

ВІДГУК

офіційного опонента - доктора технічних наук, професора

Нагурського Олега Антоновича

на дисертаційну роботу

Щербини Валерія Юрійовича

«Розвиток теорії та удосконалення технологічних процесів при виробництві будівельних матеріалів у високотемпературних агрегатах», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології

Актуальність теми дисертаційної роботи

Високотемпературні теплові агрегати, що використовуються в будівельній промисловості є складною технологічною системою, що поєднує в собі фізико-хімічний реактор і топкову камеру, в яких одночасно протікають взаємозв'язані аеродинамічні, хімічні, теплові, механічні та інші процеси. Розвиток та створення наукових теорій і методології математичного моделювання, для комплексного дослідження вказаних процесів, дасть змогу досліджувати технологічні системи методом обчислювального експерименту, підвищити якість їхнього проектування й керування, оптимізувати режими процесів і конструктивні параметри встаткування, а також поліпшити техніко-економічні показники, що сприяє заощадженню енергетичних і матеріальних ресурсів та захисту навколишнього середовища. Тому актуальність обраної дисертантом теми «Розвиток теорії та удосконалення технологічних процесів при виробництві будівельних матеріалів у високотемпературних агрегатах» не викликає сумнівів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дослідження, що наведені в дисертації, відповідають науковому напряму Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» і пріоритетним напрямам розвитку науки і техніки в Україні та пов'язані з виконанням багатьох прикладних і держбюджетних тем, у виконанні яких здобувач брав безпосередню участь.

Короткий аналіз змісту дисертаційної роботи

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та задачі досліджень, викладено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, надано відомості про зміст роботи і структуру її побудови, апробацію, публікації і особистий внесок автора.

У першому розділі міститься літературний огляд, аналіз сучасного стану та напрямків розвитку високотемпературних агрегатів в промисловості будівельних матеріалів. Зокрема, наводяться загальні відомості про світове виробництво цементу, особливості сучасних технологічних ліній та обладнання. Проведений аналіз наявних технологічних систем та математичних моделей, що використовуються при дослідженні та розрахунках теплових агрегатів. Вказані їх переваги та недоліки і показана

доцільність розробки спеціалізованих математичних моделей. Виконано огляд робіт, присвячених дослідженням запічних теплообмінників та випалювальних печах, проаналізовані методи розрахунку і засоби вдосконалювання. Сформульовані напрямки дослідження в дисертаційній роботі.

У результаті проведеного системного аналізу типових технологічних процесів та стану високотемпературних енергоємних теплових агрегатів встановлено, що існуючі технології та їх обладнання не в повній мірі задовольняють сучасним вимогам підвищення якості продукції та продуктивності, і характеризуються значною енергоємністю робочого процесу. Сформульовано концептуальну модель та напрямок можливого виконання математичних моделей, для комплексного дослідження енергоємних високотемпературних обертових теплових агрегатів, з врахуванням єдності апаратурно-технологічного оформлення процесів і системного підходу.

У другому розділі розглянуті та описані розроблені математичні моделі, алгоритми та програмне забезпечення для дослідження руху дисперсійного середовища в вихрових циклонних апаратах в криволінійній неортогональній системі координат з використанням рівнянь Нав'є – Стокса в змінних Гельмгольца з врахуванням колової швидкості, тиску, енергії. Досліджено вплив на результати розрахунку коефіцієнту збурення χ для моделюванні явищ турбулентності за великих значень критерію Рейнольдса ($1.0E5$). Для стійкості рішення, незалежно від величини кроку сітки, розроблено визначення конвективних членів вперед, якщо швидкість хвилі негативна і назад, коли позитивна. Для апробації методики та алгоритмів розрахунку отримані значення перевірені шляхом розв'язання контрольної-тестової задачі для яких відомі результати фізичного експерименту або достовірні теоретичні дані.

Розроблено розрахункову схему, виконано розрахунки теплообмінника. У результаті чисельних експериментів для різних варіантів теплообмінників визначені складові швидкості потоку, температури, тиску, функції току.

У третьому розділі досліджується процеси сепарації матеріалу в теплообміннику. Розвинуто теоретичні основи та сформульована узагальнена модель розподілу аерозольної системи з використанням збірників частинок поділюваних мас.

