

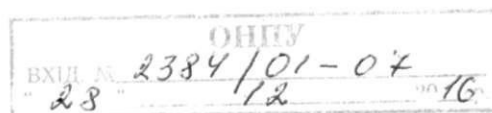
ВІДГУК

офіційного опонента Павленко Анатолія Михайловича на дисертаційну роботу **Мниха Антона Сергійовича** «Підвищення енергоефективності теплових процесів згрудкування сипучих матеріалів при інтенсифікації сегрегації у стаціонарних шарах», що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.14.06–Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика

1. Актуальність обраної теми

Тема дисертаційної роботи здобувача Мниха А.С. є важливою та актуальною для промисловості України, завдяки своїй спрямованості на вирішення комплексної проблеми енергозбереження, підвищення якості згрудкування сипучого матеріалу, ресурсозбереження та захисту навколишнього середовища. Розробки дисертаційної роботи відповідають напрямкам розвитку промисловості, що визначені в «Концепції Державної цільової науково-технічної програми розвитку та реформування гірничо-металургійного комплексу України на період до 2020 року» та пов'язані з регіональними програмами підвищення енергоефективності промисловості та зниження споживання енергоресурсів промисловорозвинених регіонів країни. Дисертація базується на результатах держбюджетної науково-дослідної роботи (№ державної реєстрації 0115U003176), в якій автор був відповідальним виконавцем. Дослідження, результати яких наведені у роботі, проводились на основі двосторонніх договорів щодо науково-технічного співробітництва: № 20/2013/1065 від 08.05.2013 з ВАТ «Запоріжсталь» й №12-1с/2015 від 15.04.2015 з ПАТ «Запорізький абразивний комбінат».

Завдяки поширенню агломераційних та випальних машин конвеєрного типу в металургійній галузі України, експортної спрямованості цих підприємств, розробки, які наведені в дисертаційній роботі, суттєво підвищують конкурентоспроможність металопродукції, в тому числі, за рахунок зниження енерговитрат.



Актуальність дисертаційної роботи пов'язана з вирішенням проблеми стабілізації температурного режиму теплової обробки сипучого матеріалу зі зниженням споживання твердого палива та кількості шкідливих речовин, що супроводжує будь-який високотемпературний процес.

Запропоновано сучасний актуальний напрям вирішення поставлених задач за рахунок раціонального керування процесами тепломасопереносу, газодинаміки та сегрегації у агломераційних та випальних машинах конвеєрного типу.

Зважаючи на вищенаведене, слід визнати роботу пошукача Мниха А.С. на тему «Підвищення енергоефективності теплових процесів згрудкування сипучих матеріалів при інтенсифікації сегрегації у стаціонарних шарах» сучасною, актуальною, спрямованою на вирішення задач розвитку науки та техніки в Україні.

2. Ступінь обґрунтованості, достовірності наукових положень, висновків, рекомендацій забезпечена коректним використанням опрацьованих математичних методів і доведена порівнянням результатів моделювання з експериментальними даними. Обґрунтованість наукових досліджень і висновків базується на аналізі значної кількості емпіричних даних, отриманих автором в лабораторних і промислових умовах, а також при порівнянні з матеріалами інших дослідників.

При розробці наукових положень, висновків і рекомендацій автор дисертації спирається на фундаментальні положення класичних методів теплофізики, гідрогазодинаміки, термодинаміки та тепломасообміну.

Чисельні рішення диференціальних рівнянь з відповідними умовами однозначності використовувалися для математичного моделювання процесів горіння палива, руху пічних газів і теплообміну в сипучому матеріалі під час його теплової обробки. Обробка результатів експериментів проводилася за допомогою відомих статистичних методів. Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується результатами фізичного

моделювання.

Таким чином, наукові положення, теоретичні висновки та практичні рекомендації в дисертаційній роботі є достатніми і належним чином обґрунтованими і не викликають сумнівів.

3. Наукова новизна одержаних результатів.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в наступному.

