

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра технології та обладнання переробних і харчових виробництв

Пояснювальна записка
до *дипломної роботи* на здобуття
ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: «Дослідження технологічних параметрів луцильних машин для
виробництва круп»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 1
Кожевник Вікторія Іванівна
Керівник: Горобець О. М.
Рецензент: Біловод О. І.

Полтава – 2021 року

ВСТУП

Переробна промисловість України – одна із провідних галузей народногосподарського комплексу. Тому в даний час переробка сільськогосподарської продукції є важливим аспектом в розвитку для підприємств, що безпосередньо займаються вирощуванням зернових культур. І час задуматися товаровиробникам про власну переробку зерна на крупу, що дасть їм змогу отримати додаткові прибутки. Тому що виростивши зерно вони за безцінь віддають його переробним підприємствам, які пізніше отримують надприбутки і монополізують переробний сектор. Тому зараз гостро стоїть питання про зміну народного господарства, про впровадження в виробництво науки та комплексного господарювання. Необхідно на місцях створювати переробні сектори, що знизить затрати на перевезення сировини, дасть змогу отримати побічні продукти переробки які можна використовувати в тваринницькому секторі.

Одним з напрямків раціонального використання проблемного зерна є застосування нової техніки і технології обробки його поверхні з забезпеченням послідовного пошарового виборчого відділення покривних структур у процесі лушення в машинах безперервної дії. У зв'язку з цим попереднє високоефективне лушення, сепарування оболонки зерна злакових і інших культур здобуває особливу значимість і актуальність.

Задачами інтенсифікації лушильних технологій є: зниження енергетичних витрат, забезпечення екологічної безпеки високої якості крупи і комбікормів, розробка високоефективних лушильних комплексів. Їхнє рішення здійснюється удосконалюванням існуючих, розробкою нових комплексних способів, засобів, режимів обробки зерна.

Розробка лушильних пневмосепаруючих комплексів дозволить вирішувати проблеми зниження енергетичних витрат, екологічної безпеки. У цьому зв'язку, розвиток наукових представлень про механізм абразивного лушення, пневмосепарування, транспортування продуктів лушення,

створення на їхній основі методик обґрунтування раціональних режимних і конструктивних параметрів лушцильних комплексів є доцільним і актуальним.

Мета і задачі дослідження – підвищення ефективності роботи лушцильних комплексів шляхом інтенсифікації процесів обробки поверхні зерна й аеросепарування, пневмотранспортування продуктів лушення.

Основна мета досліджень – створення енергоефективних схем лушення зерна і методів їхнього розрахунку.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- виявити резерви підвищення ефективності лушення зерна в основних елементах лушцильних комплексів;
- розробити нові принципи обробки зерна, пневмосепарування, пневмотранспортування продуктів лушення;
- провести дослідження механіки переміщення, обробки і лушення зерна;
- обґрунтувати структурні схеми, раціональні конструктивні і технологічні параметри нових лушцильних комплексів по енергетичних і технологічних показниках.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Структурно-механічні властивості зерна та способи їх зміни

Вибір оптимальних умов процесу попереднього відділення оболонки і обґрунтування конструктивних і кінематичних параметрів луцильних машин повинний базуватися на вивченні деформуючих, фрикційних властивостей зерна, його анатомічних частин та властивостей міцності.

Важливими показниками оцінки деформуючих властивостей оболонки, що характеризують їхнє поведіння в процесі обробки поверхні зерна, є пружність і твердість. Ці показники залежать від вологості, структури і хімічного складу оболонки. Сухі оболонки вологістю 11,7...12,5 % мають найбільшу твердість і пружність, а зі збільшенням до 47,5...48,0 % відбувається їхнє зниження [1].

Поряд з вологістю і температурою на пружно-кінетичні властивості зерна істотний вплив робить швидкість наростання деформації. При здрібнюванні у вальцових верстатах при великих відносних швидкостях робочих органів час руйнування дуже короткий й у зерні не встигають порушитися міжмолекулярні зв'язки, релаксувати пружні напруження і розвинути пластична деформація [2]. У цьому випадку зерно поводить як пружне тіло. Мала швидкість деформування приводить до того, що напруги і деформації ростуть повільно, релаксаційний процес встигає розвинути далі і напруги ростуть у міру їхнього виникнення, у результаті чого зерно здобуває властивості пружного-пластичного тіла.

Для непрямой характеристики опірності ендосперму і зовнішніх покривів пластичним деформаціям рекомендується застосовувати показник мікротвердості. Чим більше мікротвердість зерна, тим більше його опірність деформації і навпаки, чим вона менше, тим менше опір зерна зміні його

форми.

Найбільшою твердістю володіє алейроновий шар, а найменшою насінна оболонка. При зростанні вологості від 10 до 50 % в алейронового шару спостерігалось відносне зниження мікротвердості в 6...10 разів.

Для визначення границь силового навантаження зерна, що забезпечує ефективне відділення покривних тканин у процесі лущення при мінімальному руйнуванні ендосперму і здрібнюванні оболонок, необхідно враховувати характеристики міцності зерна і його анатомічних частин.

Середні руйнівні зусилля змінюються в межах 14,7...78,5 Н, а зі збільшенням вологості ці величини зменшуються. При цьому те саме зерно, у залежності від вологості, може піддаватися пружному руйнуванню або пластичному здавлюванню [3].

Визначено, що найбільшою міцністю володіє сукупність усіх шарів оболонок, а найменшої - насінна, унаслідок наявності в ній шару, що набухає.

Фізико-механічна природа розриву оболонок складається в подоланні розтяжними зусиллями міжмолекулярних сил зчеплення, що діють у площині розриву. Межі міцності зерна пшениці складають для нелущеного зерна 8,5...14,0 МПа, а для лущеного 7,6...12,0 МПа, тобто на 10...14 % нижче. Підвищення вологості з 12 до 24 % обумовлює зниження межі міцності відповідно до 2,5...6,8 МПа і 2,4...4,9 МПа [3].

З підвищенням швидкості зрушення значення коефіцієнтів тертя зростають. Підвищення вологості зерна пшениці також обумовлює зростання коефіцієнта опору зрушенню, у результаті чого при його лущенні з постійним питомим навантаженням між шарами, що зрушуються, виникають великі по модулю сили тертя.

Так, як зерна злакових культур характеризуються відповідними властивостями, на процес відділення оболонок істотний вплив робить комплекс факторів, що включають умови підготовки до обробки його поверхні, властивості міцності анатомічних структур і їхніх зв'язків, кінематика і динаміка зернового шару в процесі лущення і фрикційні

властивості при змінюваних величинах міжзернових тисків і щільності укладання зерна в робочій зоні луцильної машини.

На поверхні 90...95% зернівок у результаті попередньої обробки в процесі збирання і збереження створюються різні по розмірах мікротріщини, що підвищують вологопровідну здатність покривних тканин. При зволоженні вода проникає через тріщини оболонок або їхні ушкоджені місця в зовнішні шари, у результаті чого відбувається набрякання кліток. У результаті заповнення вологою міжклітинного простору і капілярів відбувається відносний зсув кліток, збільшення проміжків між ними й ослаблення взаємних зв'язків. Різна вологоємність окремих шарів оболонок і умови підведення вологи приводять до появи значних напруг як між шарами, так і на окремих ділянках їх при нерівномірному зволоженні.

Спрямована зміна структурно-механічних властивостей зерна пшениці і ячменя може бути досягнуте в результаті впливу на них різними технологічними прийомами.

При загальній оцінці волопоглинаючої здатності анатомічних частин зернівок, структурні елементи яких виконують роль адсорбенту, що сприймають своєю поверхнею процеси адсорбції вологи і регулюють швидкість її дифузії, важливими є фактори набрякання, а також швидкості проникнення і поглинання вологи. При контакті з водою в перші кілька секунд зерно поглинає 3...5 % вологи, а далі, протягом деякого періоду, його вологість залишається незмінною. Це первісне захоплення води здійснюється оболонками, що мають велика кількість пор і капілярів, що значно збільшують активну поверхню зерна й забезпечують швидке поглинання, нагромадження і поширення вологи зі значною швидкістю.

1.2 Асортимент круп та сировини

Основною метою круп'яного виробництва є відокремлення ядер круп'яних культур від оболонок. Ядра складають основу для виготовлення

усіх видів.

Асортимент крупів та склад сировини для їх виробництва наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Асортимент продукції круп'яних заводів

| Культура | Найменування крупи та борошна | Номери і сорти |
|-------------------|--|--------------------------------|
| Рис | Рис шліфований | в.с., 1с, II с. |
| | Рис полірований | в.с, 1с, II с. |
| | Рис дроблений шліфований | на сорти не ділиться |
| Гречка | Ядриця | в.с, 1с, II с, III с. |
| | Проділ | на сорти не ділиться |
| | Ядриця швидкорозварювальна | в.с, 1с, II с, III с. |
| | Проділ швидкорозварювальний | на сорти не ділиться |
| Просо | Пшоно шліфоване | в. с, 1с, II с, III с. |
| Овес | Крупа вівсяна недрібнена | в.с, 1с. |
| | Крупа вівсяна плющена | в.с., 1 с. |
| | Вівсяні пластівці | Геркулес, пелюстки |
| | Толокно | на сорти не ділиться |
| Ячмінь | Крупа перлова | № 1,2,3,4,5 |
| | Крупа ячнева | № 1,2,3 |
| Горох | Горох цілий | 1с, II с. |
| | Горох молотий | 1 с, II с. |
| Кукурудза | Крупа шліфована | № 1,2,3,4,5 |
| | Крупа крупна для пластівців | на сорти та номери не ділиться |
| | Крупа мілка для паличок | теж саме |
| | Борошно | на сорти не ділиться |
| Пшениця тверда | Полтавська Артек | № 1,2,3,4 |
| | Крупи підвищеної харчової цінності: Ювілейна, Здоров'я, Спортивна, Піонерська, Сильна, Южна, Флотська, Союзна, тощо | на сорти та номери не діляться |

Круп'яні культури (сировину) поділяють на два класи: культури з міцним зв'язком оболонки та ядра (рис, ячмінь, кукурудза, пшениця) та зі слабким зв'язком (гречка, просо, овес). В кожному класі теж мають місце

значні зміни, які приводять до різноманітності технологічних засобів переробки зерна круп'яних культур. Наприклад, гречка, просо, овес та рис відносяться до круп'яних культур, у яких плівки з ядром не з'єднані. У гречці всі три пелюстки плодової оболонки вільно охоплюють ядро і з'єднані з ним тільки в одній точці. У просі квіткові плівки також вільно охоплюють ядро і з'єднані тільки по одній лінії — рубчики. У вівсі квіткові плівки хоча щільно охоплюють ядро, але з ним не зрощені. Різні форми та міцність зв'язків оболонок з ядром накладають особливості на технологічні процеси переробки зерна в крупу для кожної з перелічених видів сировини. Наприклад, гречку та просо луцять на вальцедекових станках сколюванням та розмиканням плівок, а овес – на луцильних поставах та оббивальних (бичових) машинах взаємним тертям та використанням руйнівного удару.

Для круп'яних культур з міцним зв'язком оболонок з ядрами (ячмінь, пшениця, горох, кукурудза) для луцення використовують машини з інтенсивним стиранням (луцильно-шліфувальні) або машини багатократного удару (оббивальні). Рис луцять на луцильних посадах.

Зерно гречки має тригранну форму (тетраedr) та складається із темнуватої оболонки і ядра, яке в свою чергу, складається з кам'яної оболонки, алейронового шару, ендосперму та зародку. Плівчастість гречки – (18-26)%. Основною метою переробки зерна гречки є одержання найбільшої кількості крупи – ядриці, тобто цілих ядер гречки, звільнених від плодових оболонок та неколотих ядер (які не проходять через отвори решіт 1,6x20 мм). Для виробництва гречаної крупи треба мати міцне, здорове зерно гречки, яке містить не більше 3,0% сміттєвих домішок та не більше 3% – зернових з вологістю не більше 14,5%. Місткість ядра в зерні – не менш 71%.

Зерно проса має кульовидну, овальну або овально-подовжену форму. В нижній частині ядра знаходиться зародок. Маса плівок складає (16-22)%, плодови та сім'яні оболонки – (7-8)%, зародок – (3-4)% та ендосперм – (68-75)% від загальної маси зерна. Плівчастість проса – (16-25)%. Основним продуктом переробки проса є пшоно шліфоване – ядро проса, повністю

відокремлене від квіткових плівок та частково від плодових, сім'яних оболонок та зародку. Продукт одержують додатковою обробкою ядра – пшона – дранця в шліфувальних машинах. Із чотирьох типів проса найбільш цінним в технології вважають біле та кремове, які відрізняються плівкою та кулеподібною формою зерна. Найкращим для виробництва вважають просо – крупне (схід із сита 1,8x20 мм більше 80%) і вирівняне за розмірами.

Зерно вівса відрізняється значною кількістю плівок. Для переробки в крупу використовують овес круп'яний I типу білий добірний та II типу – жовтий добірний. Вологість вівса не повинна перевищувати 15,5%. Для підприємств, які не мають сушарок – не більше 13,5%. Місткість мілких домішок (прохід через сито 1,8 x 20 мм) – не більше 5%, смітєвих домішок – не більше 2,5%, місткість ядра – не менше 62% від загальної маси разом із смітєвими та зерновими домішками. Найбільш важливими технологічними ознаками вівса є наявність добре виконаного округлого ядра з мінімальною місткістю плівок. Після очищення місткість домішок в зерні не повинна перевищувати 0,3%, в т.ч. куколю – не більше 0,1%.

Базисним вважають овес з місткістю чистого ядра в сході з решіт із отворами 1,8 x 20 мм — 65% до маси зерна разом з домішками, лушпиння – 27%, мілкового зерна (прохід через решето 1,8 x 20 мм) - 5%. Нормативний вихід вівсяної крупи складає 45% (крупа неподрібнена вищого та першого сорту, крупа плющена вищого та першого сорту, пласпвц1 та толокно). Вологість крупів не повинна перевищувати 12,5% для тривалого зберігання та не більше 14% для поточного споживання. Для збільшення виходу, покращення якості крупів при переробці гречки, проса та вівса використовують гідротермічну обробку. Крупа – цінний харчовий продукт, що містить корисні речовини, як характеризуються високою засвоюваністю і високими поживними властивостями [4, 9].

Круп'яні заводи України в залежності від способу виробництва виробляють різноманітний асортимент круп'яної продукції, яку можна поділити на п'ять груп:

1. Крупи неподрібнені — рис (шліфований, полірований), пшоно, ядриця гречана, вівсяна неподрібнена, горох цілий, що одержані лушенням та подальшою обробкою лущеного зерна (ядра).

2. Крупи подрібнені шліфовані — перлова (з ячменю), Полтавська і Артек (з пшениці), кукурудзяна шліфована. Їх одержують відокремленням оболонки і зародку, подрібненням ядра і подальшим шліфуванням, поліруванням і сортуванням за розмірами від 0,56 до 3,5 мм на п'ять номерів.

3. Крупи подрібнені – ячнева (з ячменю), з вівса, кукурудзяна, які одержують подрібненням чистого ядра і сортуванням за розмірами від 0,56 до 3,5 мм на три номери.

4. Пластівці - продукт подальшої переробки крупи. З ядра чи крупи одержують також "повітряний рис", "повітряну кукурудзу" тощо.

5. Крупи підвищеної поживної цінності, які одержують на основі суміші 2-3-х видів розмеленої крупи з введенням збагачувачів тваринного чи рослинного походження.

1.3. Технологічні особливості виробництва крупи

Гречка належить до найважливіших круп'яних культур і єдиною незлаковою рослиною у групі зернових культур. За вмістом чистого ядра гречку поділяють на три класи. До першого класу відносять, якщо вміст ядра становить не менше 77 %, другого – не менше 74 %, третього – не менше 71%. Зерно гречки містить 57-63 % ендосперму, 10-15 % зародка, 3-5 % алейронового шару, 1,5-2 % насінних та 18-24 % плодових плівок. Ендосперм гречки борошністий, крихкий, легко руйнується в процесі обробки. Зерно гречки містить 10-15 % білка, 67,8 % вуглеводів, 3,1 % олії, 2,8 % золи, 13,1 % клітковини. Також гречка містить багато незамінних амінокислот: аргінін 12,7%, лізин 7,9 %, цистин 1 %, гістидин 0,5 %. Багата гречка і на органічні кислоти: лимонну, яблучну, малеїнову, щавлеву, які сприяють кращому засвоєнню не тільки гречаної каші, а й інших страв, які вживаються після неї.

