

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ ТА
БІОТЕХНОЛОГІ ІМЕНІ С.З.ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО
СЕРВІСУ ІМ. ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА**

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

на тему: **„ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ НАСІННЯ
ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР НА МАШИНІ СМ-0,15”**

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-62

спеціальності 208. Агроінженерія
(шифр і назва)

Олексій-Арсен ФЕДИНА
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Ярослав СЕМЕН
(прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доц. Олег МИРОНЮК
(прізвище та ініціали)

Дубляни 2025

Завдання

Олексій-Арсен Федина. Дослідження процесу очищення насіння зернових культур на машині СМ-0,15. –Дипломна робота. Кафедра агроінженерії та технічного сервісу ім. Олександра Семковича. –Дубляни, Львівський НУВМБ імені С.З. Гжицького, 2025.

56 с. текст. част., 13 рис., 6 табл., 25 джерел.

Проведено аналіз способів та засобів для розділення насіннєвих (зернових) сумішей, виявлено недоліки в роботі сепарувальної машини СМ-0,15 для розділення зернового вороху, на основі чого обґрунтовано необхідність дослідження процесу сепарації насіння пшениці озимої на вказаній машині.

Проведені теоретичні дослідження розподілу зернових сумішей повітряним потоком та на решітному стані.

Наведено методики та результати експериментальних досліджень з визначення параметрів процесу сепарування насіння пшениці озимої та якості його очищення.

Розроблена карта умов праці та логіко-імітаційна модель процесу виникнення травм під час під докiлля під час вирощування, збирання та первинної обробки зернових культур. час очищення насіння пшениці озимої. Розглянуто питання охорони

Виконане економічне обґрунтування використання сепарувальної машини СМ-0,15.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1 Огляд способів очищення й сортування насіння.....	8
1.2 Огляд конструкцій машин для обмолоту льняного вороху.....	11
1.3 Огляд конструкцій машин для очищення насіння льону.....	15
Висновки.....	20
2 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ НАСІННЯ ЛЬОНУ.....	21
2.1 Обґрунтування робочого процесу очищення насіння льону.....	21
2.2 Дослідження процесу транспортування насіння льону шнеком.....	22
2.3 Обґрунтування параметрів вентилятора аспіраційної системи насіннеочисної машини.....	26
2.4 Аналітичне обґрунтування параметрів фрикційного сепаратора.....	28
Висновки.....	31
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	32
3.1 Мета і програма експериментальних досліджень.....	32
3.2 Передумови проведення дослідів.....	32
3.3 Дослідження процесу розділення льонового вороху.....	33
3.4 Визначення якісних показників розділення льонового вороху.....	35
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	37
Висновки.....	39
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	41
5.1 Складання карти умов праці під час очищення насіння льону.....	41
5.2 Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм.....	44

6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

НАСІННЄОЧИСНОЇ МАШИНИ СОМ-300.....	47
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	53
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	55

ВСТУП

Насіння розподіляється повітряним потоком завдяки відмінностям аеродинамічних властивостей (парусності, розмірів, маси, вологості, форми та ін.) зерна основної культури й домішок, що є компонентом вороху, який підлягає очищенню. При цьому враховується критична швидкість кожного компонента вороху, за якою він перебуває у зваженому (підвішеному) стані, який характеризується коефіцієнтом парусності – здатністю частинки (тіла) чинити опір повітряному потоку. Величина опору тіла в повітряному потоці буде залежати від його форми, стану поверхні, маси та орієнтації (розміщення) в повітряному середовищі.

Для розподілу насіння за аеродинамічними властивостями використовуються аспіраційні системи, робочими елементами яких є нагнітальні або всмоктувальні вентилятори відцентрового чи діаметрального типу, які створюють повітряний потік у горизонтальному, похилому та вертикальному напрямках [4, 5, 6, 7, 17].

Актуальність теми. Під час очищення насіння зернових культур насіннеочисною машиною СМ-0,15 на її решітному стані та пневмосепараторі насіння поділяється на різні фракції робочими органами, що працюють за принципом поділу насіння за його розмірами (шириною та товщиною) та аеродинамічними властивостями.

Саме тому пропонується дослідити робочий процес очищення насіння пшениці озимої, який передбачає нагромадження насіння у бункері-накопичувачі з наступним рівномірним його завантаженням на решітний стан. Через те, що на решітному стані можна встановити решета з круглими та прямокутними отворами, то суть досліджень полягає у виборі оптимального рішення щодо тих чи інших решіт або їх комбінацією.

У зв'язку з цим актуальним є дослідження, спрямоване на визначення якісних показників розподілу зернового вороху, який піддається поперед-

ньому очищенню повітряним потоком й потрапляє на очищення на решітний стан.

Таким чином, дослідження, спрямовані на підвищення ефективності сепарації зернового вороху на пневмосепараторі, є актуальними.

Мета досліджень: підвищення ефективності процесу сепарації насіння пшениці озимої на машині СМ-015 завдяки вибору оптимальної комбінації решіт з круглими чи прямокутними отворами.

Задачі дослідження:

1. Проаналізувати патентно-інформаційні джерела з питань способів та засобів для очищення насіння зернових культур.
2. Аналітично дослідити основні параметри розподілу насіння на решетах.
3. Провести експериментальні дослідження процесу сепарації насіння пшениці озимої з використанням лабораторної установки.
4. Розробити карту умов праці під час очищення насіння пшениці озимої.
5. Виконати економічне обґрунтування використання сепарувальної машини СМ-0,15.

Об'єкт дослідження – робочі органи насіннеочисної машини СМ-0,15 й технологічний процес розподілу насіння на решетах.

Предмет дослідження – закономірності зміни показників якості сепарації насіння пшениці озимої від параметрів і режимів роботи насіннеочисної машини СМ-0,15.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Ознаки та властивості розподілу насіннєвих сумішей

Зараз застосовують найрізноманітніші способи та засоби для післязбирального обробітку зернових (насіннєвих) сумішей, які мають різну масу, щільність і форму насінин, можуть також відрізнитися властивостями поверхні й коефіцієнтами внутрішнього та зовнішнього кутів тертя, кольором, електропровідністю тощо.

Враховуючи вищенаведене можна виділити такі основні ознаки та властивості за якими розподіляються (очищуються, сортуються) зернові (насіннєві) суміші [4, 5, 17]:

- аеродинамічні властивості – за парусністю окремих компонентів суміші, що розподіляється;
- за розмірами (розподіляють за шириною, товщиною та довжиною зерна);
- за щільністю й питомою вагою;
- за властивостями поверхні насіння й домішок, що є в суміші, яка розподіляється;
- за електропровідністю;
- за масою (переважно для бульбоплодів);
- за кольором – переважно для плодоовочевої продукції.

1.2 Огляд пристроїв для розподілу насіння

Насіння розподіляється повітряним потоком завдяки відмінностям аеродинамічних властивостей (парусності, розмірів, маси, вологості, форми та ін.) зерна основної культури й домішок, що є компонентом вороху, який підлягає очищенню. При цьому враховується критична швидкість кожного компонента вороху, за якою він перебуває у зваженому (підвішеному) стані, який характеризується коефіцієнтом парусності – здатністю частинки (тіла)

чинити опір повітряному потоку. Величина опору тіла в повітряному потоці буде залежати від його форми, стану поверхні, маси та орієнтації (розміщення) в повітряному середовищі.

Для розподілу насіння за аеродинамічними властивостями використовуються аспіраційні системи, робочими елементами яких є нагнітальні або всмоктувальні вентилятори відцентрового чи діаметрального типу, які створюють повітряний потік у горизонтальному, похилому та вертикальному напрямках.

В похилому чи горизонтальному повітряних потоках насінневий ворох 3 (рисунок 1.1, а), який подається з бункера, підхоплюється повітряним потоком. Через різницю критичної швидкості і парусності окремих компонентів вороху зерно основної культури потрапляє у відділення 2 (важка фракція), а легкі домішки скеровуються у відділення 1 (легка фракція).

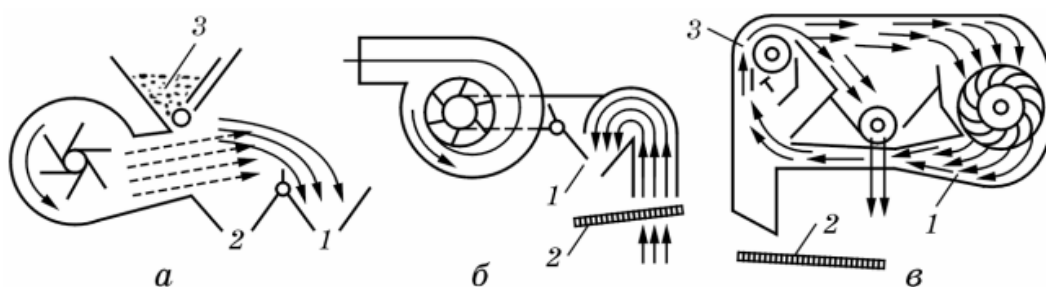


Рисунок 1.1 – Пристрої для розподілу насіння
за аеродинамічними властивостями:

а – напірний похилий потік: 1 – відділення легкої фракції; 2 – відділення важкої фракції (зерна); 3 – ворох; б – аспіратор з відцентровим вентилятором: 1 – відокремлення легких домішок; 2 – решето; в – аспіратор з діаметральним вентилятором; 1 – повітряний потік; 2 – решето; 3 – легкі домішки.

У вертикальному повітряному потоці легкі домішки вороху, який переміщується решетом 2 (рисунок 1.1, б, в), засмоктуються (рисунок 1.1, б) або підхоплюються (рисунок 1.1, в) й виносяться в осаджувальну камеру ворохоочисної машини, а зерно основної культури (важка фракція) переміщується поверхнею решета.

Для розподілу насіння за розмірами враховується притаманна особливість будь-якого об'ємного тіла – його три розміри (рисунок 1.2, а): товщина, ширина (поперечний переріз) і довжина [4, 5, 6, 7, 17].

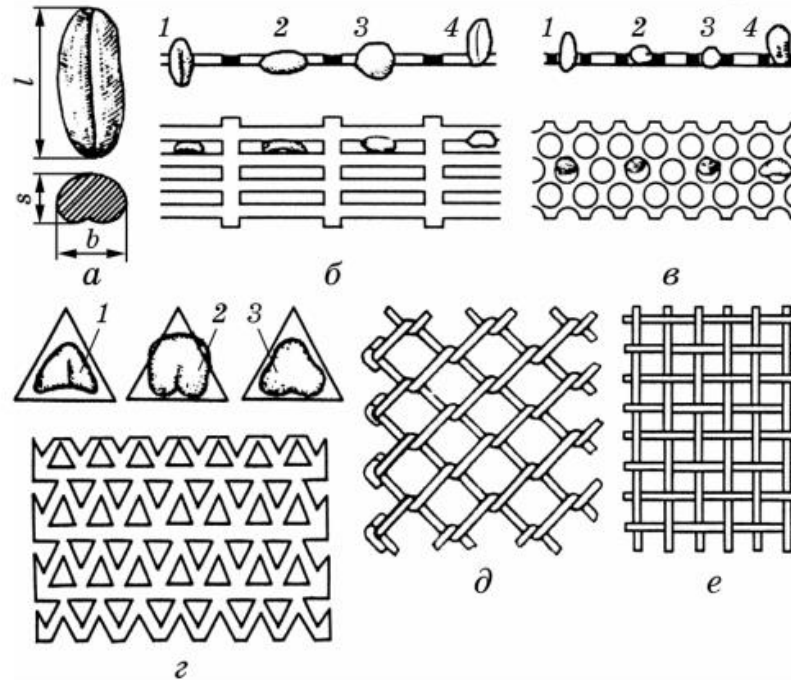


Рисунок 1.2 – Розподіл насіння на решетах за поперечним перерізом:
а – основні розміри зернини; б і в – розподіл зерна за товщиною і шириною на решетах з прямокутними і круглими отворами: 1, 2 і 3 – зернина проходить крізь отвір; 4 – зернина не проходить крізь отвір; г – розподіл зерна за товщиною і шириною на решетах з трикутними отворами: 1 і 3 – зернина проходить крізь отвір; 2 – зернина не проходить крізь отвір; д і е – плетені і ткані решета.

За товщиною та шириною зерновий ворох розподіляють на решетах (плоских і циліндричних). Плоскі решета – це металеві листи з пробитими в ньому прямокутними (рисунок 1.2, б), круглими (рисунок 1.2, в) і трикутними (рисунок 1.2, г) отворами. Можуть застосовуватися також сітчасті – плетені (рисунок 1.2, д) та ткані (рисунок 1.2, е) решета.

Для розподілу насіння (зерна) за шириною використовують решета з круглими отворами, а за товщиною – з прямокутними.

Для очищення насіння гречки і подібного до неї за тригранною формою поверхні насіння, застосовують решета з трикутними отворами (див. рисунок 1.2, г), які розподіляють зерно одночасно за товщиною і шириною [4, 17].

