

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи
освітнього ступеня "Магістр"

на тему:

**«Підвищення ефективності процесу розподілу зернового вороху в
зерноочисних машинах»**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГАІ-22
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____ Соловйов Валентин Сергійович

Керівник: _____ Теслюк Геннадій Володимирович

Рецензент: _____

Дніпро 2023

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: "Магістр"

208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
тракторів і

СГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„_____” _____ 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Соловійов Валентин Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи : Підвищення ефективності процесу розподілу зернового
вороху в зерноочисних машинах

керівник роботи к.т.н., доцент Теслюк Геннадій Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“26 грудня” 2024 року №4084

2. Строк подання студентом роботи _____ 5.02.2024 р

3. Вихідні дані до роботи Огляд особливостей технічних рішень боронування
з одночасним удобренням, огляд літературних джерел та обґрунтування
дослідження з обраної тематики.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які
потрібно розробити)** 1. Аналіз актуальності дипломної роботи. 2. Аналітична
методика обґрунтування розподілу зернового вороху. 3 Обґрунтування
експериментальних досліджень приймально-розподільчого пристрою
зерноочисної машини. 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища.
5. Оцінка економічної ефективності робочого органу машини. Висновок.
Бібліографічний список.

Перелік демонстраційного матеріалу

1. Мета і задачі досліджень. Аналіз (2 аркуші, А4).
2. Огляд і аналіз конструкцій (2 аркуші, А4).
3. Теоретичні дослідження (1 аркуші, А4).
4. Експериментальні дослідження (3 аркуші А4)
5. Економічна частина. (1 аркуш 4А)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1.	Теслюк Г.В., доцент		
2	Теслюк Г.В., доцент		
3	Теслюк Г.В., доцент		
4	Теслюк Г.В., доцент		
5	Теслюк Г.В., доцент		
Нормо-контроль	Золотовська О.В., доцент		

7. завдання _____ Дата _____ видачі _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз технічних рішень	до 29.10.23 р	
2.	Виконання теоретичних досліджень	до 29. 10.23 р	
3	Виконання експериментальних досліджень	до 5.11.23 р.	
4	Охорона праці	до 06.12.23 р.	
5	Економічна частина	до 10.12.23 р.	
6.	Демонстраційний матеріал	до 29.01.24 р.	

Студент
В.С.
ініціали)

(підпис)

Соловйов
(прізвище та

АНОТАЦІЯ

Соловйов В.С. Підвищення ефективності процесу розподілу зернового вороху в зерноочисних машинах / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» – ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

В дипломній роботі проаналізовано якість зерна та рівень травмування зерна в процесі збирання і післязбиральної обробки. Обґрунтовано конструкції приймально-розподільних пристроїв з метою підвищення ефективності процесу розподілу матеріалу по ширині робочих органів повітряно-решітних зерноочисних машин. Виконано порівняльний аналіз існуючих конструкцій. Визначені перспективи застосування запропонованих конструкцій з метою ефективності процесу розподілу матеріалу по ширині робочих органів. Встановлено залежність бічного тиску від висоти шару зерна в бункері приймально-розподільного пристрою повітряно-решітних зерноочисних машин решітних зерноочисних машин. Розроблено технічне рішення для реалізації процесу рівномірного розподілу зернового вороху по ширині робочих органів повітряно-решітних зерноочисних машин.

ЗМІСТ

Вступ	7
1 АНАЛІЗ АКТУАЛЬНОСТІ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	10
1.1 Склад зернового вороху та вимоги до якості насіння	10
1.2 Аналіз технічного рішення для очищення приймально-розподільчої машини для зерна	12
1.3 Вплив конструктивно-технологічних параметрів приймально-розподільчих пристроїв на якість насіння	22
2 АНАЛІТИЧНА МЕТОДИКА ОБГРУНТУВАННЯ РОЗПОДІЛУ ЗЕРНОВОГО ВОРОХУ	30
2.1 Формування вороху в бункері приймально-розподільного пристрою	30
2.2 Вплив характеру заповнення бункера на розподіл тиску в зерновому шарі	38
3 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИЙМАЛЬНО-РОЗПОДІЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ЗЕРНООЧИСНОЇ МАШИНИ	47
3.1 Стенд експериментальної установки	47
3.1.1 Методика визначення параметрів штабеля зерна в бункері в процесі заповнення	49
3.1.2 Методика визначення розподілу зерна по ширині захвату машини	50
3.1.3 Методика визначення пошкодження зерна	50
3.2 Результати експериментальних досліджень	52
3.2.1 Склад бункерного вороху насіння пшениці	52
3.2.2 Заповнення бункера приймально-розподільного пристрою при подачі зерна по центру	53

3.2.3 Наповнення бункера приймально-розподільного пристрою в разі зміщенні завантаження від центру	60
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	68
4.1 Вимоги безпеки при вирощуванні озимої пшениці	68
4.1.1 Загальні вимоги безпеки	68
4.1.2 Заходи безпеки під час оранки передпосівного обробітку ґрунту	70
4.1.3 Вимоги до завантаження і перевезення протравленого насіння і мінеральних добрив	72
4.2 Захист навколишнього середовища	72
5 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОЧОГО ОРГАНУ МАШИНИ	75
5.1 Методика розрахунку річного економічного ефекту решетного стану зерноочисної машини	79
Висновки	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	83

ВСТУП

Широке використання сучасних технологій і технічних засобів є головним напрямом розвитку агропромислового комплексу країни. Від якості насіння залежить урожайність сільськогосподарських культур. Невисока врожайність зернових культур залежить від різних причин: недотримання технології обробітку і зберігання культури, погодно-кліматичних умов, але основна причина - це низька якість насіннєвого матеріалу. Основними причинами низької якості зерна є високий рівень травмування зерна в процесі збирання і післязбиральної обробки, неповне виділення біологічно неповноцінного зерна, а також несвоєчасна обробка зернового вороху, що призводить до ураження насіння мікроорганізмами. Недостатній технічний і технологічний рівень механізації та виробництв насіння пояснює таку низьку якість насіння в господарствах.

Ключ до високого загального врожаю лежить у післязбиральній обробці насіння. Основними елементами післязбиральної обробки є очищення, сортування, сушіння, зберігання, завантаження та транспортування. Зернові пучки містять подрібнені зерна, насіння рослин і бур'янів, лушпиння, вільні зерна і фрагменти соломи. Всі ці домішки не тільки негативно впливають на якість зерна і насіння, але й становлять ризик при зберіганні. Вологість бур'янів на 30-35% вища, ніж у зерні, тому для покращення посіву необхідно вчасно їх очищати. Для виробництва високоякісного посівного матеріалу необхідно використовувати більш високоврожайні сорти та гібриди, а також удосконалювати структуру посівних площ і технології вирощування. Через низьку якість існуючого посівного матеріалу розробка зерноочисних машин є пріоритетним напрямком для поліпшення якості зерна.

В Україні та за кордоном зерноочисні машини з системами збору та розподілу зерна використовуються для очищення насіннєвого та фуражного

зерна. Зернові купи транспортуються до робочої секції зерноочисної машини. Хоча сьогодні широко використовуються гравітаційні конвеєри, вони, як правило, не гарантують рівномірної подачі зернового вороху по всій робочій ширині зерноочисної машини. Тому важливим є вдосконалення та обґрунтування параметрів приймально-розподільчого обладнання в зерноочисних машинах для підвищення ефективності процесу розподілу матеріалу по всій робочій ширині.

Не знаючи, наскільки рівномірно розподіляються пучки зерна в приймально-розподільчих пристроях, неможливо підвищити ефективність процесу розподілу матеріалу по всій робочій ширині машини для очищення повітряних фільтрів, тому тема даної статті є актуальною.

Об'єктом досліджень є процес подачі та розподілу зернового матеріалу приймально-розподільним пристроєм по ширині робочих органів повітряно-решітних зерноочисних машин.

Предметом досліджень є закономірність розподілу зернового вороху по поверхні приймально-розподільного пристрою повітряно-решітних зерноочисних машин.

