

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Хіменко Олексія Вікторовича «Підвищення ефективності роботи твердотільних електротеплових акумуляторів шляхом удосконалення їх динамічних характеристик», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика

Актуальність теми дисертаційної роботи та її відповідність планам наукових досліджень. Рациональне використання енергоресурсів в житлово-комунальному господарстві України, особливо в системах тепlopостачання, має важливе значення в сучасних економічних умовах, враховуючи високу вартість органічного палива і існуючу тенденцію зростання світових цін на енергоносії.

Дисертаційна робота спрямована на вирішення важливої науково-технічної проблеми підвищення енергоефективності роботи твердотільних електротеплових акумуляторів (ЕТА) шляхом удосконалення їх динамічних та економічних характеристик. Акумуляування теплоти за допомогою ЕТА відбувається в нічний час, що дає змогу збільшити енергоспоживання саме в «провальні» години роботи енергоблоків ТЕС. Виходячи з цього вважаю, що тема дисертаційної роботи Хіменко О. В. є актуальною.

Дисертаційна робота пов'язана з напрямками наукових проектів, які виконувались в Інституті проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного Національної академії наук України в 2011-2017 рр., а також згідно з «Державною цільовою економічною програмою енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива на 2010-2016 роки».

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, що є сформульованими у дисертації.

Представлена до захисту дисертаційна робота є науковою працею, яка складається з вступу, чотирьох розділів, основних висновків по роботі, списку використаних джерел, що містить 123 найменування та 2-х додатків.

В роботі представлена класифікація теплових акумуляторів, що можуть бути застосовані в системах тепlopостачання. Здобувачем проаналізовано переваги та недоліки використання акумуляторів різного конструктивного виконання, розглянуто особливості роботи ТА з твердими теплоакумулюючими матеріалами, акумуляторів з фазовим переходом, рідинних, парових та термохімічних ТА. На основі проведеного аналізу відзначається незначна кількість публікацій, що присвячена використанню акумуляторів каналного типу, які є досить перспективними для електричних систем тепlopостачання. Огляд існуючих методів розрахунку теплових

аккумуляторів різних типів дозволив автору дисертації зробити висновок про неможливість їх застосування для проведення розрахунків та оптимізації компактних ЕТА у зв'язку з істотними відмінностями конструктивних та режимних параметрів.

Таким чином, автором було визначено мету та завдання наукового дослідження, а також перспективні шляхи щодо розробки заходів по удосконаленню конструкції та режимів роботи твердотільних теплоакumuлюючих елементів, які можуть виконувати функцію регуляторів енергосистеми при споживанні електроенергії в «провальні» нічні часи.

Для реалізації сформульованих завдань здобувачем були успішно використані як теоретичні, так і експериментальні методи дослідження нестационарних теплообмінних процесів, що відбуваються в каналах акумулюючих елементів. В якості інструмента дослідження застосована математична модель в двомірній постановці, яка дозволяє розраховувати достатньо складні для вивчення нестационарні процеси нагріву та охолодження твердого теплоакumuлюючого елемента. Здобувачем проаналізовано критеріальні рівняння для розрахунку коефіцієнтів конвективного теплообміну різних авторів, що дозволило обрати рівняння, яке найбільш точно відповідає умовам передачі теплоти в каналах елемента. За допомогою запропонованої математичної моделі можливо розраховувати різні теплові режими аккумулятора, що в подальшому дало змогу провести розрахункове дослідження робочих процесів в елементі з метою підвищення ефективності його роботи. Отриманий при моделюванні розподіл температур в елементах з каналами різної форми дозволив вивчити закономірності протікання нестационарних процесів та обрати в подальшому найбільш оптимальну форму каналу.

На основі проведеного розрахунково-теоретичного дослідження в дисертаційній роботі були виявлені фактори, що впливають на характер і динаміку нагріву і охолодження акумулюючих елементів, визначено вплив форми та розміру каналів на темп нагріву і охолодження теплоакumuлюючого елемента. Встановлено, що використання каналів круглого перетину збільшує ефективність роботи теплового аккумулятора, про що свідчать отримані значення температури в стінці повітряного каналу за період роботи аккумулятора. Значний обсяг досліджень присвячений вибору ефективних матеріалів ТА за умов зменшення загальної вартості електротеплоакumuлюючих систем. Автором запропоновано застосування в якості альтернативи досить дорогим магнезиту або феоліту шамотних матеріалів, використання яких забезпечує достатню ефективність роботи системи опалення з ТА.

Обґрунтованість наукових положень та висновків дисертаційної роботи базується на основі узагальнення і аналізу результатів теоретичних і експериментальних досліджень теплообмінних процесів в акумулюючих

елементах електротеплових акумуляторів. В тексті та додатках дисертації наведено значну кількість графічного матеріалу, що наглядно представляє отримані автором результати досліджень. Результати досліджень об'єктивно відображають основні закономірності складних теплофізичних процесів в ТА з урахуванням експлуатаційних обмежень робочих параметрів.