До складу гречки входять такі вітаміни В₁ В₂, В₆, Р (рутин), необхідні для нормальної фізіологічної діяльності людського організму. Цим визначається цінність гречки як лікувально-дієтичного продукту харчування.

Гречана крупа поділяється на ядра першого і другого сорту та проділ. Звільнене від плівок і нероздроблене зерно гречки називається ядром, а роздроблене – проділом. Якість крупи залежить від вмісту в ній доброякісного ядра, домішок, подрібненої крупи, не лущених зерен.

Овес – цінне джерело мінеральних речовин. Основну частину мінеральних речовин становить фосфор, який знаходиться як у вигляді фосфатів, так і у вигляді органічних сполук, переважно фітину (0,2-0,3 % маси зерна). Частина фосфору входить до складу нуклеїнових кислот, частина у фракцію ліпідів. Кальцію в зерні вівса міститься 50-60 мг/100 г.

Овес використовують для одержання вівсяної крупи не подрібненої, плющеної, пластівців та толокна. В зерні вівса ядра міститься 49-53 %, алейронового шару – 10-12 %, насінних та плодових оболонки – 3-4 %, квіткових – 28-30 %, зародка – 3-4 %. За хімічним складом овес виділяється серед інших злаків великим вмістом жиру до 5-8 %, в його зерні міститься до 60 % крохмалю і 10...18 % білка. Регулярне споживання продуктів з вівса зменшує рівень загального і так званого “шкідливого” холестерину і збільшує рівень “корисного”.

Отже, вівсяна крупа поділяється на не подрібнену, плющену (вищого, першого і другого сорту), пластівці і толокно.

Особливості підготовки гречки до переробки. В процесі переробки зерна одержують два основних види готової продукції: ядрицю і цілу крупу, що не проходить через сито з отворами 1,6x20мм, дроблену крупу, одержувану проходом сита 1,6x20 і сходом сита №080. Круп'яні культури відрізняється високою харчовою цінністю і кулінарними властивостями.

Круп'яні від домішок очищають на двох-трьох системах сепарування у круп'яних розсівах типу А1-БРУ, каменевідокремлюваних машинах. Особливість застосування машин, що просівають, полягає в широкому

використанні в них сит з трикутними отворами, а також фракційного методу очищення зерна. На ситах з трикутними отворами виділяють в основному насіння дикої редьки і деякі інші домішки [15].

В процесі багаторазового очищення виділяються важковідокремлювані і великі домішки. Для виділення важковідокремлюваних домішок застосовують сита з отворами різних розмірів для великої фракції зі стороною 7 мм, для дрібної 5,5мм.

Мінеральні домішки утримуються в основному в дрібній фракції.

Для гідротермічної обробки круп'яних використовують пропарювачі типу ПР-200. Пропарювання проводимо при тиску пари 0,25 МПа на протязі 5хв., просушування – в вертикальних парових сушарках до вологості 13,0-13,5%.

Гідротермічна обробка круп'яних істотно підвищує вихід ядриці в результаті зниження кількості, а також вихід крупи першого сорту. Так, загальний вихід крупи підвищується на 1 %, вихід ядриці першого сорту — з 52 до 59%, вихід просмикнула знижується з 10 до 5 %.

Особливості підготовки вівса до переробки. Очищення зерна від домішок і його гідротермічну обробку проводять у підготовчому відділенні. Для очищення використовують його дворазовий пропуск через сепаратор типу А1-БРУ.

З метою кращого виділення дрібного зерна і домішок у повітряно-ситових сепараторах рекомендується встановлювати підсівні сита з отворами розміром 2,2x20 мм. Прохід цих сит направляють у крупосортировку, де дрібне зерно і дрібні домішки виділяють проходом сит 1,8(1,9)x20 мм. Схід цих сит являє собою дрібну фракцію, що направляється в куколеотборочную машину для виділення коротких домішок. Велике зерно з повітряно-ситового сепаратора другої системи виділяють сходом сита з отворами розміром 2,2x20мм,

Процес гідротермічної обробки зерна використовують для поліпшення технологічних властивостей зерна і споживчих властивостей продукту.

Гідротермічну обробку зерна проводять у пропарювачах безперервної дії, причому вологість зерна повинна збільшитися на 2-6 %. Це досягається пропарюванням зерна при тиску пари до 0,25 МПа тривалістю до 5 хв.

Після пропарювання зерно відволожують до стандартної вологості у вертикальних парових сушарках та відволожувала типу В-5 та інших.

Особливість технології виробництва гречаної крупи полягає в роздільній переробці зерна по фракціях (рис. 1.1).

Сировину розділяють, тобто калібрують, на ситах з отворами \varnothing 4,5-4,2-4,0-3,8-3,6-3,3 мм. Прохід сита з отворами \varnothing 3,3 мм відносять до домішок. У процесі калібрування також відокремлюють важковідокремлювані домішки на ситах із трикутними отворами, розмір яких зменшується в залежності від розмірів зерна з 7,0 до 5,0 мм.

Облущення поверхневої плівки та отримання високоякісної крупи проводять на облущувальних машинах. Процес переробки проходить слідуєчим чином. Зерно завантажують в прийомний бункер звідки норією подається в зберігальні бункери. Звідти по шнековому транспортеру в каменевловлюючу машину, а потім на сепаратор. Потім через перекидний клапан потрапляє до дільниці гідротермічної обробки де заповнює бункер тимчасового зберігання зерна перед ГТО. Потім на протязі 5 хв. зерно пропарюється в пропарювачі після чого підсушується і направляється в другий тимчасовий бункер для зберігання перед облущуванням, після чого проходить через облущувально-шліфувальну машину потім крупа очищується на розсіві після чого направляється на контроль, зважування, фасування і пакування [5].

Особливості технології виготовлення вівсяної крупи полягають в роздільній переробці великої і дрібної фракцій зерна. Технологічна схема переробки зерна включає облущування зерна в облущувальній машині. Для первинного облущування зерна використовують більш великий абразивний матеріал, для повторного – більш дрібний.



Рисунок 1.1 - Структурна схема технологічного процесу переробки

При облущуванні зерна великої фракції кількість облущуваних зерен після першого облущування повинно складати 90-96 %, дрібної – 80-85 %.

При повторному облушуванні вміст облушуваних зерен повинен бути 90-96%. Кількість дроблених зерен повинне бути не більш 3...4 % при первинному і 5-6 % при вторинному облушуванні. Облушування зерна може вироблятися й в оббивальних машинах, окружна швидкість бичів дорівнює 20-22 м/с, ухил бичів – 8 %, зазор між бичами й абразивною поверхнею – 20-22 мм. Останнім часом на деяких заводах стали використовуватися для облушування зерна відцентрові облушувачі.

Після відсівання мучки і дробленки продукти облушування двічі провіюють в аспіраторах, відокремлюють лузгу. Поділ облушених і гречки та вівса в крупу необлушених зерен роблять шляхом дворазового сепарування суміші в падді-машинах. Виділене в падді-машинах необлушене зерно направляють для повторного облушування на сходові системи.

Показники якості гречаної крупи приводимо в таблиці 1.2 [6].

Таблиця 1.2 – Показники якості гречаної крупи

| Показники | Сорт | | |
|-------------------------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Ядро доброякісне, % | 99,2 | 98,4 | 97,5 |
| в т.ч. бите, % | 3,0 | 4,0 | 5,0 |
| Смітні домішки, % | 0,4 | 0,5 | 0,6 |
| в т.ч. мінеральні | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Зіпсовані ядра, % | 0,2 | 0,4 | 1,2 |
| Нелущені зерна, % | 0,3 | 0,4 | 0,7 |
| Металеві домішки, мг/кг | 3 | 3 | 3 |
| Вологість, % | 14 | 14 | 14 |

Норму виходу готової продукції та відходів представимо у вигляді таблиці, приведеній нижче.

Таблиця 1.3 – Вихід готової продукції гречаної крупи

| Продукти | Вихід продукції, % | |
|-------------------------------|----------------------|----------------------|
| | При використанні ГТО | Без використанні ГТО |
| Крупа: першого сорту | 59,0 | 52,0 |
| другого сорту | 3,0 | 2,0 |
| Борошенце | 5,0 | 10,0 |
| Всього крупи | 67,0 | 66,0 |
| Мучка | 3,5 | 6,0 |
| Відходи 1-ої і 2-ої категорії | 6,5 | 7,0 |
| Усушка | 1,5 | 1,0 |
| Всього | 100,0 | 100,0 |

Показники якості не подрібненої і плющеної крупи приведені в таблиці 1.4 [6].

Таблиця 1.4 – Контроль якості вівсяної крупи

| Показники | Неподрібнена і плющена, сорти | | |
|---|-------------------------------|--------|--------|
| | Вищий | Перший | Другий |
| Доброякісні ядра, % не менше | 99,0 | 98,5 | 97,0 |
| в т.ч. биті ядра в неподрібненій крупі, не більше | 0,5 | 1,0 | 2,0 |
| Необлущені зерна, % не більше | 0,1 | 0,7 | 0,8 |
| Смітні домішки, % не більше | 0,3 | 0,7 | 0,8 |
| Зараженість шкідниками | Не допускається | | |

Норму виходу готової продукції та відходів для вівсяної крупи представимо у вигляді таблиці.

Таблиця 1.5 – Вихід готової продукції вівсяної крупи

| Продукти | Асортимент і вхід, % | |
|---------------------------------|----------------------|--------------------------------|
| | Недроблена крупа | Недроблена крупа з пластівцями |
| Крупа: вищого сорту | 15 | 10 |
| першого сорту | 30,5 | 29,5 |
| Борошенце кормове | 4,5 | 4,5 |
| Борошенце мучне | 11 | 11,5 |
| Лузга та відходи 3-ої категорії | 27,7 | 27,7 |
| Лузга та відходи 2-ох категорії | 7,8 | 7,8 |
| Усушка | 3,5 | 3,5 |
| Всього | 100 | 100 |

Особливості виробництва кукурудзяної та пшеничної крупи

Кукурудза є сировиною для виробництва різних круп. У зерні міститься 80-83 % ендосперму, 4-5 % плівок, 8-15 % зародка, який розміщений в ендоспермі, що утруднює його відокремлення, 9-12 % білка, 65-70 % вуглеводів, 4-8 % олії, 1,5 % мінеральних речовин.

Кукурудзяна крупа поділяється на шліфовану п'яти номерів, крупу для пластівців (крупну) і паличок (дрібну). Шліфована кукурудзяна крупа дуже довго розварюється. Для поліпшення кулінарних властивостей крупи застосовують інтенсивне пропарювання зерна при підвищеному тиску. Проте значно більшу цінність в харчовому відношенні мають кукурудзяні пластівці, палички, зірвані зерна.

Пшениця. Пшенична крупа виробляється з твердої пшениці сортів “Полтавська” і “Артек”. “Полтавська” крупа виробляється чотирьох номерів. Крупа №1 – це зерно, звільнене від зародка і частково від плодових і насінних плівок, видовженої форми з округлими краями; крупа №2 – це частинки подрібненого зерна, повністю звільненого від зародка і частково від плодових і насінних плівок, шліфоване, овальної форми з округлими краями; крупа №3 і №4 – це частинки подрібненого зерна різного розміру, повністю звільненого від зародка і частково від плодових і насінних плівок, шліфоване, округлої форми. Крупа “Артек” – це частинки подрібненого зерна, повністю звільненого від зародка і частково від плодових і насінних плівок, шліфоване.

Технологічний процес очистки зернових та їх переробка.

Підготовка кукурудзи. Схема очищення зерна від домішок досить проста, включає дві системи сепарування в повітряно-ситових сепараторах типу А1-БРУ і каменевідокремлювальній машині. Гідротермічну обробку для зерна кукурудзи також не проводимо.

Переробка кукурудзи. Незалежно від асортименту вироблюваної продукції першою стадією переробки є відділення зародка. Схема відділення зародка включає здрібнювання зерна, підсушування продуктів розмелу (якщо

вологість їхній вище 16%), сортування в машинах, що просівають, по крупності на ряд фракцій з наступним сепаруванням кожної фракції.

Для подрібнення використовуємо ту ж саму облущувально-шліфувальну машину. При виробництві крупи для пластівців дроблення повинне бути великим. При виробництві шліфованої крупи і крупи для паличок можуть бути застосовані й іншої дробарки.

Після виділення зародка частки ендосперму переробляють у різні продукти: шліфовану крупу, крупу для пластівців і паличок.

Виділені дроблені частки ендосперму розміром від 6 до 1,5 мм піддають чотириразовому шліфуванню в машинах, ситові обичайки яких мають отвору розміром 1,0x15 мм. Після кожної системи шліфування продукти провіюють в аспіраторах і просівають у розсівах для добору борошна.

Отриману з останньої системи суміш крупи різних номерів поділяють у розсівах. Крупи кожного номера після просіювання і контролю в сепараторах направляють у бункери для готової продукції. Мучку з розсівів, аспіраторів контролюють у машинах, що просівають на ситах № 067.

Підготовка пшениці. Зерно від домішок очищають двофазним його пропуском через повітряно-ситові сепаратори. Причому для кращого виділення дрібних домішок зерно в першому сепараторі поділяють на двох фракцій.

Переробка пшениці. Переробка підготовленого зерна здійснюється шляхом триразового шліфування і триразового полірування в машинах ЗШН. Після 3-й шліфувальної системи продукти облущування сортують у розсіві на чотири фракції. Першу фракцію — самим великим, одержуваним сходом із сита з отворами 0 3,8 мм, направляють у верстат для додаткового здрібнювання.

За органолептичними і фізико-хімічними показниками кукурудзяна крупа повинна відповідати показникам, що містяться в таблиці 1.6 [7].

Таблиця 1.6 - Показники якості кукурудзяної крупи

| Показники | Шліфована п'яти номерів | Крупна | Дрібна |
|---|--|--------|--------|
| Колір | Білий або жовтий з відтінками | | |
| Запах | Властивий крупі без пліснявіння, затхлого та інших запахів | | |
| Смак | Властивий крупі, без кислого, гіркого та іншого присмаків | | |
| Вміст вільного зародка, % не більше | 3,0 | 2,0 | - |
| Зольність, % не більше | 0,95 | - | 0,95 |
| Смітні домішки, % не більше в т.ч. мінеральні | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Шкідливі | Не допускається | | |
| Металеві домішки, мг/кг не більше | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| Зараженість шкідниками | Не допускається | | |
| Крупа з залишками плівок і зародка, % не більше | - | 10 | - |
| Цілі необроблені зерна | - | 1,0 | - |

Вихід готової продукції кукурудзи наведемо в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Норми виходу готової продукції при переробці кукурудзи

| Продукти | Асортимент та вихід продукції, % | | |
|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-------------------|
| | Крупа | Крупа для пластівців та паличок | Крупа для паличок |
| Крупа | 40,0 | - | - |
| Для пластівців | - | 30,0 | - |
| Для паличок | - | 10,0 | 40,0 |
| Мука | 15,0 | 15,0 | 15,0 |
| Мучка | 34,0 | 34,0 | 34,0 |
| Зародок | 7,0 | 7,0 | 7,0 |
| Відходи 1-ої і 2-ої категорії | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| Відходи 3-ої категорії | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Усушка | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Всього | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Пшенична крупа повинна відповідати показникам, що занесені в таблицю 1.8.