Мета роботи - підвищення рівномірності розподілу зернового вороху по ширині робочих органів повітряно-решітних зерноочисних машин під час сходження з приймально-розподільного пристрою шляхом стабілізації рівня зерна в бункері дозувального пристрою.

Завдання досліджень:

1) вивчити закономірність формування зернового вороху в бункері приймально-розподільного пристрою повітряно-решітних зерноочисних машин;

2) встановити залежність бічного тиску від висоти шару зерна в бункері приймально-розподільного пристрою повітряно-решітних зерноочисних машин решітних зерноочисних машин;

3) розробити технічне рішення для реалізації процесу рівномірного розподілу зернового вороху по ширині робочих органів повітряно-решітних зерноочисних машин;

4) експериментально обґрунтувати конструктивно-технологічні параметри гравітаційного приймально-розподільного пристрою.

5) виконати техніко-економічний аналіз

1 АНАЛІЗ АКТУАЛЬНОСТІ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

1.1 Склад зернового вороху та вимоги до якості насіння

Під час збирання врожаю зернові купи, які комбайни відправляють на заводи післязбиральної обробки, містять неушкоджене, пошкоджене та подрібнене насіння основних культур, насіння бур'янів та насіння інших культур. Вони також містять домішки органічного та неорганічного походження.

Зернові купи на полях характеризуються наявністю вологи та бур'янів. На якісні та кількісні характеристики зернового вороху впливають декілька факторів: кліматичні та ґрунтові умови, рівень агротехніки, технологія збирання, кількість опадів, вологість і температура повітря, зрілість зерна, добовий наробіток комбайна, точність налаштувань машини. У багатьох літературних джерелах повідомляється, що вміст зерна основної культури у валку становить 72-99%, а неорганічні домішки (у вигляді мінерального пилу, грудок землі, піску тощо) не перевищують 1,0-1,5%. Решта вороху складається з суцвіть і насіння бур'янів, які містять до 50-80% води і негативно впливають на стан зерна. Збереження врожаю та отримання необхідної якості насінневого матеріалу, тобто насінневого і продовольчого зерна, є основним завданням післязбиральної обробки. Якість насіння характеризується насінневим матеріалом, під яким розуміють сукупність властивостей, що визначають придатність насіння до сівби.

Для поліпшення якості насіння необхідно своєчасно видаляти з насінневої маси бур'яни, пил і зелені частини рослин. Такі показники, як вологість, маса 1000 зерен, вміст бур'янів, смак, запах, колір і зараженість шкідниками характеризують якість товарного посівного матеріалу. Вологість має найбільший негативний вплив на якість зерна та його зберігання. Якщо вологість перевищує 20%, зерновий ворох необхідно обробити протягом 24

годин для безпечного зберігання. Зернові купи з високим вмістом вологи піддаються підвищеному диханню в перші години зберігання, що призводить до підвищення температури, появи плісняви і бактерій, в результаті чого зерно повністю або частково псується. Згідно з літературними даними, при початковій вологості 28% для необробленого зернового силосу на третій день зберігання енергія проростання знизилася з 62% до 8%, схожість - з 82% до 20%, а температура підвищилася з 27 до 43°C. Під час збирання вологість основного врожаю коливалася від 16% до 52% і була неоднорідною, включаючи недозрілі та зрілі зерна. У свіжозібраній масі вологість окремих зерен коливається в широких межах і може досягати 30%. Не всі зерна повністю дозрівають на момент збору врожаю, і сировина часто містить до 30% зелених і недозрілих зерен. Вологість зернового вороху становить 1600-17%, тоді як вологість недозрілих зерен може досягати 25-30%. При вологості 30%, тобто під час очищення зерна, ці грубі зерна стають джерелом самозігрівання в зерносховищі. Крім сирих, цільних зерен, в зерновому бункері також зустрічаються подрібнені зерна. Це негативно впливає на зберігання зерна і призводить до розмноження мікроорганізмів, зниження стабільності зберігання, появи кліщів та інших шкідників.

Велика кількість пошкоджених зерен під час збирання врожаю означає, що захист від мікроорганізмів ослаблений. Мікроорганізми проникають через тріщини, швидше досягають бактеріальної мембрани і забирають поживні речовини із зерна. Все це може зробити зерно не тільки непридатним для посіву, але й для споживання людьми та тваринами. На рослині-господарі може бути присутня велика кількість мікроорганізмів. Наприклад, 1 г насіння містить десятки або сотні тисяч мікроорганізмів. Огляд літератури показує, що основним середовищем існування мікроорганізмів є дрібнодисперсний гній, а також подрібнене і розбите зерно. Вміст вологи в зерні під час збирання та після збирання, час зберігання, ступінь псування та температура зберігання є основними факторами, що впливають на життєдіяльність мікроорганізмів у зерні. Для визначення якості

зерна існують стандартизовані показники, такі як схожість, вологість, чистота, зараженість хворобами та шкідниками. Потім зерно сортують і відокремлюють відповідно до якості та використання. У всіх цих процесах важливо мінімізувати пошкодження насіння, оскільки це знижує його схожість. Для тривалого зберігання насіння різних культур важливо вчасно і якісно очистити зерно, щоб підвищити схожість і врожайність, а також зменшити кількість бур'янів на полі. Високоякісне насіння, вільне від домішок, хвороб і шкідників, має високу схожість, високу схожість в лабораторії, високу продуктивність і міцні та дружні сходи.

Не можна використовувати для посіву насіння, якщо воно містить такі компоненти

- Насіння отруйних рослин (сіра конюшина, печіночниця);
- Шкідники та їх личинки, які можуть пошкодити насіння даної культури, за винятком кліщів категорії RNT, кількість яких не повинна перевищувати 20 одиниць на кілограм;
- Бур'яни (плоди, насіння), шкідники та збудники хвороб.

1.2 Аналіз технічного рішення для очищення приймально-розподільчої машини для зерна

Зерноочисні машини призначені для доведення зернового вороху різних культур до стану, який відповідає вимогам, що пред'являються до харчових продуктів. Зерноочисні машини поділяються на стаціонарні та мобільні. Стаціонарні машини використовуються на зерноочисних комплексах і заводах, а мобільні - для очищення зерна на відкритих майданчиках, під навісами і в коморах. Залежно від функції та призначення зерноочисні машини поділяються на дві категорії: машини загального призначення та спеціалізовані машини. Існує чотири типи машин загального призначення: повітряні, решітні, потрійні решітні та потрійно-решітні машини, які використовуються для первинного та вторинного очищення зерна та бобових

культур. Спеціалізовані машини використовуються для видалення домішок із зерна, які не можуть бути видалені машинами загального призначення. До них відносяться пневматичні сортувальні столи, діелектричні сепаратори, фрикційні сепаратори та електромагнітні машини.

Зерновий матеріал подається до робочих органів зерноочисної машини за допомогою приймально-розподільчих пристроїв. Пристрої збору і розподілу повинні забезпечувати оптимальне використання робочих органів зерноочисної машини. Подача технологічного матеріалу повинна забезпечувати необхідну кількість, тобто безперервний потік зернового матеріалу протягом певного періоду часу і рівномірне заповнення робочої ширини робочої частини зерноочисної машини [5].

Основними завданнями приймально-розподільчих пристроїв зерноочисної машини є наступні

- Забезпечення номінальної пропускної здатності;
- можливість регулювання номінальної кількості
- рівномірний розподіл матеріалу по всій ширині робочого механізму [4].

В даний час пристрої, що використовуються для прийому і розподілу зернового матеріалу в зерноочисних машинах, можна розділити на три типи:

- Приводні живильники і розподільники (рисунок 1.1),
- Гравітаційний привід (рисунок 1.4).
- Комбінований привід (рисунок 1.6).

