

ВІДГУК

офіційного опонента, кандидата технічних наук, доцента кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці Вінницького національного аграрного університету **Твердохліба Ігора Вікторовича** на дисертаційну роботу **Гаска Євгена Анатолійовича** «Обґрунтування параметрів процесу очищення повітряного потоку ротаційним циклоном пересувних зернових сепараторів», що представлена до спеціалізованої вченої ради Д 64.832.04 у Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка МОН України до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва

На відгук представлені дисертація, автореферат, копії опублікованих робіт.

1. Актуальність теми дисертаційної роботи, її зв'язок з науковими програмами, планами, темами

Збільшення річного виробництва зернових в Україні до 60 млн. т є пріоритетним завданням, вирішення якого забезпечує продовольчу безпеку та сталий розвиток держави. Недостатня фактична наявність зерноочисних машин, більшість яких відпрацювала експлуатаційні строки, потребують розробки та виробництва продуктивних пересувних зерноочисних машин з ефективними технологічними процесами.

Для очищення зернових сумішей від легких домішок більшість сепараторів обладнана пневмосепарувальними каналами та аспіраційними системами.

Пиловловлювачі аспіраційних систем повинні забезпечувати очищення запиленого повітряного потоку від легких домішок та пилу на пересувних зерноочисних машинах. Існуючі конструкції пиловловлювачів не можуть забезпечити необхідну ступінь очищення повітряного потоку та нормовану запиленість обслуговуючої зони зі збільшенням продуктивності пересувних зерноочисних машин та сепараторів, що потребує реалізації відповідних технічних рішень.

Проведеним аналізом конструкцій та способів очищення повітряного потоку встановлено, що перспективним напрямком підвищення ефективності очищення запиленого потоку повітря є комбіновані пристрої різного принципу дії, застосовані в розробленому ротаційному циклоні з багатодисковим доочисником. Інтенсифікація процесу відділення повітряного потоку досягається за рахунок використання етапного очищення з проміжним

відведенням дисперсних частинок в розробленому ротаційному циклоні та доочищення повітряного потоку. Це дозволяє підвищити ефективність очищення потоку та збільшити продуктивність пересувних зерноочисних машин.

Виконання роботи відповідає: науково-дослідній роботі, що фінансуються за рахунок коштів державного бюджету «Продовольчо-зернова безпека зі створенням екологічнобезпечних, ресурсозберігаючих, енергоощадних механізованих технологій збереження і обробки врожаю і одержання високоякісних насінневих матеріалів» (ДР 0116 U 004624, 2016 – 2017 рр.); комплексної державної цільової програми «Зерно України – 2008 – 2015»; регіональних програм «Стратегія сталого розвитку Харківської області до 2020 року», «Найважливіші проблеми АПК на період до 2015 р.»; комплексної теми наукових досліджень з СВТП «Механік» м. Житомир «Підвищення ефективності процесів зернових сепараторів» (договір №14/1 від 24.11.2015 р.); науково-дослідної роботи «Обґрунтування параметрів процесу очищення повітряного потоку ротаційним циклоном зернових сепараторів» (ДР № 0115 U 002723, 2015 –2016 рр.).

Таким чином, обґрунтування параметрів технологічного процесу очищення запиленого повітряного потоку і розробка нової конструкції ротаційного циклону із застосуванням доочисника є актуальним завданням, що забезпечить підвищення продуктивності пересувних зернових сепараторів та буде сприяти сталому розвитку АПК України.

2. Наукова новизна одержаних результатів і їх значення для науки та виробництва

Наукові положення, висновки та рекомендації є обґрунтованими та достовірними, сформульовані на основі проведених автором теоретичних та експериментальних досліджень з використанням типових і запропонованих здобувачем методів.

Вперше автором встановлено взаємозв'язок конструктивно-технологічних параметрів розробленого ротаційного циклону з коефіцієнтом очищення та гідравлічним опором, що враховує етапне моделювання основного очищення запиленого повітряного потоку та його доочистку.

Вперше визначено поле швидкостей дисперсних частинок і повітряного потоку в основній робочій зоні та зоні доочистки розробленого ротаційного циклону, за допомогою побудованих рівнянь руху двофазного запиленого повітряного потоку, які враховують його фізико-механічні властивості та конструктивно-технологічні параметри ротаційного циклону.

