

**ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Дінжоса Романа Володимировича**

**«Теплофізичні властивості полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів та аналіз ефективності їх застосування для теплоенергетичного устаткування»,**

подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика

Дисертаційна робота складається зі вступу, семи розділів, загальних висновків, переліку використаних джерел та додатків. Обсяг роботи становить 409 сторінок, включаючи 85 ілюстрацій та 30 таблиць. Перелік використаних літературних джерел містить 407 найменувань.

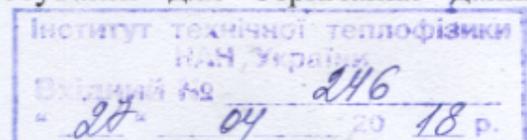
1. Структура дисертації

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, завдання, об'єкт, предмет та методи досліджень, а також наведено загальну характеристику роботи, відмічено наукову новизну і практичну цінність отриманих результатів.

У *першому розділі* проведено аналіз сучасного стану проблем стосовно досліджень теплофізичних властивостей полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів та оцінки ефективності їх застосування для теплоенергетичного устаткування. За результатами проведеного аналізу сформульовано основні завдання дисертаційної роботи.

У *другому розділі* викладено особливості методик експериментальних і теоретичних досліджень відповідно до завдань даної роботи.

*Третій розділ* присвячено висвітленню результатів досліджень щодо теплофізичних властивостей полімерних мікро- і нанокомпозитів та закономірностей їх кристалізації при застосуванні для отримання даних



матеріалів методу, що базується на змішуванні компонентів у сухому вигляді (метод I). Наведено концентраційні залежності коефіцієнтів теплопровідності, залежності питомої теплоємності досліджуваних матеріалів від температури та значення питомої теплоти кристалізації у широкому діапазоні зміни швидкості охолодження полімерних композитів.

*Четвертий розділ* присвячено дослідженню теплофізичних характеристик і механізмів кристалізації полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів, отриманих із застосуванням методу, що базується на змішуванні компонентів у розплаві полімеру (метод II). При цьому розглядаються результати порівняльного аналізу цих характеристик для високотеплопровідних полімерних композитів при застосуванні двох методів їх отримання – методу I, який заснований на змішуванні компонентів у сухому вигляді, та вищезазначеного методу II. Крім того певна увага приділяється дослідженням теплофізичних і механічних властивостей низькотеплопровідних полімерних нанокомпозиційних матеріалів, одержаних за методом II.

У *п'ятому розділі* наводяться результати досліджень щодо розроблення типоряду полімерних мікро- і нанокомполітів для теплообмінних поверхонь різного призначення. При цьому розглядаються можливості створення двох модифікацій такого типоряду, а саме, для композиційних матеріалів, отриманих на основі методів, які базуються на змішуванні компонентів у сухому вигляді (метод I) і у розплаві полімеру (метод II).

*Шостий розділ* присвячено аналізу ефективності застосування полімерних мікро- і нанокомполітів для створення теплообмінних поверхонь систем глибокої утилізації теплоти відхідних газів котельних установок. При цьому розглядаються системи з водогрійними теплоутилізаторами для нагрівання зворотної тепломережної води, повітрогрійними – для нагрівання дуттьового повітря, а також комбіновані теплоутилізаційні системи з водогрійними і повітрогрійними теплоутилізаторами.

У *сьомому розділі* наводяться результати досліджень щодо порівняльного аналізу характеристик допоміжного обладнання з полімерних мікро- і

нанокомпозитів та традиційно застосовуваних матеріалів для котельних установок з системами глибокої утилізації теплоти їх відхідних газів. При цьому особлива увага приділяється зіставленню показників різних типів газопідігрівачів для підсушування димових газів після теплоутилізаторів, водоводяних теплообмінників для нагрівання води різного призначення тощо. Поряд з цим розглядаються такі елементи обладнання вказаних установок, як конденсатозбірники і нейтралізатори утвореного в теплоутилізаторах конденсату, трубопроводи для його відведення, газоходи, вставні газовідвідні стволи димових труб тощо.

Дисертаційна робота Дінжоса Р. В. характеризується логічною послідовністю та завершеністю. Висновки за окремими розділами, а також загальні висновки по роботі відповідають поставленим завданням та отриманим науковим і практичним результатам.

## 2. Актуальність теми дисертації

Наразі в енергетичній галузі України гостро постає проблема підвищення ефективності теплоенергетичного обладнання. Один із шляхів вирішення даної проблеми пов'язаний із застосуванням нових матеріалів для виготовлення цього обладнання. Серед таких матеріалів особливо виділяються полімерні мікро- і нанокомпозити, які мають цілий ряд унікальних фізичних та технологічних властивостей.