До силових приводів відносяться шнеки, вальці, ремені та вібраційні розподільники. Загалом, розподіл зернового вороху в приймальний бункер здійснюється шнековим пристроєм, а подача - живильними вальцями, вібропідлогою, стрічками і шнеками. Приймально-розподільчий пристрій складається з корпусу, розподільчого шнека і підпружиненого клапана (рис. 1.1ж). У цих пристроях матеріал, що транспортується, переміщується від точки завантаження до іншого кінця шляхом обертання шнека. Матеріал подається до робочих органів зерноочисної машини через підпружинений

клапан, який залишається закритим до тих пір, поки матеріал не досягне торцевої стінки конвеєра.

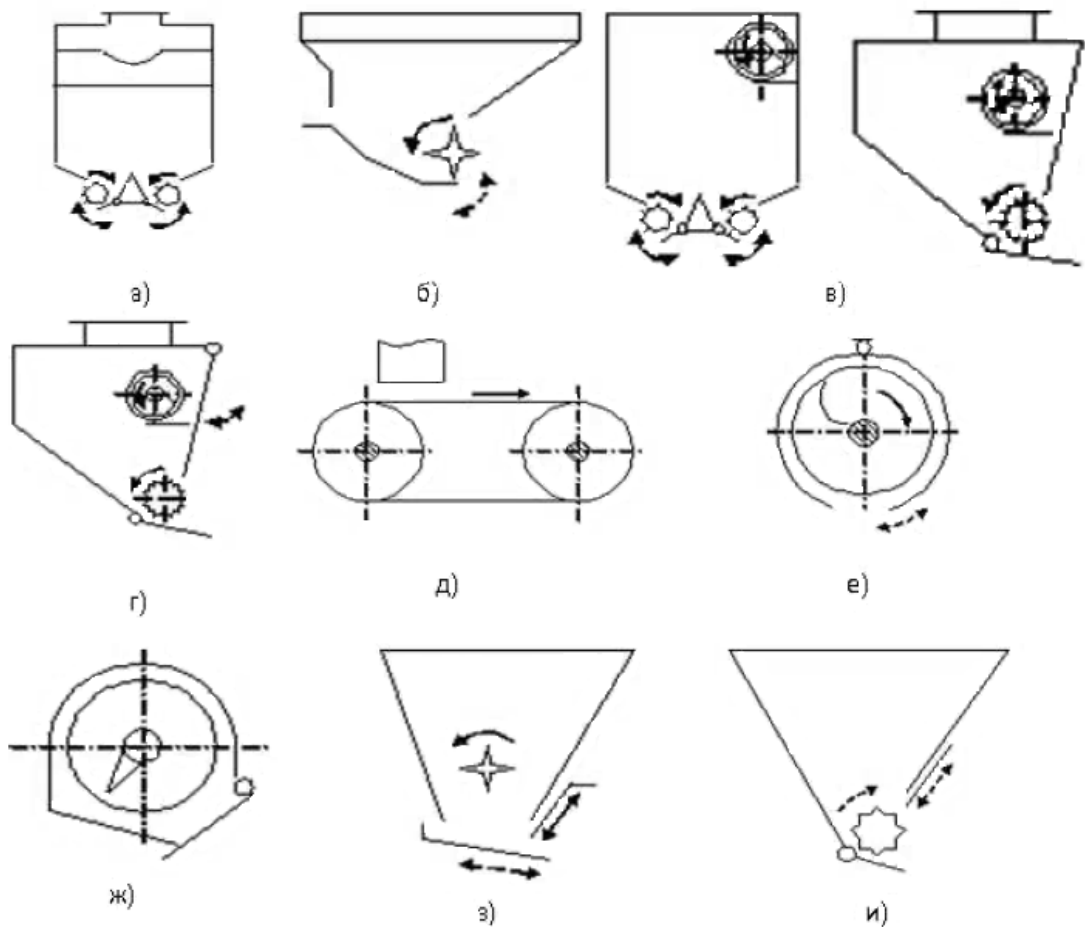


Рисунок 1.1 - Приймально-розподільні пристрої примусової дії:

а) живильний валик + регулювальна засувка (клапан); б) живильний валик + коливний лоток; в) розподільний шнек + живильний валик + клапан; г) розподільний шнек + регулювальна засувка (клапан) клапан; д) стрічковий живильно-розподільний пристрій; е) розподільний шнек + регулювальна заслінка (клапан); ж) напірно-розподільчий шнек + клапан; з) ворушилка + коливний лоток +регулювальна засувка; е) напірно-розподільний шнек +регулювальна засувка; и) живильний валик + регулювальна засувка(клапан).

Коли це відбувається, тиск на клапан збільшується і клапан відкривається. Регульоване зусилля притискання забезпечує рівномірну подачу зернового вороху в зерночисну машину. Від того, як працює

приймально-розподільчий пристрій, тобто від кількості вхідного матеріалу, сили притискання клапана і тиску, що створюється в бункері приймально-розподільчого пристрою, залежить пошкодження насіння, якість насіння і рівномірність розподілу зернового вороху по всій ширині сортувальної поверхні зерноочисної машини.

Зі збільшенням сили стискання клапана і потоку матеріалу на вході і виході з розподільчого пристрою покращується рівномірність завантаження від решітного стану до зерноочисної машини. Навіть за ідеальних умов роботи машини пошкодження насіння збільшується на 1,5% після проходження матеріалу через розподільний шнек.

Пошкодження зернового матеріалу можна зменшити, використовуючи вібраційний приймально-розподільчий пристрій лоткового типу (рис. 1.1з, 1.1и). Рівномірний розподіл зернового матеріалу по всій ширині робочого органу ці пристрої потребують високої точності регулювання кута нахилу каналів та віброприводу, що значно ускладнює конструкцію очисника [5].

Найпростішим активним пристроєм є обертовий гофрований циліндр з ущільненням (рисунок 1.2). У зерноочисних машинах живильні вальці мають функцію нижньої та верхньої подачі.

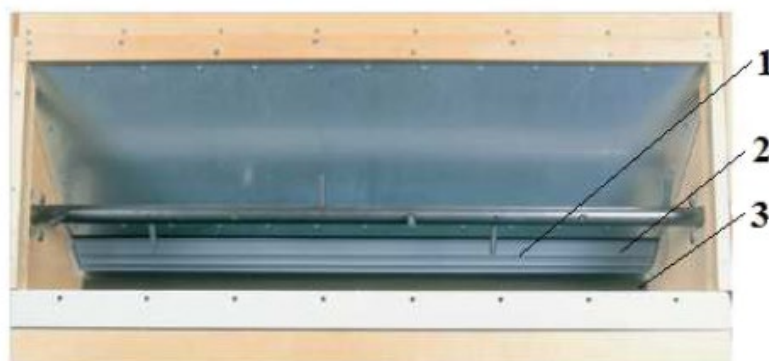


Рисунок 1.2 - Приймально-розподільчий пристрій із рифленим валиком:

1 - живильний валик; 2 - лопатки; 3 - денце

При обертанні живильного вальця 1, який подає нижній зерновий матеріал, зерна рухаються відносно вниз до пневматичного сепаруючого

жолоба. До недоліків вальців, що подають нижній зерновий матеріал, можна віднести пошкодження зерна через зазор між днищем 3 і лопатями 2, а також вплив висоти днища жолоба на якість промивання.

Такі виробники, як Petkus, Cimbria, Jubus, Damas та інші, використовують подавальні та розподільні пристрої з подавальними вальцями. Функція верхніх подавальних вальців для гранульованого матеріалу полягає в наступному: Гранульований матеріал самопливом потрапляє в канавку подаючих вальців, а потім, при обертанні вальців, гранули переміщуються в канавку і було показано, що в разі нижньої подачі гранульований матеріал потрапляє в канавку більш щільно і більш нерівномірно розподіляється по глибині канавки, ніж в разі верхньої подачі. Найбільш небезпечними з точки зору пошкодження насіння є пристрої збору та розподілу, які містять активно працюючі механічні пристрої. До них відносяться шнеки і пристрої, що працюють під тиском. Недоліком шнеків (рис. 1.3) є те, що вони вимагають точного регулювання зусилля притискання клапана.