Виконане наукове обґрунтування механізму диспергування частинок матеріалу в теплообмінниках з врахуванням температурних напружень та внутрішнього тиску в частинках дисперсної фази. Розроблено методику та виконаний розрахунок розділової здатності теплообмінника з урахуванням явища зіткнення частинки з перешкодою.

Запропонована методика числового моделювання вторинного винесення з робочої зони вихрового теплообмінного апарату на основі аналізу процесів руху та сепарації аерозольних частинок в закрученому газодисперсному потоці.

Створені програмні комплекси дали можливість збільшити точність розрахунку, визначити швидкість, траєкторію руху та час перебування матеріалу в теплообміннику. Виявлені потенційні можливості підвищення ефективності за рахунок встановлення закономірностей руху частинок та їх взаємодії з робочими органами вихрового апарату, запропоновані технічні рішення.

У четвертому розділі розглядається моделювання теплових процесів в обертових

печах. Побудована концептуальна узагальнена математична модель технологічної системи для моделювання теплових процесів в обертових печах. Розроблені алгоритми та програми розрахунку дозволяють досліджувати процеси, що протікають в печі у процесі термообробки матеріалу. Ряд технологічних, конструктивних та інших факторів вводяться як змінні, що дає можливість застосовувати їх як базові для моделювання різних процесів термообробки в обертових печах барабанного типу. Для рішення з метою підвищення точності моделювання задач використовується система нелінійних та чисельних рівнянь із застосуванням вибраного алгоритму. У такому випадку тепловий агрегат розглядалася як сукупність областей, визначених енергетичними зонами.

Розвинуто методи та алгоритми розв'язку для розрахунків процесів теплообміну високотемпературних обертових агрегатів з врахуванням радіаційних теплових потоків з суміжних зон. Визначено та проаналізовано складові компоненти теплообміну в робочому просторі печі. Отримані рішення дають можливість вдосконалювати технологію, знаходити раціональні технологічні режими, конструктивні рішення, з забезпеченням стабільної роботи обладнання.

Отримані залежності для дослідження впливу основних параметрів горіння газів різного хімічного складу, що дозволяє обґрунтовано підходити до вибору умов його спалювання.

Вивчено та досліджено можливості використання як палива обертової печі сланцевого газу заданого хімічного складу.

У п'ятому розділі розроблена системна теорія, математичні моделі та алгоритми для розрахунку НДС обертових печей. Тепловий агрегат розглядається у взаємозв'язку та взаємозалежності з вихідними даними, та конструктивними елементами в синтезованій системі «матеріал – робоче середовище – футерівка – корпус –зовнішнє середовище».

У результаті числового експерименту отримані дані, які дозволяють аналізувати умови роботи корпусу, його складових елементів, футерівки та визначати можливість ефективності їх використання при зміні конструктивних розмірів і фізично-механічних властивостей, а також ефективність роботи як конструктивного та теплового елементу печі.

Розроблена математична модель та алгоритми дають змогу в процесі числового експерименту моделювати не тільки НДС конструкції в цілому але й можливості руйнування та виникнення відколювання у вогнетривах футерівки. Встановлено, що руйнування вогнетриву відбувається не безпосередньо на робочій поверхні футерівки, а на відстані 40-80 мм від зовнішньої поверхні в залежності від температури футерівки. Ці закономірності підтверджуються практичним досвідом. Запропоновані технічні рішення для запобігання вказаних явищ.

Висновки відтворюють узагальнену оцінку результатів наукових досліджень, наведених в дисертаційній роботі.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації підтверджується використанням класичних методів досліджень (фундаментальних законів механіки суцільного середовища та термодинаміки). Дослідження виконані з використанням достовірних гіпотез і адекватних математичних моделей, зв'язаних системами рівнянь механіки суцільного середовища, використанням апробованого математичного апарату числових методів МСЕ і МСР, розроблених числових методиках, алгоритмах і програмному забезпеченні з використанням сучасної апаратури і статистичних методів обробки даних.); коректністю постановки задач, що розв'язуються; задовільною збіжністю результатів теоретичних розрахунків досліджуваних процесів та експериментальних даних.