Широке використання полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів в теплоенергетиці потребує великого обсягу знань щодо їх теплофізичних характеристик. При цьому необхідною є детальна інформація про зазначені характеристики, що включає, зокрема, їх температурні, концентраційні та інші залежності.

З огляду на це слід констатувати, що тема дисертаційної роботи Дінжоса Р. В., яка стосується дослідження теплофізичних властивостей полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів та аналізу ефективності їх застосування для теплоенергетичного устаткування, є актуальною як у

науковому, так і у прикладному аспектах.

### 3. Мета і завдання досліджень

Метою роботи є теплофізичне обґрунтування ефективності застосування полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів для теплоенергетичного устаткування різного призначення на основі системних досліджень їх теплофізичних властивостей та аналізу теплотехнічних характеристик даного устаткування. Основні завдання, які підлягали вирішенню для досягнення поставленої мети, можна сформулювати таким чином:

1. Виконати комплекс експериментальних та теоретичних досліджень з визначення теплофізичних властивостей і закономірностей кристалізації високотеплопровідних полімерних мікро- і нанокомпозитів для теплообмінних поверхонь різного призначення та низькотеплопровідних модифікацій даних композитів для елементів теплоенергетичного обладнання з теплоізоляційними властивостями.

2. Виконати порівняльний аналіз ефективності методів одержання полімерних мікро- і нанокомпозитів, що базуються на змішуванні компонентів у сухому вигляді і в розплаві полімеру.

3. За результатами досліджень теплофізичних властивостей полімерних мікро- і нанокомпозитів розробити типоряд їх високотеплопровідних модифікацій для теплообмінних поверхонь.

4. Для систем глибокої утилізації теплоти відхідних газів котельних установок з водогрійним або повітрогрійним теплоутилізаційним обладнанням провести дослідження щодо зіставлення теплообмінних поверхонь з полімерних мікро- і нанокомпозитів та традиційно застосовуваних матеріалів за характеристиками їх теплопродуктивності, компактності тощо.

5. Обґрунтувати вибір полімерних мікро- і нанокомпозитів для водогрійних і повітрогрійних конденсаційних теплоутилізаторів котельних установок за результатами досліджень їх температурних режимів, характеристик енергетичної ефективності тощо.

6. Стосовно комбінованих теплоутилізаційних систем з водогрійним і повітрогрійним теплоутилізаторами, виготовленими з полімерних мікро- і нанокомпозитів або традиційно застосовуваних матеріалів, встановити закономірності зміни їх теплового стану, енергетичної ефективності тощо від навантаження котлоагрегату, температури його відхідних газів та інше і розробити на цій основі рекомендації щодо умов застосування пропонованих композитів.

7. Для допоміжного обладнання систем глибокої утилізації теплоти відхідних газів котельних установок (водоводяних теплообмінників, газопідігрівачів тощо) виконати аналіз ефективності застосування полімерних мікро- і нанокомпозитів та обґрунтувати вибір їх концентраційних вмістів.

#### 4. Наукова новизна дисертаційної роботи

Серед наукових результатів дисертації, одержаних вперше, можна відзначити такі:

1. Встановлено залежність від основних визначальних факторів теплофізичних властивостей і механізмів кристалізації високо- і низькотеплопровідних мікро- і нанокомпозитів на основі поліетилену, поліпропілену, полікарбонату і поліметилметакрилату при їх наповненні ВНТ, наночастинками оксиду кремнію, технічного вуглецю та мікрочастинками алюмінію або міді.
2. Виконано дослідження з порівняльного аналізу методів одержання полімерних мікро- і нанокомпозитів, що базуються на змішуванні компонентів в сухому вигляді або в розплаві полімеру. Встановлено закономірності впливу даних методів на теплопровідні властивості полімерних композитів, їх структуроутворення тощо та визначено області ефективного застосування кожного з методів.
3. На основі результатів комплексу експериментів з визначення теплофізичних властивостей досліджуваних полімерних мікро- і нанокомпозитів розроблено їх типоряди з широким спектром коефіцієнтів теплопровідності, від 1,0 до 57,5 Вт/(м·К), та максимальною температурою експлуатації в межах

390 ... 470 К при застосуванні двох методів отримання композитів, що ґрунтуються на змішуванні їхніх компонентів в сухому вигляді або розплаві полімеру.

4. Обґрунтовано вибір полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів для теплообмінних поверхонь водогрійних і повітрогрійних теплоутилізаторів опалювальних котельних установок з глибоким охолодженням димових газів за результатами досліджень їхнього теплового стану, показників енергетичної ефективності та зіставлення з відповідними даними для теплообмінників з традиційно застосовуваних матеріалів.

5. Встановлено умови раціонального використання розроблених полімерних мікро- і нанокомполімерів для теплоутилізаторів комбінованих теплоутилізаційних систем з нагріванням зворотної тепломережної води та дуттьового повітря на основі даних виконаного комплексу досліджень їх характеристик в залежності від визначальних режимних параметрів.