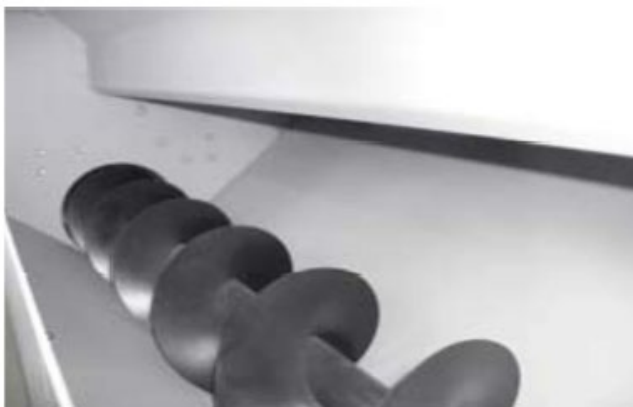


Рисунок 1.3 - Живильний шнек

Гравітаційні пристрої збору і розподілу (рис. 1.4) вивільняють купу зерна тільки під дією сили тяжіння. Цей тип приймально-розподільчих пристроїв не забезпечує рівномірного розподілу по всій ширині робочої зони машини, оскільки підходить тільки для добре сипучого і попередньо очищеного матеріалу. Основна перевага гравітаційних живильників і

розподільників полягає в тому, що вони майже не пошкоджують гранульований матеріал.

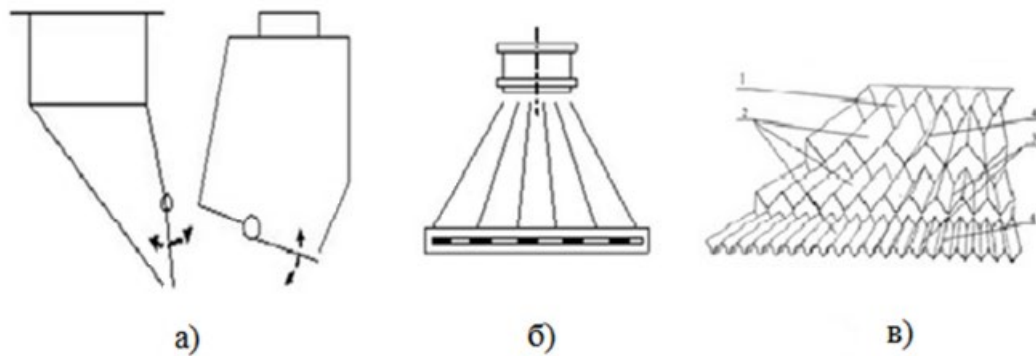


Рисунок 1.4 - Приймально-розподільні пристрої гравітаційного типу: а) - бункерний приймально-розподільний пристрій із гравітаційним клапаном; б) - скатні дільники; в) - гофрований розподільчий пристрій.

До гравітаційних пристроїв подачі і розвантаження відносяться похилі розподільники (рис. 1.4б), завантажувальні і розвантажувальні бункери з гравітаційними клапанами (рис. 1.4а). Пасивні пристрої, тобто похилі пластини, похилі сітки або сітки, встановлені безпосередньо на жолобі, мають дуже просту конструкцію, невеликі габаритні розміри і не потребують додаткових приводів. Сітчастий метод має ряд недоліків, головним з яких є погана сепарація і розшарування вхідного зернового вороху, що не дозволяє забезпечити оптимальні умови сепарації. Крім того, цей метод не гарантує рівномірного розподілу матеріалу по всій ширині сепаруючої поверхні і не забезпечує герметизацію вхідного отвору.

Рампові сепаратори широко використовуються завдяки своїй простій конструкції. Перевагою цього пристрою є те, що він майже не пошкоджує зернистий матеріал, але і недолік також очевидний: його можна використовувати тільки з низьковрожайним і попередньо очищеним матеріалом [3,14].

Для зерноочисних машин з вузькими робочими органами можна використовувати приймально-вивантажувальні пристрої в контейнерах з

підпружиненими або завантажувальними клапанами. Використання таких пристроїв зводить до мінімуму пошкодження зернового матеріалу за рахунок знерухомлення робочого органу. Основним недоліком механізмів, які накопичують зерно статично над клапаном, є тенденція до часткового вивільнення зерна. Принцип роботи такого типу механізмів полягає в наступному: Зерно подається з вхідного отвору і накопичується в бункері до такої міри, що, як тільки тиск досягає значення, що перевищує протитиск матеріалу, клапан відкривається і подає зерно в робочий орган зерноочисної машини. Подальші зміни зазору між клапаном і направляючою скатом залежать від зміни кількості зерна в бункері.

У зерноочисних машинах з великою робочою шириною всмоктувальні пристрої клапанного типу майже не використовуються, оскільки вони характеризуються недостатньою надійністю і високою інерційністю. У більшості випадків під час роботи клапан відкривається на короткий час, спорожняє контейнер, а потім повертається у вихідне положення. Це пов'язано з тим, що крутний момент сили відкриття клапана і сили реакції приблизно рівні. Якщо клапан встановлений з невеликим зміщенням, момент тертя на кронштейні збільшиться, а чутливість і ефективність клапана знизяться.

Одним із способів підвищення ефективності пневматичної сепарації при високих питомих навантаженнях є введення гранульованого матеріалу в лінію двома потоками. За рахунок поділу шару гранул на два потоки зменшується товщина і поліпшуються умови для відділення легких забруднень. Однак, оскільки потоки гранул знаходяться близько до входу, вони взаємодіють один з одним в зоні сепарації. Часто відбуваються зіткнення між гранулами, що сепаруються, і гранулами, що сепарують. Тому збільшення відстані між потоками до певного значення сприяє більш високому ступеню сепарації і зменшує ймовірність зіткнень між легкими частинками і цілими зернами, тим самим покращуючи якість очищення. Збільшення відстані призводить до збільшення габаритних розмірів і

зменшення довжини робочої частини пневмолінії. Гравітаційні системи всмоктування і розподілу, як правило, використовуються тільки в машинах для вторинної обробки зерна, які не вимагають високої пропускної здатності.

Пристрій всмоктування і розподілу сипучих матеріалів (рис. 1.4в) складається з бункера з регулятором подачі і розподільника зерна, що представляє собою похилий віялоподібний каскад з гофрованою поверхнею. У кожній наступній секції кількість випуклостей подвоюється і випуклість попередньої секції вирівнюється з відповідною випуклістю секції, яка, в свою чергу, вирівнюється з відповідною випуклістю наступної секції. Матеріал потрапляє в розширювальний бак, де накопичується в кількості, що визначається силою стиснення регулюючого клапана. Під впливом ваги матеріалу напірний клапан опускається і випускний отвір відкривається. Зі збільшенням розміру випускного отвору збільшується і продуктивність завантажувально-дозуючого пристрою. Матеріал надходить з вихідного отвору розширювального бака в блок розподілу гофрованого листа, заповнює щілини в завантажувальній секції і розподіляється в кілька потоків, що відповідають кількості щілин. У міру руху потоків відстань між ними збільшується.

Недоліками цього пристрою є великі габаритні розміри, складність конструкції і з'єднання бункерів, утворення клиноподібних щілин між бункерами, що призводить до нерівномірного руху сипучого матеріалу, забивання простору між бункерами пилом і сторонніми предметами. Все це призводить до втрати ефективності роботи. Вхідний розподільчий вузол (рис. 1.5) складається з вхідного патрубку 1 і симетрично розташованих вихідних патрубків 4, 7 зі встановленими перед ними перегородками і дільниками потоку 9. Вихідні сопла 4, 7 оснащені поршнем 2, 10, з'єднаним з датчиком тиску 3, 8. Кожне вихідне сопло також оснащене кронштейном-розподільником сопла, що має таку ж конструкцію, як і попереднє сопло.

