

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора фізико-математичних наук, професора Гаврюшенка Дмитра Анатолійовича на дисертаційну роботу кандидата фізико-математичних наук, доцента Дінжоса Романа Володимировича «Теплофізичні властивості полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів та аналіз ефективності їх застосування для теплоенергетичного устаткування», представленої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.14.06 - технічна теплофізика та промислова теплоенергетика

Дисертаційну роботу Дінжоса Р.В. виконано в Інституті технічної теплофізики НАН України та Миколаївському національному університеті імені В.О. Сухомлинського МОН України. Робота складається зі вступу, семи розділів, загальних висновків, переліку використаних джерел та двох додатків. Обсяг роботи становить 409 сторінок, включаючи 85 ілюстрацій та 30 таблиць. Перелік використаних літературних джерел містить 407 найменувань.

I. Актуальність теми дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню однієї з важливих науково-технічних проблем сучасної теплоенергетики - підвищенню ефективності теплоенергетичного обладнання енергетичних установок різного призначення.

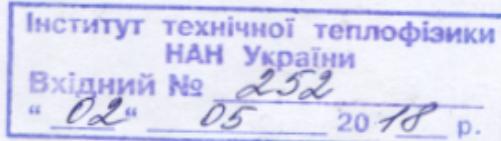
Вказане підвищення ефективності безпосередньо пов'язано з застосуванням нових матеріалів, які задовольняють сучасні вимоги до експлуатаційних характеристик відповідного обладнання. До таких матеріалів, зокрема, відносяться полімерні мікро- і нанокомпозити, які характеризуються рядом перспективних фізичних і технологічних властивостей.

Таким чином, тема дисертаційної роботи, що стосується досліджень теплофізичних властивостей полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів та аналізу ефективності їх застосування для теплоенергетичного устаткування, є актуальною.

Робота носить багатоплановий характер, дослідження організовано системно: від розробки композиційних матеріалів на основі органічних сполук та їх теплофізичного аналізу із використанням сучасних ефективних методик до обґрунтування вибору композитів для елементів теплоенергетичних установок. Вказане свідчить про домінування в дисертаційній роботі ознак і принципів теплофізичних та теплоенергетичних досліджень, що дозволяє кваліфікувати її за спеціальністю 05.14.06 - технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

II. Коротка характеристика змісту роботи

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, завдання, об'єкт, предмет та методи досліджень, викладено наукову новизну і практичну цінність, а також наведено інші необхідні відомості щодо загальної



характеристики роботи.

У першому розділі проведено аналітичний огляд літературних даних про сучасні підходи до створення композиційних матеріалів на основі органічних сполук, дослідження їх структуроутворення і теплофізичних властивостей, методів отримання тощо. За результатами аналізу відомих робіт Хана З., Кінга М., Вундерліха Б., Зенга Д., Ліпатова Ю.С., та ін. відмічається, що дослідження, які стосуються прикладного аспекту вивчення полімерних нанокомпозитів, є вельми обмеженими і не охоплюють великого кола питань, вирішення яких необхідне для їх широкого застосування. Зокрема, зазначається, що практично відсутні роботи, присвячені обґрунтуванню вибору полімерних композиційних матеріалів для теплоенергетичного устаткування, аналізу ефективності цього устаткування тощо.

На основі виконаного аналізу стану розглянутої проблеми сформульовано основні завдання, що вирішуються в дисертаційній роботі.

У другому розділі висвітлюються особливості методик експериментальних і теоретичних досліджень, а саме:

- методики одержання полімерних мікро- і нанокомпозитів. Розглядається метод, заснований на змішуванні компонентів, які знаходяться у сухому вигляді (метод I), і метод, який базується на змішуванні компонентів у розплаві полімеру, при подальшому гарячому пресуванні отриманої композиції (метод II);
- методики визначення теплофізичних властивостей полімерних мікро- і нанокомпозитів;
- експериментально-розрахункової методики дослідження процесів кристалізації полімерних мікро- і нанокомпозитів. Відмічається, що при її застосуванні аналіз отриманих в роботі експериментальних результатів проводиться згідно з фундаментальними положеннями теорії кристалізації з використанням рівнянь Комогорова-Аврамі;
- методики теплового розрахунку систем глибокої утилізації теплоти відходних газів котлоагрегатів.

У третьому розділі наводяться результати досліджень щодо теплофізичних властивостей полімерних мікро- і нанокомпозитів та закономірностей їх кристалізації при застосуванні для отримання даних матеріалів методу I. У ході досліджень розглядалися композиційні матеріали на основі різних полімерних матриць та при використанні високотеплопровідних наповнювачів за умови реалізації всіх можливих комбінацій цих матриць і наповнювачів.