Автором теоретично обґрунтована можливість ефективного управління процесами тепло- та масообміну за рахунок управління сегрегаційними процесами в агрегатах конвеєрного типу. Результати математичного моделювання та впровадження їх у виробництво підтвердили наукові положення дисертації, технічні рішення та висновки досліджень.

Отримали подальший розвиток наукові основи ідентифікації структури шару сипучого матеріалу, що вперше дозволило у динаміці встановлювати розподіл твердого палива й хімічних компонентів по висоті сформованого шару.

В роботі експериментально підтверджено вплив сегрегаційних процесів на структуру шару й стабілізацію температури зони горіння у раціональному діапазоні температур 1280...1340° С при агломерації залізородних матеріалів й 1290...1380° С при агломерації бокситів, що забезпечує утворення дрібнопористого, легковідновлюваного агломерату з достатньою міцністю.

В дисертації вперше отримано залежності, що характеризують розподіл потужності джерел теплової енергії (горіння палива, ендо- та екзотермічні реакції при спіканні й т.д.) по висоті й ширині шару, що дозволило встановити раціональний розподіл твердого палива, тим самим забезпечуючи стабілізацію максимальної температури зони горіння. Встановлено процентне співвідношення складових джерел теплової енергії процесу спікання.

Визначено комплексний вплив фізико-хімічних параметрів (температура, вологість, крупність) на коефіцієнт теплопровідності сипучого матеріалу. Запропоновано використання середньозваженого коефіцієнта теплопровідності, встановлено його чисельні значення залежно від інтервалу варіювання ступеня

впливу r_i вказаних параметрів.

Встановлено закономірності зміни коефіцієнта тепловіддачі по висоті шару від ступеня розділення класів крупності сипучого матеріалу, що обумовлено типом завантажувальної системи, яка використовується. При завантаженні залізородного матеріалу вібраційним живильником, відбувається ослаблення зв'язків між частками сипучого матеріалу, що підсилює сегрегаційні процеси у шарі, коефіцієнт α_v у даному випадку змінюється по функції близькій до експоненціальної у межах 2800...9500 Вт/(м³·К). При використанні барабанного живильника, сегрегаційні процеси незначні, в результаті спостерігається монотонне зменшення величини коефіцієнта, для випадку залізородного матеріалу, діапазон зміни α_v склав 3300...4800 Вт/(м³·К), а бокситів 5900...7200 Вт/(м³·К). Останнє зв'язано з більшим розміром часток бокситового матеріалу.

4. Практична цінність дисертації. На підставі опрацьованих в дисертаційній роботі наукових положень досягнуті наведені нижче практичні результати.

Впровадження нової технології завантаження матеріалу на базі конструкції зіскладного двоступеневого завантажувального лотка (Патент України на корисну модель №110975), який забезпечує утворення структури шару з максимально близьким до оптимального розподілом твердого палива по висоті й ширині палети з метою стабілізації температурного режиму спікання. Лоток доповнено стрілоподібною секцією з метою зменшення впливу виявлених прибортових підсосів повітря й підвищення концентрації твердого палива в цих зонах. Розрахунок економічного ефекту, що очікується в умовах ВАТ «Запоріжсталь», свідчить, що обсяг виробництва від впровадження збільшиться з 5872,9 тис. т/рік до 5902,64 тис. т/рік, вихід придатного – на 4,22% при зниженні питомої витрати палива на 9,81...15,14%. Загальний економічний ефект склав до 45 млн. грн./рік з шести агломашин для умов аглофабрики підприємства (станом цін на енергоносії на 09.2016 р.).

Впровадження технології завантаження на базі конструкцій завантажувальних вузлів для процесів агломерації бокситової шихти в умовах ПАТ «Запорізький абразивний комбінат» та випалу залізородних котунів (Патент України на корисну модель №104024), для умов ЦГОК м. Кривий-Ріг. Розроблено методику розрахунку конструктивних характеристик завантажувальних вузлів, яка дозволяє забезпечити формування структури матеріалу підготовленого до термообробки з заданими газодинамічними характеристиками й необхідним розподілом фізико-хімічних компонентів.