Під час коливального руху плоского решета насінина (зернина) на його поверхні може хаотично займати різні положення. Якщо розміри (ширина чи товщина) насінини менші за розміри отворів на поверхні решета, то вона пройде крізь цей отвір. Для сепарації крупного і середнього насіння на решетах з прямокутними отворами його прискорення має бути в межах $18...22\text{м/с}^2$, а дрібного – $12...14\text{м/с}^2$. Ті зерна, які не пройшли крізь отвори решета, переміщуються поверхнею решета і сходять (зсипаються) з його поверхні.

На горохоочисних (насіннеочисних) машинах застосовують колосові, сортувальні та підсівні решета [4, 17].

Колосові решета відділяють тільки крупні домішки (колоски, частини стебел, китиці бур'янів, крупне сміття тощо), які йдуть сходом, а все зерно й дрібні домішки мають пройти на цьому решеті проходом.

Сортувальні решета призначені для розподілу насіння основної культури на крупну фракцію (іде сходом) та дрібну фракцію – прохід. Зазвичай, для розподілу зернових культур застосовують решета з прямокутними отворами [4, 5, 6, 7, 17].

Підсівні решета (з круглими отворами діаметром $2...5\text{мм}$ і прямокутними – $2...2,6\text{мм}$ завширшки) виділяють з вороху дрібні домішки (біологічне сміття у вигляді насіння бур'янів).

Для розподілу насіння за довжиною застосовують кукільні та вівсюжні трієрні циліндри (рисунок 1.3, а), які як правило, працюють у парі. На їх внутрішніх поверхнях є кишенеподібні комірки (рисунок 1.3, б), діаметри яких більші або менші від довжини очищуваної фракції.

Кукільний циліндр призначений для відокремлення з вороху коротких домішок. Діаметр його комірок менший від довжини основного зерна. Вівсюжний циліндр відокремлює з вороху довгі домішки. Діаметр його комірок більший, ніж довжина основного зерна [4, 17].

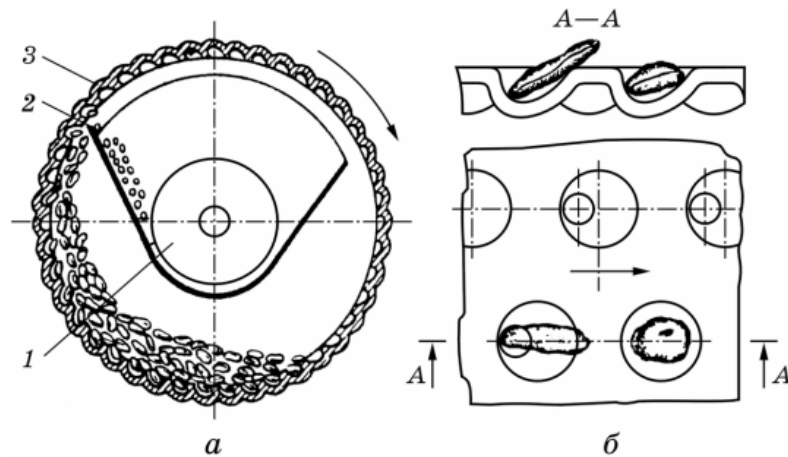


Рисунок 1.3 – Розподіл насіння на трієрах за довжиною:
 а – схема трієра: 1 – шнек; 2 – лотік; 3 – трієрний циліндр;
 б – розгортка трієрного циліндра.

Усередині кожного з циліндрів є короб (лотік) 2 з шнеком 1. Під час розподілу вороху циліндр і шнек обертаються з однаковою частотою. Зерновий ворох для розподілу подається в циліндр, який обертається, завдяки чому короткі домішки, які западають у комірки глибше, піднімаються разом з ним і випадають з комірок у лотік, з якого вони виносяться шнеком.

1.3 Огляд конструкцій зерноочисних машин

Зерноочисна пневматична колонка ОПС-2 використовується для очищення від легких домішок зернових, зернобобових, круп'яних та ін. сільськогосподарських культур від. Вона використовує принцип роботи, обумовлений аеродинамічними властивостями кожного компонента вороху, що підлягає очищенню [4, 17].

Колонка ОПС-2 містить відцентровий вентилятор 1 (рисунок 1.4), робочий повітряний канал 2 перерізом 325×325мм, осаджувальну камеру 3, приймальний бункер 4, змонтованих на рамі з чотирма роликами. У робочому повітряному каналі 2 під кутом 30град. встановлюється рамка з дротяною тканиною сіткою, розміри отворів якої становлять 0,8×0,8мм (для дрібнонасінних); 2,0×2,0мм (для зернових); 3,2×3,2мм (для зернобобових) культур [4, 6].

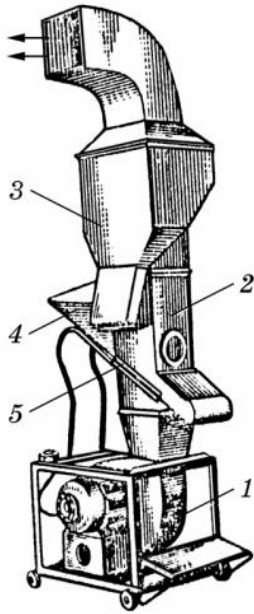


Рисунок 1.4 – Пневматична зерноочисна колонка ОПС-2:
1 – вентилятор; 2 – повітряний канал; 3 – осаджувальна камера; 4 – приймальний бункер; 5 – сітка.

Під час очищення зернового вороху повітряний потік, створений вентилятором 1, скеровуючись під сітку 5 піднімає легку фракцію (насіння бур'янів, щупле, бите насіння основної культури та ін. домішки) з меншою критичною швидкістю, переміщує її в осаджувальну камеру 3, а далі, через випускний патрубок – у тару (мішок). Насіння основної культури, критична швидкість якого більша, ніж швидкість повітряного потоку, скочується по сітці 5 і через випускний патрубок скеровується в тару (мішок).

Очисник вороху ОВС-25 – це самопересувна в межах току машина, призначена для попереднього й первинного очищення зернових, зернобобових та круп'яних культур, кукурудзи, соняшнику та сорго від легких домішок за допомогою аспіраційної системи та крупних домішок за їх розмірами (шириною і товщиною) на двох паралельних решітних станах 5 (рисунок 1.5). Очисник можна застосовувати також для навантаження зерна в транспортні засоби, в ангари для його зберігання й перелопачування зерна під час його сушіння природнім способом.

Робочими органами очисника вороху ОВС-25 є живильник скребкового типу, завантажувальний скребковий елеватор, приймальна камера з розподільним шнеком 2, вивантажувальний конвеєр очищеного зерна та шнек 8 фуражних відходів.

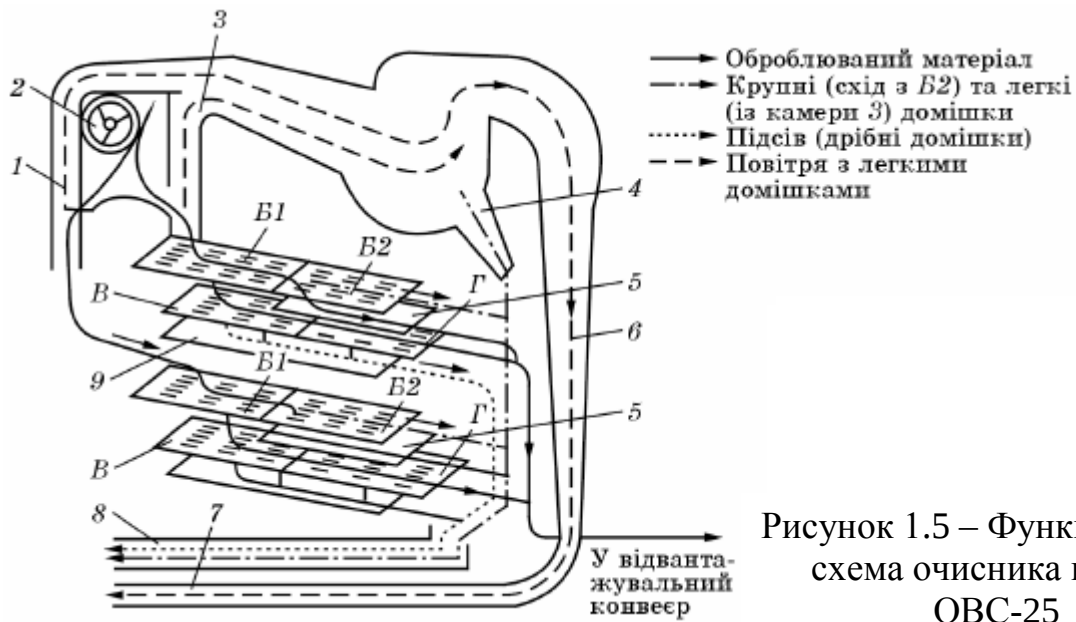


Рисунок 1.5 – Функціональна
схема очисника вороху
ОВС-25

Машина обладнана механізмом самопересування та електрообладнанням і може працювати як в ручному, так і в автоматичному режимах.

Для повітряного очищення в конструкції машини передбачено два аспіраційні канали 1 і 3 (див. рисунок 1.5), шестилопатевий вентилятор середнього тиску, осаджувальну камеру 4 та інерційний пиловіддільник 6 з вивідним пневматичним конвеєром 7. Величину (швидкість) повітряного потоку регулюють заслінкою, встановленою в переходнику між вентилятором та інерційним пиловіддільником.

На машині встановлено два паралельно працюючих решітних станів, кожен з яких складається з чотирьох решіт Б1, Б2, В і Г, розміром 790×990мм, змонтованих під кутом 8град. до горизонту.

Складна насіннеочисна машина СМ-4А застосовується для очищення й сортування насіння зернових, зернобобових та технічних культур і насінників трав одразу після зернозбирального комбайна або після попереднього очищення на ворохоочисній машині з метою отримання продовольчого зерна та насінневого матеріалу. Машина очищає від домішок, розділяє і сортує насінневий матеріал спочатку повітряним потоком за аеродинамічними властивостями окремих компонентів суміші, потім за розмірами – товщиною і шириною на решетах, а довжиною – на трієрних циліндрах.

Машина містить завантажувальний скребковий конвеєр 1 (рисунок 1.6), закриту повітроочисну частину інерційного типу, решітний стан 11 з механізмом очищення решіт, кукільний 8 та вівсюжний 9 трієрні циліндри й двопотоковий вивантажувальний елеватор 7.

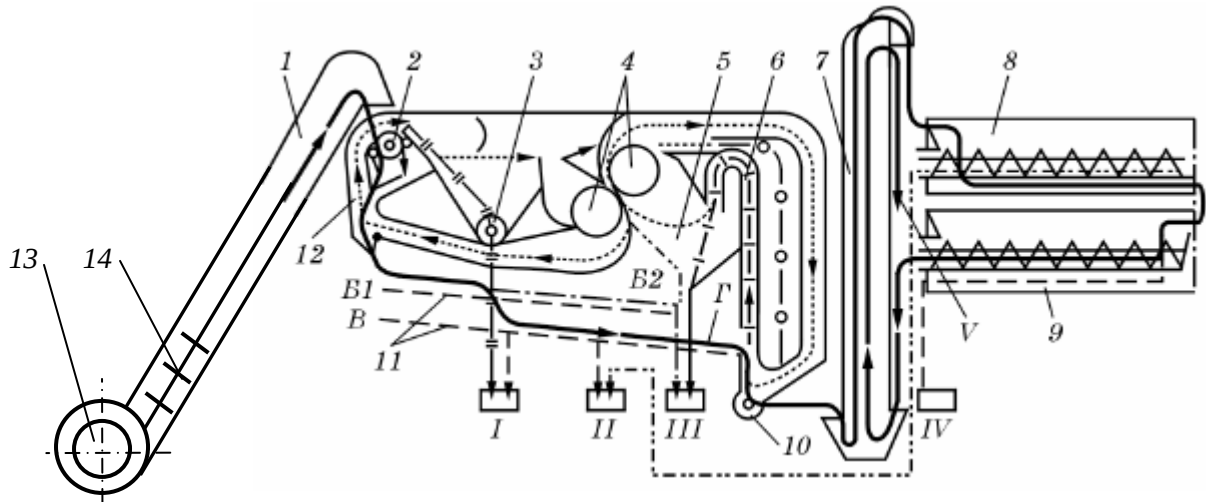
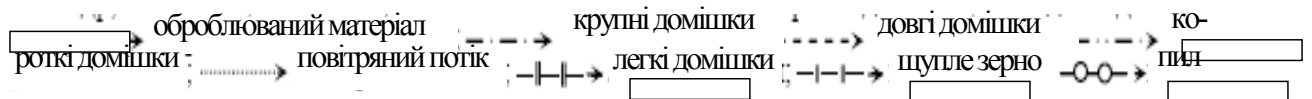


Рисунок 1.6 – Насіннеочисна машина СМ-4А:

1 – завантажувальний конвеєр; 2 – розподільчий шнек; 3 – вивідний шнек; 4 – ротори вентилятора; 5, 6, 12 – аспіраційні канали; 7 – норія двопотокова; 8, 9 – трієрні циліндри; 10 – шнек зерновий; 11 – решітний стан; 13 – шнековий живильник; 14 – скребковий елеватор.