Таблиця 1.8 – Показники якості пшеничної крупи

| Показники | Крупа всіх видів і номерів |
|--|--|
| Колір | Жовтий |
| Смак | Властивий пшеничній крупі без сторонніх присмаків, не кислий, не гіркий |
| Запах | Властивий пшеничній крупі без затхлості, плісняви та інших сторонніх запахів |
| Доброякісність ядра, % не менше | 99,2 |
| Смітні домішки, % не більше | 0,3 |
| в т.ч. мінеральні | 0,05 |
| Шкідливі | 0,05 |
| З них гірчаку та кучерявого горошку, % не більше | 0,02 |
| Куколю, % не більше | 0,01 |
| Зіпсованих зерен, % не більше | 0,2 |
| Вміст зерен жита і ячменю, % не більше | 3,0 |
| Зараженість шкідниками | Не допускається |

Норми виходу продукції переробки пшениці наведені нижче.

Таблиця 1.9 – Норми виходу готової продукції при переробці пшениці

| Продукти | Вихід, % |
|--------------------------------|----------|
| Крупа Полтавська | |
| №1+№2 | 8,0 |
| №3+№4 | 43,0 |
| Крупа Артек | 12,0 |
| Всього крупи | 63,0 |
| Мучка кормова | 30,0 |
| Відходи 1 -ої і 2-ої категорії | 5,3 |
| Відходи 3-ої категорії | 0,7 |
| Усушка | 1,0 |
| Всього | 100,0 |

В процесі переробки круп'яних можна виділити такі групи відходів: лушпиння, борошенце, дрібні ядра та дрібні пилевидні частинки. Взагалі круп'яне виробництво не є небезпечним і потребує особливої утилізації

відходів, єдиною небезпекою є накопичення великої кількості пилу, що може призвести до вибуху. Але доведення виробничого клімату до вибухонебезпечного стану майже неможливе і ймовірно лише при певних збігах обставин, тобто великої кількості пилу та наявності іскри в приміщенні. Пил, що утворюється в процесі переробки зерна на крупу всмоктується і осідає в ньому. Інші відходи виробництва такі як лушпиння, борошенце та дрібні ядра не продуктом утилізації, а потребує лише у затарюванні в мішках і зберіганні. В подальшому цю продукцію можна буде використовувати як корм для тварин та птиці, або реалізувати як побічну продукцію переробного виробництва.

1.4. Резерви підвищення ефективності пневмосепарування продуктів лущення

Повітряні сепаратори [8,9] розділяються на чотири системи:

- 1) вихрова система;
- 2) рівноважна система;
- 3) система з циркулюючими вихрами;
- 4) поворотна система, зустрічних потоків.

Розглянуті відцентрові повітряні сепаратори в основному знайшли застосування для поділу полідисперсних однорідних матеріалів, таких, як цемент, порошки феросплавів, вугільний пил, абразиви й ін. У свою чергу до готової продукції крупозаводів пред'являються високі вимоги по змісту лузги і мучки. Так, наприклад, у гречаній і рисовій крупі вищого сорту зміст лузги не допускається. У вівсяній крупі вищого сорту зміст лузги і мучки не повинне перевищувати відповідно 0,05 і 0,3%. Тому при повітряному сепаруванні продуктів переробки круп'яних культур стоїть задача максимального відділення лузги і мучки. Разом з тим через невисокий технологічний ефект існуючих повітряних сепараторів після кожної лущильної системи і при контролі крупы або лузги пропускати через них

продукт не тільки двічі, але іноді і тричі, що передбачено Правилами організації і ведення технологічного процесу на круп'яних підприємствах [10].

Найбільш повні дослідження [11] проведені А.Я. Малісом і А.Р. Демидовим. Авторами стосовно до очищення зерна пшениці були встановлені раціональні конструктивні розміри вертикального робочого каналу для різних зернових навантажень, виявлені залежності ефекту сепарування від швидкості уведення вихідної суміші в робочий канал і від середньої швидкості повітряного потоку в ньому, запропоновані способи зменшення нерівномірності повітряного потоку в робочому каналі.

Вивчення робіт в області пневмосепарування зернопродуктів у вертикальному робочому каналі, показало, що до числа факторів, що роблять найбільш істотний вплив на результати процесу сепарування, відносяться наступні:

- розходження в аеродинамічних властивостях поділюваних компонентів;
- середня швидкість повітряного потоку в робочому каналі;
- ступінь нерівномірності повітряного потоку в каналі;
- питома навантаження продукту;
- швидкість і кут введення суміші в робочий канал;
- форма домішок у суміші (або співвідношення важких і легких компонентів);
- стабільність і рівномірність подачі суміші в зону сепарування й ін.

Вплив зазначених факторів на ефективність процесу сепарування вивчено, головним чином, стосовно до очищення зерна пшениці від аеровідділимих домішок. Деякі з зазначених факторів вивчені недостатньо.

До спроб аналітично визначити ефективність процесу пневмосепарування відноситься робота Х. Румпфа і К. Лешонски [12], у якій ефективність підраховується на основі ймовірних характеристик компонентів поділюваної суміші по їхній аеродинамічній ознаці. Однак, пропонується

методика не враховує змін основних параметрів процесу і заснована лише на теоретичному факторі - ступеня розделяемости компонентів.

У пневмосепараторних установках зерноочисного відділення борошномельних заводів застосовують дві групи пневмосепараторів. У машинах першої групи для очищення зерна від аеровідділюваної домішки використовується повітря, що звільнилося після операції транспортування продукту. У машинах другої групи до транспортуючого повітря для здійснення процесу сепарування додається повітря, що підсмоктується з робочого приміщення. Низький технологічний ефект пневмосепараторів першої групи є наслідком протиріччя, що полягає в тому, що для транспортування й ефективного пневмосепарування зерна потрібно різна питома витрата повітря (відповідно - 200 м³/т і - 400 м³/т), тобто фактична витрата повітря приблизно вдвічі менше витраті, необхідній на сепарування. Пневмосепаратори другої групи, забираючи повітря з приміщення, створюють у ньому підвищене розрідження і, як наслідок, - підвищений повітрообмін. При цьому погіршується санітарно-гігієнічний стан робочих приміщень, збільшується енергоємність і металоємність пневмотранспортної установки, збільшуються викиди забрудненого повітря в атмосферу.

Головний недолік усіх зазначених вище пневмосепараторів - відносно мала кількість повітря, використовувана для цілей сепарування. Тому для збільшення швидкості повітря в робочому каналі його перетин змушені зменшити, що приводить до створення стиснутих умов для сепарування і, як наслідок, знижує технологічний ефект пневмосепаратора.

Аналітичний огляд показав, що в існуючих пневмосепараторах для сепарування використовуються тільки транспортуюче повітря або транспортуюче повітря з додаванням до нього значної кількості повітря з робочого приміщення. При використанні тільки транспортуючого повітря його кількість недостатня для ефективного процесу сепарування. При додаванні до нього повітря, підсмоктованого з приміщення, збільшується

вакуум і повітрообмін у робочому приміщенні, підвищуються витрати електроенергії.

Удосконалювання пневмосепарування систем повинне бути спрямоване на обґрунтування раціональних режимних параметрів, конструктивних характеристик приймально-розподільного пристрою і робочого каналу, спрощене регулювання швидкості повітряного потоку в робочому каналі. Це обумовлено тим, що приймально-розподільний пристрій, де відбувається звільнення транспортуючого повітря від продукту, виконує роль первинної осадкової камери, від ефективності якої залежить загальний технологічний ефект пневмосепаратора, тому що транспортує повітря далі в робочому каналі здійснює процес сепарування і його чистота визначає результати очищення зерна від домішок. Робочий канал повинний мати раціональні параметри при постійній ширині, а регулювання швидкості повітря в ньому може бути здійснене за рахунок простого дроселювання циркулюючого потоку. Через малий обсяг приймально-розподільного пристрою поліпшення його осаджуючої здатності може бути досягнуте за рахунок кращої організації повітряного режиму усередині пристрою.

При зміні зернового навантаження змінюється гідравлічний опір його мережі, що викликає зміни продуктивності вентилятора і, отже, швидкості повітряного потоку в робочій зоні. Зміна швидкості приводить до відхилення показників процесу сепарування (коефіцієнта виділення легкого компонента) від значень, які необхідно підтримувати за умовами ведення технологічного процесу.

Тому обґрунтування аеродинамічних характеристик вентиляторів стабілізуючі режими переміщення повітряних потоків у випадку коливання аеродинамічного опору зернових потоків робочій зоні є актуальному і доцільним у створенні агрегатних комплексів.

Надійність роботи пневмоустановок в експлуатації, найчастіше важливіше ряду інших показників, у тому числі й енергетичних. Для забезпечення надійної роботи установки звичайно здійснюють процес зі

швидкостями повітря, що значно перевищують мінімально можливі. Методи регулювання, покликані забезпечити транспортування з високою надійністю і мінімальними енерговитратами, досить обмежені і теоретично слабо обґрунтовані. Питання стійкості транспортування в часі в спеціальній літературі практично не розглянуті, хоча в багатьох роботах відзначаються тимчасові фактори, що обурюють, викликані зміною продуктивності, утворенням пробок і агломератів, збільшенням (зменшенням) кількості матеріалу.

На енергетичні показники роботи пневмотранспортної установки основний вплив робить швидкість повітря; причому зниження її веде до зменшення енерговитрат на процес. Однак, зниження швидкості повітря нижче визначеної величини приводить до порушення стійкості і припиненню пневмотранспортування. Тому за критерій стійкості роботи пневмотранспортної установки приймають швидкість (витрата) повітря. Якщо у визначений момент часу витрата повітря в матеріалопроводі $Q_{\text{вт}}$ буде менше якогось припустимого значення $Q_{\text{вт min}}$, процес припиниться.

Причинами зміни параметрів пневмотранспортування, у тому числі швидкості (витрати) повітря, є коливання продуктивності живильного пристрою або технологічної лінії, що подає продукт на пневмотранспортер, утворення агломератів матеріалу, зміна положення робочих органів регулюючих пристроїв і т.д. Вищевказані фактори впливають на опір мережі, від величини якого залежать продуктивність повітрорудної машини, витоку повітря з устаткування установки і т.п., що приводить до зміни швидкості (витрати) повітря в матеріалопроводі і концентрації матеріалу в аеросуміші.

Таким чином, простежується взаємовплив параметрів пневмотранспортування і зміна їх у часі.

Аналіз дозволив установити напрямки удосконалювання процесу пневмотранспортування, збільшення ступеня використання твердими частками енергії повітряного потоку і можливості переміщення сипучого

матеріалу при менших видаткових швидкостях повітря може бути досягнуте з використанням наступних заходів і способів удосконалювання форми перетину матеріалопроводів:

- 1) ступінчаті матеріалопроводи;
- 2) матеріалопроводи кільцевого і некруглого поперечного перетину;
- 3) удосконалювання конструкції прийомних пристроїв.

Висновки

1. Існуючі луцильні комплекси мають певні недоліки і відносно невисокий технологічний ефект. Їхнє подальше удосконалювання повинне бути спрямоване на виявлення і реалізацію резервів підвищення ефективності луцення, пневмосепарування на основі теоретичних і експериментальних досліджень у всіх складених елементах луцильних систем робочих органів.

2. Стабілізація технологічної ефективності, мінімізація постадійності процесів луцення, можуть бути забезпечені сполученням фрикційного відділення оболонок з аеродинамічним пневмосепаруванням і пневмотранспортуванням зернових сумішей, усуненням ефекту "сухого мащення".

3. Обґрунтування необхідних і достатніх умов комбінованих процесів луцення - впливу на зернові матеріали обмежено відсутністю комплексних досліджень - фрикційних, аеродинамічних, силових впливів з боку енергетики, якості обробки поверхні зерна, аеромеханіки матеріалоповітряних потоків.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Загальна характеристика експериментальних досліджень процесу лушення. Програма досліджень

Відповідно до задач роботи була складена програма експериментальних досліджень процесу лушення зерна ячменя і пшениці (табл. 2.1). На підставі аналізу робіт в області обробки сипучих зернових матеріалів запропонована параметрична схема процесу, у якій виділені вхідні керуючі, а також вихідні керовані і параметри, що спостерігаються, визначальну результативність процесу лушення зерна з досягненням рівномірності обробки його поверхні (рис. 2.1). Стосовно до конструкції лушильної машини безперервної дії в якості керуючих параметрів процесу, що рекомендуються, лушення з досягненням рівномірної обробки поверхні зернівок і відділенням оболонки можуть бути обрані:

- окружна швидкість обертання абразивних дисків;
- кут нахилу направляючого конуса α ;
- радіальний зазор абразивного диска δ і ситової обичайки;
- коефіцієнт заповнення зерном робочої зони f .

Вхідними конструктивними параметрами можуть бути:

- діаметр абразивного диска D ;
- внутрішній діаметр ситового циліндра $D_{об}$;
- радіальний зазор a , висота диска h , кількість абразивних дисків n ;
- висота усічено-конічної колони H и зазор b між нижньою підставою конуса і поверхнею абразивного диска.

Таблиця 2.1 - Програма експериментальних досліджень

| № досліду | Напрямок досліджень | Параметри | |
|-----------|---|-------------------------|-----------------------------|
| | | Постійні | Змінні |
| 1. | Попередні експериментальні дослідження процесу луценні зерна пшениці і ячменя. Експериментальне визначення залежності продуктивності луцильної машини, кількості відходів луцення, вмісту битих зерен і потужності електропривода від технологічних параметрів процесу луцення. | $D, D_{об}, h, n, H, v$ | $\alpha, \delta, \omega, f$ |
| 2. | Дослідження процесу луцення зерна в абразивно-дисковій машині: а) визначення залежності продуктивності машини від режимних параметрів; б) визначення залежності, кількості відходів луцення від режимних параметрів; г) визначення залежності, потужності споживаної луцильної машиною від режимних параметрів | $D, D_{об}, h, n, H, v$ | $\alpha, \delta, \omega, f$ |

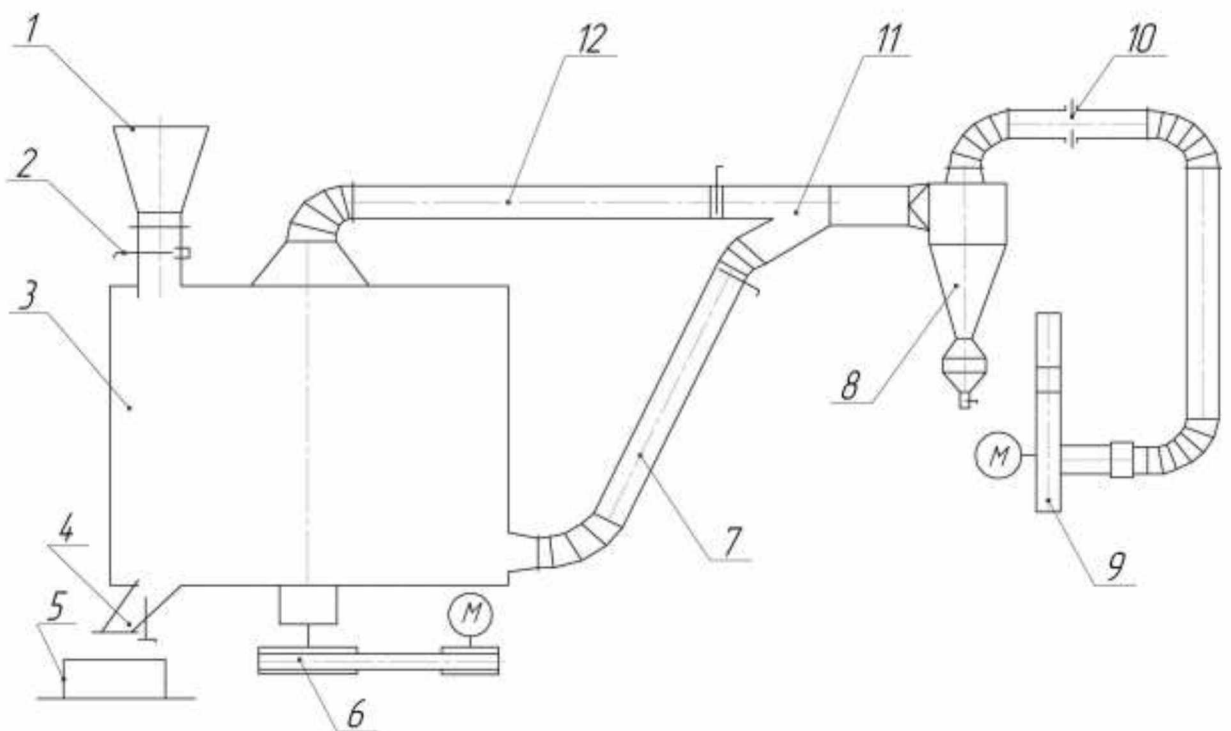


Рис. 2.1 - Схема експериментальної установки для луцення зерна:

1 - завантажувальний пристрій; 2 – регулювальний пристрій ступеня заповнення робочої зони; 3 – луцильний агрегат; 4 – вивантажувальний пристрій; 5 - ваги; 6 - привід; 7, 12 - повітропривід; 8 - пневмоколони; 9 - вентилятор з електроприводом; 10 - діафрагма; 11 - трійник.