Важливим здобутком є розробка методології розрахунку продуктивності чотиривалкової дробарки для вирішення завдання раціоналізації процесу подрібнення твердого палива, з метою збільшення виходу кондиційної фракції (0,5-3 мм). Запропоновано нову схему подрібнення, яка ліквідує шкідливе подрібнення кондиційної фракції палива зі зменшенням частки стираючих навантажень при подрібненні..

Розроблено алгоритм й програмне забезпечення для вирішення завдання оптимізації структури шару агломераційної шихти. За допомогою програми й математичного моделювання здійснено розрахунок кутів нахилу завантажувальних площин зіскладного лотка, що дозволило забезпечити максимально близьке до необхідного розподілення твердого палива по горизонтах й зниження газодинамічного спротиву шару матеріалу.

Наукові розробки по стабілізації теплового режиму процесу спікання залізородних й бокситових матеріалів знайшли відображення у патентах України на корисні моделі № 104024 й №110975, а також прийняті до використання ВАТ «Запоріжсталь» та ПАТ «Запорізький абразивний комбінат». Проектні рішення щодо усунення нерівномірної теплової обробки залізородних котунів використані Асоціацією «ЕНЕРГОИНТЕХ». Розробки, наведені у дисертації, використані у навчальному процесі кафедр металургії, енергоефективності енергозабезпечення, теплоенергетики й автоматизованого керування технологічними процесами Запорізької державної інженерної

академії.

5. Повнота викладення результатів роботи в опублікованих працях.

Основні наукові положення та практичні результати роботи викладені в 39 публікаціях, з яких у спеціалізованих наукових виданнях, які входять до відповідного Переліку наукових фахових видань України та в наукових періодичних закордонних виданнях, опубліковано 27 праць (з них 12 - одноосібні), 10 тез доповідей, з них: в 2-х матеріалах і працях зарубіжних міжнародних конференцій (одноосібні), в 2-х матеріалах міжнародних конференцій в Україні (одноосібні). Отримано 2 патента України на корисну модель.

В зазначених публікаціях особистий внесок Мниха А.С. полягає в проведенні досліджень з вивчення сегрегаційних процесів у шарі полідисперсної агломераційної шихти; проведенні експериментів по встановленню газодинамічних характеристик шару полідисперсної шихти; у розробці рішень з підвищення енергоефективності процесу підготовки твердого палива; у встановленні закономірностей зміни коефіцієнта тепловіддачі по висоті шару; розробці й проведенні експерименту зі встановлення хімічного складу гранул шихти; розробці алгоритму оптимізації структури шару сипучого матеріалу; розрахунку обсягів скорочення шкідливих викидів у атмосферу за рахунок зниження споживання палива.

Зазначені опубліковані праці по темі дисертації в повній мірі відображають основні положення і результати досліджень. Кількість робіт, їх обсяг відповідає загальним вимогам до докторських дисертацій. Зміст автореферату повністю відповідає основним положенням дисертації Мниха Антона Сергійовича «Підвищення енергоефективності теплових процесів згрудкування сипучих матеріалів при інтенсифікації сегрегації у стаціонарних шарах».

6. Завершеність дисертаційної роботи. Щодо завершеності дисертації в цілому, то можна відмітити, що дисертація є завершеною науковою

роботою, яка складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 263 найменувань та восьми додатків.

Основний матеріал викладено на 309 сторінках машинописного тексту з урахуванням 112 малюнків й 29 таблиць. Загальний обсяг роботи складає 354 сторінки.

У вступі обґрунтовується актуальність теми дисертаційної роботи та її зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Сформульовані мета та завдання досліджень, наукова новизна, практична цінність отриманих результатів. Визначені об'єкт та предмет дослідження, наведено методи дослідження, особистий вклад здобувача в надрукованих працях; надається інформація щодо апробації результатів дисертаційної роботи та їх висвітлення у публікаціях.