Вперше виконаний аналіз та комплексне обґрунтування параметрів розробленого ротаційного циклону по відношенню до процесів ефективності, процесу очищення повітряного потоку, технологічних показників і фізико-механічних властивостей дисперсних частинок запиленого повітряного потоку.

Отримали подальший розвиток науково-методичні засади моделювання динаміки запиленого повітряного потоку, що ґрунтуються на русі гетерогенного середовища з властивостями в'язких рідин, які успішно себе зарекомендували із врахуванням параметрів розробленого ротаційного циклону, при яких забезпечується нормована запиленість обслуговуючої зони та збільшення продуктивності пересувних зернових сепараторів.

Удосконалено технологічний процес очищення запиленого повітряного потоку в пересувних зернових сепараторах, який доповнено до існуючих урахуванням проміжного відведення дисперсних частинок та доочистки запиленого повітряного потоку.

Все це дало можливість вирішити науково-прикладне завдання з інтенсифікації процесів очищення запиленого повітряного потоку від легких домішок та пилу під час післязбирального обробітку зернових сумішей.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці теоретичних та експериментальних методів досліджень процесу очищення запиленого повітряного потоку з урахуванням їх проміжного відділення дисперсної фази та доочищення повітряного потоку. В роботі проведено комплексне обґрунтування раціональних параметрів ротаційного циклону з багатодисковим доочисником при очищенні запиленого повітряного потоку від легких домішок та пилу.

Проведене обґрунтування конструкції ротаційного циклону зернових сепараторів, дозволяє підвищити ефективність процесу очищення запиленого повітряного потоку від легких домішок та пилу на 30...35 %, забезпечити нормовану запиленість робочої зони пересувних зернових сепараторів 3,1...3,7 мг/м³. Підвищення ефективності процесу очищення повітряного потоку сприяє збільшенню продуктивності пересувних зернових сепараторів типу ОВС та СВС на 20,0...23,2 %.

Розроблена конструкція ротаційного циклону з 2018 року впроваджена у серійне виробництво пересувних зернових сепараторів типу СВС на СВПТ «Механік» м. Житомир.

Наукова-технічна новизна підтверджується отриманими патентами.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Наукові положення, висновки та рекомендації є обґрунтованими та достовірними. Ці положення, висновки і рекомендації сформульовані на основі теоретичних та експериментальних досліджень з використанням

типових і запропонованих здобувачем методах. Дослідження є доцільними та проведені автором в достатній кількості та об'ємі.

Наведені наукові положення сформульовані за результатами теоретичних і експериментальних досліджень, а також виробничої апробації.

Наведена актуальність роботи, поставлена мета та сформульовані задачі дослідження, послідовне вирішення яких дозволило підвищити ефективність очищення запиленого повітряного потоку за рахунок впровадження розробленого ротаційного циклону.

Результати дисертаційної роботи викладені у висновках після кожного розділу, а також у семи пунктах загальних висновків.

Перший висновок загальних висновків визначає стан вирішення питання, результати аналізу проведених досліджень, визначає перспективні напрямки підвищення ефективності очищення запиленого повітряного потоку. Встановлено, що математичні моделі процесів очищення запилених повітряних потоків функціонують при певних параметрах, а прийняті спрощення не враховують багатозначність середовища, проміжного відведення дисперсної фази та етапність очищення, обмежують область застосування конструкцій, що свідчить про відсутність єдиного підходу та необхідність подальших досліджень

У другому висновку встановлено, що за допомогою отриманих математичних моделей динаміки несучої та дисперсної фаз встановлено складові швидкості повітряного потоку та дисперсних частинок в робочих зонах розробленого ротаційного циклону, що дозволило теоретично обґрунтувати спосіб підвищення ефективності очищення запиленого повітряного потоку в розробленому ротаційному циклоні.

У третьому висновку вказано про побудовані математичні моделі руху запиленого повітряного потоку, які дозволили встановити залежності складових швидкості повітряного потоку і дисперсних частинок від конструктивно-кінематичних параметрів розробленого ротаційного циклону і фізико-механічних властивостей запиленого повітряного потоку. Визначено вплив на конструктивно-технологічні параметри розробленого ротаційного циклону, що свідчить про перерозподіл дисперсних частинок в робочих зонах ротаційного циклону. Встановлені кінцеві математичні вирази та отримані діапазони складових швидкостей двофазного середовища. Визначена ефективність процесу очищення запиленого повітряного потоку на розробленому ротаційному циклоні яка становить 85...92 %.