I – вихід легких та дрібних домішок; II – дрібне зерно і короткі домішки; III – крупні домішки та щупле зерно; IV – довгі домішки; V – очищене зерно;



Завантажувальний конвеєр 1 подає зерновий матеріал на розподільчий шнек 2 насіннеочисної машини. Він містить похилий скребковий транспортер 14 з 24 скребками і двома Т-подібно розташованими шнековими живильниками 13, приєднаними до нижньої головки завантажувача.

Легкі домішки і щупле зерно відокремлюється від оброблюваного матеріалу за допомогою повітроочисної частини, яка являє собою зварну конструкцію двох замкнених аспіраційних систем, в кожній з яких є діаметральний дванадцятилопатевий вентилятор. Частота обертання ротора 4 вентилятора першої аспірації змінюється межах 579-812об/хв в залежності від насіння оброблюваної сільськогосподарської культури, а другої – 614-860об/хв.

Решітний стан складається з чотирьох решіт (верхній ярус – Б1 і Б2, нижній – В і Г), нахилених під кутом 6град. Очищають решета за допомогою дванадцяти очищувальних щіток, які щільно прилягають до нижніх частин решіт і рухаються зворотно-поступально з частотою коливань 29об/хв. і амплітудою 256мм [4].

Трієрні циліндри відокремлюють короткі і довгі домішки від насіння основної культури. Машина зверху має кукільний 8 (див. рисунок 1.6) циліндр, який відокремлює короткі домішки, а під ним змонтовано вівсюжний 9 циліндр, який відокремлює довгі домішки. Усередині кожного циліндра є лоток зі шнеком, яким фракція, що нього потрапляє виноситься за межі циліндра.

Сепаратор зерна ІСМ-200 ЦОК призначений для очищення зерна та інших сипучих матеріалів переважно у технологічних лініях великих заводів і елеваторів. Очищення зерна здійснюється за допомогою повітряного потоку, створюваного вентилятором. Такий принцип розподілу зменшує пошкодження зерна і запобігає його втратам [19].

Сепаратор зерна ІСМ-200 ЦОК має зерновий бункер (рисунок 1.7), камеру статичного тиску, повітропровід замкнутого циклу, першу і другу та циклонну осаджувальні камери з лотками скидання незернових відходів, камеру сепарації з лотками для окремих фракцій основної культури. Для керування роботою машина обладнана електричною шафою та силовим блоком.

Принцип роботи аеродинамічного зернового сепаратора ІСМ-200 ЦОК полягає у розділенні сепарованого зернового матеріалу за аеродинамічними властивостями його компоненті в повітряному потоці.

Під час очищення і розподілу зернового матеріалу й домішок на окремі фракції він (зерно) подається в приймальний бункер сепаратора, де під дією власної ваги воно розподіляється за всією його шириною й рівномірним потоком скеровується в камеру сепарації.

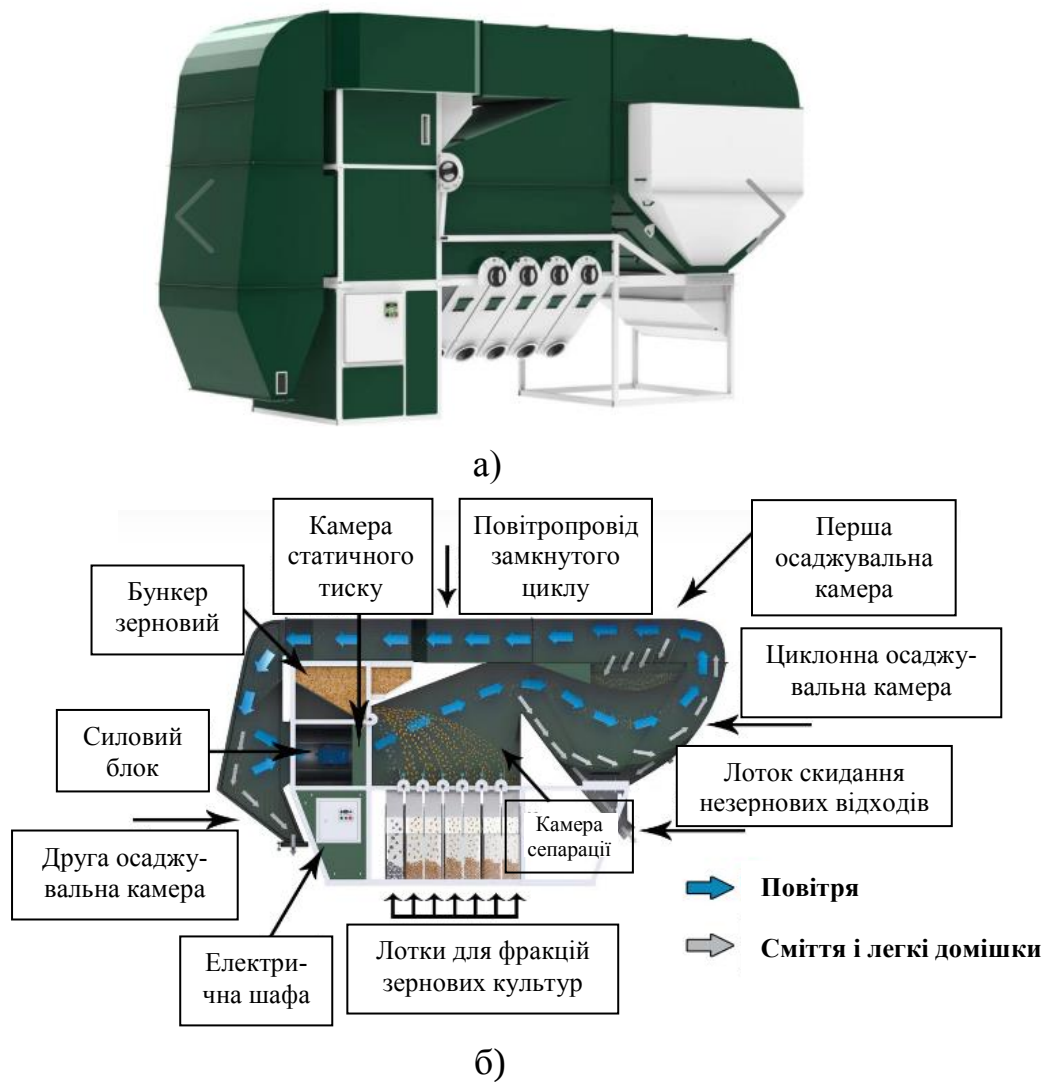


Рисунок 1.7 Сепаратор зерна ІСМ-200 ЦОК:

а) загальний вигляд; б) технологічна схема

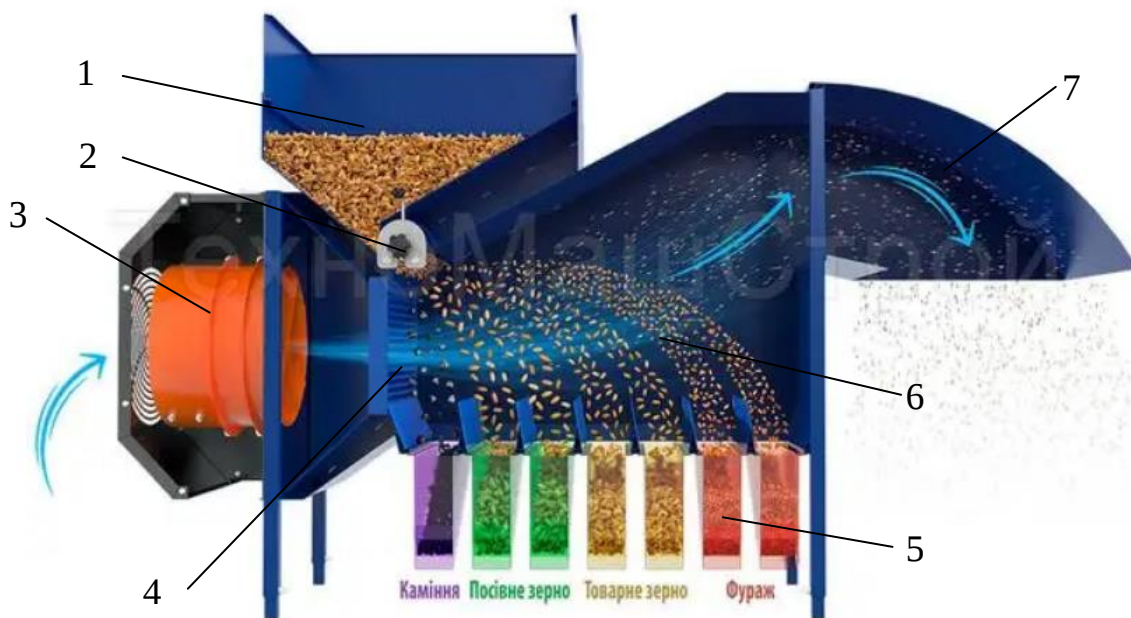
Завдяки регульованому ламінарному потоку повітря, створюваного вентилятором насамперед відсіваються важкі компоненти (домішки й каміння), які потрапляють в перший лоток. Насіннєве зерно основної культури потрапляє в другий і третій лотки сепаратора, а товарне зерно – у четвертий і п'ятий лотки. Незернові відходи, пошкоджене, бите й колоте зерно скеровуються повітряним потоком у шостий та сьомий лотки. Повітряний потік, що циркулює всередині сепаратора, виводить легкі домішки через спеціальний лоток, а пилюка осідає спеціальних осаджувальних камерах.

Подібним за конструкцією і принципом роботи до сепаратора ІСМ-200 ЦОК є зерноочисний сепаратор МСМ-5 [9].

Сепаратор МСМ-5 має бункер 1 (рисунок 1.8) для зернового матеріалу, в нижній частині якого змонтовано розподільний пристрій 2, вентилятор 3 з решіткою 4, аспіраційну камеру 6, у нижній частині якої розміщені лотки 5 для вловлювання зерна основної культури відповідної фракції.



а)



б)

Рисунок 1.8 – Зерноочисний сепаратор МСМ-5:

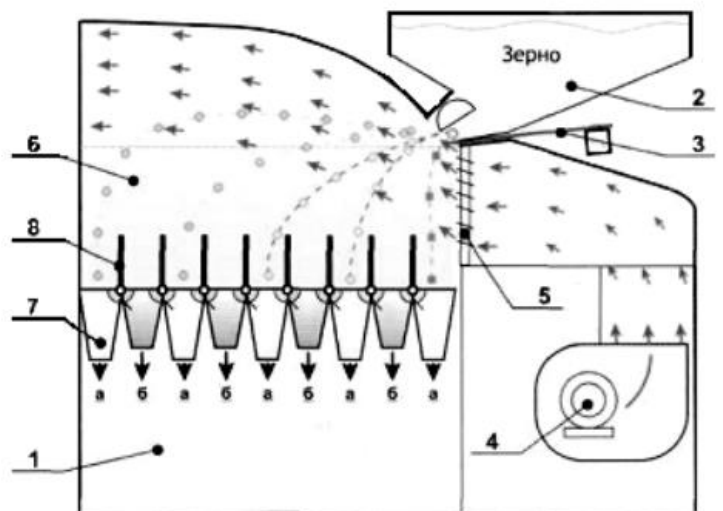
а) загальний вигляд; б) схема; 1 – завантажувальний бункер; 2 – розподільний пристрій; 3 – вентилятор; 4 – решітка; 5 – лотки для фракцій; 6 – аспіраційна камера; 7 – лоток для відходів.

Зерноочисна машина МСМ-5 – це універсальне обладнання, яке використовують на елеваторах, у млинах, індивідуальних (фермерських) господарствах та малих переробних підприємствах для очищення й підготовки зерна до довготривалого зберігання або подальшої переробки. Машину можна також використовувати для сортування, очищення й калібрування зернових та зернобобових культур. Під час технологічного процесу машина відділяє від основної культури пилюку, легкі важких домішки, одночасно сортуючи насіння (зерно) за розмірами та масою.

Аеродинамічний сепаратор САД- 10- 01 призначений для очищення і поділу за питомою вагою в самостійні фракції зерна основної (зернових, кукурудзи, соняшнику, зернобобових, технічних, овочевих, баштанних, трав'яних, лікарських та ін.) культури, скеровуючи їх у окремий лоток збірника 7 (рисунок 1.9, а) [1].



а)



б)

Рисунок 1.9 – Аеродинамічний сепаратор САД-10-01 (а) і технологічна схема його роботи (б):

1 – базовий модуль; 2 – бункер- живильник; 3 – вібралоток; 4 – головний вентилятор; 5 – струминний генератор; 6 – робоча камера; 7 – збірник фракцій зерна; 8 –поворотні шторки з фіксуючим пристроєм; а – збірник основних фракцій; б –збірник проміжних фракцій

За конструктивними особливостями і принципом роботи сепаратор САД подібний до вищенаведених моделей.

Принцип його роботи зображений на рисунку 1,9, б. Згідно поданої схеми зерно з бункера-живильника 2 за допомогою вібротолка 3 подається в робочу камеру 6, де відбувається розділення на фракції вихідного зернового матеріалу завдяки скануванню кожної частинки вороху повітряним потоком, створюваного вентилятором 4, за допомогою струминного генератора 5.