2.2. Методика експериментальних досліджень

Для комплексної оцінки якості продуктів лушення використовували розрахункові вираження, отримані відповідно до рекомендацій [14].

Для більш повного опису процесу лушення використаний експериментально-статистичний метод. Не вникаючи у внутрішню структуру, розглянутий процес, як єдине ціле, і змодельований зв'язок між вхідними і вихідними параметрами. Така модель буде характеризувати властивості при визначених діапазонах зміни вхідних і вихідних параметрів. Використано прямий спосіб обчислення коефіцієнтів регресійних моделей, тому що ефективність використання кореляційного аналізу зв'язана з дотриманням ряду умов, що важко здійсненні в обстановці реального виробництва [15].

Досліджуваний процес дозволяє провести активний експеримент, заснований на використанні штучних збурювань, що вводяться по заздалегідь спланованій програмі. Активний підхід до експерименту в сполученні з методом планування дозволяє одержати необхідні результати, затративши мінімальні засоби і час на проведення досліджень. Таким чином, для побудови математичної моделі процесу лушення використаний регресійний аналіз, а для одержання експериментальних даних - активний експеримент.

Вибираємо наступну стратегію експериментальних досліджень: формулювання мети, висунання гіпотези, планування експериментів, проведення експериментів, обробка й аналіз результатів, перевірка правильності висунутої гіпотези, висунання нової гіпотези, перевірка умов закінчення експерименту, проведення при необхідності повторних

експериментів.

Характер протікання процесу лушення зерна в абразивно-дисковій машині детермінованим чином залежить від величини кута при підставі усіченого конуса робочої зони машини - α , радіального зазору між диском і ситом - δ , частоти обертання вала - n і ступеня дроселювання зернового потоку - k .

Основними вихідними параметрами або характеристиками процесу є продуктивність по зерну - Q , кількість відходів лушення - $C_{\text{опш}}$, вміст битих зерен - ΔB і потужність електроспоживання - N .

Вивчення процесів лушення зерна проводили в наступній послідовності: зразок зерна досліджуваної культури завантажували в бункер 1, потім робили його обробку в машині з установленими геометричними, механічними, а також аеродинамічними характеристиками пневмоприймальних пристроїв. Кінцевий продукт виводився в короб 12, після чого проводили зачищення машини, визначали матеріальний баланс продуктів лушення, розділяли їх на ситах і в аспіраційному стовпчиківі і відбирали зразки для аналізу.

Моделювання різних режимів роботи пневмоприймачів різних схем руху потоків здійснювали за допомогою системи повітропроводів, приєднаних до машини.

Моделювання різних величин витрат повітряного потоку проводили за допомогою дросельних засувок 24, 29, 46 (рис.2.1). Герметизацію фланцевих з'єднань виконували з застосуванням прокладок з листової гуми з наступною шпаклівкою усіх видів нещільностей.

При проведенні експериментальних досліджень зразок масою 10 кг засипали в прийомну лійку і піддавали лущенню в машині з установленими геометричними і кінематичними параметрами, проводили виміри.

Основні параметри повітряного потоку визначали відповідно до методики [16], причому враховувалися похибка на температуру і тиск навколишнього середовища, у випадку їхнього відхилення від нормативних

на 4%.

Установку перевіряли на герметичність шляхом створення розрідження в машині і пневмотранспортній системі і контролю показань манометрів, що були підключені до штуцерів добору тиску в різних місцях на корпусі машини й аспіраційній системі. Відсутність перепаду тисків свідчила про герметичність машини.

Частоту обертання ротора вимірювали строботометром 2ТСТ32-456 з паспортною погрішністю +0,5.

Колову швидкість абразивних дисків розраховували по формулі:

$$V = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{2 \cdot 30}, \quad (2.1)$$

де D - діаметр абразивного диска, м; n - частота обертання ротора машини, хв^{-1} .

Витрата енергії визначали за допомогою переносного комплекту К50 з паспортною погрішністю + 0,5.

Витрата повітря, що відсмоктується вентилятором пневмоприймача, вимірили з використанням діафрагм, попередньо відтарованих по колекторах, по дузі окружності $R=0,3D$ і установленими у вхідному перетині повітропроводів, відєднаних від машини.

Продуктивність повітряного потоку, що проходить через пневмосепараційну колону, визначали за допомогою діафрагми, попередньо таровану по колекторі установленому у вхідному перетині прямолінійної ділянки.

Повний тиск у характерних місцях визначали як суму статичного $H_{\text{ст}}$ і динамічного $H_{\text{д}}$ тисків:

$$H = H_{\text{ст}} + H_{\text{д}}. \quad (2.2)$$

Величину H_d визначали по залежності:

$$H_{di} = 1/2 \rho_e V_i^2, \quad (2.3)$$

де V_i - швидкість повітряного потоку в i -м перетині повітропроводу.

Значення аеродинамічного опору пневмоприймача визначили по залежності:

$$\sum_{i=1}^n \zeta = \frac{2H_{nm}}{\rho_A Q^2} F^2, \quad (2.4)$$

де H_{nm} - витрати тиску при переміщенні повітряного потоку з навколишнього середовища.

Обладнання, яке використовувалося для проведення експериментальних досліджень приведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Контрольно-вимірвальна апаратура для дослідження процесу луцення і пневмосепарування

| Найменування | Параметри вимірювань | Межі вимірювань |
|---|----------------------------------|---------------------------|
| Мікроманометр ММН-250, №№1296, 3248, 4760 (ТУ 25-01-816-79) | $H_{ст}, H_d$ | 0... 1000 Па |
| Колектор ЦАГИ D 45, 23, 55,100 | H_d | 0...1000 Па |
| Пневмометрична трубка | H_d | 0...1000 Па |
| Рідинною манометр нагнітаючого всмоктуючого типу | Нет | 0...20кПа |
| Барометр-анероїд | $H_{атм}$ | 90...104кПа |
| Аспіраційний психрометр | Температура і відносна вологість | -20...+50° С 20...100% |
| Строботахометр 2ТСт32-45б | Частота обертання ротора | 0...150Гц |
| Комплект електровимірювання К-50 | Потужність | 0... 50 кВт |
| Термоанемометр | V | До 5 м/с |
| Ваги медичні | Вага | 0,1...100кг |
| Ваги електронні SCOUT | Вага | 0-200 гр |
| Мілівольтметр цифровий, В7-21Ф, №Л020047 | Сила струму, опір Напруга | |
| Зерновий вологомір AQUASEARCH-600, модель РМ-6004-1S, фірми Kett Electric Laboratory (Японія) | Вологість | До 35% |
| Секундомір | Час | 0...120с |

Масову витрату оброблюваного матеріалу вимірювали ваговим способом з використанням медичних вагів по залежності:

$$G = M_m / t_B, \quad (2.5)$$

де M_m - маса матеріалу; t_B - час подачі.

Застосувавши рівняння Бернуллі для вхідного і вихідного перетинів, отримаємо:

$$H_{вент} = H_{o.v.} + H_{o.n.} = H_{n.v.} + H_{n.n.}, \quad (2.6)$$

$$H_{o.v.} = H_{n.v.} = H_{c.m.1-1} - H_{d.1-1} + \left(\sum \zeta_B + \lambda_B \frac{1_2}{d_2} \right) H_{d.2-2}, \quad (2.7)$$

$$H_{o.n.} = H_{n.n.} = H_{c.m.2-2} + H_{d.2-2} + \left(\sum \zeta_B + \lambda_B \frac{1_2}{d_2} \right) H_{d.2-2}. \quad (2.8)$$

При розробці методики експериментів і обробці експериментальних даних враховувалися вимоги стандартів, а також рекомендації, приведені в літературних джерелах.

При визначенні необхідного числа повторностей експериментів виходили з основного правила: якщо систематична помилка є визначальною, тобто її величина істотно більша величини випадкової помилки, властивому методі, то досить виконати вимір один раз, якщо випадкова помилка є визначальною, то вимір варто робити кілька разів. Перевірку здійснювали за критеріями Ω і W згідно стандартів. Визначення числа повторностей експериментів робили за загальноприйнятою методикою за допомогою розподілу Стюдента, а також по таблиці Романовського В.И. [15] при рівні надійності $y = 0,95 - 0,99$ і припустимій помилці 5%.

При обробці експериментальних даних розраховували середнє значення ознаки і виправлене середнє квадратичне відхилення.

Для перевірки точності експерименту розраховували систематичні і статистичні помилки. Систематичні помилки, що показують міру точності експерименту, визначали для безпосередніх вимірів з урахуванням точності методу і приладів.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Аналітична оцінка ефективності пневморозділення

Основу принципу пневмосепарування складає відмінність аеродинамічних властивостей частинок компонентів, що розділяються. У спрощеному вигляді процес розділення частинок в повітряному потоці із швидкістю $v_{\text{п}}$ можна представити таким чином. Якщо у висхідному потоці повітря знаходяться дві частинки – перша із швидкістю витання $v_{\text{вит.1}} < v_{\text{п}}$, а друга – з швидкістю $v_{\text{вит.2}} > v_{\text{п}}$, то перша частинка нестиметься потоком вгору, а друга – випадати з нього вниз. Проте, в реальній суміші швидкість витання для кожного компоненту сипкого матеріалу є випадковою безперервною величиною, яка може приймати будь-яке значення в певному діапазоні. Тому поділ двокомпонентної сипкої суміші повітряним потоком визначається по кривим (або полігонам) розподілу швидкості витання легкого і важкого компонентів.

Повітряний потік в робочому каналі, де відбувається розділення, нерівномірний. Отже, швидкість повітряного потоку в будь-якому перетині робочого каналу, також як і швидкість витання компонентів, є випадковою безперервною величиною, яка може приймати будь-яке значення між мінімальною і максимальною величинами. Тому, навіть коли між кривими розподілу є розрив, найбільш сприятливий з погляду поділу суміші, в реальних процесах не відбувається повного розділення компонентів.

Сумісний аналіз функції розподілу швидкостей витання $\Phi_n(v)$ легкого і $\Phi_m(v)$ важкого компонентів, а також повітряного потоку $\Phi_n(v)$ в робочому каналі і обчисленні ефекту виділення легких домішок (легкого компоненту) –

η_L , вміст важкого компоненту в понесеній повітряним потоком легкої фракції – Z_{om} по формулах дозволяє провести оцінку процесів сепарацій:

$$\Psi_T = \int_{V_{T1}}^{V_{T2}} \Phi_T(V) f_n(V) dV, \quad (3.1)$$

$$\eta_n = \Phi_L(V) f_n(V) dV, \quad (3.2)$$

$$Z_{om} = \frac{\varepsilon_u \Psi_T}{\varepsilon_u \Psi_T + \eta_n} \cdot 100\%, \quad (3.3)$$

де Ψ_T - коефіцієнт виносу важкого компоненту;

ε_u - відношення маси важкого компоненту до маси легкого компоненту ($\varepsilon_u = m_T/m_L$) в вхідній суміші.

Умови сепарації обмежуються наступними допущеннями:

- через одиницю площі перетину каналу в межах будь-якої крапки в одиницю часу проходять постійні кількості легкого і важкого компонентів;
- однаковою є щільність розподілу швидкостей витання компонентів, що потрапили на будь-яку елементарну частинку перетину розділення.

З метою застосування в розрахунках залежностей (3.1), (3.2), (3.3) методів математичної статистики, криві розподілу замінені емпіричними розподілами швидкостей витання компонентів і повітряного потоку. В цьому випадку значення η_L и Ψ_T визначається сумою твору функції розподілу $\Phi_L(v_i)$ і приростом $\Phi_n(v_i)$ для кожного класового проміжку Δv . Вказані параметри можуть бути визначені по наступних формулах:

$$\eta_n = \sum_{i=1}^n \Phi_L(V_i) [\Phi_n(V_i) - \Phi_n(V_{i-1})], \quad (3.4)$$

$$\Psi_T = \sum_{i=1}^n \Phi_n(V_i) [\Phi_n(V_i) - \Phi_n(V_{i-1})] \quad (3.5)$$

Тут варіанту $i = 1$ відповідає початку полігону розподілу $\Phi_n(v)$, варіанту $i = n$ відповідає кінцю полігону розподілу $\Phi_n(v)$, n – число класових проміжків Δv . у розмаху емпіричного розподілу повітряного потоку $R = v_n - v_1$. Залежності (3.4) і (3.5) враховують головні: аеродинамічні властивості компонентів, що розділяються, середню швидкість повітряного

поток в робочому каналі і ступінь нерівномірності потоку, концентрацію домішок в суміші. Що стосується решти чинників, то вони можуть бути враховані відповідними коефіцієнтами, які можна отримати емпіричним шляхом.

Використання комплексних коефіцієнтів K_L і K_T для кожного компоненту, що враховують зернове навантаження $q_{уд}$, умови введення суміші, що розділяється, в робочий канал (попереднє розшарування, швидкість і кут введення) і інші чинники, рівняння (3.4) і (3.5) приймають наступний вигляд:

$$\eta_L = K_L \sum_{i=1}^n \Phi_L(V_i) [\Phi_n(V_i) - \Phi_n(V_{i-1})], \quad (3.6)$$

$$\Psi_T = K_L \sum_{i=1}^n \Phi_m(V_i) [\Phi_n(V_i) - \Phi_n(V_{i-1})]. \quad (3.7)$$

Враховуючи, що $\Delta\Phi_{II}(V_i) = \Phi_{II}(V_i) - \Phi_{II}(V_{i-1}) = f_n(V_i)$, формули (3.6) і (3.7) перетворюються в систему:

$$\eta_L = K_L \sum_{i=1}^n \Phi_L(V_i) f_n(V_i); \quad (3.8)$$

$$\Psi_T = K_m \sum_{i=1}^n \Phi_L(V_i) f_n(V_i). \quad (3.9)$$

Зростання значення η_L при одночасному зменшенні значення Ψ_T є суперечністю, для часткового дозволу якого зазвичай нормують значення $z_{ом}$. У виробничій практиці зернопереробних підприємств значення змісту основного зерна або повноцінного продукту в отношениях обмежують значенням $z_{ом.н} = 2\%$.

Для забезпечення кращих показників ефективності пневмосепарування даної суміші в даному робочому каналі, необхідно встановити оптимальну середню швидкість повітряного потоку $V_{к.опт}$. Практично це забезпечується регулюванням повітряного потоку в робочому каналі.

Кращий ефект може бути досягнутий при меншому ступені нерівномірності повітряного потоку, тобто при меншому розмаху емпіричного розподілу повітряного потоку $R = v_n - v_1$.

Отримані залежності дозволяють аналітично по відомому полю швидкостей повітряного потоку в перетині розділення або поблизу нього і по відомих ймовірнісним характеристиках компонентів суміші за швидкістю витання при відомому співвідношенні компонентів розраховувати приблизно показники ефективності пневмосепарування, не проводячи самого процесу. Це дозволяє прогнозувати можливі показники технологічної ефективності.

3.2. Обґрунтування крутизни аеродинамічної характеристики вентилятора

Попередніми дослідженнями було встановлено, що меншим питомим навантаженням $q_{\text{п}}$ відповідають великі значення оптимальної середньої швидкості повітряного потоку $V_{\text{к.опт}}$ у робочому каналі, при якій забезпечується нормативний вміст повноцінного продукту в відносах $z_{\text{от.н}}=2\%$. Так, стосовно продуктів лущення проса при питомому навантаженні $q_{\text{уд}} = 35$ кг/(смгод) для каналу шириною $B_{\text{к}} = 140$ мм; $V_{\text{к.опт}} = 5,3$ м/с, при питомому навантаженні $q_{\text{уд}} = 58,5$ кг/(смгод); $V_{\text{к.опт}} = 4,4$ м/с.