Слід відмітити важливість встановлених в роботі залежностей теплопровідних властивостей полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів від концентрації наповнювачів, температурних залежностей їх питомої теплоємності, даних про закономірності зміни теплоти кристалізації композитів при варіюванні різних параметрів тощо.

Четвертий розділ присвячено дослідженю теплофізичних характеристик і механізмів кристалізації полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів, отриманих із застосуванням методу методу 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.

Становлять значний інтерес дані порівняльного аналізу різних моделей теплопровідності для полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів. За результатами цих досліджень встановлено, що моделі теорії переколяції – модель Киркпатрика і модель Маклахлана, забезпечують адекватне прогнозування теплопровідних властивостей композитів в усьому діапазоні зміни вмісту наповнювача.

Заслуговують також на увагу розроблені в дисертації рекомендації щодо умов раціонального застосування різних методів отримання полімерних мікро- і нанокомпозитів. Зокрема відмічається про дещо більшу перспективність застосування методу II, який забезпечує кращі показники у разі широкомасштабного виробництва композитів, порівняно високої масової частки наповнювачів, їхньої відносно високої вартості тощо.

У п'ятому розділі наводяться результати досліджень щодо розроблення типоряду полімерних мікро- і нанокомпозитів для теплообмінних поверхонь різного призначення. При цьому розглядаються можливості створення двох модифікацій такого типоряду, а саме, для композиційних матеріалів, отриманих на основі методів I та II.

Перша з вказаних модифікацій відповідає коефіцієнтам теплопровідності композитів, що змінюються від 1.0 до 45 Вт/(м·К). Друга модифікація характеризується коефіцієнтами теплопровідності композиційних матеріалів в діапазоні 1.0 – 57.5 Вт/(м·К).

Шостий розділ присвячено аналізу ефективності застосування полімерних мікро- і нанокомпозитів для створення елементів основного теплоенергетичного устаткування систем глибокої утилізації теплоти відхідних газів котельних установок. При цьому розглядалися теплообмінні поверхні водогрійних, повітрогрійних теплоутилізаторів та комбіновані теплоутилізаційні системи з підігріванням зворотної тепломережної води та дуттєвого повітря.

Особливу увагу в роботі приділено зіставленню характеристик теплообмінного устаткування з полімерних мікро- і нанокомпозитів та відповідних традиційних аналогів за показниками питомої теплопродуктивності, відносного об'єму і собівартості у широкому діапазоні зміни навантаження котлоагрегату та температури його відхідних газів.

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.

В ході досліджень розглядався широкий спектр елементів допоміжного

обладнання: різні типи газопідігрівачів для підсушування димових газів після теплоутилізаторів, водоводяні теплообмінників для нагрівання води різного призначення, конденсатозбирники і нейтралізатори утвореного в теплоутилізаторах конденсату, трубопроводи для його відведення, газоходи, вставні газовідвідні стволи димових труб тощо.

За результатами виконаних досліджень встановлено перспективність використання полімерних композиційних матеріалів для обладнання, яке розглядається, та обґрунтовано вибір матеріалів з елементів розроблених типорядів.

III. Наукова новизна роботи полягає в тому, що в ній

- створено теплофізичні основи одержання полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів та проведено аналіз ефективності їх застосування для теплоенергетичного устаткування різного призначення;
- вперше встановлено закономірності впливу визначальних факторів на теплофізичні властивості і механізм кристалізації полімерних мікро- і нанокомпозитів для двох методів їх одержання та визначено області ефективного застосування кожного з методів;
- вперше розроблено типоряди композитів з широким спектром коефіцієнтів теплопровідності та максимальною температурою експлуатації при застосуванні двох методів отримання композитів;
- вперше за результатами досліджень теплового стану полімерних композитів та показників енергетичної ефективності відповідного обладнання обґрунтовано вибір композиційних матеріалів з розроблених модифікацій типорядів.

IV. Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що

їх було використано при виготовленні теплообмінного устаткування з полімерних мікро- і нанокомпозитів у фермерському господарстві, у системах кондиціювання і вентиляції надводних кораблів та суден і виготовленні теплоізоляційних труб систем гарячого та холодного водопостачання.

V. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, підтверджено виконанням досліджень з використанням сучасних ефективних методик і адекватних моделей, коректністю фізичних припущень та позитивним досвідом впровадження результатів дисертаційної роботи. Достовірність теоретичних результатів та результатів численних розрахунків підтверджено порівнянням їх з даними інших авторів, а також порівнянням з результатами експериментальних досліджень.

Основні наукові положення і результати роботи, що відповідають тематиці дисертації, пройшли апробацію на міжнародних та вітчизняних

обладнання: різні типи газопідігрівачів для підсушування димових газів після теплоутилізаторів, водоводяні теплообмінників для нагрівання води різного призначення, конденсатозбирники і нейтралізатори утвореного в теплоутилізаторах конденсату, трубопроводи для його відведення, газоходи, вставні газовідвідні стволи димових труб тощо.