Достовірність отриманих результатів і розроблених на їх основі рекомендацій стосовно підвищення теплової ефективності роботи систем опалення з твердотільними елементами базується на основі використання здобувачем фундаментальних законів збереження енергії, законів теплообміну та відпрацьованих методик розрахунку процесів теплообміну. Достовірність отриманих даних по теплообміну з використанням розробленої математичної моделі доведена шляхом порівняння з результатами експериментальних досліджень динамічних характеристик ЕТА з каналами різної форми. Слід відзначити, що здобувач багато уваги приділив методичним питанням проведення експериментальних досліджень, вибору засобів виміру параметричних характеристик процесів. В роботі проведено докладний аналіз отриманих даних та зроблені відповідні узагальнення, що подалі дало змогу автору використати рекомендації для вибору найбільш ефективних конструкцій теплоакумуючих елементів в запропонованій методиці теплотехнічного розрахунку ЕТА. Як свідчать наведені в розділі 3 дисертаційної роботи дані, рівень отриманих похибок є припустимим, отримана величина збіжності результатів знаходиться у межах інженерної похибки.

Нові науково обґрунтовані результати, які отримано здобувачем полягають у тому, що в роботі представлена адаптована математична модель для розрахунку процесів нестационарного теплообміну в теплоакумуючих елементах твердотільних електроаккумуляторів, яка враховує особливості їх роботи. Автором дисертації вперше були отримані експериментальні дані щодо розподілу температурних полів в твердому теплоакумуючому матеріалі ЕТА в режимах заряду і віддачі теплоти. Отримані результати обробки експериментальних даних дозволили провести комплексну оцінку характеру та динаміки процесів нагріву і охолодження розглянутих типів теплоакумуючих елементів та надати практичні рекомендації щодо вибору твердих ТАМ.

До нових наукових результатів слід віднести також розроблену на основі аналізу та узагальнення отриманих експериментальних даних методику теплотехнічного розрахунку ЕТА, в якій врахована динаміка зміни теплових характеристик акумулятору в режимах нагріву і охолодження.

Вперше встановлені залежності, за допомогою яких можливо визначити

значення надлишкової температури теплоакumuлюючих елементів, виготовлених із різних вогнетривких матеріалів, з урахуванням темпу їх охолодження. Таким чином, в роботі отримано нові результати, які уточнюють та доповнюють відомі розробки, що пов'язані з застосуванням теплових акумуляторів в системах опалення.

Практичне значення результатів дисертаційної роботи полягає у тому, що вони можуть бути використані при проведенні конструкторських і науково-дослідних робіт при розробці систем електроопалення з поліпшеними експлуатаційними показниками. Важливе значення має отримана інформація щодо характеру розподілу температур для каналів різного перетину та при застосуванні додаткових сталевих пластин, що сприяє збільшенню темпу нагріву елемента. Визначено кількісні параметри для опису впливу геометричних характеристик і режимних факторів на умови теплообміну в елементі та його динамічні характеристики в процесі нагріву та охолодження. Отримані автором аналітичні вирази для визначення надлишкової температури теплоакumuлюючих елементів із шамотних та магнезитних вогнетривів можуть бути використані при проведенні розрахунків електричних систем опалення з ТА. Результати досліджень доповнюють відомі теоретичні розробки з цієї тематики та будуть корисними при проектуванні систем опалення з твердотільними тепловими акумуляторами.

Автором було запропонована конструкція елементів для ЕТА з каналами круглої форми, що дозволить підвищити теплову ефективність їх роботи з одночасним зниженням вартості теплоакumuлюючого елемента. Слід зазначити, що строк окупності запропонованих ЕТА з шамотними елементами не перевищує одного опалювального сезону, що підтверджує перспективність та доцільність широкого використання подібних систем. Таким чином, можна зробити висновок про перспективність використання ЕТА для систем опалення з урахуванням їх високої ефективності, простоти виготовлення та легкості регулювання.

Важливе практичне значення має розроблена здобувачем уточнена методика теплового розрахунку ЕТА. Дана методика може бути використана в проектних організаціях та в учбовому процесі технічних навчальних закладів при підготовці спеціалістів–теплоенергетиків. Результати досліджень використано при модернізації системи опалення окремих приміщень Інституту відновлювальної енергетики НАН України та при проектуванні системи опалення багатопверхового будинку, про що свідчить відповідний акт використання наукових результатів.

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях. Матеріали дисертаційної роботи опубліковано в 13 наукових роботах, дев'ять з яких – без співавторів. В період з 2011 по 2016 рр.

результати виконаних досліджень пройшли достатню апробацію на Міжнародних науково-технічних конференціях та семінарах. Кількість публікацій за результатами досліджень відповідає вимогам МОН України щодо кандидатських дисертацій.

Автореферат є ідентичний за змістом з викладеними положеннями дисертаційної роботи та достатньо повно відображає наукові результати, отримані здобувачем.

По змісту дисертації і автореферату є зауваження:

1. В огляді літературних джерел за темою дисертаційної роботи іноді наводиться простий перелік публікацій без самостійного аналізу і відповідних висновків, наприклад, [43-50] на с. 22, [1, 2, 4, 5, 21, 64, 69] на с. 29.