Очевидно, це пояснюється збільшенням швидкості повітря в міжзерновому просторі із збільшенням навантаження. Середня ж швидкість потоку визначається витратою, віднесеною до поперечного перетину каналу без урахування продукту.

Неминучі коливання навантаження у виробничих умовах приводять до автоматичної зміни середньої швидкості повітряного потоку в робочій зоні і, отже, до зміни ефекту виділення домішок.

Якщо при випадкових коливаннях навантаження $z_{\text{от}}$ перевершує допустиме значення, то дроселюванням повітряної мережі можна зменшити витрату повітря. Проте при цьому неминуче зменшується значення

коефіцієнта витягання легкого компоненту z_u тобто знижується ефективність процесу сепарації.

Для дослідження шляхів вирішення цього протиріччя слід розглянути спочатку незалежний вплив навантаження і витрати повітря Q на величину $z_{от}$, виходячи з уявлень про процес в робочому каналі тих, що узгоджуються з результатами експерименту.

На рис.3.1 показано сімейство кривих $z_{от}(Q)$, побудоване при постійних, але різних значеннях навантаження $q_{уд}$.

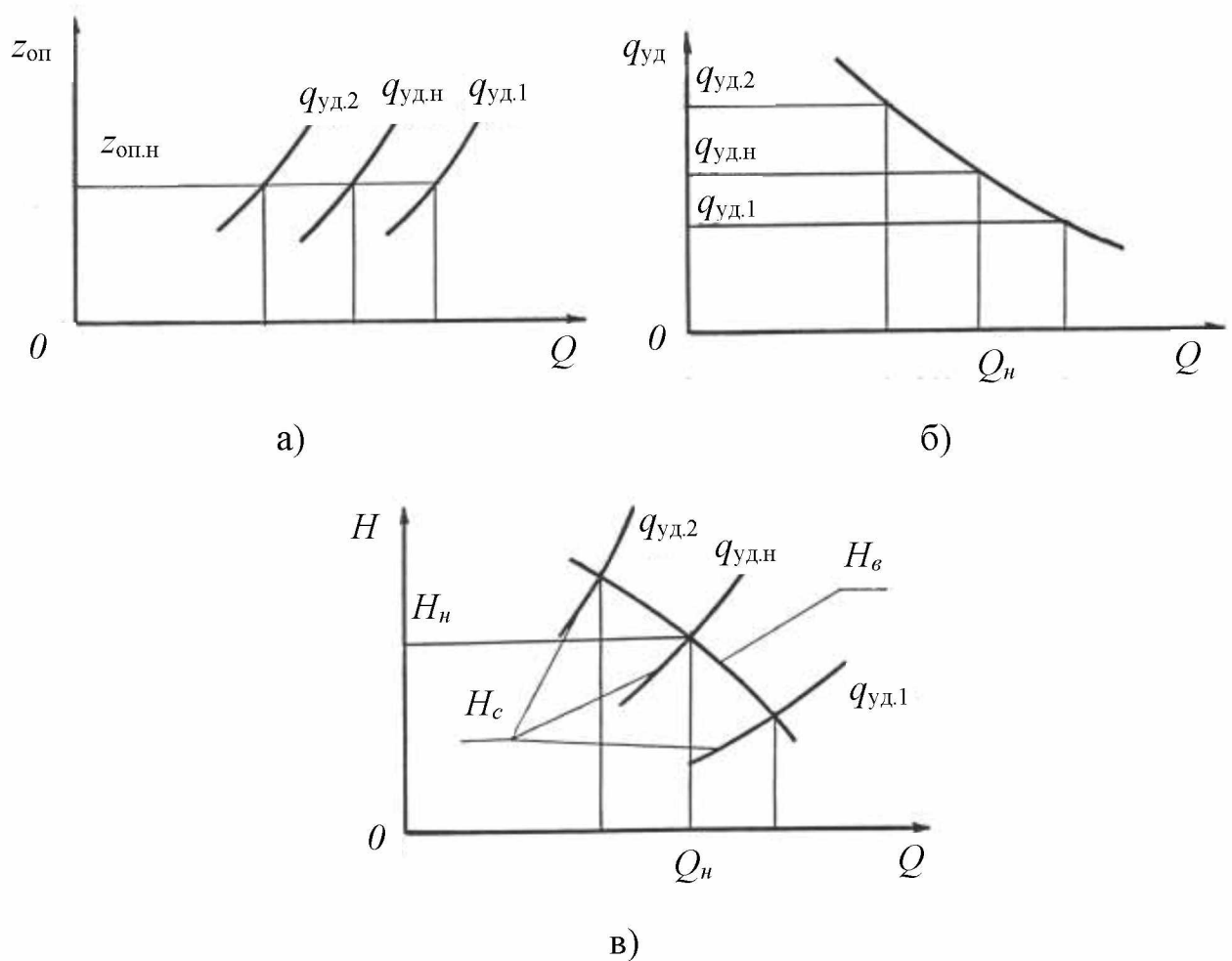


Рисунок 3.1 - Обґрунтування оптимальної характеристики тиску вентилятора

Вихідний характер залежностей $z_{от}(Q)$ при $q_{уд} = const$ відображає збільшення вірогідності віднесення частинок з більшою швидкістю витання

при збільшенні середньої швидкості повітряного потоку в робочому каналі. Якщо ж збільшити навантаження $q_{уд}$, підтримуючи постійну витрату повітря Q , наприклад, дроселюванням повітряної мережі, то унаслідок зменшення реального перетину каналу, збільшується швидкість повітря в міжзерновому просторі і вірогідність віднесення частинок з більшою швидкістю витання. Тому криві $z_{от}(Q)$ при великих значеннях $q_{уд} = const$ відповідають великим значенням $z_{от}$.

По точках перетину кривих $z_{от}(Q)$, відповідних різним значенням $q_{уд}$, по прямій $z_{от.н} = const$, легко побудувати графік $q_{уд}(Q)$, при якому забезпечується постійність $z_{от}$, як це показано на рис. 3.1.

Стабілізацію процесу сепарації може виконати вентилятор, якщо його характеристика тиску $H_B(Q)$ відповідає встановленій залежності $q_{уд}(Q)$. На рис. 3.1 побудовано сімейство кривих залежності опору мережі H_C від навантаження $q_{уд}$. Шукана характеристика вентилятора $H_B(Q)$ проходить через точки перетину кривих $H_C(Q)$ з відповідними прямими $Q=const$, паралельними осі ординат.

Розглянемо функцію $z_{от}(q_{уд}, Q)$ і її повний диференціал:

$$dz = \frac{\partial Z}{\partial q} dq + \frac{\partial Z}{\partial Q} dQ, \quad (3.10)$$

або

$$\frac{dz}{dq} = \frac{\partial z}{\partial q} + \frac{\partial z}{\partial Q} \cdot \frac{dQ}{dq}. \quad (3.11)$$

Витрата Q є функцією опору мережі сепаратора H_C .

При зміні навантаження на dq , H_C змінюється спочатку на $\frac{\partial H_C}{\partial q} dq$, а потім на $\frac{\partial H_C}{\partial Q} dQ$.

Повна зміна тиску при виході вентилятора на новий сталий режим

$$dH_B = \frac{\partial H_C}{\partial Q} dq + \frac{\partial H_C}{\partial Q} dQ. \quad (3.12)$$

З (3.12) слідує:

$$dq = \left(\frac{\partial H_c}{\partial q}\right)^{-1} \cdot (dH_B - \frac{\partial H_c}{\partial Q} dQ). \quad (3.13)$$

Підставляючи dq в (3.11) і вважаючи $z_{от} = const$ або $dz/dq = 0$, отримаємо наступну умову постійності $z_{от}$ при зміні навантаження на dq

$$\frac{dH_b}{dQ} = - \frac{\partial z}{\partial Q} \cdot \frac{\partial H_c}{\partial Q} \left(\frac{dz}{dq}\right)^{-1} + \frac{\partial H_c}{\partial Q}. \quad (3.14)$$

Коефіцієнт крутизни характеристики тиску вентилятора визначається як величина $K_{ж.з} = - dh_e / dQ$, а його значення при $z_{om} = const$ позначимо

$$K_{ж.з} = - (dh_e / dQ)_{z_{om} = const}.$$

Рівність (3.14) приймає вигляд

$$K_{ж.з} = \frac{\partial z}{\partial Q} \cdot \frac{\partial H_c}{\partial q} \left(\frac{\partial z}{\partial q}\right)^{-1} - \frac{\partial H_c}{\partial Q}. \quad (3.15)$$

Використовуючи положення в лінійності характеристики вентилятора рівняння (3.15) може бути представлене у вигляді:

$$K_{ж.з} = \frac{\Delta qz}{\Delta Q} \cdot \frac{\Delta q H_c}{\Delta q} \left(\frac{\Delta qz}{\Delta q}\right)^{-1} - \frac{\Delta Q H_c}{\Delta Q}, \quad (3.16)$$

де $\Delta q = q_{уд.2} - q_{уд.1}$, $q_{уд.г}$ і $q_{уд.1}$ - навантаження відповідно велике і менше на $\Delta q/2$ навантаження $q_{уд.н}$, що забезпечує номінальну продуктивність

$$\Delta qz = z_{q2} - z_{q1},$$

z_{q2} і z_{q1} - кількість корисного продукту в відносах при питомих навантаженнях, відповідно $q_{уд.г}$ і $q_{уд.1}$ і при номінальній витраті повітря через робочий канал Q_H .

Значення величин правої частини рівності (3.16) з достатньою для практичних розрахунків точністю можуть бути визначені експериментально.

Витрата Q_H визначається з умови забезпечення необхідного ефекту виділення легкого компонента $\eta_{ц.н}$ і допустимого вмісту корисного продукту в відносах $z_{ом.н}$ при навантаженні $q_{уд.н}$.

$$\Delta Qz = z_{Q2} - z_{Q1},$$

z_{Q2} і z_{Q1} - вміст корисного продукту в відносах відповідно більше і менше $z_{om,n}$.

$$\Delta Q = Q_2 - Q_1,$$

Q_2 і Q_1 - витрата повітря, що забезпечує при навантаженні вміст корисного продукту в відносах відповідно $z_{Q2} - z_{Q1}$.

$$\Delta q H_c^I = H_{c2}^I - H_{c1}^I,$$

H_{c2}^I і H_{c1}^I - аеродинамічний опір мережі сепаратора при питомому навантаженні відповідно $q_{уд,2}$ і $q_{уд,1}$, при незмінних геометричних параметрах мережі і постійній витраті Q_H .

$$\Delta Q H_c^{II} = H_{c2}^{II} - H_{c1}^{II},$$

H_{c2}^{II} і H_{c1}^{II} - аеродинамічний опір мережі сепаратора при витраті повітря відповідно Q_2 і Q_1 і постійному навантаженню $q_{уд,n}$.

Характеристика тиску вентилятора, що має при номінальному навантаженні на сепаратора коефіцієнт жорсткості рівний величині, визначеній з (3.15) або (3.16), забезпечує найбільш стабільний вміст корисного продукту в відносах при коливаннях зернового навантаження.

3.3. Режимні і конструктивні характеристики пневмокамер

Основним способом усунення ефекту "сухого змачення" абразивного лущення є аспірація аеродинамічно легких виносів. Дослідженнями встановлено з усієї маси дрібнодисперсних продуктів не більш 40% відбирається традиційним методом, що залишилися 60% знову утворених часток приводять до "залоювання", "самозараження" облущувальних машин. Низька ефективність аспіраційних установок - (АУ) абразивних облущувальних машин - (АОМ) визначена відсутністю в "Правилах проектування аспірації ..." обґрунтованих конструктивних і режимних характеристик пристроїв видалення продуктів лущення. Аналіз літературних джерел не дозволив виявити рекомендацій з конструкції й аеродинаміки убудованих пневмоприймачів АОМ.

Для усунення перерахованих проблем були проведені дослідження з рішення задач спрямованих на забезпечення: - високої надійності пневмосистем (гарантований виніс дрібнодисперсних продуктів лущення); - мінімізація енерговитрат пневмоустановок. Методологія створення оптимальних аеромеханічних систем, зокрема створення раціональної конструкції пневмоприймачів ґрунтується на аналізі залежностей - продуктивності часток - G , від швидкості повітряного потоку - v і гідравлічного опору - H , від швидкості - v . Причому перша функція дає представлення про надійність, а друга характеризує енергоємність пневмосистеми.

Обґрунтування конструкції прийомного пристрою абразивної облущувальної машини, ґрунтується на порівнянні характеристик приймача - АУ рис.3.2 (б) з базовим прототипом горизонтального пневмоприймача рис. 3.2 (а). Порівняльний аналіз (рис. 3.3) транспортних можливостей - АУ і пневмомережі, указує на значне (більш ніж 2 рази) перевищення їхньої енергоємності. При однаковій витратковій швидкості повітря ступінь використання енергії повітряного середовища твердими частками залежить від епюри швидкості потоку пневмопристрої. Деформований "розтягнутий" вид епюр, наявності вихрів, є основною причиною зниження рушійних аеродинамічних сил, величина яких визначається не вільною по перетині швидкістю робочої зони, а швидкісною динамічною напругою локальних швидкостей обтікання частки.

Попередні дослідження аеромеханічних особливостей, різних способів видалення відносів з абразивних облущувальних машин, дозволили обґрунтувати напрямок інтенсифікації силової взаємодії, збільшення ступеня використання твердими частками аеродинамічної енергії: - формування ефективних епюр середовища; - створення раціональної схеми подачі дрібнодисперсних продуктів лущення в робочу зону змішування пневмопристрою.

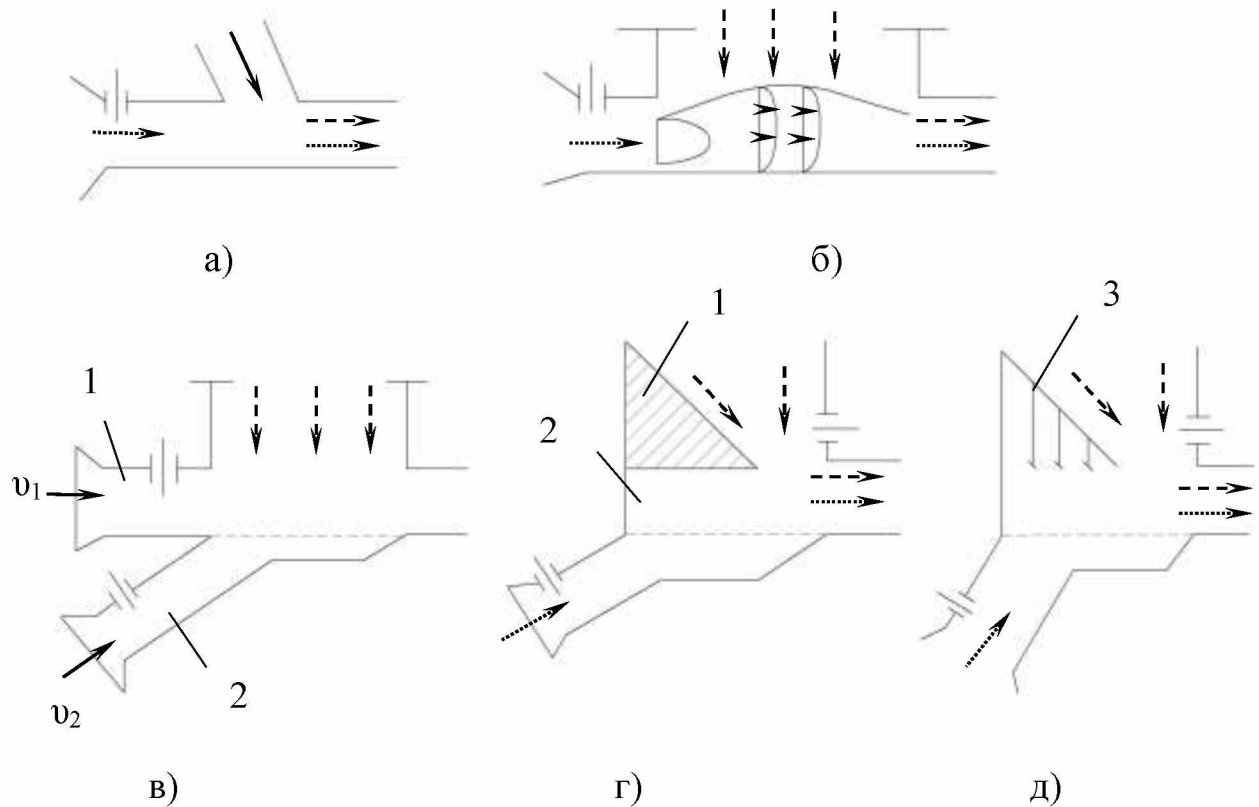


Рисунок 3.2 - Схеми пневмоприймачів абразивних луцильних машин

Перший етап рішення задачі оптимізації пневмопристрої - АШМ припускав сполучене інтегроване транспортування горизонтальними і похилим повітряними потоками через перфоровану перегородку рис. 3.2 (в). Приймач такого роду дозволив забезпечити широкий діапазон різновекторного накладення аеродинамічних сил. Результати досліджень рис. 3.3, 3.4, 3.5 вказують на переваги нижнього підведення повітряного середовища. Більш низькі питомі втрати тиску пневмокамери - H визначені ефектом "повітряної подушки", завдяки якому сипучі частки не контактують із дном пневмоприймачів "зважається вертикальної складової тим самим, зменшуючи сили тертя. Вивчення оптимального співвідношення - напрямку сумарного вектора дії сил, дозволило прийти до висновку - ріст кількості повітря подаваного через пористе дно приводить до мінімізації опору пневмозбірника. Граничний, мінімальний опір - H_{min} досягається при усуненні лінійного, горизонтального потоку.

