі системного структурно-модульного підходу. В основу оптимізації закладено рівень цін на електроенергію та метал і співвідношення між ними, запропонована універсальна формула для визначення оптимальної швидкості води в каналах пластинчастого теплообмінника з урахуванням вказаних параметрів.

При цьому не вказано наскільки глибоко проводився пошук оптимуму при проведенні розрахункових експериментів. Не зрозуміло:

- чи знайдено найбільш оптимальний варіант;
- чи враховувались якісь обмеження при оптимізації, наприклад, розміри наявної площадки під розміщення обладнання;
- яким чином вказані ціни на електроенергію та метал впливають на ефективність теплообміну при роботі теплообмінного апарату.

Згідно функціональної класифікації це не може бути основою при розрахунках поверхні теплопередачі апарату, його конструктивних особливостей і не впливає на

характер теплового режиму. Швидкість теплоносія переважно впливає на коефіцієнт теплопередачі.

Методика уточненого розрахунку не оцінює змінність гідравлічного опору кожного з каналів апарату. А отже витрата рідини та швидкість у кожному з паралельних каналів теплообмінника може бути різною.

2. Автором не проведено експериментальних досліджень оптимальної конструкції пластинчастого модуля теплообмінного апарату, які б підтвердили доцільність використання обраного підходу до оптимізації на його енергоефективність в порівнянні з діючими конструкціями пластинчастих теплообмінників.

3. Автор вказує що рекомендації по оптимізації дозволяють досягнути економії при проектуванні теплообмінників на 20%, а інколи і 30%. При цьому не пояснює з яких статей складається ця економія.

4. При оптимізації конструкції пластинчастого теплообмінника автор використовує конструктивні елементи теплообмінників, які виробляються різними виробниками. Не зрозуміло, яким чином потрібно налагодити впровадження оптимальної конструкції у промисловість і який виробник буде цим займатись. У кожного виробника теплообмінного обладнання є своя технологія та комплектуючі на основі яких здійснюється виробництво.

5. У третьому розділі дисертації автор пропонує нову методику уточненої розробки пластинчастого теплового апарату, як систему теплообмінних елементів з'єднаних складною схемою течії середовища та наводить приклад такої схеми. Таким чином автор розповсюджує принцип оптимізації одного апарату на систему теплообмінних елементів, яка складається з багатьох апаратів, що не є адекватним, так як існують гідравлічні та теплові втрати в системі, які не можна порівняти з втратами в єдиному модулі.

6. Автор вказує, що в третьому розділі роботи, при проведенні розрахункових експериментів було розраховано 169 511 679 варіантів маслоохолоджувачів та 15 998 368 варіантів теплообмінників системи опалення. Не зрозуміло на якій основі

будуть проводитися такі пошуки при проектуванні теплообмінних систем та як це спрощує проектні роботи і наскільки це економічно.

7. В авторефераті вказано, що дисертація має 5 розділів, а насправді їх чотири.

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

### ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Алтухової Ольги Василівни “Математичне моделювання, удосконалення та оптимізація пластинчастих теплообмінників” за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв’язує важливу наукову задачу, суть якої полягає в оптимізації конструктивних і режимних параметрів пластинчастих теплообмінників і вдосконаленні методів їх розрахунку і оптимізації. Дисертаційна робота відповідає вимогам п.п. 9, 11,12 “Порядку присудження наукових ступенів”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року №567, а здобувач Алтухова Ольга Василівна, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

Офіційний опонент  
професор кафедри енергетики  
Українського державного  
хіміко-технологічного університету  
доктор технічних наук, професор

13.04.2021

Валерій НІКОЛЬСЬКИЙ

Підпис Михайла  
Валерія завідуючого:  
проб. фак. ВІК  
д. (Трачова@У)