Достовірність висновків і рекомендацій практичного характеру підтверджується використанням апробованих методик та обґрунтованим обсягом аналітичних та експериментальних досліджень.

В процесі детального аналізу дисертаційної роботи та автореферату не виявлено висновків та тверджень, що викликають сумніви.

Наукова новизна роботи

Робота має наукову новизну, яка полягає в створенні наукових основ комплексного дослідження аеродинамічного, теплового та механічного стану високотемпературних енергоємних агрегатів, із вирішенням проблеми вдосконалення технологій, пошуку раціональних режимів, конструктивних рішень і забезпеченням стабільної роботи технологічного обладнання

В роботі отримано нові науково обґрунтовані результати, серед яких вперше:

- отримані числові залежності, що описують рух дисперсійного середовища у вихрових циклонних апаратах на основі рівнянь Нав'є – Стокса в змінних Гельмгольца із врахуванням колової швидкості, тиску, енергії для криволінійної неортогональної системи координат;
- здійснено наукове обґрунтування механізму диспергування частинок матеріалу в теплообмінниках з врахуванням явищ зіткнення з перешкодою, температурних напружень та внутрішнього тиску в частинках дисперсної фази;
- визначено напружено-деформований стан (НДС) обертових печей, в яких система розглядається у взаємозв'язку та взаємозалежності з вихідними даними, і конструктивними елементами в системі «матеріал-робоче середовище-футерівка-корпус-зовнішнє середовище»;
- запропоновано новий підхід до розрахунку розділової здатності теплообмінника з обґрунтуванням зон розділення – збірників частинок поділювальних мас;

Отримали подальший розвиток:

- математична модель переміщення частинок дисперсної фази в теплообміннику з урахуванням ламінарного, перехідного та турбулентного режимів, що враховує вплив руху газів і матеріалу у вихровому потоці на траєкторію руху частинки під час поділу дисперсних фаз у теплообміннику;

- математична модель, що включає синтез нелінійних аналітичних та числових методів розрахунку і дає змогу комплексно описувати типові процеси в обертовій печі випалу, з числовим визначенням додаткових технологічних параметрів;
- комплекс математичних моделей процесу термообробки матеріалів в обертовій печі, з врахуванням радіаційного теплообміну з суміжних зон для моделювання теплової роботи печі зональним методом, що базується на застосуванні геометричних та узагальнених кутових коефіцієнтів випромінювання.

Оцінка висновків здобувача щодо значущості його праці для науки та практики

Результатом дисертаційної роботи Щербини В.Ю. є розвиток теорії і методів для моделювання та системного дослідження технологічних режимів, машин та апаратів високотемпературних енергоємних теплових агрегатів. Вирішена важлива науково-технічна проблема з розвитку теорій і створенню наукових засад для розробки нових, вдосконалення діючих технологій та прийняття науково-обґрунтованих технічних рішень з метою підвищення енергоефективності та ресурсозбереження обладнання теплових агрегатів.

На підставі отриманих результатів розроблено нові і модернізовані діючі конструкції технологічного обладнання високотемпературних агрегатів. Отримані результати роботи можуть бути застосовані для вдосконалення технологій та обладнання на підприємствах будівельної, хімічної, нафтопереробної, металургійної та інших галузей промисловості. Результати також можуть бути рекомендовані для широкого застосування в навчальному процесі.

Шляхи використання наукових та практичних результатів роботи і ступінь їх реалізації

Результати дисертаційної роботи, а саме - числові методики, методики розрахунків теплових балансів, програмне забезпечення та технічні рішення впроваджено на ВАТ «Насосенергомаш» (м.Суми), заводі "УКРГРАФІТ" (м. Запоріжжя), в ДП «НДІБМВ» (м. Київ). Загальний економічний ефект складає понад 2,9 млн. грн.

Повнота викладу наукових положень в опублікованих працях.

Основні положення дисертації опубліковані у 2 монографіях, 25 статтях у провідних наукових фахових виданнях (з них в іноземних фахових виданнях), 13 доповідей у збірниках і матеріалах праць конференцій, а також 1 авторське свідоцтво на винахід і 11 патентах на корисні моделі України.