Рішення задачі обґрунтування раціональної схеми подачі дрібнодисперсних продуктів лушення в робочу зону проводилося шляхом вивчення функцій втрат тиску (енергоємності) пневмомережі. Як була показано раніше розосереджена подача дрібнодисперсних часток унаслідок деформування епюр швидкостей рис. 3.2 (б) має істотні недоліки енергообміну. На рис. 3.3, 3.4, 3.5 приведені порівняльні дослідження пневмопристроїв - АУ традиційної рис. 3.2 (в) і локалізованого завантаження рис. 3.2 (г) по залежності . Їхній аналіз указує на перевагу пневмоприймача зосередженої подачі часток, надійна швидкість транспортування якого в 1,5 - 2 рази менше приймачів - АУ. Висока енергоефективність превмосистеми рис 3.2 (г) визначена відсутністю вихрових, застійних зон пневмоприймачів традиційних - АУ.

Разом з тим превмоприймач рис. 3.2 (г) при усіх своїх безперечних аеродинамічних перевагах має визначений недолік - наявність "мертвої" зони - 1, утвореною положистою площадкою - 1 з кутом нахилу - α перевищуючий кут внутрішнього тертя дрібнодисперсного матеріалу φ ($\alpha > \varphi$) і горизонтальної направляючої - 2, що стабілізує епюри швидкості пневмоприймача. Горизонтальна площадка - 2 ускладнює вільну подачу оболонок у робочу зону пневмоприймача. Для удосконалювання висновку дрібнодисперсних часток зони - 1, горизонтальна полиця замінюється вертикальними напрямними - 3, що забезпечують вільний прохід оболонок через ситову обичайку "мертвої" зони при одночасній стабілізації аеродинамічної схеми руху потоків, епюр швидкості.

Проведені дослідження дозволяють прийти до висновків: - надійне транспортування дрібнодисперсних продуктів, забезпечується нижнім підведенням повітряного потоку через пористе днище; - раціональний енергообмін, формування аеросуміші припускає зосереджену подачу аеродинамічно легких продуктів лушення в робочу камеру превмоприймача.

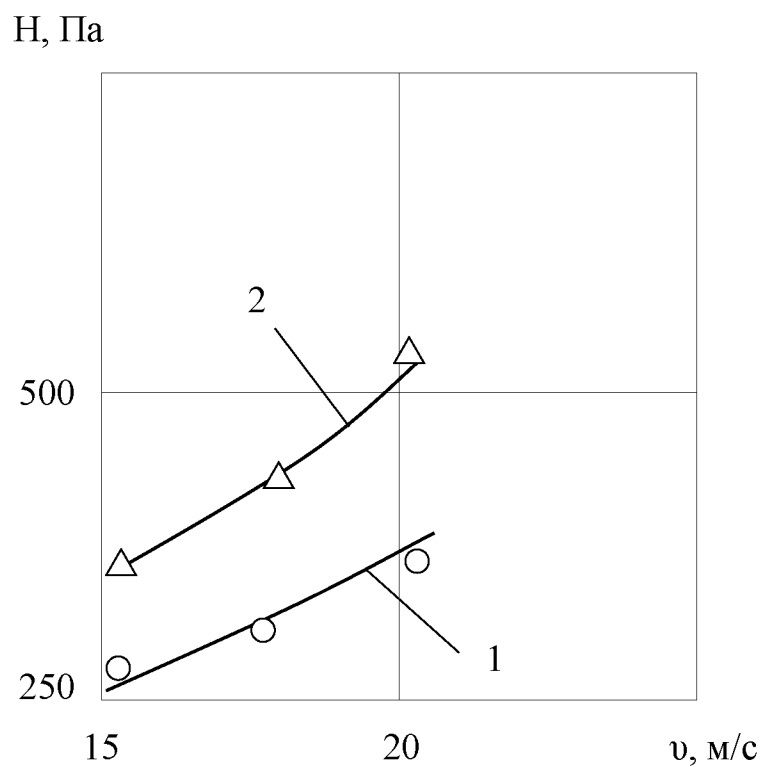
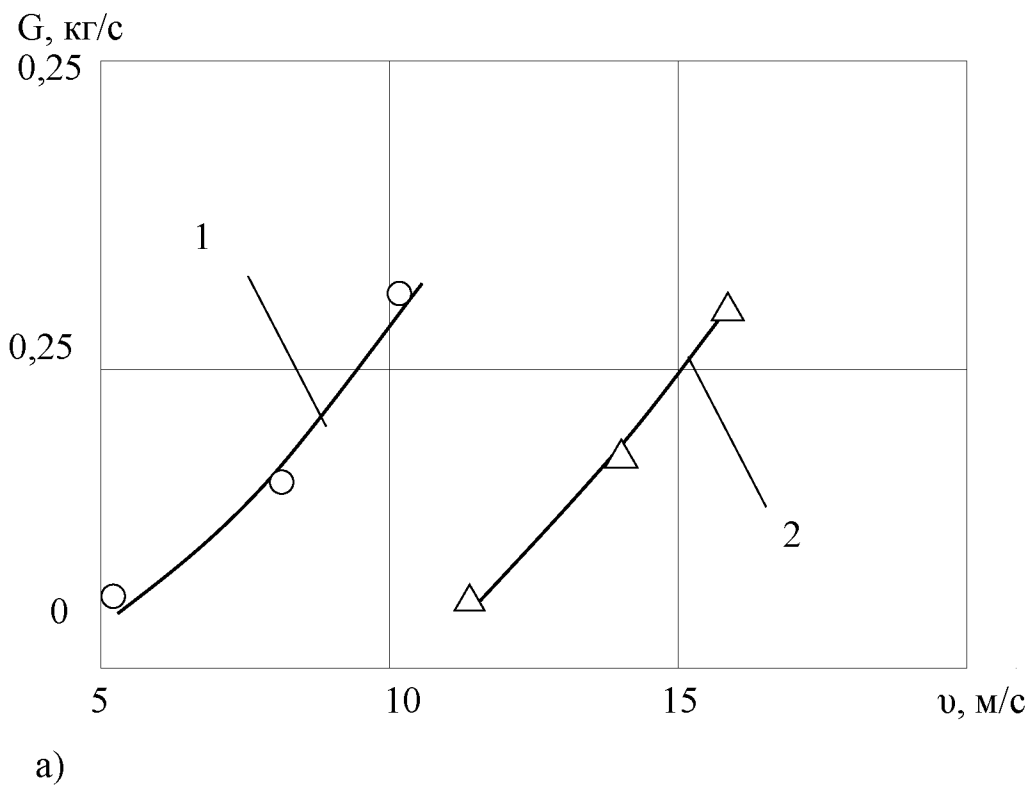


Рисунок 3.3 - Порівняльні характеристики пристроїв відбору продуктів лушення: а) $G=f(v)$, б) $H=f(v)$; 1 - пневмосистема; 2 - аспіраційний пристрій.

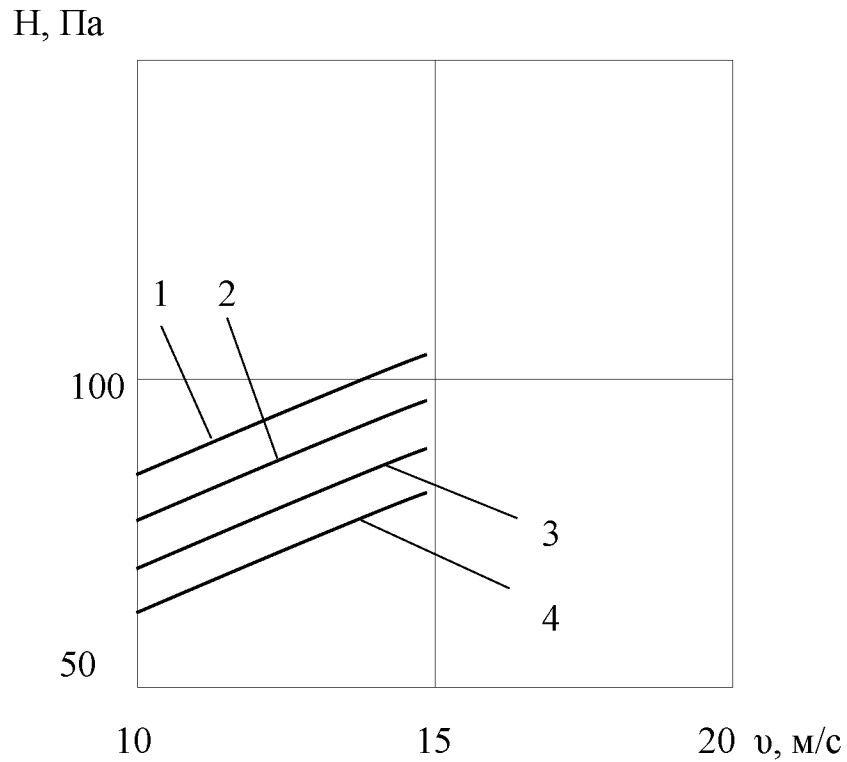


Рисунок 3.4 - Залежність $H = f(v)$, $G = 0,1 \text{ кг/с}$ для різних способів подачі повітря 1 - $v_2 = 0 \text{ м/с}$; 2 - $v_1 / v_2 = 1/2$; 3 - $v_1 / v_2 = 1/5$; 4 - $v_1 = 0 \text{ м/с}$

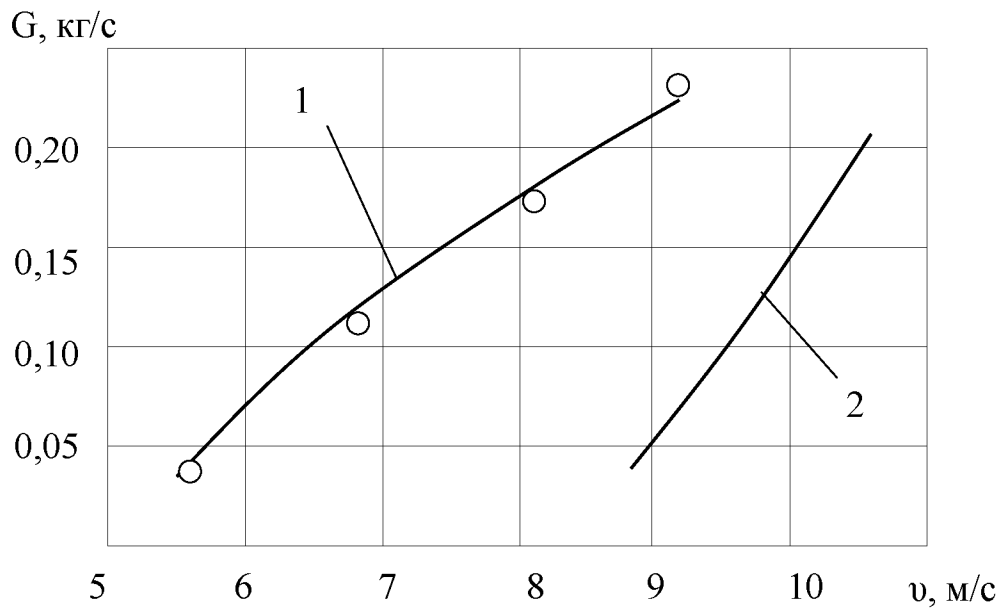


Рисунок 3.5 - Аеродинамічні характеристики пневмосистем: 1 – пневмоприймач рис. 3.2 (а); 2 – пневмоприймач рис.3.2 (г)

Одній з проблем, від вирішення якої багато в чому залежить технологія лущення зерна, є інтенсифікація сепарації продуктів лущення. Проблемними питаннями роботи існуючих пневмосепараторів є суперечність в режимах аеродинамічного очищення і пневмосепарування отросов. Співвідношення їх раціональних значень витрат повітря різняться до двох разів. Вимушена синхронізація характеристик повітряних потоків, приводить або до завищеної енергоємності пневмоустановок, або до недостатньої технологічної ефективності.

Інтенсифікація роботи облущувальних комплексів припускає розробку заходів щодо зниження: питомих витрат повітря по очищенню продуктів лущення від відходів лущення; аеродинамічного опору пневмопристроїв.

Рішення першої задачі припускає обґрунтування необхідних і достатніх умов процесу сепарації, визначення режимних, технологічних і конструктивних параметрів робочих каналів: швидкість і кут введення продуктового потоку; питоме навантаження суміші, середня швидкість повітряного потоку; конструкційно-геометричні характеристики каналу і так далі. Вивчення впливу на ефективність сепарації умов введення продукту в робочий канал було виконане шляхом порівняння традиційної схеми завантаження пневмоколонок (кут взаємодії потоків $50-60^\circ$) з системою подачі характерною для вертикальних пневмопристроїв (кут взаємодії близький до 90°) при питомому навантаженні $q = 105 \text{ кг/см}\cdot\text{год}$ - широко поширеною в практиці круп'яних виробництв. Дослідження проводили з використанням суміші 92% зерен і 8% домішок, отриманою в результаті лущення зернових матеріалів. Початкові фізико-механічні властивості сировини приведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Фізико-механічні властивості сировини

| Культура | Розмір, мм | | | Щільність 10^3 кг/м^3 | Об'ємна Маса, кг/м^3 | Відносний вміст оболонки в т.ч. зародка, % | Зусилля стиснення, Н | Коефіцієнт внутрішнього тертя |
|----------|------------|---------|---------|------------------------------------|----------------------------------|--|-------------------------|-------------------------------------|
| | Довжина | Ширина | Товщина | | | | | |
| Ячмінь | 6,9-8,1 | 2,0-5,1 | 1,1-4,6 | 1,15- 1,43 | 640 | 10,9 | 115- 180 | 0,5 |
| Пшениця | 4,7-8,1 | 1,5-3,9 | 1,4-3,4 | 1,2-1,45 | 770 | 11,8 | 120- 285 | 0,46 |
| Горох | 3,9-9,0 | 3,9-8,9 | 2,9-9,0 | 1,3-1,5 | 890 | 10,1 | 175- 245 | 0,54 |

Залежності пневмосепарування продуктів лушення підтверджують закономірності енергообміну двокомпонентних аеродисперсних потоків характерні для випадку пневмотранспортування. Зокрема, оптимальна взаємодія повітряного і дисперсного середовищ при перпендикулярному взаємоперетненні потоків рівнорозподілених епюр швидкостей (кут атаки – 90°). Саме горизонтальна подача суміші у вертикальний висхідний потік ($\alpha \rightarrow 90^\circ$) дозволяє понизити різність і тим самим зменшити вірогідність зіткнення, зчеплення аеродинамічний легких частинок компонентів, що розділяються.