Насіннеочисна машина СМ-0,15М призначена для розділення зернових (насінневих) сумішей зернових, зернобобових, овочевих культур та насінників трав.

Складальними одиницями насіннеочисної машини є приймальний бункер, вібраційний живильник, решітний стан з механізмом приводу і пультом керування, пилевідстійник та вентилятор з електродвигуном.

Приймальний бункер – це ємність зварної конструкції, який змонтовано над вібраційним живильником та має заслінку для регулювання продуктивності насіннеочисної машини.

Вібраційний живильник забезпечує рівномірну подачу зернового матеріалу на розподільну скатну дошку решітного стану. Він складається з вібродвигуна і горизонтального лотка живлення.

Решітний стан – це дерев'яний каркас, в який вставляються змінні решета (верхнє решето – для очищення від крупних домішок, середнє – сортувальнє і нижнє – підсівнє решето) та два кулькові очищувачі решіт від насіння, що застрягло в їх отворах.

Очищувачі встановлюються під середнім і нижнім решетами. Вони виготовлені у вигляді дерев'яної рамки з натягнутою знизу металевою сіткою (розмір вічок 10×10мм). Усередину рамки вставлені поздовжні й поперечні перегородки, які утворюють відсіки і гумові кульки. У кожен відсік, утворений решетами, укладаються по 4-5 кульок. У процесі роботи решітного стану кульки здійснюють коливальні рухи і ударяючись при цьому об решето вибивають з його отворів застрягле насіння.

Решітний стан встановлений на двох коротких та двох довгих дерев'яних пластинах. Для виведення окремих фракцій матеріалу решітний стан має три похилі лотки. Привід решітного стану здійснюється електродвигуном потужністю 0,25 кВт через клинопасову передачу, ексцентриковий вал і шатун.

Пульт керування, який змонтований у передній частині столу забезпечує керування роботою машини загалом. На передній панелі пульта керування виведені кнопки керування:

- пуску – зеленого кольору та зупинки – червоного кольору, для вмикання та вимикання вентилятора аспіраційних каналів;
- тумблера для включення вібродвигуна вібраційного живильника та електродвигуна решітного стану;
- пульт ручного керування частотою коливань решітного стану;
- сигнальна кнопка зеленого кольору «мережа»;
- червона кнопка екстреного зупинки «СТОП».

Усередині пульта керування розміщені автоматичні вимикачі для захисту електродвигунів від струмів короткого замикання, магнітний пускач для комутації електродвигунів та перетворювач частоти напруги.

Аспіраційні канали прямокутного перерізу. Один – призначений для виділення легких домішок з вихідного матеріалу перед надходженням його на верхнє решето. Другий – для сортування насіння, що йде сходом з підсівного решета. Аспіраційні канали мають загальну осаджувальну камеру з ємністю для збору виділеного матеріалу.

Швидкість повітряного потоку в аспіраційних каналах регулюється поворотом заслінок, якими керують спеціальними важелями з фіксаторами.

Під час робочого процесу вихідний матеріал завантажують у приймальний бункер, звідки вібраційним живильником він подається на розподільну скатну дошку решітного стану. Переміщаючись по скатній дошці, вихідний матеріал потрапляє в аспіраційний канал, де з нього виділяються легкі домішки, які виносяться в лоток, а пилюка виноситься вентилятором у пиловідстійник.

Основна маса матеріалу надходить на верхнє решето решітного стану, з якого сходом йдуть відібрані великі домішки. Матеріал (без легких і великих домішок) проходить через отвори верхнього решета і надходить на середнє решето, на якому маса поділяється на дві фракції. Найбільше насіння йде сходом з решета і виходять з машини у відповідний лоток. Насіння основної культури та дрібні домішки провалюються крізь отвори решіт і потрапляють на нижнє підсівне решето. Дрібні домішки, а також дрібне насіння основної культури проходять крізь отвори решета і надходять у вихідний лоток.

Насіння основної культури йде сходом з нижнього решета і надходить на скатну дошку, що є продовженням нижнього решета. Рухаючись скатною дошкою, насіння потрапляє в канал другої аспірації. Тут воно продувається повітряним потоком. Щупле насіння основної культури, а також інші легкі домішки, що залишилися, виносяться в осаджувальну камеру, де збираються в спеціальну ємність, а пилюка виноситься вентилятором в пиловідстійник. Повноцінне насіння основної культури опускається вниз і потрапляє в ємність (тару).

Висновки

1. Насіння зернових культур розділяють за розмірами зерна (товщиною, шириною та довжиною).
2. Для очищення насіння зернових культур застосовують ворохочисні, та насіннесочисні машини, обов'язковими елементами яких є решітні стани, а також аеродинамічні сепаратори, які розподіляють насіннєві суміші за аеродинамічними властивостями.
3. Для підвищення якості очищення насіння зернових культур на машині СМ-0,15 першочергово доцільно провести теоретичні та експериментальні дослідження процесу поділу насіння на решетах.

2 АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

2.1 Очищення зернових сумішей за аеродинамічними властивостями

Основними аеродинамічними властивостями компонентів зернової суміші (вороху) слід вважати критичну швидкість $V_{кр}$, коефіцієнт опору повітря K та коефіцієнт парусності $K_{п}$.

Для визначення критичної швидкості необхідно розглянути потенційно можливий рух часточки у каналі з вертикальним повітряним потоком (рисунок 2.1).

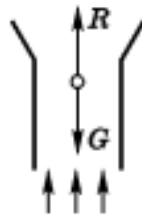


Рисунок 2.1 Схема до визначення критичної швидкості

На часточку, яка знаходиться в повітряному каналі плив мають сили: тяжіння G (див. рисунок 2.1) та дії повітряного потоку R .

Силу R дії повітряного потоку знаходимо, скориставшись формулою Ньютона [5, 7, 13, 22]

$$R = k\rho_{п}F(V_{п} - u)^2. \quad (2.1)$$

де $\rho_{п}$ – щільність повітря;

F – площа проекції часточки на площину, яка перпендикулярна до напрямку дії повітряного потоку, створюваного вентилятором;

$V_{п}$ – швидкість повітряного потоку в каналі;

u – швидкість руху (переміщення) часточки.

Часточка вороху, яка знаходиться в повітряному каналі, може займати різні положення в залежності від співвідношення величин сили R і сили тяжіння $G=mg$: коли $G>R$ часточка рухатиметься вниз, коли $G<R$, то часточка рухатиметься вгору, коли $u=0$ і $R=G$ (окремий випадок), часточка перебува-

тиме у зваженому (підвішеному) стані. Враховуючи вищенаведені умови, критичну швидкість для часточки, яка знаходиться в повітряному каналі визначаємо за формулою [5]

$$V_{кр} = \sqrt{\frac{G}{K\rho_n F}}. \quad (2.2)$$

Як відомо, коефіцієнт опору повітря K залежить від розмірів і форми часточки, особливостей її поверхні, стану повітряного середовища, в якому знаходиться часточка, а також від величини повітряного потоку (швидкості руху повітря в каналі). Якщо швидкість повітряного потоку зростає, то коефіцієнт опору повітря K , навпаки, зменшується.

Коефіцієнт парусності K_n визначаємо із наступної залежності [5, 7, 22]

$$K_n = \frac{9,8K\rho_n F}{G}. \quad (2.3)$$

Після розв'язання виразів (2.2) та (2.3), будемо мати:

$$K_n = \frac{9,8}{V_{кр}^2}. \quad (2.4)$$

Із наведених аналітичних викладок випливає, що коефіцієнти K і K_n постійно перебувають у складній залежності як від параметрів часточки (тіла), так і від параметрів повітряного середовища, визначити які доволі важко. Тому для практичних цілей використовують непрямі методи визначення коефіцієнтів K і K_n за критичною швидкістю, визначають яку на підставі експериментів.

Якщо коефіцієнти K і K_n визначати за критичними швидкостями у відповідності з виразами (2.2) та (2.4), то критична швидкість $V_{кр}$ для насіння зернових культур може коливатися в межах 8...15м/с; коефіцієнт опору повітря $K=0,04...0,30$; коефіцієнт парусності $K_n=0,07...0,15$ [5, 7, 22].

2.2 Розподіл насіннєвих сумішей на коливних решетах

Робочий процес плоского решета ворохоочисної (насіннєочисної) машини передбачає послідовне виконання таких елементарних технологічних

операцій (процесів): переміщення зернової (насіннєвої) суміші (вороху); рівномірний розподіл її поверхнею решета; западання й прохід насіння крізь отвори решета (якщо отвори в решеті більші за розміри зерна) і схід з решета, отвори якого менші за розміри зерна, тобто увесь ворох поділяється на дві частини (фракції): схід та прохід.

Пройоходячи полотном решета кількість вороху (зерна) на одиницю його довжини постійно зменшується. Кількість насіння, яка залишається на його поверхні залежить від розмірів зерна у вихідному матеріалі та розмірів отворів решета. Так, на сході з колосових решіт (відокремлюють крупні домішки) залишається 3...5% від початкової кількості, на сортувальних – 30...70%, а на підсівних – 95...97% [5].

Привід решітного стану насіннєочисної (горохоочисної) машини здійснюється кривошипно-шатунним механізмом, кінематичні характеристики веденої ланки (рисунок 2.2) якого за невеликих значень відношення радіуса кривошипа до довжини його шатуна r/l можна відображаються такими залежностями [7]:

$$\text{переміщення } x = r(1 - \cos \omega t);$$

$$\text{швидкість } V = r\omega \sin \omega t; V_{\max} = r\omega;$$

$$\text{прискорення } j = r\omega^2 \cos \omega t; j_{\max} = r\omega^2,$$

де ω – кутова швидкість кривошипа механізму приводу решітного стану.

Апроксимуючи вищенаведені характеристики для плоского решета, що здійснює поздовжні коливання, розглянемо умови переміщення на ньому зернового матеріалу. Для вирішення цього завдання, будемо вважати наступне:

- весь зерновий матеріал (ворох) рухається так само, як і плоска частина решета;
- опір повітря суттєво не впливає на переміщення матеріалу (вороху) поверхнею решета;
- коефіцієнт f опору переміщення матеріалу (вороху) не залежить від товщини його шару, що перебуває на поверхні решета й кінематичних чинників.

Нехай на елементарну часточку масою m (див. рисунок 2.2), яка розміщена на плоскій площині AB решета, діють сила тяжіння $G = mg$, сила інерції $R_j = mr\omega^2 \cos \omega t$, реакція N та сила тертя F .

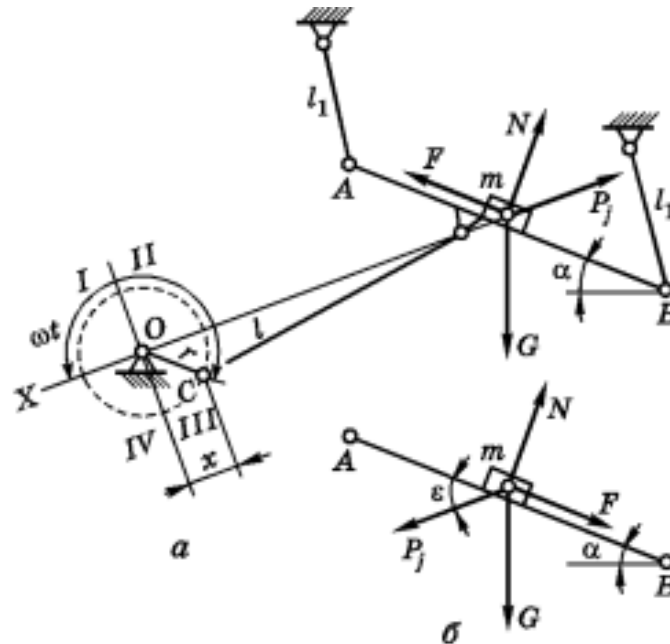


Рисунок 2.2 Дія сил на часточку, яка розміщується на плоскій площині, що коливається: а – рух часточки вниз по площині; б – рух часточки вгору по площині.

З поданої схеми видно, що якщо кривошип займає положення в III і IV четвертях елементарна часточка може зміщуватися вниз по площині AB , а в I і II – верх.

Униз площиною плоского решета елементарна часточка буде переміщуватися тоді, коли сума проекцій усіх сил в площині плоского решета, які одночасно діють на цю часточку зліва направо, будуть перевищувати силу тертя. Таким чином, умову переміщення матеріалу (вороху) вниз площиною запишеться у такому вигляді [15]

$$G \sin \alpha + P_j \cos \xi > F = fN = f(G \cos \alpha - P_j \sin \xi),$$

або

$$mg \sin \alpha + mj \cos \xi > \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} (mg \cos \alpha - mj \sin \xi). \quad (2.5)$$

де α – кут нахилу площини решета;

ξ – кут між площиною плоского решета і напрямком його коливань;

φ – кут тертя часточки матеріалу (вороху) по площині плоского решета.