У четвертому висновку наведено результати експериментальних досліджень. Отримані експериментальні залежності складових швидкості дисперсних частинок, легких домішок та пилу в розробленому ротаційному

циклоні з доочисником. Встановлено вплив збільшення кута нахилу лопатей завихрювача, в досліджуваному діапазоні варіювання, на підвищення радіальних складових швидкості дисперсних частинок, які впливають на їх перерозподіл. Вказана розбіжність результатів математичного моделювання і експериментальних досліджень для визначення ефективності процесу очищення запиленого повітряного потоку та гідравлічного опору розробленого ротаційного циклону з даними теоретичних досліджень не перевищує 4,3%. Це підтверджує адекватність розробленого математичного моделювання.

У п'ятому висновку наведено результати теоретичного обґрунтування та експериментального визначення гідравлічного опору, вказано вплив на нього конструктивно-технологічних параметрів розробленого ротаційного циклону. За умови максимальної ефективності та мінімального гідравлічного опору встановлені діапазони параметрів доочисника розробленого ротаційного циклону. Вказано діапазон варіювання гідравлічного опору розробленого ротаційного циклону з доочисником який склав 130...180 Па.

Шостий висновок стосується результатів проведення багатофакторного експерименту процесу очищення запиленого повітряного потоку відповідно плану Бокса-Бенкіна згідно якого рекомендовані наступні раціональні значення конструктивних параметрів розробленого ротаційного циклону: кут нахилу лопатей завихрювача $\alpha = 17...22$ град; частота обертів ротора $\Omega = 125...175$ рад/с; ширини відкриття жалюзі $b = 12,5...17,5$ мм; кількість дисків доочисника $n = 5...7$ шт; відстань між дисками в доочиснику $h = 1,25...1,75$ мм. Ефективність очищення запиленого повітряного потоку за вказаними параметрами розробленого ротаційного циклону складає 90,7...90,8 %.

У сьомому висновку наведені результати виробничих випробувань, розроблено технічну документацію на ротаційний циклон, яка передана та використовується в серійному виробництві зернових сепараторів та зерноочисних комплексів на СВПТ «Механік» (м. Житомир). Апробація ротаційного циклону у виробничих умовах підтвердила ефективність розробленого циклону встановленого на сепаратори ОВС-25 та СВС-25, яка склала 88,0...90,8 %. Визначено, що інтенсифікація процесу очищення повітряного потоку сприяє підвищенню продуктивності пересувних зернових сепараторів на 20,0...23,2 %. Використання модернізованих сепараторів з розробленим ротаційним циклоном в умовах ТОВ «Маковій» та навчально-дослідного поля ХНТУСГ дозволило отримати загальний річний економічний ефект 132 тис. грн.

4. Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях

Результати досліджень, які наведені автором в дисертаційній роботі, апробовані на міжнародних науково-технічних конференціях і в достатньому обсязі відображені в 9 наукових статтях у фахових виданнях, у т.ч. 3 закордонних (з них 2 у виданнях, що індексуються міжнародними наукометричними базами). Наведені публікації відтворюють основний зміст дисертації. Нові способи і технічні засоби інтенсифікації процесів очищення запиленого ПП захищені 2 патентами України.

5. Відповідність дисертаційної роботи встановленим вимогам

Дисертаційна робота Гаєка Є.А. представляє собою завершену наукову працю і складається з вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 205 найменувань та 5 додатків.

Повний обсяг роботи викладено на 236 сторінках комп'ютерного тексту (основна частина складає 130 сторінок), містить 69 рисунки, 14 таблиць.

У вступі, відповідно до вимог, обґрунтовано актуальність теми, розкрита сутність і стан науково – прикладного завдання, його значущість, викладено зв'язок роботи з науковими програмами, встановлено мету та завдання досліджень, об'єкт та предмет дослідження, відображено методи досліджень, сформульовані мета, задачі дослідження, визначено наукову і практичну цінність одержаних результатів.

У *першому розділі* приведено системний аналіз стану проблеми за дослідженнями вітчизняних та зарубіжних науковців; наведено класифікацію конструкцій і огляд перспективних способів очищення запиленого повітряного потоку; приведено розроблену конструктивну схему та опис ротаційного циклону з багатодисковим доочисником. В результаті визначені завдання досліджень, які потребують детального вивчення.