Обґрунтування раціонального питомого навантаження – (q) ґрунтувалося на вивченні закономірностей ступеня віднесення $\varepsilon = f(q)$, а також ступеню витягання $\varphi = f(q)$ при сепарації продуктів лушення пшениці повітряним потоком (середня витратна швидкість $V \approx 6$ м/с, кут атаки близький до 90° і швидкість введення суміші від 0,2 – до 0,4 м/с). Діапазон зміни навантаження знаходився в межах від 60 – до 120 $\text{кг/см} \cdot \text{год}$. Аналіз графіків рис. 3.3 показує, із зростанням навантаження – q ефективність витягання лушпиння падає, а віднесення зерна – збільшується. При одній і тій же витратній швидкості повітря $V \approx 6$ м/с ступінь використання енергії

дисперсним середовищем залежить від кількості частинок і розташування їх в поперечному перетині матеріалопровода. Проведені дослідження показали на раціональну величину концентрації твердих частинок, навантаження – q , швидкість повітря в значно більшому ступені впливає епюру швидкостей в зоні введення сипкого матеріалу, чим в пневмоканалі. В зв'язку з цим діапазон ефективного питомого навантаження $q \leq 85,3$ кг/см·год обмежується нормативним змістом основного зерна пшениці в относах $e < 2\%$. Аналогічні граничні значення q – отримані для основних продуктів луцення абразивних облушувальних машин.

Рішення другої задачі інтенсифікації роботи облушувальних комплексів припускає обґрунтування режимів пневмотранспортування, конструкції пневмоустановки. У разі, коли повітряне середовище одночасно з технологічними завданнями виконує транспортні функції, виникають додаткові питання, пов'язані з швидкістю і витратою повітря пневмосистеми, а також епюрами швидкостей повітря що подається в пневмосепараційну колонку. Обґрунтування режимних і конструктивних параметрів, вибір виду пневмотранспорту передбачає комплексний облік енергетичних, технологічних, екологічних вимог. У зв'язку з цим виникає питання обґрунтування конструкції приймального пристрою пневмоколони, яка найбільшою мірою повинна відповідати перерахованим умовам.

Обґрунтування схеми пневмокамери було проведене шляхом порівняння аеродинамічних характеристик, широко поширеною аспіраційною пневмоколони і вертикальних пневмоприймачів рівної продуктивності.

Проведені дослідження показали, аеродинамічні параметри існуючих пневмоколонок не дозволяють забезпечити роботу пневмосистеми в зоні мінімуму гідравлічного опору, їх енергоємність істотно перевищує показники традиційних пневмоприймачів.

З метою обґрунтування напрямів підвищення ефективності пневмотранспортування, збільшення ступеня використання твердими

частинками енергії повітряного потоку, їх силової взаємодії, нами були проведені дослідження впливу способів підведення повітря в робочу зону. На рис. 3.6 представлені залежності втрат тиску стійкого пневмоприймача при різному співвідношенні – Q_1/Q_2 зустрічного – Q_2 , спутного повітряних потоків, – Q_1 пневмоколонки відносів $G=300$ кг/г.

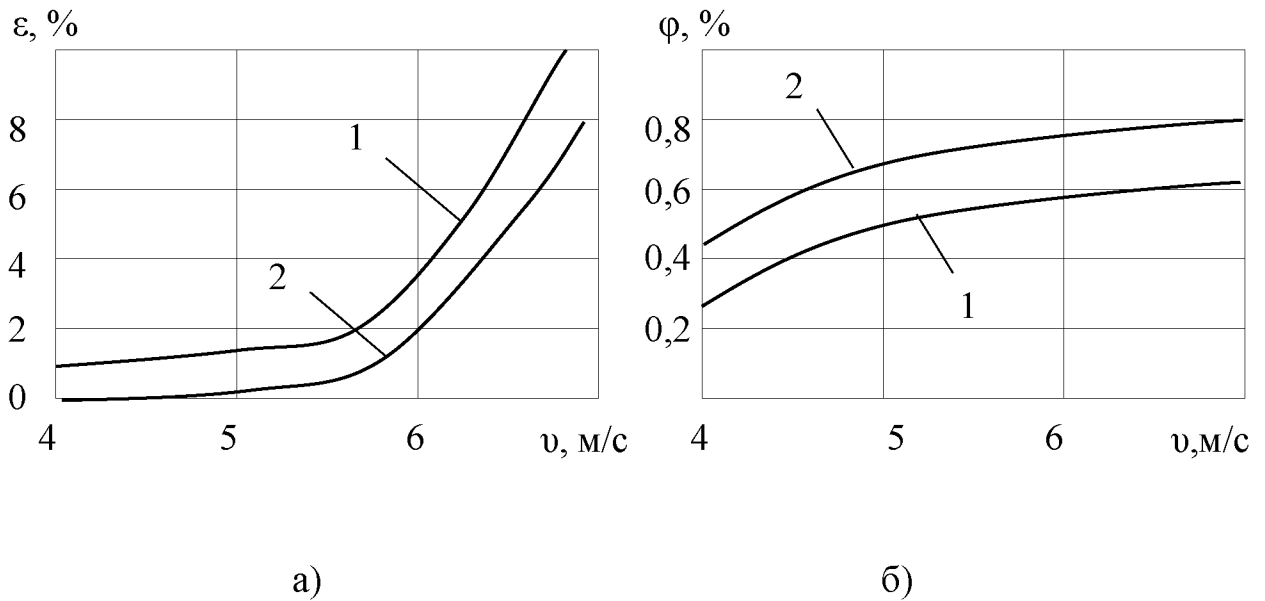


Рисунок 3.6 - Залежність виносу зерна повітряним потоком (а) і залежність виносу домішок (б); 1 – кут атаки 50° ; 2 – кут атаки 90°

Для запобігання попутного руху частинок і повітря передбачається установка пристрою вантажного клапана в патрубку подачі продукту, що сприяє більш вирівняній епюрі швидкостей зернового матеріалу, мінімізації витрати – Q_1 , вдосконаленню структури і кінематики потоку – Q_2 .

Результати досліджень представлені у вигляді графіків (рис. 3.7, 3.8) показують, що ефект виділення лушпиння в робочому каналі будь-якої ширини B_k росте при збільшенні середньої швидкості повітря v_r від 4 до 5,7 м/с. У разі подальшого збільшення швидкості повітря ефект виділення лушпиння залишається майже постійним і достатньо високим, окрім каналу з шириною $B_k=100$ мм, в якому спостерігається деяке зниження.

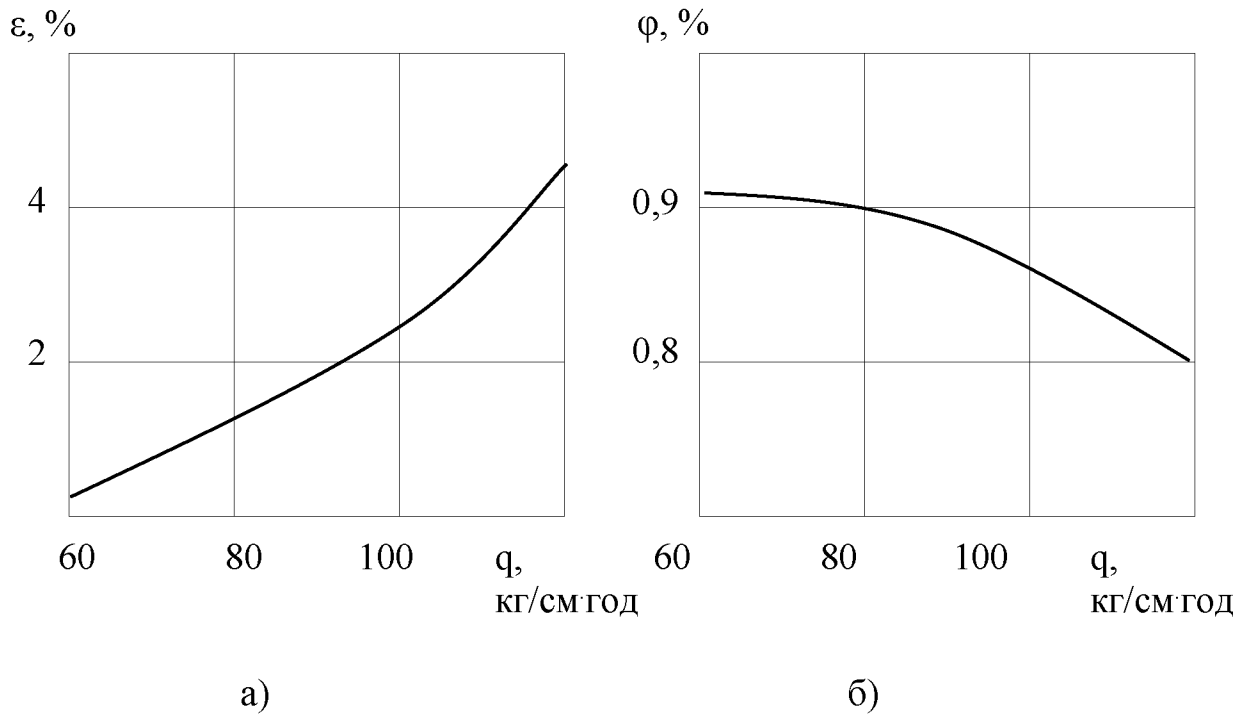


Рисунок 3.7 - Вплив питомого навантаження на ефективність пневмосепарування; а – залежність витягання зерна; б – залежність витягання домішок

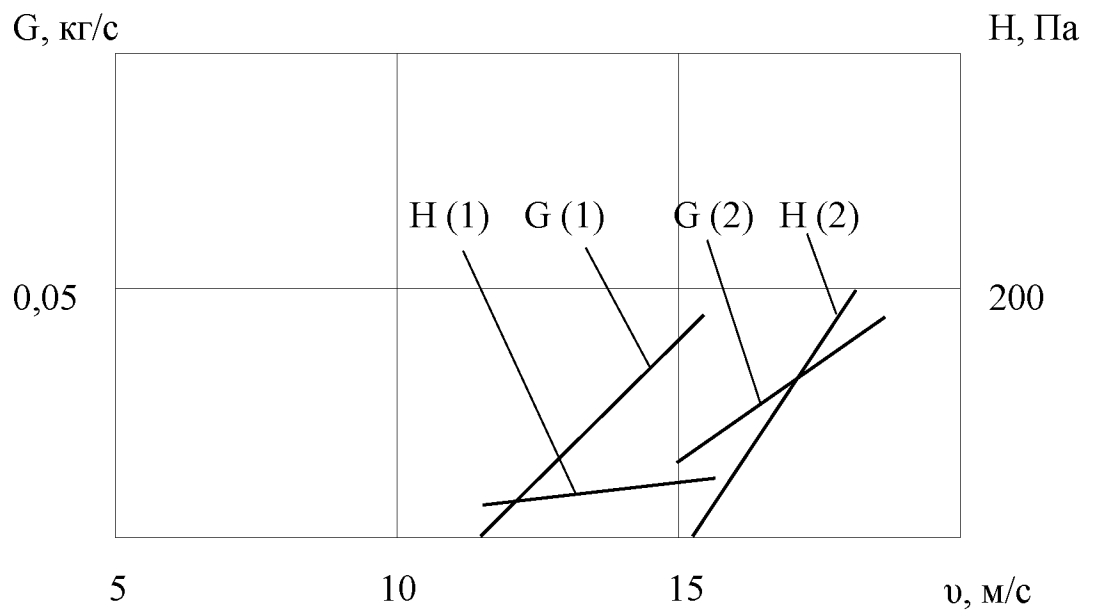


Рисунок 3.8 - Порівняльні характеристики пневмовідбору продуктів лущення; 1 – звичайна пневмомашинна, 2 – пневмотранспортний приймач

Графіки на рис. 3.6 і 3.7 дозволяють визначити граничну швидкість повітряного потоку по нормативному значенню вмісту повноцінного продукту в відносах $z_{om}(v_k)$ побудована залежність $v_{кр}(B_k)$ при $z_{om,n} = 2\%$ (рис.3.8). Залежність носить лінійний характер. При цьому із збільшенням ширини каналу гранична середня швидкість повітряного потоку збільшується. Пояснено це явище може бути тим, що при пневмосепаруванні повинна підтримуватися у всіх випадках однакова швидкість в міжзерновому просторі продукту, що знаходиться в зоні сепарації. Так при меншій ширині каналу буде більше зернове навантаження на одиницю площі поперечного перетину каналу і, отже, менший коефіцієнт перетину каналу в зоні сепарації і, навпаки, при більшій ширині – більший коефіцієнт перетину каналу. Середня ж швидкість в каналі розраховується без урахування навантаження. Таким чином, чим більший коефіцієнт перетину каналу в зоні сепарації, зайнятого продуктом, тим більше повинна бути середня швидкість. Це можна застосувати не тільки до каналів різної ширини при однакових зернових навантаженнях $q_{уд}$ кг/смгод, але і до одного каналу, але що працює при різних $q_{уд}$. Отже, із збільшенням навантаження $q_{уд}$ на канал гранична середня швидкість повинна зменшуватися.

Гранично допустима середня швидкість повітряного потоку в каналі $v_{к.пр} = 6,6$ м/с, отримана при розділенні продуктів лушення в каналі шириною $B_k = 140$ мм, відповідає забезпеченню вмісту повноцінного продукту в відносах $z_{om,n} = 2\%$. Проте, при зниженні середньої швидкості v_k до 6 м/с ефект виділення лушпиння залишається на тому ж рівні 0,97, але z_{om} знижується до 0,3%. Тому швидкість $v_k = 6$ м/с слід прийняти за оптимальну.

Висновки

1. Обґрунтований аналітичний опис двокомпонентних потоків для різних необхідних початкових умов роботи пневмосистеми.

2. Надійне пневмотранспортування продуктів з робочої зони лушення забезпечується нижнім підведенням повітря потоку через пористу перегородку (гідравлічний радіус $R_r=2\text{мм}$), формування аеросуміші припускає зосереджену подачу аеродинамічних легких продуктів в робочу камеру. Основним чинником що визначає енергоємність пневмосистеми є щільність потоку.

3. Мінімальні втрати тиску максимальна ефективність пневмосепарування продуктів лушення отримуються при перпендикулярному взаємоперетині повітряного і продуктового потоків (кут $\alpha = 90^\circ$), горизонтальна подача суміші у вертикальний потік ($\alpha \rightarrow 90^\circ$), приводить до зменшення різності, вірогідності зіткнення, зчеплення аеродинамічних легких частинок компонентів, що розділяються.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1. Екологічна експертиза розробок

Екологічна паспортизація ремонтно-обслуговуючих підприємств є одним з ефективних перспективних засобів охорони навколишнього природного середовища. Екологічний паспорт підприємства належить до його основної проектно-технічної документації. Поряд з технологічним регламентом він повинний бути на кожному підприємстві. У цьому документі наведені дані, що характеризують взаємовідносини підприємства з довкіллям.

У першій частині паспорта наводяться загальні відомості про виробництво: назва підприємства та продукції, що виробляється, район розташування, його потужність, займана площа, кількість працюючих та основні витратні величини споживаної сировини, води, енергії, палива, пари, повітря тощо, а також відомості про споживану сировину, джерела водо- і теплопостачання, короткий опис технологічних схем виробництва основної продукції, технології очищення газо- димових викидів в атмосферне повітря та стічних вод, оборотність, зберігання, транспортування та вилучення твердих відходів (назва, кількість, хімічний склад та деякі основні властивості, технологія відновлення або виготовлення), утримання приміщень і споруд, плани дій в аварійних умовах, небезпечні матеріали, відомості про кращі альтернативні технології, що застосовуються на інших підприємствах країни чи світової практики і завдають меншої шкоди довкіллю.

Характеризується також санітарно-захисна зона підприємства (площа зони, прилеглі об'єкти, її оформлення).