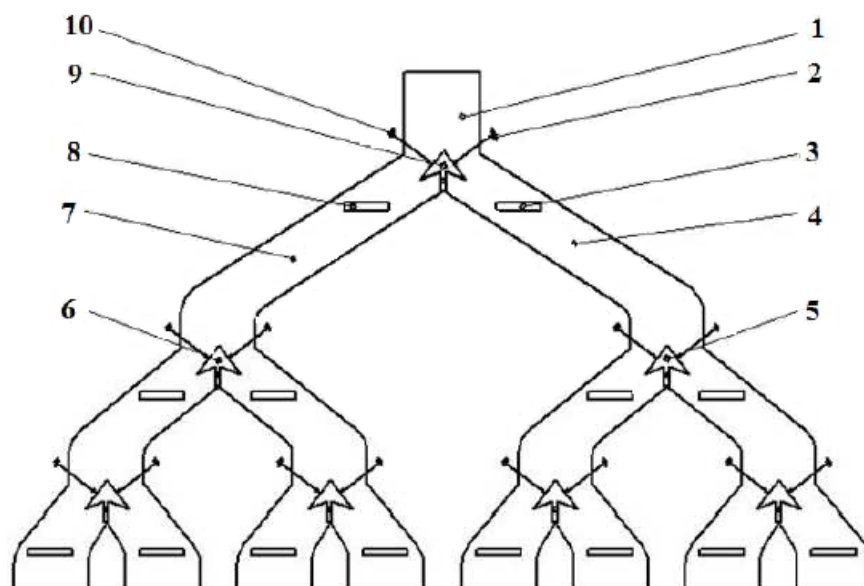


Рисунок 1.5 - Гравітаційний приймально-розподільний пристрій: 1 - вхідний патрубок; 2, 10 - штовхачі; 3, 8 - датчики тисків; 4, 7 - вихідні патрубки; 5, 6, 9 - дільники потоку.

Потік сипкого матеріалу, що подається у вхідний патрубок 1 і потрапляє в розподільник 9, розділяється на два рівних потоки, що направляються до вихідних патрубків 4 і 7. На виході з кожного сопла встановлені розподільники 5 і 6, які також розділяють потік сипкого матеріалу на два рівних потоки (другий ступінь) і, таким чином, на третій і наступні ступені. Якщо потоки зерна розподіляються нерівномірно, сигнал від датчиків тиску 3 і 8 на вихідних патрубках 4 і 7 подається на штовхач 2 або 10, який перевертає дільники і змінює потік зерна через вихідні патрубки. Цей процес повторюється на другому, третьому і наступних етапах, залежно від ширини пневмосепаруючого каналу зерноочисної машини [91]. Така схема забезпечує рівномірне завантаження зерноочисної машини сипким матеріалом по всій ширині пневмосепаруючого каналу. Недоліком цього вхідного розподільного пристрою є те, що чим ширша зерноочисна машина, тим більше потрібно сходинок, що призводить до важкої конструкції.

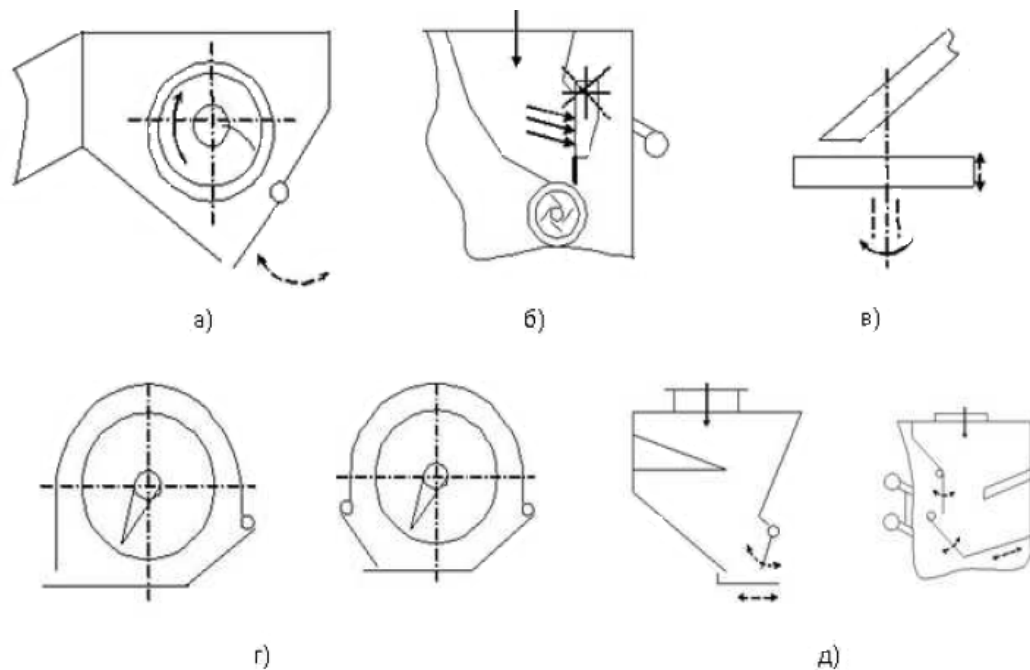


Рисунок 1.6 - Приймально-розподільчі пристрої комбінованої дії: а) - розподільний шнек + гравітаційний клапан; б) – живильний валик + хитна заслінка; в) - тарілчастий розподільний пристрій; г) - розподільний шнек + гравітаційний клапан; д) - розподільний лоток (двосторонній скат) + лоток, що коливається + клапан (двоклапанний механізм).

У комбінованому приймально-розподільчому пристрої (рис. 1.6) розподіл матеріалу в приймальному бункері відбувається в основному за рахунок активного елемента, а матеріал подається самопливом. У цьому пристрої гравітаційний клапан встановлений на дні приймального бункера і відкривається під дією сили тяжіння гранульованого матеріалу, що знаходиться в бункері. У комбінованих приймально-розподільчих пристроях (рис. 1.6) для розподілу і подачі матеріалу використовуються два принципи. В основному, в цих агрегатах розподіл зернистої маси в приймальному бункері забезпечується активним робочим органом, а подача матеріалу на поверхню сепарації - гравітаційним клапаном. Активний пристрій включає в себе вібраційний жолоб, жолобчастий подаючий вал, розкидаючий диск тощо. За допомогою активного живильника можна регулювати швидкість і кут подачі гранульованого матеріалу в необхідних межах, а також попередньо відокремлювати матрицю перед її подачею в бункер. Це

покращує сепарацію і підвищує її ефективність. Іноді використовується схема, при якій матеріал розподіляється в приймальному бункері за допомогою гравітаційного розподілу в лотках, а подача здійснюється за допомогою поворотного лотка.

У зерноочисних машинах для первинного і вторинного очищення використовується комбінований приймально-розподільчий пристрій. Заміна активної робочої частини примусового приймально-розподільчого пристрою на пристрій, який не чинить активного впливу на оброблюваний матеріал, дозволяє зменшити пошкодження, що наносяться зерну цим пристроєм. Стабільність подачі матеріалу на зерноочисну машину в заданих межах може регулюватися автоматично [4]. Комбінований приймально-розподільний пристрій типу віброрешіт є менш травматичним для зернового матеріалу, але для забезпечення рівномірного розподілу матеріалу по всій ширині робочого органу зерноочисної машини необхідно точно регулювати кут нахилу віброрешіт і приводу, що значно ускладнює конструкцію зерноочисної машини [6].

Аналіз приймально-розподільчих пристроїв показує, що якщо використати активні пристрої для введення зернової суміші - це дозволяє змінювати швидкість і кут введення зернової суміші в необхідних межах, здійснювати попереднє розшарування суміші перед входом в бункер, покращувати умови сепарації і підвищувати ефективність сепарації. Однак використання цих пристроїв не дозволяє зменшити травмування матеріалу. Найбільш перспективними є приймально-розподільні пристрої гравітаційного типу, оскільки вони не травмують оброблюваний матеріал.