Зауваження: Варто було б навести характеристики дисперсних частинок та їх аеродинамічних властивостей, вказати критичні особливості щодо ефективності відділення несучої фази повітряного потоку та частинок дисперсної фази за аеродинамічними властивостями.

У *другому розділі* викладені теоретичні дослідження динаміки запиленого повітряного потоку в робочих зонах розробленого ротаційного циклону, а саме: моделювання динаміки запиленого повітряного потоку в зоні доочисника розробленого ротаційного циклону; теоретичне визначення гідравлічного опору розробленого ротаційного циклону. Моделювання руху гетерогенних середовищ процесів очищення запиленого повітряного потоку

проведено ґрунтуючись на аналогії руху в'язких рідин та рівняннях руху середовищ. Наведені граничні умови, основні рівняння, методи їх розв'язку та кінцеві математичні вирази. Результатом математичного моделювання стало: визначення зміни складових швидкостей дисперсних частинок і повітряного потоку в основній робочій зоні та зоні доочистки розробленого ротаційного циклону, а також теоретичне обґрунтування його параметрів за допомогою побудованих рівнянь руху двофазного запиленого повітряного потоку.

Зауваження: Недостатньо обґрунтовано умови проміжного відділення дисперсних частинок та доочищення повітряного потоку.

У *третьому розділі* представлено характеристики експериментального обладнання, параметри запропонованого ротаційного циклону з багатодисковим доочисником. Приведені властивості обраних для досліджень дисперсних частинок пилу та легких домішок. Запропонована програма експериментальних досліджень та розкрито суть методів досліджень. Приведено методику для плануванням факторного експерименту визначення ефективності процесу очищення запиленого повітряного потоку. Кінцева агротехнічна оцінка проводилась за продуктивністю пересувних зернових сепараторів та за нормованою запиленістю обслуговуючої зони.

Зауваження: Потрібно акцентувати увагу на характерній дисперсності пилових частинок в повітряному потоці що досліджувались, які є складовими отриманих математичних виразів та значущими факторами процесу очищення.

У *четвертому розділі* наведені результати експериментальних досліджень. Встановлені залежності коефіцієнтів очищення запиленого повітряного потоку розробленим ротаційним циклоном від технологічних параметрів. Збільшення швидкості повітряного потоку, в діапазоні що досліджується, підвищує коефіцієнт очищення розробленого ротаційного циклону на 4,0...4,8 % до $\eta = 89,0...93,8$ %. За допомогою методики проведення багатофакторних експериментів за планом Бокса-Бенкіна визначені раціональні значення конструктивних параметрів розробленого ротаційного циклону з багатодисковим доочисником: кут нахилу лопатей завихрювача $\alpha = 17...22$ град; частота обертів ротора $\Omega = 125...175$ рад/с; ширина відкриття жалюзі $b = 12,5...17,5$ мм; кількість дисків доочисника $n = 5...7$ шт.; відстань між дисками в доочиснику $h = 1,25...1,75$ мм. Встановлено, що за визначеними параметрами ефективність очищення запиленого повітряного потоку розробленого ротаційного циклону складає 90,7...90,8 %.

Зауваження: Практичне використання режимів дослідження потребує узагальнення параметру, який характеризує властивості дисперсних частинок

при очищенні зернових сумішей різних культур, їх вплив на проміжне відділення та доочищення повітряного потоку.

У п'ятому розділі дисертаційної роботи наведені результати виробничих випробувань модернізованих пересувних зерноочисних машин ОВС та СВС з розробленим ротаційним циклоном, які підтвердили підвищення їх продуктивності на 88,0...90,8 %. Отримані результати підтверджують високу експлуатаційну ефективність, і зниження питомих витрат енергії та металу на процеси очищення запиленого повітряного потоку. Комплексне обґрунтування параметрів та отримані результати ефективності дали змогу впровадити розроблений ротаційний циклон в серійне виробництво. Наведено техніко-економічні показники застосування і впровадження розробленого ротаційного циклону.