У другій частині паспорта відображені заплановані природоохоронні

заходи із зазначенням конкретних термінів, виконавців, обсягів і витрат, питомих і загальних газо-димових викидів в атмосферне повітря і скидів стічних вод та відходів виробництва до і після впровадження кожного заходу.

Екологічні паспорти дають змогу зробити аналіз екологічного середовища в регіоні, порівняти техніко- і еколого-економічні дані з даними інших підприємств, що характеризуються природоохоронними заходами.

Одночасно можна оцінити й ефективність застосованої технології, повноту використання матеріалів й палива, ефективність технології очищення стічних вод і газо-димових викидів.

Можна також зробити еколого-економічну оцінку збитків взагалі і завданих природі зокрема, ефективність використання палива та енергії.

Оскільки об'єкти підприємства є джерелами забруднення атмосфери і навколишнього середовища, то проводять аналіз забезпеченості технічними засобами контролю за станом навколишнього середовища, викидами забруднюючих речовин в атмосферу і дають оцінку виконання екологічних заходів, приводять дані про використання і охорону земельних і водних ресурсів, описують методи контролю за шкідливими викидами, заходи щодо їх зменшення.

Екологічні порушення (злочини) караються відповідно до вимог Кримінального кодексу України. Вимоги закону передбачають встановлення чіткого причинного зв'язку між зробленим порушенням і погіршенням навколишнього середовища.

До екологічних злочинів відносять: забруднення навколишнього природного середовища (води, повітря, ґрунту); порушення правил обороту небезпечних матеріалів і відходів.

Забруднення, виснаження поверхневих чи підземних вод, джерел питної води або зміна її природних властивостей можуть завдати шкоди сільському господарству. Оцінка завданого збитку здійснюється з урахуванням реальної вартості затрат на відновлювальні роботи та ліквідацію наслідків.

Порушення правил викиду забруднювальних речовин в атмосферу, експлуатації очисних споруд чи інших об'єктів спричиняють забруднення або зміну природних властивостей повітря, що може завдати істотної шкоди здоров'ю людини.

Шкідливий плив на ґрунти чинить забруднення їх відходами господарської діяльності, що може бути небезпечним для здоров'я людей, забруднювати сільськогосподарську продукцію і водойми.

Порушення правил охорони навколишнього середовища полягає у використанні непередбачених правилами методик, відмови від виконання відповідних робіт або в бездіяльності при необхідних обов'язках. Це може бути, зокрема, ігнорування інформації, відмова від проведення екологічної експертизи та будівництва очисних споруд, порушення правил будівництва, експлуатації і ліквідації побудованих споруд тощо.

За скоєні екологічні злочини порушники несуть правову відповідальність. Екологічне законодавство передбачає три рівні покарання: порушення; порушення, що завдали значних збитків; порушення, що спричинили смерть людей (тяжкі наслідки).

Залежно від величини заподіяних збитків це можуть бути штрафи, заборона обіймати певні посади на встановлений термін, виправні роботи та позбавлення волі на визначений законом термін.

Система екологічного менеджменту в країні визначається і регламентується Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища». Згідно з цим законом, метою державного управління в галузі охорони довкілля є реалізація законодавства, контроль за дотриманням вимог екологічної безпеки, забезпечення проведення ефективних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища. Отже, державний екологічний менеджмент включає чотири основні функції:

- здійснення природоохоронного законодавства;
- контроль за екологічною безпекою;
- забезпечення проведення природоохоронних заходів;

- досягнення узгодженості дій державних і громадських органів.

Ринково орієнтована економіка охоплює такі групи функцій екологічного менеджменту: реструктуризація виробництва, приватизація, створення конкурентного середовища і ринкового ціноутворення.

На рівні підприємства до загальних функцій управління належить:

- формування екологічної політики;
- визначення екологічних цілей та завдань відповідно до екологічної політики;
- розроблення стратегічного плану реалізації екологічної політики;
- розроблення та реалізація програми екологічного управління;
- формування екологічної свідомості та мотивування;
- ведення документації екологічного менеджменту;
- оперативне управління, аналіз та вдосконалення.

4.2. Охорона праці

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по подальшому полегшенні умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів охорони праці, усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в умовах сільського виробництва – важливе завдання, вирішення якого забезпечить нормальні умови праці працівниками сільського господарства. Це заходи по подальшому поліпшенню і оздоровленню умов праці, широкому впровадженню сучасних засобів безпеки, усуненню причин, що породжують травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

Кожна людина і, безперечно, людина з вищою освітою повинна усвідомлювати важливість питань уникнення ризиків у житті та праці.

Україна в освітньому плані приєдналася до Європейської програми навчання з ризиків FORM-OSE [32]. Безпека життя та праці сьогодні формується як меганаука, без якої людство приречене на значні втрати.

Умови праці – це складне об'єктивне суспільне явище, що формується в процесі трудової діяльності під впливом взаємопов'язаних факторів соціально-економічного характеру, які впливають на здоров'я, працездатність людини, на її відношення до праці та ступінь задоволення від неї, на ефективність праці та інші економічні результати виробництва. Вони характеризуються оціночними показниками мікроклімату, наявністю в робочій зоні шкідливих та небезпечних виробничих факторів, психофізичним та естетичними елементами діяльності працівників господарства.

Охорона життя та здоров'я громадян у процесі їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці є одним з найважливіших державних завдань. Успішне вирішення цього завдання значною мірою залежить від належної підготовки фахівців усіх освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань охорони праці.

З часу виникнення людської цивілізації кожна людина дбала про власну безпеку та безпеку своїх близьких так само, як і людству доводилось дбати про безпеку свого існування. Людська цивілізація досягає все більшої могутності, а проблема безпеки її існування стає все більш гострою. Актуальність проблеми охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в світі значно зросла на початку третього тисячоліття. Сьогодні ця проблема стала пріоритетною для світової цивілізації.

Всяке порушення аналітичної цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину, дії будь-якого небезпечного фактору визначається як травма.

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що їх можна поділити на групи, які:

- характеризують стан або рівень небезпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини;

- спонукають працюючого допускати помилки у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;

- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону в наслідок відсутності відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці, та інші.

Якщо внаслідок аварії технічної системи виникли травми у людей, то сам випадок травми необхідно розглянути як подію, що є наслідком аварії. Це стосується тих систем, у яких підсистемами одночасно є машина і людина. Якщо при функціонуванні таких систем з ладу вийшла машина, раптово припинивши свої функції внаслідок руйнування окремих деталей або самої машини, і це привело до значного матеріального збитку, то таке випадкове явище необхідно назвати аварією.

Усі явища, що формують небезпечну ситуацію, мають повну достовірність виникнення, а це означає, що небезпечні умови (НУ), небезпечні дії (НД), небезпечні ситуації (НС) і наслідки таких ситуацій: аварія (А), травма (Т) і сприятлива подія належить до випадкових явищ.

Матеріальні системи поєднують у собі системи неорганічної природи (фізичні, хімічні, геологічні та ін.) і живі системи (клітини, найпростіші і високорозвинені організми, популяції, біологічні види, екологічні системи). Особливим класом матеріальних систем є соціальні системи (сім'я, колектив, державна політична система, суспільно-економічна формація). Ідеальною системою є поняття, гіпотеза, теорії, лінгвістичні і логічні побудови і т. ін. Штучною системою є система управління виробництвом, безпекою життєдіяльності і т. ін.

Оскільки при функціонуванні людино-машинних систем такі явища як травми, аварії мають дуже близькі механізми формування та виникнення, у подальшому ці явища будуть описуватись паралельно.

4.3. Техніко-економічне обґрунтування досліджень

Собівартість виробництва продукції розраховуємо по формулі

$$C_B = Z + T + A + B_{\text{оп}} + E + O_n + O_x + O_B, \quad (4.1)$$

де Z – заробітна плата працівників, грн.;

T – витрати на технічні обслуговування та поточні ремонти, грн.;

A – амортизаційні відрахування, грн.;

$B_{\text{оп}}$ – витрати на опалення приміщення, грн.;

E – витрати на електроенергію, грн.;

O_n – інші прямі витрати, грн.;

O_x – загальногосподарські витрати, грн.;

O_B – витрати на закупку сировини, грн.

Заробітну плату розраховуємо по формулі

$$Z = Z_p \cdot n \cdot (1 + O), \quad (4.2)$$

де Z_p – річний фонд заробітної плати одного основного працівника, грн.;

n – кількість працівників, чел.;

O – коефіцієнт, що враховує соціальні відрахування.

$$Z = 18030 \cdot 3 \cdot (1 + 0,3809) = 75131 \text{ грн.}$$

Витрати на технічні обслуговування та поточні ремонти

$$T = \frac{B \cdot n}{100}, \quad (4.3)$$

де B – балансова вартість основних засобів, грн.;

n – норма відрахувань на ТО та поточні ремонти, %.

$$T = \frac{21000 \cdot 12,5}{100} = 2625 \text{ грн.};$$

Амортизаційні відрахування

$$A = \frac{B \cdot n}{100}, \quad (4.4)$$

де n – норма амортизаційних відрахувань, %.

$$A = \frac{21000 \cdot 18}{100} = 3780 \text{ грн.}$$

Витрати на опалення приміщення

$$B_{\text{оп}} = 3 \cdot T, \quad (4.5)$$

де 3 – площа опалюваного приміщення, м²;

T – тариф ставка на опалення 1м², грн.

$$B_{\text{оп}} = 252 \cdot 2,5 = 630 \text{ грн.}$$

$$B_2 = 15123 \cdot 2,2 + 15123 \cdot 0,75 = 44612 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію

$$E = C \cdot T, \quad (4.6)$$

де C – кількість використаної електроенергії, кВт/год.;

T – тариф на оплату 1 кВт·год. електроенергії, грн.

$$E = 30 \cdot 251,18 \cdot 0,26 = 1959,21 \text{ грн.};$$

Інші прямі витрати розрахуємо за формулою

$$O_n = \frac{(3 + A + T) \cdot n}{100}, \quad (4.7)$$

де n – відсоток витрат, %.

$$O_n = \frac{(75131 + 3780 + 2625) \cdot 50}{100} = 46394 \text{ грн..}$$

Загальні виробничі витрати знайдемо за формулою

$$O_x = \frac{(3 + A + T) \cdot k}{100}, \quad (4.8)$$

де k – відсоток витрат, %.

$$O_x = \frac{(75131 + 3780 + 2625) \cdot 25}{100} = 23197 \text{ грн.}$$

Витрати на купівлю всього об'єму сировини складають 378440 грн.

Підставимо всі отримані значення в формулу (4.1) і знайдемо собівартість виробляємої продукції

$$C_{\text{в}} = 75131 + 3780 + 2625 + 630 + 1959,21 + 46394 + 23197 + 378440 = 543408 \text{ грн.}$$

Собівартість виробництва одиниці продукції

$$C = \frac{C_{\text{о}}}{B}, \quad (4.11)$$

де B – об'єм виробленої продукції, т.

Для виробництва 187,5 т крупи потрібно заготовити 374 т сировини, що потребує капіталовкладення в сумі 300 тис. грн.

$$C = \frac{543408,21}{187,5} = 2898,1 \text{ грн./т}$$

Рівень рентабельності

$$P = \frac{\Pi}{C} \cdot 100, \quad (4.12)$$

де Π – прибуток, грн.

$$P = \frac{(3500 - 2898,1)}{2898,1} \cdot 100 = 20,7 \%$$

Економічна ефективність

$$C_{\phi} = (C_{\sigma} - C_p) \cdot 187,5, \quad (4.13)$$

де C_{σ} – минулорічна собівартість виробництва одиниці продукції, грн./т;

C_p – собівартість виробництва одиниці продукції, грн./т.

$$C_{\phi} = (3500 - 2898,1) \cdot 187,5 = 112768 \text{ грн.}$$

Термін окупності

$$T = \frac{C_{\phi}}{C_o}, \quad (4.14)$$

$$T = \frac{112768}{543408,21} = 0,2 \text{ років}$$

Далі в розрахунку лущильна машина порівнюється з абразивно-дисковою машиною ЗШН-3 разом з устаткуванням, необхідним для забезпечення їх роботи.

Порівняння ведеться по устаткуванню, пов'язаному тільки з процесом лущення зерна і використовуваному в порівнюваних схемах. У розрахунку прийнято, що порівнювана кількість устаткування в обох випадках забезпечує роботу з однаковою продуктивністю.

Таблиця 4.1 – Кількість і вартість обладнання

| Назва обладнання | Кількість | Багансова вартість, грн. | |
|---|-----------|--------------------------|--------|
| | | одиниці | всього |
| Лущення зерна з використанням проектованої машини | 3 | 7000 | 21000 |
| Лущення зерна з використанням машини ЗШН-3 | 3 | 13000 | 39000 |

Таблиця показує, що балансова вартість абразивно-дискових машин нижче на 18000 грн. вартості машин ЗШН-3.

Таблиця 4.2 – Розрахунок річного економічного ефекту

| Назва витрат | Проектована | ЗШН-3 |
|---------------------------------------|-------------|-------|
| Амортизаційні відрахування | 2478 | 4602 |
| Відрахування на поточний ремонт (50%) | 1239 | 2301 |
| Всього | 3717 | 6903 |

Розрахунок показує, що при однаковій добовій продуктивності порівнюваного устаткування, тобто при зіставному об'ємі виробництва, річна сума експлуатаційних витрат при застосуванні луцильних машин ДЛН зменшується на 3186 грн. або в 1,86 разу.

Застосування луцильних машин ДЛН забезпечує збільшення загального виходу крупи на 4%. Для розрахунку економічного ефекту прийнято, що загальний вихід крупи відповідає 72%.

Розрахунок економічного ефекту заснований на визначенні вартості продуктів, отриманих з однієї тонни зерна, що переробляється:

$$E = (B_1 \cdot Ц) / 100 - (B_2 \cdot Ц) / 100,$$

де B_1, B_2 - вихід крупи, %

Ц - оптова ціна, грн./т.

$$E = (72 \cdot 900) / 100 - (68 \cdot 900) / 100 = 136 \text{ грн.}$$

Річний об'єм переробки зерна за 300 днів складає 187,5 т. Отже, річний економічний ефект від збільшення виходу крупи складе $187,5 \cdot 136 = 25500$ грн.

Застосування луцильних машин ДЛН в порівнянні з машинами ЗШН-3 зменшують експлуатаційні витрати на 3186 грн./год.

Одночасно за рахунок збільшення виходу крупи забезпечується економічний ефект в сумі 25500 грн.

Отже, впровадження луцильних машин ДЛН може створити підприємству економію в сумі $3186 + 25500 = 28686$ грн./рік.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Існуючі луцильні комплекси мають разом з недоліками і відносно невисокий технологічний ефект. Їхнє подальше удосконалювання повинне бути спрямоване на виявлення і реалізацію резервів підвищення ефективності луцення, пневмосепарування на основі теоретичних і експериментальних досліджень у всіх складних елементах луцильних систем робочих органів, внутрішньої і зовнішньої пневмосепараційних систем пневмоустановки.

2. Обґрунтований аналітичний опис двокомпонентних потоків для різних необхідних початкових умов роботи пневмосистеми.

3. Надійне пневмотранспортування продуктів з робочої зони луцення забезпечується нижнім підведенням повітря потоку через пористу перегородку (гідравлічний радіус $R_r=2\text{мм}$), формування аеросуміші припускає зосереджену подачу аеродинамічних легких продуктів в робочу камеру. Основним чинником що визначає енергоємність пневмосистеми є щільність потоку.

4. Мінімальні втрати тиску максимальна ефективність пневмосепарування продуктів луцення отримуються при перпендикулярному взаємоперетині повітряного і продуктового потоків (кут $\alpha = 90^\circ$), горизонтальна подача суміші у вертикальний потік ($\alpha \rightarrow 90^\circ$), приводить до зменшення різності, вірогідності зіткнення, зчеплення аеродинамічних легких частинок компонентів, що розділяються.

5. Використання луцильних машин з удосконаленою системою пневмотранспортування дозволить отримати підприємствам економічний ефект в розмірі 28686 грн./рік.