

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Цюри Надії Ярославівни «Сумісний процес фільтрування та сушіння дисперсних матеріалів»**, подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології

Актуальність теми дисертації. Створення енергоощадних технологій є актуальним питанням сьогодення. В даній роботі досліджується процес фільтраційного сушіння дисперсних матеріалів, який з успіхом може бути застосований у промисловості, зважаючи на свою ефективність.

Виробництво пігментного Титану (IV) оксиду супроводжується утворенням великої кількості побічних продуктів. Проблему становлять тверді відходи, займаючи території та створюючи значну екологічну проблему. У разі вдосконалення технології сушіння покращиться і якість продукції, і вартість, і зменшиться негативний вплив на довкілля.

Залізний купорос (Fe(II) сульфат гептагідрат) є багатотоннажним відходом титанових виробництв, який накопичується і становить серйозну екологічну проблему. Одним із напрямків утилізації Fe(II) сульфат гептагідрату є виробництво залізоокисних пігментів, для яких залізний купорос є базовою сировиною, однак вдосконалення технології виробництва пігментів також є актуальним завданням на сьогодні.

На стадії «чорної фільтрації» виробництва Титану (IV) оксиду утворюються так звані органічні відходи, оскільки складаються із деревного борошна, яке виконує роль додаткового фільтрувального шару на барабанному чи на прес-фільтрі. Ці відходи становлять проблему через здатність до перегнивання та забруднення територій та стоків, у які їх часто скидають.

Отже, сушіння таких продуктів, як Ферум (II) сульфат гептагідрат, органічні відходи виробництва пігментного Ti(IV) оксиду та залізоокисний пігмент (α -FeO(OH)) є актуальним як з погляду утилізації твердих відходів, так і з точки зору подальшого використання цих продуктів в інших виробництвах.

Тільки здійснивши комплексний аналіз технології процесу сушіння, отримавши експериментальні та теоретичні гідродинамічні та кінетичні залежності процесу сушіння, можна запропонувати та обґрунтувати вибір технологічних параметрів обраного процесу та розраховувати основні конструктивні розміри сушильного апарату для забезпечення необхідної продуктивності сушильного обладнання та високої якості готової продукції.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації базується на критичному аналізі вітчизняних та іноземних джерел літератури (160

найменувань) за даною проблемою, гармонійній постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних методів досліджень, аналізі отриманих результатів та чіткому формулюванні отриманих висновків. Отримані автором результати не суперечать результатам, які отримані іншими дослідниками у цій галузі; великою кількістю результатів експериментальних досліджень; апробацією отриманих результатів на міжнародних науково-технічних конференціях. Адекватність запропонованих математичних моделей автором підтверджено експериментально.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в отриманні критеріальних залежностей гідродинаміки стаціонарного шару дисперсних матеріалів у умовах внутрішньої та зовнішньої задачі; отриманні залежностей, які дають змогу прогнозувати процес теплообміну під час фільтраційного сушіння. Досліджений вплив висоти стаціонарного шару досліджуваних матеріалів, а також температури теплового агента та швидкості фільтрування на інтенсивність процесу фільтраційного сушіння та запропоновані відповідні залежності для розрахунку тривалості процесу.

Практичне значення роботи полягає в розробленні принципової схеми та методики розрахунку установки фільтраційного сушіння для зневоднення дисперсних матеріалів. Запропонована методика розрахунку доводить доцільність її впровадження у виробництво. Практична значимість роботи підтверджується патентом України на винахід та актами прийняття цих розробок до впровадження у виробництво.

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 14 наукових праць, з-поміж яких 5 статей у наукових фахових виданнях України, 1 – у наукових періодичних виданнях інших держав, 7 – у матеріалах і тезах доповідей міжнародних конференцій та 1 патент України на винахід.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із анотації, вступу, п'яти розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 191 сторінка машинописного тексту, в тому числі 69 рисунків, 15 таблиць, список використаних джерел із 160 назв, додатків на 10 сторінках.

У **вступі** викладена стисла характеристика роботи, у якій відображені актуальність теми досліджень, мета і завдання, об'єкт і предмет дисертаційних досліджень, зв'язок з державними науково-технічними програмами та планами. Визначено наукову новизну отриманих результатів та їх практичне значення, наведено відомості про апробацію результатів роботи та публікації, вказано особистий внесок здобувача. Наведені у вступі матеріали повністю відповідають вимогам до кандидатських дисертацій і застережень не викликають.

У **першому розділі** наведений критичний аналіз джерел літератури щодо проблемних питань, пов'язаних з процесом сушіння дисперсних матеріалів. За результатами критичного аналізу стану науково-технічної проблеми сушіння відходів титанового виробництва сформульовано мету і задачі, обґрунтовано і визначено основні напрями та завдання досліджень.