Після певних перетворень для крайніх («мертвих») положень площини плоского решета, коли $\cos\omega t=1$, будемо мати прискорення площини плоского решета, за якого буде забезпечене можливе переміщення елементарної часточки вниз:

$$J_{BH} = \omega^2 r > g \frac{\sin(\varphi - \alpha)}{\cos(\xi - \varphi)}. \quad (2.6)$$

Умову переміщення матеріалу (вороху) вгору по плоскій площині решета запишемо у наступному вигляді:

$$P_j \cos \xi > G \sin \alpha + F,$$

або

$$mj \cos \xi > mg \sin \alpha + tg(mg \cos \alpha + mj \sin \xi). \quad (2.7)$$

Після певних перетворень для «мертвих» (крайніх) положень площини решета знаходимо необхідне прискорення [5, 15]:

$$J_{BG} = \omega^2 r > g \frac{\sin(\varphi + \alpha)}{\cos(\xi - \varphi)}. \quad (2.8)$$

Елементарна часточка буде відриватися від площини решета, якщо P_j спрямовується зліва направо, а реакція $N=0$, тобто:

$$Nmg \cos \alpha - mj \sin \xi = 0. \quad (2.9)$$

Із залежності (2.9) для аналогічних умов будемо мати:

$$J_{\text{сид}} = \omega^2 r > g \frac{\cos \alpha}{\sin \xi}. \quad (2.10)$$

Урахувавши показник кінематичного режиму роботи, тобто відношення $k = \frac{\omega^2 r}{g}$, отримаємо наступні можливі випадки руху елементарної часточки зернового вороху поверхнею плоского решета:

- спільний рух з площиною решета за

$$k_c < \frac{\sin(\varphi - \alpha)}{\cos(\xi - \varphi)};$$

- ковзання часточки вниз по площині решета

$$k_{BH} > \frac{\sin(\varphi - \alpha)}{\cos(\xi - \varphi)};$$

- ковзання часточки площиною решета не тільки вниз, а й вгору за

$$k_{BG} > \frac{\sin(\varphi + \alpha)}{\cos(\xi - \varphi)};$$

- відривання елементарної часточки від площини решета за

$$k_{gid} > \frac{\cos \alpha}{\sin \xi}.$$

Для того щоб зерновий матеріал (ворох) рухався поверхнею решета без відривання від його площини з ковзанням вгору і вниз, показник робочого кінематичного режиму роботи k_p повинен бути в такому співвідношенні:

$$k_{gid} > k_p > k_{BG} > k_{BH}.$$

Як відомо, кут тертя насіння зернових культур по сталі $\varphi = 18...30^\circ$, а тому кут нахилу решіт повинен бути меншим від цього мінімального значення, щоб унеможливити зерновий матеріал від самовільного ковзання по площині решета, коли воно статичне (нерухоме).

2.3 Умови проходження зерна крізь отвори решета

Для ефективного розподілу зернового вороху на плоских коливних решетах мають бути виконані певні умови. Перша (основна) – це здатність зерна (насіння) проходити крізь отвори решета. У цьому випадку вибирають решета, робочий розмір отворів (діаметра або ширини) яких більший, ніж відповідний розмір зерна (насіння). Друга умова пов'язана з вибором швидкості переміщення зерна по плоскій поверхні решета, тобто кінематичний режим роботи решета підбирають таким чином, щоб забезпечувати таку швидкість руху зернового вороху по ньому, яка б не перевищувала певної,

допустимої межі, за якої має забезпечуватися можливість западання окремих часточок (насіння) в отвори решета.

Для визначення умов проходження зерна (насіння) крізь отвори решета, нахиленого під кутом α (рисунок 2.3) до горизонту розглянемо частковий випадок проходження часточки (зерна) у вигляді кульки діаметром $2r$ крізь продовгуватий отвір решета, довжина якого l і воно здійснює позовжні коливання.

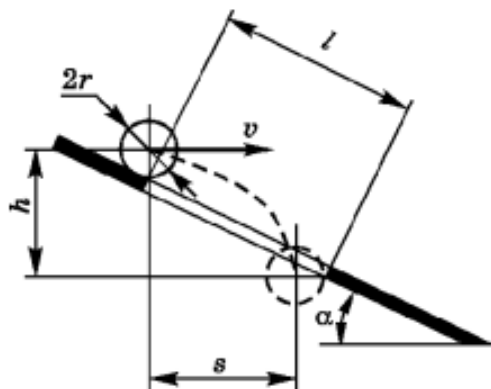


Рисунок 2.3 Схема для визначення умов проходження зерна крізь отвори

Введемо умову, що елементарна часточка рухається як кинуте тіло, початкова швидкість якого V . Якщо швидкість переміщення часточки буде малою, а довжини отвору решета досить великою, то елементарна часточка встигне пройти крізь цей отвір. За великої швидкості руху часточки поверхнею решета і малої довжини отвору, часточка в польоті може рухатися так, що імовірність потрапляння її в отвір буде низькою і сама вона буде відкинута назад внаслідок удару нижньою частиною в протилежний край отвору решета. Проте, існує імовірність проходження такої часточки крізь отвір решета, якщо вона вдариться в край отвору точкою, яка лежатиме на рівні центра ваги або вище нього.

Якщо знехтувати опором повітря й товщиною плоского решета, можна отримати два рівняння, які доволі точно описують горизонтальне та вертикальне переміщення часточки (насіння):

$$s = l \cos \alpha - r = vt; \quad (2.11)$$

$$h = l \sin \alpha + r = \frac{gt^2}{2}. \quad (2.12)$$

У результаті спільного розв'язання рівнянь (2.11) і (2.12), знаходимо, що за заданими розмірами зерна (насіння), довжини отвору решета й кута його нахилу до горизонту відносна швидкість елементарної часточки, за якої забезпечуватиметься проходження їх крізь отвори решета, можна визначити з нерівності

$$v \leq (l \cos \alpha - r) \sqrt{\frac{g}{2(l \sin \alpha + r)}}. \quad (2.13)$$

Дослідженнями встановлено, що під час сортування пшениці відносна швидкість його зернового матеріалу по поверхні плоского решета, зазвичай, становить 0,35...0,45 м/с. Тому важливим є вибір кінематичного режиму його роботи, тобто частоту коливань плоского решета вороочисної (насіннеочисної) машини можна збільшувати значень, за яких елементарні часточки встигатимуть западати в отвори решета.

Висновки

1. Аналітичними дослідженнями встановлено, що якщо коефіцієнти парусності K і K_n визначати за критичними швидкостями у відповідності з виразами (2.2) та (2.4), то критична швидкість $V_{кр}$ для насіння зернових культур може коливатися в межах 8...15 м/с; коефіцієнт опору повітря $K=0,04...0,30$; коефіцієнт парусності $K_n=0,07...0,15$.

2. Аналітичними дослідженнями встановлено, що кут нахилу решіт повинен бути меншим від мінімального значення кута тертя насіння зернових культур по сталі ($\varphi = 18...30$ град), щоб убезпечити зерновий матеріал від самовільного ковзання по площині решета, коли воно статичне (нерухоме).

3. Теоретичними дослідженнями встановлено, що під час сортування пшениці відносна швидкість його зернового матеріалу по поверхні плоского решета, зазвичай, становить 0,35...0,45 м/с.

1 3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Мета і програма експериментальних досліджень

Метою проведення експериментальних досліджень ставилося завдання підтвердити й доповнити теоретичні дослідження системи “робочий орган–зерновий ворох”, а також визначити якість очищення насіння пшениці озимої на насіннеочисній машині СМ-0,15, обладнаною аспіраційною системою та решітним станом.

Для реалізації цієї мети була розроблена програмою експериментальних досліджень, яка передбачала наступне:

- 1). Дослідження процесу розділення зернового вороху на насіннеочисній машині СМ-0,15;
- 2). Визначення якісних показників розділення зернового вороху.

3.2 Передумови проведення дослідів

Способи збирання зернових культур, вологість зернового вороху та ступінь його засміченості різноманітними (біологічними, механічними та ін.) домішками – це ті основні чинники, які мають суттєвий вплив на перебіг технологічного процесу очищення й розподілу насіннєвої суміші (зернового вороху). Для первинної очистки зазвичай використовують машини з аспіраційними системами, які дозволяють відділяти від зерна основної культури легкі домішки. Наступним етапом очищення і сортування зернових культур – це розподіл їх насіння за розмірними параметрами, зокрема товщиною і шириною (на решітних станах) та довжиною (за допомогою трієрних циліндрів). Ці процеси можна здійснювати окремими машинами або однією машиною, де ці процеси проходять послідовно у технологічній взаємодії [4, 15, 22].

Тому об’єктом досліджень була взаємодія робочих органів насіннеочисної машини СМ-0,15 з зерновим ворохом під час його розділення в аспіра-

ційних каналах та решітному стані вказаної насіннеочисної машини. Експерименти проводились в лабораторії кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. Олександра Семковича Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького з використанням лабораторної установки на базі насіннеочисної машини СМ-0,15.

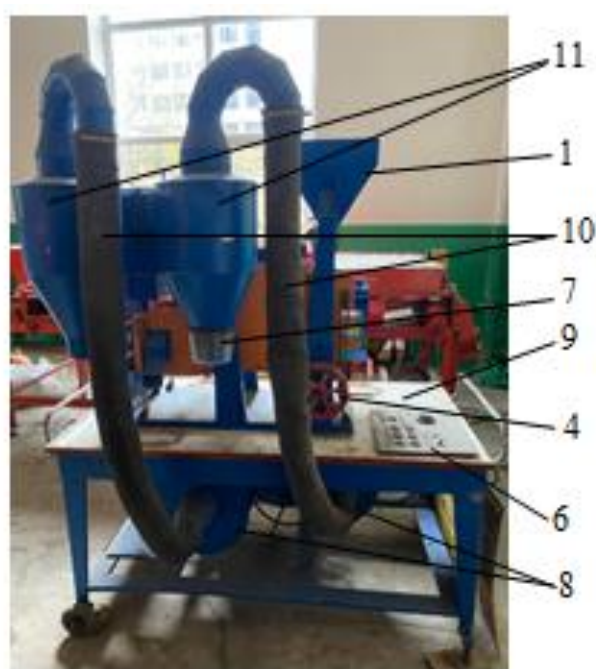
Під час проведення та обробки результатів експериментів використовувались загальноприйняті методики [22, 23]. Для окремих експериментальних досліджень розроблялись часткові методики, скеровані на проведення дослідів з використанням певних лабораторних установок.

3.3 Дослідження процесу розділення зернового вороху

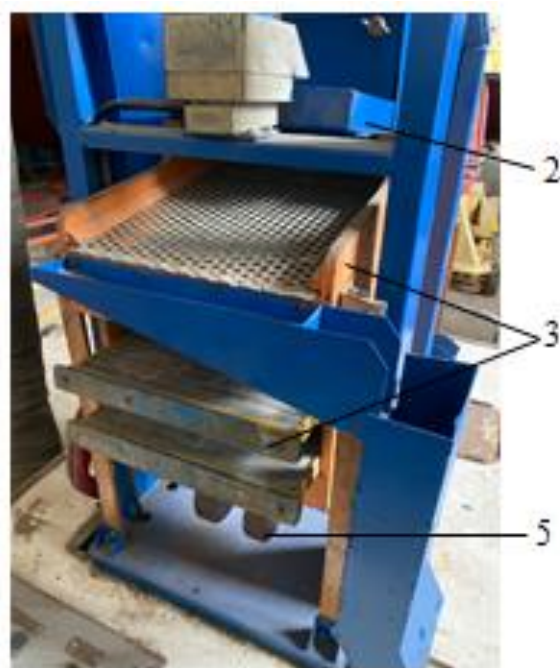
Суть методики з дослідження процесу розділення зернового вороху (насіння пшениці озимої) базується на послідовній дії на зерновий ворох скерованого повітряного потоку від вентиляторів аспіраційних систем та наступного розподілу зернової суміші на решітних станах за товщиною і шириною зерна.

Усі досліді проводились на лабораторній установці – діючій машині СМ-0,15 (рисунок 3.1). Лабораторна установка – це стаціонарна машина, яка має зварну раму, змонтовану на чотирьох ніжках, на якій змонтовано стіл 9 з пультом керування 6. У нижній частині стола 9 змонтовано два вентилятори 8, привід кожного з яких здійснюється електродвигуном. Вихідні горловини вентиляторів за допомогою аспіраційних каналів 10 пов'язані з осадовими камерами 11 з пиловідстійниками 7.

На столі 9 змонтовано решітний стан 3 з двома верхніми і двома нижніми решетами з отворами круглого та прямокутного перерізу (див. рисунок 3.1, г). Його привід здійснюється пасовою передачею 4 та через колінчастий вал 5. Зерновий ворох потрапляє на решітний стан з бункера 1. Щоб потік зернового вороху був постійним під бункером міститься вібраційний живильник 2.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 3.1 Лабораторна установка на базі машини СМ-0,15:

а) вигляд зліва; б) вигляд спереду; в) вигляд справа; г) решета решітного стану; 1 – приймальний бункер; 2 – вібраційний живильник; 3 – решітний стан; 4, 5 – привід решітного стану; 6 – пульт керування; 7 – пиловідстійник; 8 – вентилятор із електродвигуном; 9 – стіл; 10 – аспіраційні канали; 11 – осадова камера

Перед початком експериментів увесь неочищений зерновий ворох ділився порівно на три частини, кожна з яких зважувалась. Для підвищення чистоти експериментів кожна частина мала приблизно однакову масу вороху озимої пшениці – 10кг.