6. Здійснено теплофізичне обґрунтування ефективності використання створених полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів для допоміжного обладнання опалювальних котельних установок з системами глибокої теплоутилізації (газопідігрівачі різного типу, водоводяні теплообмінники тощо) за результатами досліджень їхніх температурних режимів та порівняльного аналізу основних теплотехнічних показників з відповідними традиційними аналогами.

##### 5. Практична цінність дисертаційної роботи

Практичне значення роботи визначається тим, що результати виконаних досліджень було використано при розробленні ефективних конструкцій теплообмінних поверхонь, які впроваджено у фермерському господарстві, в системах кондиціонування і вентиляції надводних кораблів та суден і при виготовленні труб систем гарячого та холодного водопостачання.

## 6. Достовірність результатів дисертаційної роботи

Достовірність наукових результатів підтверджена зіставленням з результатами інших авторів, застосуванням сучасних методик експериментальних та теоретичних досліджень, коректністю фізичних припущень та позитивним досвідом впровадження результатів дисертаційної роботи.

Основні наукові положення і результати роботи, що відповідають тематиці дисертації, знайшли апробацію на міжнародних та вітчизняних науково-технічних та науково-практичних конференціях, За результатами роботи отримано 3 Патенти України.

## 7. Повнота викладу основних результатів роботи в опублікованих працях

Основні наукові положення, що розкривають зміст та результати дисертаційної роботи, викладено в 46 друкованих працях, у тому числі в 28 статтях у спеціалізованих фахових виданнях України, з яких 7 у журналах, що входять до наукометричних баз даних, та 3 патентах України. Персональний внесок дисертанта в роботах, опублікованих у співавторстві, відображено в авторефераті.

Зміст автореферату й основних положень дисертації ідентичні.

### Зауваження по дисертації

1. В роботі виконано аналіз ефективності застосування полімерних мікро- і нанокомпозитів для комбінованої теплоутилізаційної системи з підігріванням зворотної тепломережної води і повітря на горіння. Доцільно було б провести відповідні дослідження для різних комбінованих систем утилізації теплових викидів котлоагрегатів, наприклад, для систем з підігріванням котлової води і води на хімводоочищення тощо та результати впровадження та натурних випробувань.

2. При аналізі ефективності розроблених полімерних мікро- і нанокомпозитів для теплообмінних поверхонь тепло утилізаторів бажаним було б використання методів ексерго-економічного та аналізу життєвого циклу.
3. Матеріал другого розділу дисертації, присвяченого методиці досліджень, викладено надмірно детально, подекуди у вигляді інструкцій до виконання експериментів, що зумовило його занадто великий обсяг.
4. У четвертому розділі дисертації наводяться вартісні показники полімерних мікро- і нанокомпозитів, отриманих різними методами. Однак у роботі відсутній детальний опис методики оцінки цих показників.
5. Висновки до роботи занадто деталізовані; їх можна було б суттєво скоротити без втрат для висвітлення змісту результатів досліджень.
6. В роботі наявні незначні вади щодо її оформлення. Так, умовні позначення наводяться без розмірності величин; деякі рисунки, що складаються з кількох графіків, мають занадто складні підрисуючі підписи; подекуди мають місце русизми та відповідне калькування: наприклад, «в якості наповнювача» замість «як наповнювач», «щільність матеріалів» замість «густина матеріалів», «вирішення рівняння» замість «розв'язок рівняння» тощо.

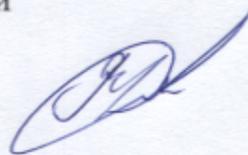
Наведені зауваження не є принциповими і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, яка рецензується.

Дисертаційна робота Дінжоса Романа Володимировича «Теплофізичні властивості полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів та аналіз ефективності їх застосування для теплоенергетичного устаткування» є повністю завершеною науковою роботою, в якій вирішується важлива науково-технічна проблема, пов'язана з застосуванням полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів для теплоенергетичного устаткування різного призначення з метою підвищення його ефективності.

За актуальністю, науковою новизною, обґрунтованістю та достовірністю основних наукових положень, висновків та рекомендацій, отриманими новими

науковими результатами та їх практичною цінністю дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів та вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №567 від 24.07.2013 р., а її автор – Дінжос Роман Володимирович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

Офіційний опонент  
доктор технічних наук, професор  
завідувач кафедри теплотехніки та  
енергозбереження Інституту  
енергозбереження та енергоменеджменту  
Національного технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут  
ім. Ігоря Сікорського» МОН України



В. І. Дешко

Підпис Дешка Валерія Івановича засвідчую:

Вчений секретар  
КПІ ім. Ігоря Сікорського



 А.А. Мельниченко