1.3 Вплив конструктивно-технологічних параметрів приймально-розподільчих пристроїв на якість насіння

Післязбиральна обробка зерна включає основні технологічні операції (очищення, сортування, сушіння) і додаткові операції (транспортування,

розподіл і зберігання). Ці операції виконуються різними комплексами машин, які об'єднуються в потік післязбиральної обробки зерна і поділяються на зерноочисні агрегати (ЗОА), зерноочисно-сушильні комплекси (ЗСК) та спеціалізовані лінії з переробки зерна. На думку більшості авторів, під час післязбиральної обробки (очищення, сортування, сушіння та транспортування) зерно зазнає більше механічних пошкоджень, ніж під час обмолоту молотарками.

Під час післязбиральної обробки дуже важливо, щоб зерно транспортувалося від однієї машини до іншої і щоб матеріал рівномірно розподілявся на сортувальній поверхні зерноочисної машини. Об'єкти транспортування неодноразово вдаряються об матеріал, що транспортується в машинах і зерноочисних агрегатах, що призводить до травмування насіння. Для заповнення приймального бункера зерноочисної машини необхідно використовувати кілька різних механізмів транспортування: механічний, гравітаційний і пневматичний. Величина механічного впливу на оброблюваний матеріал залежить від довжини технологічного шляху, значну частину якого займає транспортуючий орган.

Пневматичні бункери і решета зерноочисних машин вимагають широкого розподілу зерна, без якого неможливо обійтися тільки при подачі матеріалу на пневматичні сортувальні, сушильні і сортувальні столи. Якщо матеріал подається нерівномірно по ширині пневмосепаратора, це призводить до зменшення розділення зернового вороху в повітряному потоці, а так само надмірний вплив металевих поверхонь на розрізнене насіння в недовантажених зонах, що своєю чергою сприяє зростанню травмування зерна робочою машиною.

Рівномірний розподіл є одним з найважливіших факторів, що впливають на ефективність просіювання. Збільшення коефіцієнта варіації ширини на 10% і нерівномірний розподіл навантаження призводить до втрати продуктивності в середньому 122 кг на годину. Для оптимальної роботи зерноочисної машини необхідно рівномірно завантажувати робочий орган.

Всмоктувальні та розподільні пристрої дуже важливі в конструкції високопродуктивних машин. В цьому випадку продуктивність машини може бути збільшена за рахунок збільшення ширини просіювання. Всмоктувальні та розподільні пристрої повинні завантажувати всю площу просіювання, щоб машина досягла своєї проектної продуктивності. Велика поверхня сита вимагає рівномірного завантаження кожної секції однакової ширини [1]. Сучасні системи транспортування і розподілу збільшують мікропошкодження зерна і знижують якість продукту, що транспортується.

Основною причиною пошкодження зерна є механічний вплив тіла працівника та інструментів, що використовуються для обробки, сушіння та транспортування зерна після збирання врожаю. Чим швидше рухається зерно, тим більші пошкодження. Факторами, що впливають на пошкодження зерна під час збирання та подальшої обробки, є: досконала конструкція комбайна, спосіб роботи комбайна та його робочих органів, час і спосіб збирання врожаю, а також фізико-механічні властивості зерна під час обмолоту та очищення в очисній машині. Значний вплив на якість насіння має вологість зерна під час обмолоту, яка залежить від погодних умов на момент збирання врожаю та часу збирання [3,10]. У більшості випадків активний робочий механізм зерноочисної машини деформує зерно, але не пошкоджує його поверхню. Після того, як навантаження знімається, зерно відновлює свої розміри завдяки пружним властивостям і виглядає неушкодженим, але внутрішні тканини пошкоджуються. Втрата якості зерна відбувається не тільки через видимі пошкодження, але й через пошкодження внутрішньої тканини, на яку сильно впливає вологість зерна під час деформації [4]. Зерно, що надходило на переробку, мало 22,3% зовнішніх пошкоджень і 55,2% пошкоджень після миття, сортування та сушіння. Враховуючи, що понад 10% пошкодженого зерна остаточно відбраковується, загальна кількість пошкодженого зерна на виробничій лінії становить 43%. Понад 50% пошкоджень спричинені операціями обробки та транспортування, тоді як пошкодження самопливних труб перевищують 30%, а пошкодження

технічного обладнання становлять близько 20% [5,7,10]. Кілька досліджень показали, що зерно, оброблене на простих зерноочисних машинах або лініях, може містити від 1% до 92% пошкодженого зерна. Висока варіабельність і ступінь псування зерна під час післязбиральної обробки обумовлена наявністю великої кількості зовнішніх і внутрішніх факторів, які впливають на цей показник в системі "технічний процес - процес навколишнього середовища". Тому для вдосконалення технологічних процесів післязбиральної обробки зерна та зменшення його пошкодження необхідно, в першу чергу, виявити машини та робочі механізми, які завдають найбільшої шкоди зерну.

Під час збирання та післязбиральної обробки зерно зазнає різних видів пошкоджень, які можуть по-різному впливати на посівні якості. Мікроскопічне дослідження пошкоджених зразків насіння пшениці показало, що найпоширенішими пошкодженнями є внутрішні тріщини в ендоспермі, тріщини та розриви епідермісу різних частин насінини пшениці, пошкодження зародка до повного відокремлення та пошкодження ендосперму.

Зібране зерно мало в середньому

- 0,92 - пошкодження зародка,
- 1,64 - пошкодження зародка,
- 8,44 - пошкоджений тегумент,
- 14,3% - пошкодження зародка та шару ендосперму,
- 1,1% - пошкоджений ендосперм, 1,1% - пошкоджений ендосперм
- 29,9% - пошкоджений ендосперм
- 10,1% - пошкожені зерна, не придатні для використання в якості

посівного матеріалу

Посівний матеріал

- 34,4% - непошкожені [11].

У таблиці 1.1 показано якість насіння, висіяного з різними типами мікротравм.

З таблиці видно, що непошкоджене насіння мало найвищу схожість у лабораторних умовах - 99%, що відповідає ідеальним умовам посіву. Інші типи травм значно знижували схожість насіння в лабораторних умовах. Насіння з пошкодженими зародками (50,8%) та ендосинтезом (60,6 %).

Таблиця 1.1 - Лабораторна схожість насіння за видами травм

Види травм	Лабораторна схожість насіння, %
Пошкоджено зародок	50,8
Пошкоджено ендосперм	60,6
Пошкоджено оболонку зародка	85,6
Пошкоджено оболонку зародка та ендосперму	83,4
Пошкоджено оболонку ендосперму	94,4
Без ушкоджень	99

Гравітаційні конвеєри спричиняють лише незначні пошкодження зернового матеріалу. Коли стос зерна проходить через канал, зерна ковзають за рахунок тертя і поверхня зерна піднімається. Основним недоліком є те, що вони ефективно працюють лише при низькій продуктивності і з попередньо очищеним зерновим матеріалом. Ще одним недоліком деяких пристроїв є їх громіздка конструкція та габаритні розміри. Недолік конструкцій, які мають статичне накопичення зерна над клапанами, тенденція до часткового вивільнення зерна і викликають нестабільну роботу зерноочисної машини. Пошкодження насіння в самопливних трубах збільшується зі збільшенням довжини і швидкості руху насіння. Найбільший відсоток пошкоджень виникає при зміні напрямку потоку води. Механічні пошкодження руйнують зародок насінини і зменшують запаси поживних речовин в ендоспермі. Це пошкодження також призводить до проникнення ґрунтових мікроорганізмів у насініну, що може спричинити пошкодження тканин. В результаті близько половини пошкодженого насіння гине в полі, а інша половина посіяних

рослин погано росте. 10% пошкодженого насіння пшениці призводить до зниження врожайності більш ніж на 1 см на гектар. Якщо більше половини посівного матеріалу містить пошкоджені зерна, необхідно використовувати дорогі протруйники.