Опубліковані матеріали дисертації в достатній мірі висвітлюють результати досліджень, що виносяться на захист.

Оцінювання змісту роботи та відповідність її встановленим вимогам.

В цілому дисертація оформлена відповідає вимогам ДСТУ 3008-95 "Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення" та вимогам нормативних документів щодо оформлення дисертацій та авторефератів.

Роботу написано хорошою літературною мовою. Автор демонструє вміння стисло і логічно викладати суть проблеми, грамотно пояснювати запропоновані рішення. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів основної частини, висновків, дев'яти додатків та списку використаних джерел. Основна частина дисертації представлена на 297 сторінках і містить 5 таблиць і 174 . Загальний обсяг роботи складає 391 сторінку, у тому числі 9 додатків на 54 сторінках і список використаних джерел з 393 найменувань на 40 сторінках.

Апробація роботи

Основні положення дисертаційної роботи доповідалися і отримали схвальні відгуки на: Міжнародній науковій конференції «International Scientific Conference “UNITECH” GABROVO’09» (Габрово, Болгарія, 2009, 2010, 2011, 2012), Міжнародній науковій конференції «Математическое моделирование в механике сплошных сред. Методы граничных и конечных элементов» (Санкт-Петербург, Росія, 2005, 2007, 2009), Міжнародній науковій конференції «Материалы и покрытия в экстремальных условиях.» (Крым, 2010), Міжнародних конференціях “Матеріали для роботи в екстремальних умовах -3,6” (Київ, 2010, 2016).

Апробацій і публікацій достатньо.

Недоліки та зауваження до дисертації та автореферату.

1. Чому у процесі аналізу крихкого руйнування твердої прийнято, що вона може розділитися на дві частинки кулястої форми?

2. Чи використовувався інші критерії крім П.П.Баландіна для визначення сколювання у вогнетривах?

3. Як розуміти вторинне винесення в довільному місті теплообмінника.

4. В роботі не вказано де можливо використовувати розроблені програми. Наприклад розрахунок гідроциклону.

5. Режим теплообміну між матеріалом та футерівкою нестационарний за рахунок обертання печі. Чому розглядається квазістационарний режим теплообміну?

6. В роботі вказано про можливість застосування явних та неявних методів під час числових розрахунків. Не зрозуміло який використовувався та на чому ґрунтується вибір?

7. В дисертації не вказано чи розглядалось питання визначення ресурсу роботи вогнетривів футерівки печі з врахуванням циклічних навантажень.

8. Відомо, що в різних енергетичних зонах печі встановлені різні типи вогнетривів які відрізняються фізично-механічними характеристиками. В роботі не зазначено чи це враховувалось в розрахунках.

9. На рис.4 автореферату не вказано яка відстань маєтсья на увазі.

Наведені зауваження не знижують загального позитивного враження від дисертації, її наукової та практичної цінності.

Висновок

Дисертаційна робота Щербини Валерія Юрійовича на тему «Розвиток теорії та удосконалення технологічних процесів при виробництві будівельних матеріалів у високотемпературних агрегатах» відповідає паспорту спеціальності 05.17.08 - процеси та обладнання хімічної технології. Дисертаційна робота є закінченим науковим дослідженням, присвяченим вирішенню актуальної народно – господарської проблеми: вдосконалення технологій, розробки науково-обґрунтованих технічних рішень для проектування, визначення раціональних параметрів, забезпечення стабільної роботи і мінімізації енергоємності комплексу високотемпературних пічних агрегатів і обладнання. Отримані автором результати достовірні, виявлені факти та висновки обґрунтовані. Автореферат за структурою і змістом відповідає дисертації.

Результати наукових положень, за якими здобувач захистив кандидатську дисертацію, не виносяться на захист його докторської дисертації.

Вважаю, що за своїм науковим рівнем робота відповідає вимогам п. 9, 10 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.17.08 – «Процеси та обладнання хімічної технології», а здобувач Щербина Валерій Юрійович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за вказаною спеціальністю.

Офіційний опонент

Доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри цивільної безпеки
НУ "Львівська політехніка",

О.А. Нагурський

Підпис О.А.Нагурського засвідчую
Вчений секретар НУ «Львівська
політехніка», доцент



Р.Б.Брилинський