За результатами виконаних досліджень встановлено перспективність використання полімерних композиційних матеріалів для обладнання, яке розглядається, та обґрунтовано вибір матеріалів з елементів розроблених типорядів.

III. Наукова новизна роботи полягає в тому, що в ній

- створено теплофізичні основи одержання полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів та проведено аналіз ефективності їх застосування для теплоенергетичного устаткування різного призначення;
- вперше встановлено закономірності впливу визначальних факторів на теплофізичні властивості і механізм кристалізації полімерних мікро- і нанокомпозитів для двох методів їх одержання та визначено області ефективного застосування кожного з методів;
- вперше розроблено типоряди композитів з широким спектром коефіцієнтів теплопровідності та максимальною температурою експлуатації при застосуванні двох методів отримання композитів;
- вперше за результатами досліджень теплового стану полімерних композитів та показників енергетичної ефективності відповідного обладнання обґрунтовано вибір композиційних матеріалів з розроблених модифікацій типорядів.

IV. Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що

їх було використано при виготовленні теплообмінного устаткування з полімерних мікро- і нанокомпозитів у фермерському господарстві, у системах кондиціювання і вентиляції надводних кораблів та суден і виготовленні теплоізоляційних труб систем гарячого та холодного водопостачання.

V. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, підтверджено виконанням досліджень з використанням сучасних ефективних методик і адекватних моделей, коректністю фізичних припущень та позитивним досвідом впровадження результатів дисертаційної роботи. Достовірність теоретичних результатів та результатів численних розрахунків підтверджено порівнянням їх з даними інших авторів, а також порівнянням з результатами експериментальних досліджень.

Основні наукові положення і результати роботи, що відповідають тематиці дисертації, пройшли апробацію на міжнародних та вітчизняних

обладнання: різні типи газопідігрівачів для підсушування димових газів після теплоутилізаторів, водоводяні теплообмінників для нагрівання води різного призначення, конденсатозбирники і нейтралізатори утвореного в теплоутилізаторах конденсату, трубопроводи для його відведення, газоходи, вставні газовідвідні стволи димових труб тощо.

За результатами виконаних досліджень встановлено перспективність використання полімерних композиційних матеріалів для обладнання, яке розглядається, та обґрунтовано вибір матеріалів з елементів розроблених типорядів.

III. Наукова новизна роботи полягає в тому, що в ній

- створено теплофізичні основи одержання полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів та проведено аналіз ефективності їх застосування для теплоенергетичного устаткування різного призначення;
- вперше встановлено закономірності впливу визначальних факторів на теплофізичні властивості і механізм кристалізації полімерних мікро- і нанокомпозитів для двох методів їх одержання та визначено області ефективного застосування кожного з методів;
- вперше розроблено типоряди композитів з широким спектром коефіцієнтів теплопровідності та максимальною температурою експлуатації при застосуванні двох методів отримання композитів;
- вперше за результатами досліджень теплового стану полімерних композитів та показників енергетичної ефективності відповідного обладнання обґрунтовано вибір композиційних матеріалів з розроблених модифікацій типорядів.

IV. Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що

їх було використано при виготовленні теплообмінного устаткування з полімерних мікро- і нанокомпозитів у фермерському господарстві, у системах кондиціювання і вентиляції надводних кораблів та суден і виготовленні теплоізоляційних труб систем гарячого та холодного водопостачання.

V. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, підтверджено виконанням досліджень з використанням сучасних ефективних методик і адекватних моделей, коректністю фізичних припущень та позитивним досвідом впровадження результатів дисертаційної роботи. Достовірність теоретичних результатів та результатів численних розрахунків підтверджено порівнянням їх з даними інших авторів, а також порівнянням з результатами експериментальних досліджень.

Основні наукові положення і результати роботи, що відповідають тематиці дисертації, пройшли апробацію на міжнародних та вітчизняних

науково-технічних та науково-практичних конференціях.

VI. Повнота викладення наукових положень та висновків.

Основні положення роботи викладені в 46 друкованих наукових працях. З них 28 статей опубліковано у фахових наукових виданнях України, та 3 патентах України. 7 статей опубліковано в журналах, що входять до наукометричних баз даних.

Автореферат дисертації Дінжоса Р.В. достатньо повно відображає зміст і суть результатів досліджень, викладених в дисертації. Текст автореферату адекватний змісту, структурі та основним положенням дисертації.