У першому розділі дисертаційної роботи для вирішення поставлених завдань автором наведено аналіз літературних джерел щодо сучасного стану процесів теплової обробки сипучих матеріалів у масштабі вітчизняної та світової практики, представлено огляд напрямків удосконалення роботи машин конвеєрного типу. Виділено основні завдання розвитку теорії теплової обробки стаціонарних шарів сипучих матеріалів: скорочення обсягів використання енергетичних ресурсів, зокрема твердого палива, з метою зниження собівартості продукції; дослідження умов завантаження матеріалу й сегрегаційних процесів в ньому, з метою покращення газодинамічних характеристик високих шарів й зменшення навантаження на тягодутьове обладнання конвеєрних машин; отримання продукції високої якості з урахуванням зниження рівня шкідливих викидів й мінімального негативного впливу на навколишнє середовище.

Другий розділ дисертаційної роботи присвячено математичному опису теплообмінних процесів, що протікають у стаціонарних шарах моно- та полідисперсних матеріалів з урахуванням внутрішніх джерел теплової енергії.

Третій розділ присвячено дослідженню сегрегаційних процесів у шарі полідисперсної шихти й встановлено їх вплив на тепловий режим агломерації

залізорудного матеріалу.

Запропоновано методику автоматичного розрахунку гранулометричного складу шихти, яка має достатню точність й може використовуватись у системі керування процесом завантаження агломації з метою забезпечення необхідної сегрегації шихти по висоті шару на аглострічці.

У четвертому розділі наведені результати досліджень, спрямованих на стабілізацію теплових режимів теплової обробки шарів бокситової шихти й залізорудних котунів. Зроблено висновок, що з метою забезпечення рівномірного випалу котунів різного розміру, необхідно забезпечити розподіл класів крупності котунів й їх диференційоване завантаження по висоті шару. Це дозволить усунути недостатній випал крупних гранул, які потрапляють у нижні горизонти шару, за рахунок нерівномірності їх температурно-часової обробки. Останнього можна домогтися за рахунок використання принципово нових конструкцій завантажувальних пристроїв сирих котунів на поверхню палет конвеєрної машини. Зроблено висновок, що з метою забезпечення рівномірного випалу котунів різного розміру, необхідно забезпечити розподіл класів крупності котунів й їх диференційоване завантаження по висоті шару. Це дозволить усунути недостатній випал крупних гранул, які потрапляють у нижні горизонти шару, за рахунок нерівномірності їх температурно-часової обробки. Останнього можна домогтися за рахунок використання принципово нових конструкцій завантажувальних пристроїв сирих котунів на поверхню палет конвеєрної машини.

У п'ятому розділі вирішено завдання 9-12, розглянуто підходи щодо вдосконалення механізмів підготовки шару сипучого матеріалу до теплової обробки. Запропоновано методику дослідження динаміки процесу формування шару полідисперсного сипучого матеріалу підготовленого до спікання.

Загальні висновки містять основні результати дисертаційної роботи, які достатньо повно характеризують головні результати виконаного науково-

практичного дослідження.

7. Оформлення дисертації відповідає вимогам ДСТУ 3008-95 “Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення” та вимогам ДАК України.

Оцінка структури та стилю викладення матеріалу.

Дисертаційна робота за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України. Проведені дослідження та отримані результати взаємоузгоджені. Викладення наукових положень, результатів та висновків здійснено аргументовано. Стиль викладу матеріалу наукових досліджень забезпечує легкість і доступність їх сприйняття.