Щоб мінімізувати пошкодження насіння під час збирання, обробки, очищення та сушіння, необхідно використовувати щадні методи обмолоту, а конвеєрні стрічки повинні бути заповнені щонайменше на 60% під час самопливного транспортування, оскільки вільне падіння може мати серйозний вплив на насіння. Обладнання повинно бути розташоване так, щоб мінімізувати висоту, на яку піднімається і опускається насіння. Вигини та шпилькові повороти повинні бути покриті гумовим брезентом по всій довжині маршруту транспортування насіння. Слід уникати різких ударів, виступів і зайвих рухів [6]. Високоякісне насіння можна отримати, якщо вологість зерна під час збирання врожаю та післязбиральних операцій не перевищує 22%. У цьому випадку механічні дії машини не спричиняють значних пошкоджень матеріалу і не призводять до зниження якості висіяного посівного матеріалу. Було виявлено, що скребкова стрічка довжиною 2,3 метра зі швидкістю потоку 1,15 метра в секунду спричиняє 1,5 відсотка пошкоджень насіння при кожному проході. При збільшенні кількості проходів через цей конвеєр пошкодження насіння збільшується на 0,5% [11]. У таблиці 1.2 показано пошкодження зерна гвинтовим конвеєром в залежності від ефективності та частоти обертання шнека.

Ці дані показують, що ступінь пошкодження зерна зменшується зі збільшенням ефективності шнека і мінімізується при швидкості обертання 240 хвилин. При вологості зерна 11,9% пошкодження зерна зростало зі збільшенням кількості проходів шнека. При швидкості обертання шнека 240 хвилин вологість знизилася з 21,9% до 11,9%, а розмір зерна зменшився в 2,85 рази. Це пов'язано з тим, що сухі зерна більш чутливі. Пошкодження зерна, спричинені шнеком, також збільшуються зі збільшенням часу транспортування. Ідеальна швидкість шнека для транспортування зерна

становить від 155 до 280 хвилин, причому при вологості нижче 12-14% і вище 17-19%.

Таблиця 1.2 - Травмування зерна шнеком

Продуктивність, т/год	Частота обертання шнека, хв ⁻¹				
	120	180	240	300	360
	Пошкодження зерна, %				
2	17,3	14,2	8,6	9,4	14,4
2,5	10,5	13	7,2	7	11,5
3	6,8	11,8	5,9	6,9	8,6
3,5	4,6	10	5	7,3	5,6
4	3,4	7,7	4,7	8,2	2,3

Відкриті та закриті горизонтальні шнеки досліджувалися багатьма авторами з метою вивчення відстані між шнеком і корпусом, типу і напрямку подачі та її впливу на пошкодження насіння. Дослідження горизонтальних шнеків показали, що при постійній швидкості пошкодження насіння спочатку зростає зі збільшенням радіальної відстані від 2 до 30 мм і досягає максимуму при відстанях від 4 до 12 мм, а потім зменшується до мінімуму при відстанях понад 20 мм. Збільшення частоти обертання шнека до 460 хв на оптимальній відстані не мало суттєвого впливу на пошкодження насіння. Пошкодження насіння було незначним для закритих шнеків з відстанню між ними 1,0 і 20,0 мм і швидкістю обертання до 400 хв. Збільшення швидкості обертання з 400 до 620 хв призводило до різкого збільшення пошкодження насіння через ущільнення насіння на приймальному кінці та збільшення динамічних навантажень під час вивантаження. Довжина вивантажувального вікна також мала значний вплив. В результаті за один прохід зі швидкістю 620 хв/1 і довжиною вікна 140 мм пошкоджувалося до 12% насіння, тоді як при збільшенні довжини вікна до 190 мм і збереженні швидкості перфорації насіння рівень пошкодження становив лише 0,36%. Було показано, що

пошкодження зерна під час шнекового транспортування не збільшилося більш ніж на 0,1%, а мікропошкодження збільшилося на 3,4% [18]. Пошкодження зерна під час шнекового транспортування залежить від швидкості шнека, пропускної здатності шнека, вологості зерна, кількості проходів через шнек та багатьох інших факторів.

Однак вибору правильного режиму роботи та оптимізації конструктивних параметрів недостатньо для запобігання пошкодженню зерна. З цієї причини останнім часом спостерігається тенденція до використання гравітаційних пристроїв для прийому і розподілу зерна в зерноочисних машинах. Використання цього пристрою запобігає пошкодженню зерна, але за певних умов може призвести до зміни рівномірності подачі зерна по всій ширині решета зерноочисної машини.

Це може статися в зерноочисних машинах високої продуктивності, де висока продуктивність зазвичай досягається за рахунок збільшення ширини решета. Виходячи з вищесказаного, необхідно дослідити процес завантаження в бункер приймального пристрою, гравітаційний розподіл оброблюваного матеріалу і подальшу подачу решета в зерноочисну машину.

Висновки

1. Системи приймання та розподілу, мають недоліки, тому що присутні рухомі частини, які можуть пошкодити зерно. Тому найбільш перспективні розробки вбачаються в гравітаційних приймально-розподільчих пристроях.

2. При тривалому зберіганні насіння різних культур важливо вчасно і якісно очищати зерна для досягнення високої схожості і врожайності, а також для зменшення кількості бур'янів на полі.

3. Висока якість насіння при післязбиральній обробці зерна може бути досягнута лише шляхом мінімізації кількості операцій, що виконуються зернозбиральними та зерноочисними машинами.

2 АНАЛІТИЧНА МЕТОДИКА ОБГРУНТУВАННЯ РОЗПОДІЛУ ЗЕРНОВОГО ВОРОХУ

2.1 Формування вороху в бункері приймально-розподільного пристрою

Позиціонування зернових матеріалів в робочому механізмі зерноочисної машини за допомогою гравітаційного приймача і розподільника багато в чому залежить від параметрів зерна в бункері. При подачі зерна в бункер зернового транспортера воно займає певне положення в нижній частині і при укладанні утворює кінічний зерновий блок з природним кутом нахилу, а в нижній частині зерно розподіляється під тиском верхньої подачі відповідно до нижньої конфігурації приймально-розподільного пристрою [19].

Початкове положення подачі штабеля зерна в приймально-розподільчій пристрій залежить в основному від кута нахилу зернового транспортера по відношенню до горизонту (кута подачі).

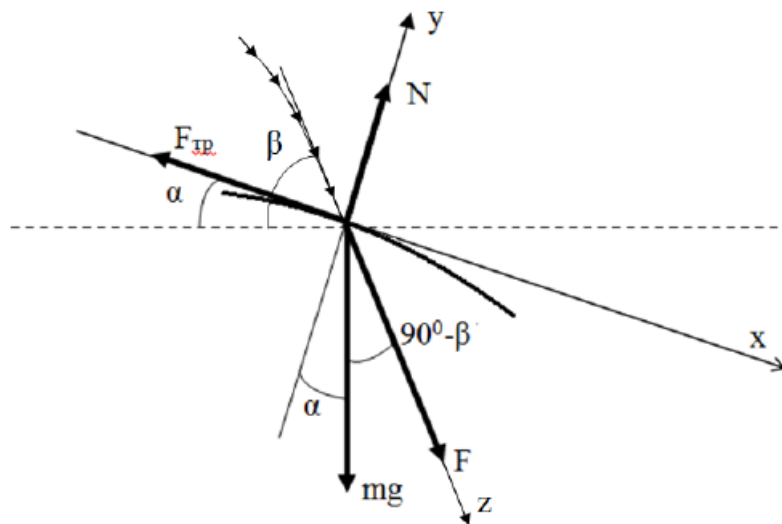


Рисунок 2.1 - Сили, що діють на частинку в момент зіткнення її з сформованою купою зерна

Розглянемо, як впливає кут входу зерноочисника в приймально-розподільчій пристрій на формування вороху в приймально-розподільчому пристрої. Розглянемо спочатку потік зерна з живильного патрубку в

приймально-розподільчий пристрій зерносушарки і як він впливає на формування зернової маси. Форма зерна приймається сферичною. На рисунку 2.1 показана схема сил, що діють на зерно при його контакті з поверхнею зернової маси, що формується. При падінні зерна в зерновий бункер воно вдаряється об похилі поверхні в приймально-розподільчому обладнанні і ковзає по них.