Другий розділ присвячений обґрунтуванню вибору об'єктів сушіння та розробленню методики експериментальних досліджень. Представлено принципову схему експериментальної установки для дослідження: гідродинаміки, тепло- та масообміну, кінетики та динаміки видалення вологи під час фільтраційного сушіння Fe (II) сульфат гептагідрату, відпрацьованого деревного борошна та залізоокисного пігменту. У розділі наведено перелік матеріалів, експериментального обладнання та вимірювальної апаратури, які використовували в експериментальних дослідженнях. Всі методики доступно описані та опираються на нормативні документи.

У **третьому розділі** на основі узагальнення експериментальних даних отримані розрахункові залежності, що дають змогу прогнозувати втрати тиску під час фільтраційного сушіння досліджуваних матеріалів, які рекомендується використовувати на стадії проектування сушильного обладнання за подібних гідродинамічних умов.

У **четвертому розділі наведені результати** кінетики фільтраційного сушіння Fe (II) сульфат гептагідрату, відпрацьованого деревного борошна та залізоокисного пігменту. Розраховане значення теплового ефекту, яке відповідає фазовому переходу шести молекул кристалізаційної води із зразка Ферум(II) сульфат гептагідрату у середовище теплового агенту під час реалізації процесу дегідратації фільтраційним методом. Досліджено вплив швидкості руху теплового агенту на хід процесу теплообміну під час сушіння досліджуваних матеріалів. Запропоновані розрахункові залежності для визначення зміни вологовмісту Феруму (II) сульфат гептагідрату, залізоокисного пігменту та відпрацьованого деревного борошна в часі у широкому діапазоні зміни параметрів процесу фільтраційного сушіння для періоду повного та часткового насичення теплового агенту вологою.

У **п'ятому розділі** запропоновано принципову схему установки фільтраційного сушіння, яка захищена деклараційним патентом України на винахід та методику її розрахунку. Економічний ефект впровадження установки фільтраційного сушіння залізного купоросу в барабані зі шнековим живильником становить 283,34 кВт·год.

Результати дисертаційної роботи прийнято до впровадження на ДП «Аргентум» та ТЗОВ «Галвесттрейд», які підтверджують важливість отриманих результатів.

У додатках наведено результати експериментальних досліджень, акти впровадження результатів дисертаційної роботи в навчальний процес Національного університету «Львівська політехніка» та прийняття до впровадження на ДП «Аргентум» та ТЗОВ «Галвесттрейд».

Характеристика змісту та рукопису дисертації. Робота написана технічно грамотною мовою, ілюстрована графіками, схемами і рисунками, які підтверджують вирішення поставлених завдань. Оцінюючи викладення матеріалу, можна зробити висновок, що всі завдання, поставлені в першому розділі дисертації, вирішені в наступних розділах і знайшли повне відображення у висновках. За обсягом виконаних досліджень роботу можна вважати завершеною і такою, що має наукову новизну та практичну цінність.

Ідентичність змісту автореферату і основних положень дисертації підтверджується у повній мірі, автореферат містить тільки ті положення, які мають місце у тексті рукопису дисертації. Дисертаційна робота та автореферат оформлені згідно із затвердженими Вимогами до оформлення дисертації.

Разом із цим до дисертаційної роботи **Цюри Н.Я.** є такі зауваження:

1. У роботі не вивчалася статика процесу сушіння, а варто було б визначити рівноважні вологості досліджуваних матеріалів.

2. Недостатньо обґрунтований вибір параметрів, за яких проведені дослідження фільтраційного сушіння.

3. У роботі не вказано за якої температури відбувались дослідження гідродинаміки профільтровування теплового агенту крізь стаціонарний шар дисперсних матеріалів, оскільки температура впливає на фізичні властивості повітря.

4. Відсутнє пояснення, чому критична вологість для залізного купоросу та залізоокисного пігменту є величиною сталою, а у випадку сушіння деревного борошна залежить від перепаду тисків.

5. Варто було б розкрити фізичний зміст кінетичних коефіцієнтів «а» та «α» у рівнянні (4.14).

Висновок. Аналізуючи позитивний науковий доробок автора і вище відзначені зауваження вважаю за необхідне зробити такий висновок: дисертаційна робота **Цюри Н.Я.** є завершеною науково-дослідною працею, що містить вирішення важливого науково-технічного завдання з дослідження гідродинаміки, тепло- та масообміну під час сушіння фільтраційним методом Феруму (II) сульфат гептагідрату, залізоокисного пігменту та відпрацьованого деревного борошна. За актуальністю, науковою новизною, достовірністю та практичною цінністю, об'ємом та змістом дисертаційна робота відповідає вимогам пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету міністрів України № 567 від 24 липня

2013 р., а її автор – **Цюра Надія Ярославівна** заслуговує присудження їй **наукового ступеня кандидата технічних наук** за спеціальністю 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології.

Офіційний опонент

к.т.н., доцент кафедри машин та апаратів
хімічних і нафтопереробних виробництв
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

О. А. Новохат

Підпис к.т.н. Новохата О.А.

ЗАСВІДЧУЮ:

Вчений секретар

Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»



В. В. Холявко