8. Зауваження до дисертаційної роботи та автореферату

По представленій дисертації вважаю за необхідне зробити наступні зауваження:

1. Друге рівняння системи (2.1) автореферату записано не коректно.
2. В рівнянні (2.33) замість Q (стор.91) повинна бути питома об’ємна щільність теплового потоку.
3. На стор. 131 записані рівняння для визначення вмісту хімічних компонентів в залежності від гранулометричного складу. Не зрозуміло який саме розмір d_i слід враховувати в зазначених рівняннях.
4. В роботі (п. 2.3) з метою встановлення значень коефіцієнта теплопровідності, що входить у системі рівнянь (2.21) залежно від впливу фізичних величин (температура, вологість, розмір) здійснено заміну змінної $\lambda(T, W, d)$ на середньозважене значення коефіцієнта теплопровідності λ_{Σ} . Бажано навести обґрунтування інтервалів варіювання ступеня впливу $r_i(W) = 0,58 \div 0,41$, $r_i(d) = 0,22 \div 0,17$, $r_i(T) = 0,2 \div 0,42$ вказаних фізичних величин на коефіцієнт теплопровідності.

5. В дисертації автор посилається на те, що на базі досліджень Карабасова Ю.С. отримані залежності часу вигорання часток кондиційного розміру антрацитового штибу й косової дрібноти (п. 3.4). Проте не наводиться методика проведення досліджень. Є лише посилання на публікацію автора ([53] Карабасов, Ю. С. Использование топлива в агломерации [Текст]/ Ю. С. Карабасов, С .М. Валавин. - М.: Металлургия, 1976. – 264 с.).

6. При складанні елементарних теплових балансів процесів агломерації залізорудних та бокситових матеріалів, спостерігається значно більше споживання теплоти шаром бокситів, що потребує більшого споживання твердого палива на процес спікання. Чим обумовлене це явище?

7. У п'ятій главі (п. 5.4) наводяться характеристики газодинамічного опору високого шару полідисперсного матеріалу. На рис. 5.30, 5.31 наведено втрати тиску у шарі при зміні кутів нахилу завантажувального пристрою, не пояснюється наявність екстремуму функції при значенні кутів нахилу α_1 (51°), α_2 (47°).

8. При управлінні сегрегаційними процесами на палеті конвеєрної машини дисертантом пропонується раціональний розподіл твердого палива, як по висоті так і по ширині шару. Залишається не ясним, яким чином пропонується реалізувати вказаний горизонтальний розподіл палива. Чим обумовлена необхідність підвищеною концентрації палива у прибортових зонах?

Оформлення дисертації відповідає ДСТУ 3008-95 "Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення" та вимогам Атестаційної колегії МОН України. Мова і стиль викладання дисертації і автореферату чітко висвітлюють одержані науково-практичні результати, позначені метою досліджень.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Мниха А.С. виконана на сучасному науково-

технічному рівні. Автором на основі розвитку наукових основ теплотехнічних процесів зрудкування сипучих матеріалів виконано теоретичне узагальнення і отримано комплексне рішення важливої науково-прикладної проблеми – зниження витрат твердого палива і підвищення виходу придатного при агломерації залізородних, бокситових матеріалів та випалу залізородних котунів, за рахунок формування шару, підготовленого до теплової обробки, з заданим хіміко-гранулометричними характеристиками. В роботі розроблено методологію розрахунку конструктивних характеристик завантажувальних вузлів та оптимального розподілу фізико-хімічних компонентів матеріалу, що забезпечує стабілізацію теплового режиму термообробки.

Автореферат цілком відображає основні положення дисертації.

Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.14.06–технічна теплофізика та промислова теплоенергетика, а також вимогам пунктів 9, 10, 12, «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 19.08.2015 р. № 656, а її автор, Мних Антон Сергійович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук.

Офіційний опонент:

Завідувач кафедри теплогазопостачання,
вентиляції та теплоенергетики

Полтавського національного
технічного університету,

доктор технічних наук, професор

 А.М. Павленко

Підпис зав. каф. теплогазопостачання,
вентиляції та теплоенергетики,
проф., д.т.н. Павленка А.М. засвідчую