Під час досліджень проводились три серії дослідів. Під час кожної з них використовувались решта з різними за поперечними перерізами отворами, зокрема за першої серії використовувались решета з круглим отворами, за другої серії – решета з прямокутними перерізами, а за третьої серії – решета Б1 і Б2 мали круглі отвори, а решета В і Г – прямокутні отвори.

Під час проведення усіх серій дослідів змінювались тільки решета, а тому всі експерименти були подібними.

Під час усіх експериментів зерновий ворох рівномірним потоком завантажувався в бункер 1, із якого він скеровувався на вібраційний живильник 2, який, коливаючись рівномірним одно насіннєвим потоком скеровувався на решето Б1 решітного стану, а далі розподілявся на решітному стані за товщиною (шириною). Одночасно вентилятори 8 створювали повітряний потік і легкі домішки через аспіраційні канали 10 потрапляли в осаджувальні камери.

Для усунення можливих забивань отворів решіт технологічним матеріалом (зерном чи відходами) між верхніми і нижніми решетами розміщувалися гумові кульки, ударяючись об які решета очищалися від забивань.

Після проходження решітного стану очищене зерно і відходи збиралися у відповідних ємностях. Отримане зерно (відходи), які були зібрані в окремі ємності зважувалося і їх результати записувалися в таблицю й піддавалися аналізу для подальшої оцінки якості очищення зернового вороху (пшениці озимої).

3.4 Дослідження якісних показників розділення зернового вороху

Результати, отримані після проведення експериментальних досліджень процесу розділення зернового вороху за усіма серіями дослідів піддавалися

аналізу для визначення якісних показників розділення зернового вороху (пшениці озимої).

Суть методики полягала у визначенні середнього коефіцієнта $\kappa_{\text{я}}$ якості сепарації зернового вороху, а саме відношення маси отриманого чистого насіння пшениці озимої I сорту до загальної суми мас насіння I й II сортів (фураж) та відходів усіх отриманих фракцій.

Середній коефіцієнт $\kappa_{\text{ясер}}$ (%) якості розділення (сепарації) зернового вороху на насіннеочисній машині СМ-0,15 визначався з умови:

$$\kappa_{\text{ясер}} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{H_{1i}}{H_{1i} + H_{2i} + B_{3i}} \right) \times 100, \quad (3.1)$$

де H_{1i} , H_{2i} , B_{3i} , – відповідно кількість чистого зерна (насіння) пшениці озимої (I сорт), частково засміченого (фураж) насіння (II сорт) та відходів (III сорт) під час i -го вимірювання у досліді;

n – число вимірювань у досліді.

Вказаний середній коефіцієнт визначався окремо для трьох варіантів досліджень (для кожної партії решіт) під час експериментів на насіннеочисній машині СМ-0,15.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Після проведених експериментальних досліджень виконувалась обробка та аналіз отриманих даних, результати яких відображені у відповідних таблицях 4.1-4.3.

Зокрема, результати експериментів, проведених за першою серією дослідів (використовувались решта з круглим отворами) наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1–Результати першої серії експериментальних досліджень очищення насіння пшениці озимої на машині СМ-0,15

Досліджувані параметри		Значення параметрів
Маса неочищеного вороху, кг		30
Маса очищеного насіння (відходів), кг (%)	Вихід I (H1)	25,14 (83,80)
	Вихід II (H2)	3,63 (12,10)
	Вихід III (B)	1,23 (4,10)
Коефіцієнт якості очищення, $K_{\text{ясер1}}$ (%)		0,838

Як видно з таблиці середній коефіцієнт $K_{\text{ясер1}}$ якості очищення зернового вороху за першої серії дослідів на насіннеочисній машині СМ-0,15 становить 0,838. Загальний вихід насіння I сорту сягає 25,14кг. Поряд з цим, 1,23кг, а це 4,1% зернового вороху йде у відходи (фураж), хоча в них міститься ще певна частка насіння пшениці озимої.

Це пов'язано з тим, що зерновий ворох оброблявся винятково на решетах з круглими отворами, а тому розділення зернової суміші відбувалося переважно за шириною, а товщина зерна не враховувалась.

Результати аналогічних експериментів, проведених за другою серією дослідів (використовувались решта з прямокутними перерізами) наведені в таблиці 4.2.

Як видно з таблиці середній коефіцієнт $K_{\text{ясер2}}$ якості очищення зернового вороху за другої серії дослідів на насіннеочисній машині СМ-0,15 становить 0,879. Загальний вихід насіння I сорту сягає 26,03кг. Поряд з цим, 1,36кг, а це 4,53% зернового вороху йде у відходи (фураж), хоча в них міс-

титься ще певна частка насіння пшениці озимої, причому вона є дещо вищою, ніж за результатами розподілу насіння на решетах з круглими отворами.

Таблиця 4.2–Результати другої серії експериментальних досліджень очищення насіння пшениці озимої на машині СМ-0,15

Досліджувані параметри		Значення параметрів
Маса неочищеного вороху, кг		30
Маса очищеного насіння (відходів), кг (%)	Вихід I (H1)	26,03 (87,87)
	Вихід II (H2)	2,61 (8,70)
	Вихід III (B)	1,36 (4,53)
Коефіцієнт якості очищення, $K_{\text{ясер1}}$ (%)		0,879

Це пов'язано ще й з тим, що зерновий ворох оброблявся винятково на решетах з прямокутними отворами, а тому розділення зернової суміші відбувалося переважно за товщиною, а ширина зерна практично не враховувалась.

Результати аналогічних експериментів, проведених за третьою серією дослідів (використовувалась комбінація решіт: решета Б1 і Б2 мали круглі отвори, а решета В і Г – прямокутні отвори) наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3–Результати третьої серії експериментальних досліджень очищення насіння пшениці озимої на машині СМ-0,15

Досліджувані параметри		Значення параметрів
Маса неочищеного вороху, кг		30
Маса очищеного насіння (відходів), кг (%)	Вихід I (H1)	28,61 (95,37)
	Вихід II (H2)	1,14 (3,80)
	Вихід III (B)	0,25 (0,83)
Коефіцієнт якості очищення, $K_{\text{ясер1}}$ (%)		0,954

Як видно з таблиці середній коефіцієнт $K_{\text{ясер3}}$ якості очищення зернового вороху за третьої серії дослідів на насінносортичній машині СМ-0,15 становить 0,954. Загальний вихід насіння I сорту сягає 28,61кг. Поряд з цим,

0,25кг, а це 0,83% зернового вороху йде у відходи (фураж), хоча в них міститься ще певна частка насіння пшениці озимої. Слід відмітити, що у відходи йде найменша частка (0,83%) серед усіх варіантів (серій) дослідів.

Це вказує на те, що для розподілу зернових (насінневих) сумішей слід вибирати комбінований варіант решіт – на решітному стані слід встановлювати решета круглими та прямокутними отворами.

Висновки

1. Експериментальними дослідженнями встановлено, що середній коефіцієнт $\kappa_{\text{ясер1}}$ якості очищення зернового вороху за першої серії дослідів (використовувались решета з круглим отворами) на насіннеочисній машині СМ-0,15 становить 0,838; загальний вихід насіння І сорту сягає 25,14кг, поряд з цим, 1,23кг, а це 4,1% зернового вороху йде у відходи.

2. Експерименти показали, що середній коефіцієнт $\kappa_{\text{ясер2}}$ якості очищення зернового вороху за другої серії дослідів (використовувались решета з прямокутними перерізами) на насіннеочисній машині СМ-0,15 становить 0,879; загальний вихід насіння І сорту сягає 26,03кг, поряд з цим, 1,36кг, а це 4,53% зернового вороху йде у відходи.

3. Експериментальними дослідженнями встановлено, що середній коефіцієнт $\kappa_{\text{ясер3}}$ якості очищення зернового вороху за третьої серії дослідів на насіннеочисній машині СМ-0,15 становить 0,954; загальний вихід насіння І сорту сягає 28,61кг, поряд з цим, 0,25кг, а це 0,83% зернового вороху йде у відходи.

4. Експериментальними дослідженнями встановлено, що для розподілу зернових (насінневих) сумішей слід вибирати комбінований варіант решіт – на решітному стані слід встановлювати решета круглими та прямокутними отворами.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

5.1 Складання карти умов праці під час очищення насіння зернових культур

Для сучасного сільськогосподарського виробництва характерним є вплив на організм людини різних технічних, біологічних та інших факторів. З метою прогнозування цих факторів необхідно провести паспортизацію робочого місця механізатора.

Метою паспортизації санітарно-технічного стану робочого місця є виявлення усіх виробничих небезпек для розробки проектів та прийняття інженерно-технічних і організаційних рішень, спрямованих на створення безпечних і нешкідливих умов праці. Відповідно до типової ієрархічної структури сільськогосподарського виробництва (цех, ділянка, робоча зона бригади, робоче місце) одиничним елементом виробництва є робоче місце. На ньому проявляються всі небезпечні і шкідливі фактори, які діють на працюючого і визначають ефективність його виробничої діяльності. Базовим елементом паспортизації є карта умов праці, в якій представлені фактори безпеки по трьох напрямках факторів небезпеки: трудовому, санітарно-гігієнічному та технічному.

Карта умов праці передбачає виявлення на робочому місці шкідливих і небезпечних виробничих факторів та причин їх виникнення; дослідження санітарно-гігієнічних факторів виробничого середовища, важкості й напруженості трудового процесу, комплексну оцінку факторів виробничого середовища і характеру праці на відповідність їх вимогам стандартів, норм і правил; обґрунтування віднесення робочого місця до відповідної категорії з шкідливими умовами праці, підтвердження (встановлення) права працівників на пільгове пенсійне забезпечення та інші пільги залежно від умов праці [8, 10].

Карта умов праці на робочому місці становить основу санітарно-технічного паспорту виробничої ділянки (бригади, майстерні, ферми тощо).

Паспорт господарства складається з паспортів діляниць і містить додаткову характеристику засобів загальногосподарського користування, об'єкти колективного захисту. Кожний головний спеціаліст господарства організовує обстеження умов праці і стан технічної безпеки і підпорядковані їй йому галузі. Значно зменшити об'єми робіт при паспортизації можна шляхом групування типових робочих місць.

За гігієнічною класифікацією праці та іншими джерелами визначається перелік факторів умов праці на робочому місці, для яких з нормативних документів встановлюються гранично допустимий рівень або гранично допустиму концентрацію (ГДР, ГДК), які заносять в графи 1, 2 та 3 (таблиця 5.1).

Складаємо карту умов праці робочого місця механізатора під час механізованого знімання плодів, виконавши розрахунки окремих коефіцієнтів за наступними формулами.

Коефіцієнт нормозабезпеченості визначаємо за формулою

$$K_n = 1 \pm \frac{A_e - A_n}{A_n}, \quad (5.1)$$

де A_e – фактичне значення умов праці;

A_n – гранично допустимий рівень або концентрація.

Коефіцієнт небезпечності від дії фактора можна визначити з виразу:

$$K_{\partial\phi} = K_n \cdot T_{\partial\phi}, \quad (5.2)$$

де $T_{\partial\phi}$ – час дії фактора у частках тривалості зміни.

Коефіцієнт небезпечності від усіх факторів становить:

$$K = \frac{K_{\partial\phi}}{n}, \quad (5.3)$$

де n – кількість факторів умов праці.

Під час складання умов праці на робочому місці механізатора використовуємо дані нормативних документів:

- ДСТУ 12.1.003-83 – Шум. Санітарно-гігієнічні вимоги;
- ДСТУ 12.1.005-86 – Повітря робочої зони. Санітарно-гігієнічні вимоги;

- ДНАОП 0.00-1* – Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу.
- ДСТУ 23.00-93 – Вібрація, терміни та визначення;

Таблиця 5.1–Карта умов праці під час очищення насіння пшениці озимої

Фактори умов праці	Нормативне значення фактора		Фактичне значення фактора умов праці, A_v	Коефіцієнт нормозабезпечення, K_n	Час дії фактора		Коефіцієнт небезпечності	
	Гранично допустимий рівень або концентрація (ГРД, ГДК), A_n	Нормативний документ			В годинах	Частках довготривалості зміни, $T_{дф}$	Від дії фактора, $K_{дф}$	Від усіх факторів, K
1. Рівень шуму	80 дБ	ДСТУ 12.1.009-83	85 дБ	1,06	8	0,8	0,85	
2. Вібрація	0,65 м/с для 1000 Гц, 102 дБ	ДСТУ 23.00-93	0,72 м/с для 1000 Гц, 102 дБ	1,1	8	0,8	0,88	
3. Температура повітря (серпень)	Відкриті території, +25,8°C	ДНАОП 0.00-1*	+22°C	0,85	8	0,8	0,68	
4. Пилюка	100 мг/м ³	ДСТУ 12.1.005-86	107 мг/м ³	1,1	8	0,8	0,88	
5. Сенсорні навантаження:								
5.1. Щільність сигналів	75%	ДНАОП 0.00-1*	80%	1,1	8	0,8	0,88	
5.2. Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження	5%	ДНАОП 0.00-1*	6%	1,2	8	0,8	0,96	
6. Робоча поза	Вільна	ДНАОП 0.00-1*	Перебування у фіксованій позі більше 50% часу	0,5	8	0,8	0,8	
Всього								0,85

На підставі аналізу даних таблиці 5.1 можна зробити висновок, що фактичне значення умов праці обслуговуючого персоналу під час очищення на-

сіння пшениці озимої дещо перевищують граничні показники, регламентовані відповідними нормативними документами. Особливо шкідливими є рівень шуму, вібраційні фактори та кількість пилюки в робочій зоні, пов'язані з технологічним процесом очищення насіння льону, які негативно впливають на організм людини.