Дисертація і автореферат написані українською мовою з дотриманням наукового стилю. Слід відзначити, що матеріали всіх розділів дисертаційної роботи логічно пов'язані і разом складають закінчену наукову роботу, яка вирішує науково – прикладне завдання підвищення ефективності процесів очищення запиленого повітряного потоку від легких домішок та пилу. Зміст, форма подачі матеріалу відповідають вимогам до кандидатських дисертацій. В роботі мають місце стилістичні і друкарські недоліки, які істотно не впливають на кінцевий результат і не знижують наукової цінності дисертації. Основні положення, що наведені у авторефераті, співпадають з дисертацією.

6. Дискусійні питання та зауваження щодо дисертаційної роботи

Повний аналіз дисертаційної роботи дозволяє вказати на деякі дискусійні питання та недоліки:

1. У першому розділі бажано згрупувати переваги обраних ротаційних циклонів для досліджень аспіраційних систем, навести ступінь їх поширення в Україні та світі.

2. Не конкретизовано, які з прийнятих початкових та граничних умов, розробленого математичного моделювання (п.2.1, с.68, п.2.3, с.82), характеризують основні конструктивні елементи розробленого ротаційного циклону проміжного відведення частинок та доочистку повітряного потоку.

3. В розділі математичне моделювання (п.2.1, с.59) недостатньо уваги приділено визначенню впливу вихідної концентрації дисперсних частинок запиленого повітряного потоку на ефективність очищення повітряного потоку.

4. Формування профілю швидкості двофазного закрученого потоку в розробленому ротаційному циклоні прийнято як квазітверде та

квazіпотенціальне обертання (п.2.1, с.67), що потребує пояснень та додаткового обґрунтування.

5. Ефективність проміжного відділення дисперсних частинок визначається їх положенням в основній робочій зоні (п.2.2, с.78), і залежить від початкової координати r_0 . Не зрозуміло яким чином враховано розподіл частинок пилу за перерізом каналу.

6. З точки зору аналізу ефективності процесу очищення запиленого повітряного потоку бажано провести ідентифікацію розмірів дисперсних частинок, їх концентрацію у повітряному потоці. Незрозуміло чи проводилося визначення даних показників в роботі.

7. Вся робота, в тому числі і результати виробничих випробувань розробленого ротаційного циклона, присвячена пересувним зерноочисним машинам. Але ж таке обладнання можна використовувати і для стаціонарних машин. На жаль, в дисертації про це нічого не сказано.

8. В роботі зустрічаються орфографічні помилки або описки, неточні терміни та формулювання, тощо.

Наведені зауваження істотно не впливають на загальну позитивну оцінку виконаного дисертаційного дослідження, відчутно не знижують наукового рівня й корисності дисертації.

Висновок

Дисертаційна робота Гаска Євгена Анатолійовича на тему: «Обґрунтування параметрів процесу очищення повітряного потоку ротаційним циклоном пересувних зернових сепараторів», є закінченою, самостійно виконаною науково - дослідною працею, в якій наведені обґрунтовані нові наукові положення та технічні заходи з вирішення наукової проблеми підвищення ефективності процесу очищення запиленого повітряного потоку в аспіраційних системах пересувних зернових сепараторів. Актуальність теми, наукова новизна, вирішені завдання досліджень, обґрунтованість та достовірність висновків заслуговують позитивної оцінки.

Зміст дисертаційної роботи, її структура відповідають паспорту наукової спеціальності 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

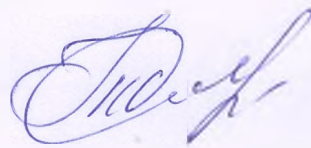
Вказані недоліки не зменшують наукової та практичної значущості представленої дисертації.

Основні результати дисертації в достатній мірі опубліковано у фахових наукових виданнях України та за кордоном. Відповідно до актуальності вирішеної проблеми, науковими підходами та рівне які було використано,

загальним обсягом досліджень, цінністю отриманих результатів дисертаційна робота повністю відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів та присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» постанови Кабінету міністрів України від 24 липня 2013 р. №567 (зі змінами), які пред'являються до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата наук, а її автор, **Гаєк Євген Анатолійович**, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва.

Офіційний опонент:

доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці Вінницького національного аграрного університету, кандидат технічних наук, доцент



І.В. Твердохліб

Підпис офіційного опонента доцента Твердохліба І.В. засвідчую

Ректор Вінницького національного аграрного університету



В.А. Мазур