VII. Оформлення дисертації

Дисертація є закінченою науковою працею, що виконана у вигляді підготовленого рукопису. Дисертація і автореферат викладені літературною мовою, послідовно, грамотно та доступно, фрази чіткі і завершені, усі рисунки інформативні та правильно оформлені, читання навіть складних формул не викликає труднощів. Дисертація відповідає вимогам «Постанови КМ від 24.07.2013 №567 пп. 9, 10, 12, 13», що їх пред'являють до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. Стиль викладення наукового матеріалу забезпечує його чітке та однозначне розуміння.

VIII. Зауваження до дисертації

1. В дисертації наводяться певні рекомендації щодо застосування розроблених полімерних мікро- і нанокомпозитів для виготовлення окремих елементів та деталей теплоенергетичного устаткування. Однак, на жаль, відсутнє узагальнення цих рекомендацій, що надало б їм більш універсального характеру.
2. Наведені методи обчислення похибок (наприклад, стор. 118, 128, таблиці 2.2., 2.3 тощо) є загальновідомими, тому наведений в докторській дисертації їх детальний аналіз є зайвим.
3. Автором застосовано надзвичайно невдалу та заплутану систему позначень. Так, в усій роботі стала Больцмана позначено k (наприклад, стор. 43), а коефіцієнт тепlopровідності – λ . Проте на стор. 122 вказано, що « k – тепlopровідність» (необхідно вказати, що тепlopровідність – це явище та процес. Автор має на увазі коефіцієнт тепlopровідності). На стор. 44 вказано, що і теплова потужність (Вт), і тепловий потік (Вт/м²) позначено через Q . На стор. 121 W – диференціальна швидкість теплового потоку, а на стор. 132 W – механічна робота. Таких прикладів можна навести цілу низку.
4. З наведеного на стор. 132 опису отримання формули (2.66) можна зробити висновок про те, що одержаний результат відноситься саме для

- методу деформаційної калориметрії, хоча очевидно, що це стандартна форма запису першого закону термодинаміки.
5. В роботі величина Q_0 інтерпретується як потік (наприклад, стор. 113). Проте вона має розмірність Вт, тоді як тепловий потік, згідно із стандартним визначенням, обчислюється на одиницю площини (стор. 44). Мається на увазі інтегральний потік. Крім того, представлена у формулі (2.22) (стор. 119) величина Φ_{sample} має розмірність Дж, тому ототожнювати її з тепловим потоком абсолютно некоректно.
6. Згідно з визначенням, у рівноважному стані термодинамічні величини не можуть залежати від часу, крім того, в рівноважній системі відсутні макроскопічні потоки таких величин. Автор же для такого стану наводить вираз для швидкості нагрівання (вираз (2.44), стор. 123).
7. У дисертації та авторефераті наявні деякі похибки редакційного та стилістичного характеру, вади в оформленні рисунків, таблиць тощо. Наприклад:
- на рис. 4.2 у позначенні кривих 1-6 відсутній №5;
 - на рис. 3.3 і відповідних таблицях наведено залежність теплоємності від температури в шкалі Цельсія, а на рис. 3.4 та 3.4 – залежність теплового потоку від температури в абсолютній термодинамічній шкалі, що ускладнює аналіз представлених результатів;
 - стилістичні неточності на стор. 241, 245, 262 тощо. Наприклад, незрозуміло, як f може бути «відносною часткою механізму кристалізації» (стор. 43).

Зроблені зауваження не зменшують цінності основних наукових положень, висновків і рекомендацій, які виносяться на захист дисертантом. Крім того, вказані недоліки в основному мають характер побажань для подальшої роботи і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Дінжоса Р.В.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Дінжоса Романа Володимировича «Теплофізичні властивості полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів та аналіз ефективності їх застосування для теплоенергетичного устаткування» є завершеною науковою працею, в якій містяться нові наукові результати, спрямовані на вирішення актуальної науково-технічної проблеми розробки теплофізичних основ одержання полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів та обґрутування ефективності їх застосування для теплоенергетичного обладнання різного призначення. Робота виконана на сучасному науковому рівні, а одержані результати мають високу наукову новизну та практичну цінність. Сформульовані в роботі наукові висновки характеризуються високим ступенем обґрутованості. Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.14.06 «Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика».

На підставі вищевикладеного, вважаю, що дисертаційна робота «Теплофізичні властивості полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів та аналіз ефективності їх застосування для теплоенергетичного устаткування» повністю відповідає вимогам пп. 9, 10, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567 (зі змінами, затвердженими постановою Кабінету Міністрів України від 19 серпня 2015 р. №656), а її автор, Дінжос Роман Володимирович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.14.06. – Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

Офіційний опонент:

Доктор фізики-математичних наук, професор
кафедри молекулярної фізики фізичного факультету
Київського національного університету
імені Тараса Шевченка

Гаврюшенко Д.А.



—
—