Шкідливими є також інші фактори, а тому для запобігання шкідливої дії вказаних небезпек працівникам, які обслуговують насіннеочисну машину СМ-0,15 необхідно щогодини робити технологічні перерви на 5-10хв., припинивши роботу насіннеочисної машини.

5.2 Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм

Методикою оцінки рівня небезпеки робочих місць, машин, робочих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію (показника) рівня небезпеки для конкретного об'єкта. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварій, травм або катастроф залежно від досліджуваного явища.

Для того щоб оцінку рівня небезпек певного об'єкта чи явища запровадити на виробництві, необхідний простий і доступний метод обчислення значень ймовірності будь-кого випадкового явища. Основні принципи цього методу полягають у тому, що на основі обстеження робочого місця чи окремої машини виявляють виробничі небезпеки, можливі аварії або травмонебезпечні ситуації. При оцінці ситуацій визначають події, які можуть стати головними.

Після вибору головної події розпочинають побудову моделі. Використовуючи оператори „і” та „або”, виконують набір ситуації, які можуть призвести до тієї події, яка вибрана як головна.

Після визначення відповідних аварійних, травмонебезпечних або катастрофічних ситуацій та їх кількості, визначають інші події, що входять до кожної такої ситуації, логічним аналізом із використанням операторів „і”,

„або”. Процес побудови моделі триває поки не будуть знайдені усі базові події, що визначають межу моделі.

Повністю побудована модель підлягає математичній обробці для визначення ймовірності кожної випадкової події, що увійшла до моделі, починаючи з базових і закінчуючи головною.

Ймовірність базових подій визначають за даними виробництва. Для визначення ймовірності ми повинні встановити наскільки (%) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 50 або 30%, то ймовірність відповідно дорівнює 0,5 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність становить 1, якщо контроль ідеальний, відповідна ймовірність дорівнює 0.

1. Нехай дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора „і” входять у наступну третю подію. Тоді ймовірність виникнення цієї події P_3 можна визначити за формулою

$$P_3 = P_1 \cdot P_2.$$

2. За допомогою оператора „і” три події з ймовірностями P_1 , P_2 і P_3 формують четверту подію P_4 , яку обчислюють

$$P_4 = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3.$$

3. Оператор „і” об’єднує n подій з ймовірностями $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$. Тоді ймовірність вихідної події P буде

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_n.$$

4. Дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора „або” входять до третьої події. Тоді ймовірність P_3 буде

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2.$$

5. Оператор „або” об’єднує три базові події з ймовірностями P_1, P_2 і P_3 , які за допомогою цього оператора входять у наступну подію з ймовірністю P_4 . Тоді ймовірність цієї події можна визначити за формулою

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 \cdot P_2 - P_1 \cdot P_3 - P_2 \cdot P_3 + P_1 \cdot P_2 \cdot P_3.$$

6. Якщо в оператора „або” входять чотири і більше випадкових базових подій з відомими значеннями ймовірностей, то для спрощення обчислень їх згруповують по дві або по три події і застосовують наведені формули. Після визначення ймовірностей вихідних подій кожної з таких груп, їх знову необхідно згрупувати і провести аналогічні обчислення аж поки не залишиться дві або три події, над якими необхідно провести ті ж операції.

Так, поступово обчислюють ймовірність вихідних подій кожного окремого розгалуження, наближаємось до головної події і обчислюємо ймовірність її виникнення.

Значення ймовірності головних подій, що досліджуються, нажаль, не можна порівняти з нормативними значеннями певного ступеня ризику для певної людино-машинної системи, бо таких даних просто не існує. Але значення ймовірностей тієї чи іншої події, обчислені при дослідженні конкретної моделі, дає уяву про високу, середню і незначну небезпеку.

Для проведення обчислень ймовірності травми використаємо логіко-імітаційну модель процесу її формування (рисунок 5.1)

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2 = 0,2.$$

$$P_6 = P_4 + P_5 - P_4 \cdot P_5 = 0,2.$$

$$P_7 = P_3 + P_6 - P_3 \cdot P_6 + P_3 \cdot P_6 = 0,32.$$

$$P_{10} = P_8 + P_9 - P_8 \cdot P_9 = 0,2.$$

$$P_{13} = P_{11} + P_{12} - P_{11} \cdot P_{12} = 0,2.$$

$$P_{14} = P_{10} + P_{13} - P_{10} \cdot P_{13} + P_{10} \cdot P_{13} = 0,32.$$

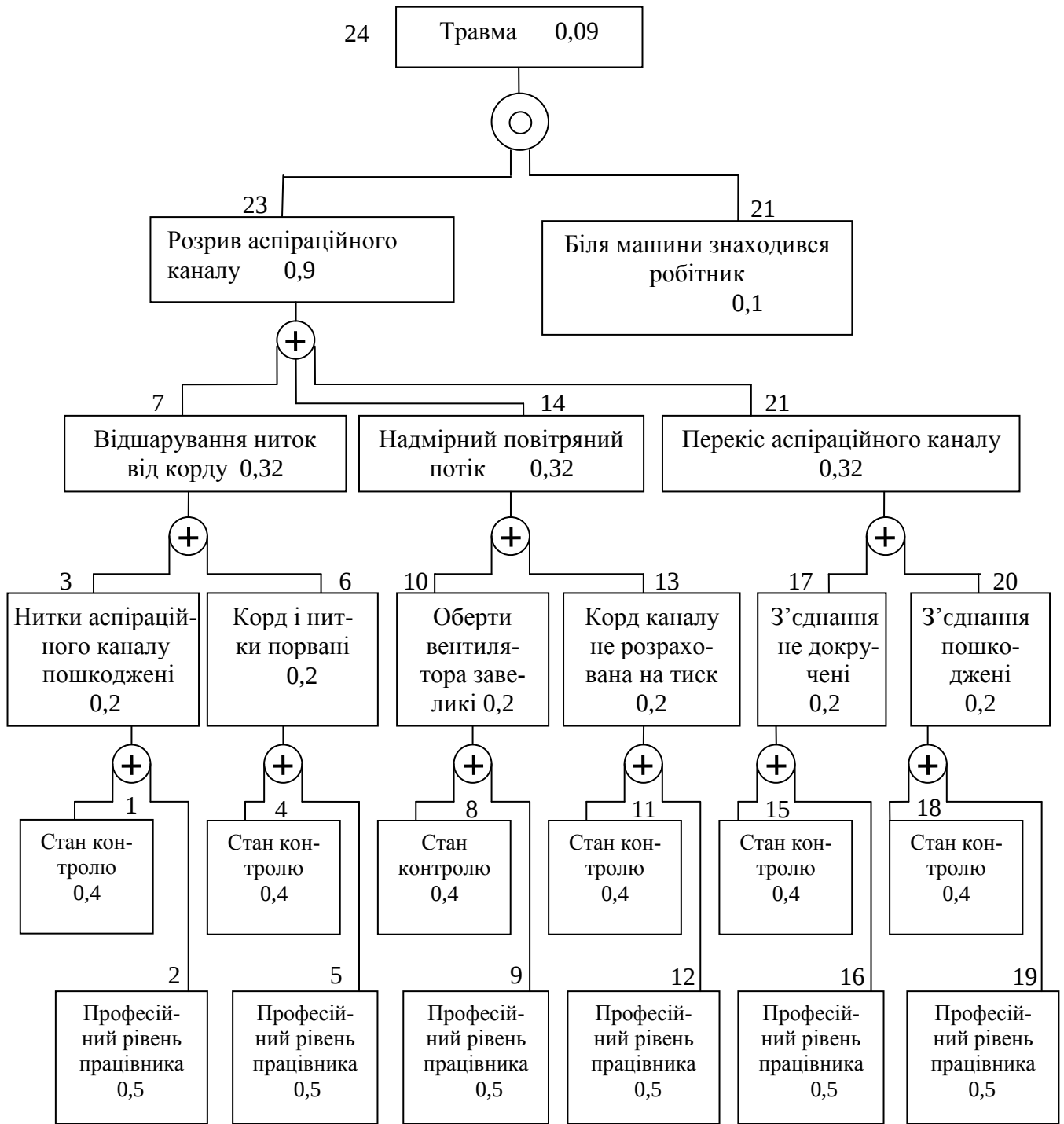
$$P_{17} = P_{15} + P_{16} - P_{15} \cdot P_{16} = 0,2.$$

$$P_{20} = P_{18} + P_{19} - P_{18} \cdot P_{19} = 0,2.$$

$$P_{21} = P_{17} + P_{20} - P_{17} \cdot P_{20} + P_{17} \cdot P_{20} = 0,32.$$

$$P_{23} = P_7 + P_{14} + P_{21} - P_7 \cdot P_{14} \cdot P_{21} = 0,9.$$

$$P_{24} = P_{23} \cdot P_{22} = 0,09.$$



Оператори:



Рисунок 5.1 Схема логіко–імітаційної моделі процесу виникнення травм під час очищення насіння пшениці озимої на машині СМ-0,15:

1, 2, 3 – номери подій; 0,3; 0,4 – ймовірність подій.

Таким чином, на робочому місці під час очищення насіння льону за наявності тих недоліків з охорони праці, які відображені у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 9,0 травм. Якщо зазначені недоліки негайно усунути (підвищити професійний рівень робітників, поліпшити контроль та замінити пошкоджені елементи поперечного транспортера), то можна побачити на моделі, шляхом повторного розрахунку, що рівень небезпеки буде наближатися до 0, а рівень безпеки до 1.

Слід мати на увазі, що на даному робочому місці можуть бути й інші недоліки, які призведуть до травми з інших причин [11].

Використання логіко-імітаційних моделей для дослідження аварій і травм та обґрунтування заходів з охорони праці, дають можливість знизити ймовірність виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій. Якщо необхідно оцінити рівень небезпеки робочого місця, слід уважно вивчити і побудувати логічні моделі можливих небезпечних ситуацій, які враховують усі стани обладнання та самого робочого місця, а також поведінку працівників і розрахувати ймовірність виникнення можливих травм.

5.3 Шляхи зниження негативної дії на довкілля об'єкту дослідження

Кожен вид матеріального виробництва передбачає перетворення енергії і матеріальних ресурсів, утворюючи при цьому як енергетичні така і матеріальні відходи. При плануванні впровадження нових технологічних підходів чи організаційних заходів під час вирощування, збирання і первинного обробітку зернових культур насамперед має звертатися увага на використання ресурсо- та енергоощадних технологій, вирішення проблем створення екологічно чистих виробництв [2].

Запропоноване будь-яке нововведення, крім його технічної чи технологічної доцільності, має бути кроком в напрямку реальної мінімізації екологічного впливу на довкілля (вода, повітря, ґрунт, безпека для життя і здоров'я людей) та появи непридатних матеріально-речовинних і енергетичних відхо-

дів. Має забезпечуватися, по можливості, концентрація відходів, їх повторне використання, можливі чи передбачувані технологічні шляхи видалення чи захоронення відходів.

Зменшення негативного впливу від ущільнення ґрунту засобами механізації під час обробітку ґрунту, догляду за посівами, збирання рожаю можна досягнути наступними конструктивними та організаційними заходами:

- використання гусеничних тракторів (комбайнів) та тракторів з напівгусеничною ходовою частиною, у яких питомий тиск на ґрунт значно нижчий ніж у колісних;
- використання розширювачів колісних рушіїв і спарювання опорних коліс;
- раціональне комплектування машинно-тракторних агрегатів;
- широке використання енергонасичених тракторів в агрегаті із широкозахватними комплексними агрегатами, які забезпечують зменшення кількості проходів на полі;
- використання тракторів, що працюють на підвищених швидкостях.

Під час післяжнивного обробітку зернового матеріалу негативного впливу на довкілля можуть надати технологічні відходи біологічного характеру (різноманітне насіння бур'янів, полова, солома, рештки рослин тощо), які за неправильної утилізації можуть потрапляти в навколишнє середовище і поширившись на певній території, проростати і продукувати насіння, чим завдавати шкоди довкіллю.

6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ НАСІННЕОЧИСНОЇ МАШИНИ СМ-0,15

Економічна ефективність використання удосконаленої насіннеочисної машини оцінювалась з її базовим варіантом за однакових умов експлуатації.