2. Аналізуючи роботу [70], здобувач приходить до висновку про неможливість застосування математичної моделі для розрахунку теплових процесів в насадці доменних повітрянагрівачів для теплових акумуляторів. Але слід зазначити, що форма і розмір каналів в насадці, швидкість руху повітря співпадає в обох випадках. Крім того, насадка виконується з однакових матеріалів – шамот або динас. Діапазон температур підігріву повітря в регенераторах співпадає з температурним режимом роботи теплових акумуляторів. Тому необхідно було більш детально обґрунтувати висновки щодо неможливості застосування даної математичної моделі.

3. В підрозділі 2.3 для всіх розрахункових варіантів площа перерізу каналів підбиралася за умов її еквівалентності поперечному перерізу стандартного теплового акумуляючого елемента. Вважаю, що було б доцільним також розглянути елементи з трьома або чотирма каналами круглої форми діаметром 0,035 м, що дозволило б збільшити питому поверхню нагріву та підвищити таким чином ефективність роботи ТА.

4. На рис. 2.8, а, б наведено розподіл температурних полів в магнезитовому теплоаккумуляючому елементі наприкінці режиму віддачі теплоти з різною формою каналів. Для випадку з двома круглими каналами (рис. 2.8, б) спостерігається повністю симетричне поле температур. Тоді як для каналів прямокутної форми (рис. 2.8, а) можна побачити нерівномірність розподілу температур в області верхнього каналу. З тексту підрозділу не зрозуміло, чим саме пояснюється така нерівномірність?

5. При проведенні моделювання теплових процесів в елементах з круглими каналами (підрозділ 2.4, с. 49) вказується, що розрахунковий крок за часом складає 1 годину згідно рекомендаціям [90]. Автору дисертаційної роботи необхідно було навести конкретні розрахунки, що підтверджують обґрунтованість вибору часового інтервалу.

6. В розділі 4 на сторінці 103 наведено залежності для визначення коефіцієнтів теплопровідності та теплоємності вогнетривких матеріалів в

залежності від температури. При цьому автор роботи посилається на джерело [103], що є статтею самого здобувача. Тому в дисертації бажано було навести посилання не на свою статтю, а на первинне джерело інформації щодо визначення теплофізичних властивостей вогнетривів.

7. Деякі рисунки та таблиці з розділу 3, що не несуть основної інформації щодо змісту розділу, доцільно було б привести не в тексті роботи, а у додатках. Це стосується рисунків 3.2, 3.4, 3.5, 3.7 та табл. 3.8, 3.9.

8. В тексті дисертації зустрічаються викладання загальновідомих положень та формул. Так зокрема, декілька разів приводиться вираз для визначення середньологарифмічного температурного напору (с. 36, 90), формули для визначення критеріїв Біо, Фур'є, Рейнольдса (с. 37, 93); коефіцієнту теплопровідності (с.94), у чому немає ніякої потреби.

9. Одним з важливих результатів дисертаційної роботи є створення на основі аналізу та узагальнення отриманих експериментальних даних методики теплотехнічного розрахунку ЕТА. Розроблена автором методика досить докладно викладена в підрозділі 4.6 «Теплотехнічний розрахунок ЕТА» на с.99-109. Але ця назва не дає повної уяви про отримані результати, тому доцільніше було змінити її на іншу, наприклад, «Розробка методики теплотехнічного розрахунку ЕТА».

10. В підрозділі 3.5 наряду з графіком, який відображає порівняння результатів експериментального та розрахункового досліджень, доцільно було представити ці дані також у вигляді таблиці, що дозволило б більш наглядно оцінити отримані результати.

Загальні висновки

На основі розгляду дисертації, автореферату і наукових публікацій здобувача вважаю, що представлена до захисту дисертаційна робота «Підвищення ефективності роботи твердотільних електротеплових акумуляторів шляхом удосконалення їх динамічних характеристик» виконана на актуальну тему та є закінченим науковим дослідженням. Зроблені зауваження дещо знижують наукову цінність роботи, але дозволяють в цілому позитивно оцінити дисертаційну роботу Хіменко О.В., так як вона містить нові, науково обґрунтовані результати, що спрямовані на вдосконалення конструкції та режимів роботи твердотільних електротеплових акумуляторів.

Дисертаційна робота має прикладну направленість, що підтверджується відповідними актами впровадження. Результати досліджень також використані в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут» при викладанні ряду дисциплін. Автореферат і дисертаційна робота написані відповідно до сучасних вимог до науково-технічних текстів, висновки по роботі відображають всі отримані автором результати. Текст автореферату повністю відповідає змісту дисертаційної роботи. Зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності 05.14.06.

Вважаю, що представлена до захисту дисертація відповідає вимогам п. 9, 11 та 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння наукового звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567, а її автор Хіменко Олексій Вікторович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

Офіційний опонент
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри теплотехніки
та енергоефективних технологій
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»

О.В. Кошельнік

Підпис к.т.н., доцента Кошельніка О.В. підтверджую,
Вчений секретар НТУ «ХПІ», к.т.н.

О. Ю.Заковоротний