Основним критерієм економічної ефективності від покращання технічних і технологічних параметрів машини є економічний ефект. Його визначають як різницю між отриманими показниками використання запропонованого засобу (машини) і їх чинними значеннями на даний момент для базової моделі.

Дослідження економічної ефективності використання насіннеочисної машини проводилось на основі методики розрахунку ефективності спеціалізованої сільськогосподарської техніки [16, 20, 25].

Прямі питомі експлуатаційні затрати визначаються за формулою

$$И = З_n + A + R + П + З_{зб}, \quad (6.1)$$

де $З_n$ – сума заробітної плати основних і допоміжних працівників, грн./т;

A – амортизаційні відрахування, грн./т;

R – відрахування на ремонт і технічне обслуговування, грн./т;

$П$ – вартість електроенергії, грн./т;

$З_{зб}$ – відрахування на зберігання, грн./т.

Відрахування на зарплату визначаються з виразу

$$З_n = \sum (n_i \tau_i k_i) / W_{зм}, \quad (6.2)$$

де n_i – чисельність i -го виробничого персоналу, чол.;

τ_i – годинна тарифна ставка працівників, грн./год;

k_i – коефіцієнт, що враховує всі види доплат і нарахувань;

$W_{зм}$ – продуктивність насіннеочисної машини за годину змінного часу, т/год.

Амортизаційні відрахування всіх складових лінії з очищення насіння зернових культур визначаються з виразу

$$A = \Sigma (B_i a_i / (W_{зм} T_{ф.р.i})), \quad (6.3)$$

де B_i – балансова вартість i -ої складової лінії та допоміжного обладнання, грн.;

a_i – коефіцієнт відрахувань на реновацію;

$T_{ф.р.i}$ – тривалість фактичного річного використання складових технологічної лінії, год.

Відрахування на ремонт і технічне обслуговування визначаються за формулою

$$R = \Sigma (B_i (p_i + \kappa_i) / (W_{зм} T_{н.р.i})), \quad (6.4)$$

де p_i – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування i -ої складової технологічної лінії;

κ_i – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт складних машин;

$T_{н.р.i}$ – нормативне річне завантаження i -ої складової технологічної лінії, год.

Вартість електроенергії визначається з виразу

$$\Pi = E\zeta / W_{зм}, \quad (6.5)$$

де E – витрата електроенергії, кВт год;

ζ – вартість 1 кВт електроенергії, грн./кВт.

Витрати на зберігання машин технологічної лінії визначаються виходячи із затрат на їх консервацію та підготовку до використання й приймаються в межах 6,5 % від витрат на ремонти і технічне обслуговування, тобто

$$З_{зб} = 0,065 R. \quad (6.6)$$

Капітальні вкладення на одиницю напрацювання становлять:

$$K = \Sigma (B_i / (W_{зм} T_{н.р.i})). \quad (6.7)$$

Затрати праці на виконання виробничого процесу

$$З_{зб} = \Pi_o / W_{зм}, \quad (6.8)$$

де Π_o – чисельність обслуговуючого персоналу, чол.

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини E_m визначається за формулою:

$$E_m = (Z_{\delta} - Z_n)B_p, \quad (6.9)$$

де Z_{δ} , Z_n – зведені затрати на одиницю напрацювань для базової та модернізованої машини, грн./т;

B_p – річне напрацювання модернізованої машини, т.

Річну економію (перевитрату) прямих і зведених затрат, робочої сили та капіталовкладень виражають через ступінь зміни C у відсотках:

$$C = 100(Z_{p\delta} - Z_{pn})/Z_{p\delta}, \quad (6.10)$$

де $Z_{p\delta}$, Z_{pn} – річні затрати (праці, капітальних вкладень, прямих та зведених витрат) відповідно для базової та модернізованої машин.

Вихідні дані для проведення досліджень економічних показників вибирались на основі найсприятливіших умов використання удосконаленої насіннеочисної машини. У всіх випадках її обслуговували двоє працівників.

Отримані результати проведених за формулами (6.1)–(6.10) розрахунків (таблиця 6.1) свідчать про доцільність обладнання насіннеочисної машини системою рівномірної подачі та аспірації.

Таблиця 6.1– Економічна ефективність використання насіннеочисної машини СМ-0,15

Показники	Базова модель	Модернізована
1	2	3
Річне напрацювання, т	15	20
Прямі затрати, грн./т на:		
- оплату праці	55,18	44,77
- електроенергію	13,46	12,12
- ТО, поточний і капітальний ремонт	642,38	593,08
- реновацію	455,26	422,45
- інші прямі затрати	43,32	38,27
- всього прямих затрат	1209,6	1110,69

Продовження табл. 6.1

1	2	3
Капітальні вкладення, грн.	3524,36	3312,40
Зведені затрати, грн.	1538,52	1418,15
Річний економічний ефект від експлуатації модернізованої машини, грн.	-	3727,09
Економічний ефект від виробництва і використання за строк служби модернізованої машини, грн.	-	26089,63
Затрати праці, люд. год/т	-	3,11
Річна економія праці, люд. год	-	11,38
Зменшення (%):		
- затрат праці		19,30
- прямих затрат	-	8,17
- зведених затрат		9,11
- капітальних вкладень		8,45

Як показали розрахунки річний економічний ефект від використання модернізованої насіннесочисної машини СМ-0,15 становить 3727,09грн.

Завдяки збільшенню змінної продуктивності істотно зменшуються на одиницю напрацювання: затрат праці – на 19,30%; прямі затрати – на 8,17%; зведені затрати – на 9,11%; капітальні вкладення, незважаючи на відносно незначне подорожчання модернізованої машини – на 8,45%.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Насіння зернових культур розділяють за розмірами зерна (товщиною, шириною та довжиною).

2. Для очищення насіння зернових культур застосовують ворохочисні, та насіннеочисні машини, обов'язковими елементами яких є решітні стани, а також аеродинамічні сепаратори, які розподіляють насіннєві суміші за аеродинамічними властивостями.

3. Для підвищення якості очищення насіння зернових культур на машині СМ-0,15 першочергово доцільно провести теоретичні та експериментальні дослідження процесу поділу насіння на решетах.

4. Аналітичними дослідженнями встановлено, що якщо коефіцієнти парусності K і K_n визначати за критичними швидкостями у відповідності з виразами (2.2) та (2.4), то критична швидкість $V_{кр}$ для насіння зернових культур може коливатися в межах 8...15 м/с; коефіцієнт опору повітря $K=0,04...0,30$; коефіцієнт парусності $K_n=0,07...0,15$.

5. Аналітичними дослідженнями встановлено, що кут нахилу решіт повинен бути меншим від мінімального значення кута тертя насіння зернових культур по сталі ($\varphi = 18...30$ град), щоб убезпечити зерновий матеріал від самовільного ковзання по площині решета, коли воно статичне (нерухоме).

6. Теоретичними дослідженнями встановлено, що під час сортування пшениці відносна швидкість його зернового матеріалу по поверхні плоского решета, зазвичай, становить 0,35...0,45 м/с.

7. Експериментальними дослідженнями встановлено, що середній коефіцієнт $\kappa_{ясер1}$ якості очищення зернового вороху за першої серії дослідів (використовувались решта з круглим отворами) на насіннеочисній машині СМ-0,15 становить 0,838; загальний вихід насіння І сорту сягає 25,14 кг, поряд з цим, 1,23 кг, а це 4,1% зернового вороху йде у відходи.

8. Експерименти показали, що середній коефіцієнт $\kappa_{ясер2}$ якості очищення зернового вороху за другої серії дослідів (використовувались решта з

прямокутними перерізами) на насіннеочисній машині СМ-0,15 становить 0,879; загальний вихід насіння І сорту сягає 26,03кг, поряд з цим, 1,36кг, а це 4,53% зернового вороху йде у відходи.

9.Експериментальними дослідженнями встановлено, що середній коефіцієнт $K_{\text{ясер3}}$ якості очищення зернового вороху за третьої серії дослідів на насіннеочисній машині СМ-0,15 становить 0,954; загальний вихід насіння І сорту сягає 28,61кг, поряд з цим, 0,25кг, а це 0,83% зернового вороху йде у відходи.

10.Експериментальними дослідженнями встановлено, що для розподілу зернових (насінневих) сумішей слід вибирати комбінований варіант решіт – на решітному стані слід встановлювати решета круглими та прямокутними отворами.

11.Як показали розрахунки річний економічний ефект від використання модернізованої насіннеочисної машини СМ-0,15 становить 3727,09грн.

12.Завдяки збільшенню змінної продуктивності істотно зменшуються на одиницю напрацювання: затрат праці – на 19,30%; прямі затрати – на 8,17%; зведені затрати – на 9,11%; капітальні вкладення, незважаючи на відносно незначне подорожчання модернізованої машини – на 8,45%.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Аеродинамічний сепаратор САД- 10- 01. URL: <https://aeromehcad.com.ua/> (дата звернення 23.09.2025 р.).
2. Білявський Г.О., Фурдуй Р.С., Костіков І.Ю. Основи екології: підручник, 2-ге вид., доповн. Київ. Либідь, 2005. 407 с.
3. Бендера І.М., Грубий В.П., Роздорожнюк П.І. та ін. Експлуатація машин та обладнання. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І. 2013. 576 с.
4. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські машини: підручник. Київ: Агроосвіта, 2015. 679 с.
5. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник. Київ. Вища освіта, 2005. 464 с.
6. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини. Київ: Урожай, 2004. 448 с.
7. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: навчальний посібник. Суми : ВТД «Університетська книга». 2008. 543 с.
8. Жидецький В.І. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / В.І. Жидецький., В.С Джигерей., В.М. Сторожук та ін; За ред. Жидецького В.І. Львів : Афіша, 2000. 352 с.
9. Зерноочисний сепаратор МСМ-5. URL: <https://tmsukraine.com.ua/ua/p2561240776-zernoochistitelnyj-separator-msm.html> (дата звернення 22.09.2025 р.).
10. Купчик М.П., Гандзюк М.П., Степанець І.Ф. та ін. Основи охорони праці. Київ : Основа, 2000. 416 с.
11. Лехман С.Д., Рубльов В.І., Рябцев Б.І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ : Урожай, 1993. 268 с.

12. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. 2-е вид., виправ. Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 808 с.
13. Лихочвор В.В., Петриненко В.Ф., Івашук П.В., Корнійчук О.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур 3-є вид., виправ., допов. Львів: НВФ «Українські технології», 2010. 1088 с.
14. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник. -2-ге вид., стереотип. Київ: Техніка, 2004. 512 с.
15. Рибарук В.Я., Ріпка І.І. Сільськогосподарські машини. Практикум з розрахунку і досліджень робочих процесів. Львів : ЛДАУ, 1998. 264 с.
16. Ріпка І.І., Семен Я.В., Крупич О.М., Бендера І.М., Рудь А.В. Основи механізації сільськогосподарського виробництва: Навч. посібник. Львів: ЛНАУ, 2013. 224 с.;
17. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підруч. у 2 т: Т 1 /А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк, С.М. Кравченко, І.О. Мошенко, Л.С. Червінський, А.І. Панченко, Я.В. Семен, В.В. Іщенко; за ред. А.В. Рудя. Київ.: Агроосвіта, 2012. 584 с.
18. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підруч. у 2 т: Т 2 /А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк, С.М. Кравченко, І.О. Мошенко, Л.С. Червінський, А.І. Панченко, Я.В. Семен, В.В. Іщенко; за ред. А.В. Рудя. Київ.: Агроосвіта, 2012. 432 с.
19. Сепаратор зерна ICM-200 ЦОК. URL: https://agroseparator.com/ukr/grain-separator-ism-200-coc?gad_source=1&gad_campaignid=22935829101&gbraid=0AAAABBOJimF1a0oyo28EFrZeCVQa3Agvtv&gclid=CjwKCAjwx-zHBhBhEiwA7Kjq6z-RwSSgThj_L3Hpn6txHLrBgzDMt6Nuxwcud8y6HmqnJ3Q1-IpMBoCpn0QAvD_BwE (дата звернення 20.09.2025 р.).
20. Сосновська О.О., Ярошенко П.П., Іванюта М.В. Техніко-економічне обґрунтування господарських рішень у рослинництві: Навчальний посібник. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 384 с.

21. Хайліс Г.А., Горбовий А.Ю., Гошко З.О., Ковальов М.М. Налобіна О.О., Юхимчук С.Ф. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Навч. посібник. Луцьк: ЛДТУ, 1998. 267 с.
22. Хайліс Г.А. Основи теорії і розрахунку сільськогосподарських машин: Навч. посібник. Київ : УСГА, 1992. 240 с.
23. Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навч. посібник. Київ : НМК ВО, 1992. 320 с.
24. Шваб'юк В.І. Опір матеріалів: Навч. посіб. Київ: Знання, 2009. 380 с.
25. Шевчук Р.С., Крупич О.М. Економічна оцінка спеціалізованої сільськогосподарської техніки: *Метод. рекомендації* Львів. ДАУ. Львів, 1994. 27 с.