Щоб визначити кут, під яким зерно ковзає по похилій поверхні, спроектуємо силу на вісь x :

$$m \cdot g \sin \alpha + F \sin(90 - \beta + \alpha) - F_{mp} = 0$$

де m - маса частинки (кг), g - прискорення вільного падіння (m/c^2), F - сила, з якою зерно діє на елемент вороху під час падіння (Н), tr - сила тертя (Н) сила тертя (Н), α - кут дотичної до вороху з горизонтом ($^\circ$), β - кут дотичної до траєкторії падіння частинки з горизонтом.

Враховуючи, що

$$\sin(90 - \beta + \alpha) = \cos(\beta - \alpha)$$

$$F_{mp} = f \cdot N$$

де f - коефіцієнт тертя, N - нормальна реакція (Н).

$$m \cdot g \sin \alpha + F \cos(90 - \beta + \alpha) - f \cdot N = 0 \quad (2.1)$$

Нормальну реакцію визначимо з рівняння проєкцій сил на вісь y :

$$N - m \cdot g \cos \alpha - F \sin(\beta - \alpha) = 0, \text{ звідки } N = m \cdot g \cos \alpha - F \sin(\beta - \alpha)$$

Тоді рівняння (2.1) має вигляд:

$$m \cdot g \sin \alpha + F \cos(\beta - \alpha) - f(m \cdot g \cos \alpha - F \sin(\beta - \alpha)) = 0 \quad (2.2)$$

Розкриваючи дужки та застосовуючи елементарні тригонометричні тотожності отримуємо:

$$m \cdot g \sin \alpha + F \cos \beta \cos \alpha + F \sin \beta \cos \alpha - fmg \cos \alpha - fF \sin \beta \cos \alpha + fF \cos \beta \sin \alpha = 0$$

Розділивши отриману рівність на $\cos \alpha$, отримаємо співвідношення:

$$m \cdot g \operatorname{tg} \alpha + F \cos \beta + F \sin \beta \operatorname{tg} \alpha - fmg - fF \sin \beta + fF \cos \beta \operatorname{tg} \alpha = 0$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{fmg + fF \sin \beta - F \cos \beta}{mg + F \sin \beta + fF \cos \beta}$$

$$F = \rho \cdot s \cdot V^2$$

Сила F , з якою зерно під час падіння діє на елемент вороху, визначається за формулою:

ρ - густина зерна, кг/м³,

$s = \pi r^2$ - площа поперечного перерізу зерна м²,

r - радіус зерна, м

V - швидкість падіння зерна, м/с

Враховуючи, що $m = \rho \frac{4}{3} \pi r^3$:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{f \frac{4}{3} r g + f V^2 \sin \beta - V^2 \cos \beta}{\frac{4}{3} r g + V^2 \sin \beta + f V^2 \cos \beta} \quad (2.3)$$

Отриманий вираз визначає, як тангенс кута тертя зерна по наповнювачу змінюється в залежності від швидкості, з якою падає зерно. На рисунку 2.2 показано тангенс кута тертя зерна по поверхні наповнювача в залежності від швидкості падіння зерна з різними нахилами тангенса кута нахилу дотичної до траєкторії падіння зерна в точці контакту зерна з поверхнею. Наприклад, з кутами подання часток 65° та 70° спостерігаємо від'ємний кут тертя, тобто воно відсутнє. В даному випадку частинки рухатимуться під дією інерційної ваги і явно відхиляються в один бік, що призводить до асиметричного заповнення. При кутах атаки 75° і 80° тангенс кута тертя більший за нуль, і в цьому випадку тертя уповільнює рух частинок по поверхні, перешкоджає їх переміщенню по поверхні і не дає частинкам значно зміститися в ту чи іншу сторону від точки удару. Результати показують, що кут тертя майже не

залежить від кута падіння для швидкостей вище 1,5 м/с. У цьому процесі частинки падають зі швидкістю понад 1,5 м/с.

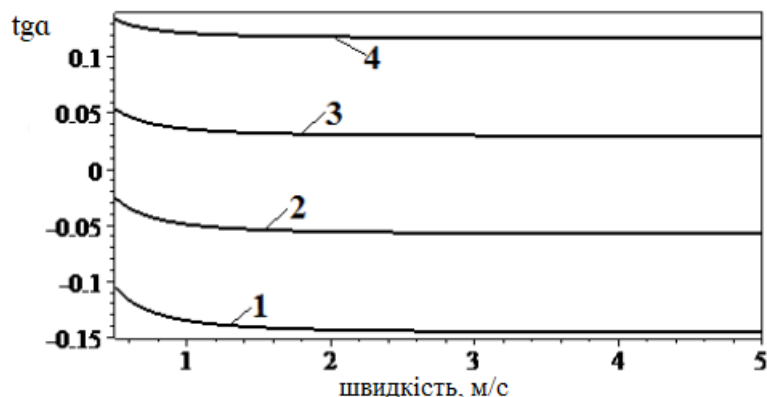


Рисунок 2.2 - Залежність тангенса кута тертя від швидкості падіння частинок: 1 - кут подачі частинок 65° ; 2 - кут подачі частинок 70° ; 3 - кут подачі частинок 75° ; 4 - кут подачі частинок 80°

На рисунку 2.3 наведено залежність між тангенсом кута тертя і тангенсом кута нахилання дотичної к траєкторії падіння в крапці контакту частинки з поверхнею для швидкості $V = 2$ м/с. Ця залежність показана на рисунку 2.3. З рисунка видно, що зі зменшенням нахилу частинки тангенс кута тертя також зменшується і становить 0-730. Таким чином, ділянка, де частинки падають на ворс, повинна утворювати майже горизонтальне плато, де частинки рухаються за рахунок того, що присутня горизонтальна складова швидкості падіння. Отже, чим більша дана складова, тим більша ця асиметрія положення палі.

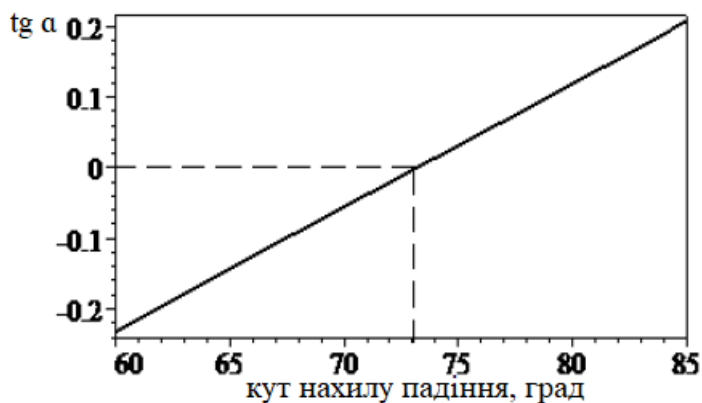


Рисунок 2.3 - Залежність тангенса кута тертя від кута нахилу дотичної до траєкторії падіння частинок

$$f \frac{4}{3} rg + fV^2 \sin \beta - V^2 \cos \beta = 0$$

Поділимо на V^2 та множник $\sqrt{1+f^2}$:

$$\frac{4 f r g}{V^2 \sqrt{1+f^2}} + \frac{f \sin \beta}{\sqrt{1+f^2}} - \frac{\cos \beta}{\sqrt{1+f^2}} = 0 \quad (2.4)$$

Вводячи додатковий кут φ , який визначається співвідношеннями:

$$\cos \varphi = \frac{f}{\sqrt{1+f^2}}, \quad \sin \varphi = \frac{1}{\sqrt{1+f^2}},$$

Рівняння (2.4) має вигляд:

$$\frac{4 f r g}{V^2 \sqrt{1+f^2}} + \sin \beta \cos \varphi - \cos \beta \sin \varphi = 0$$

$$\text{або } \frac{4 f r g}{V^2 \sqrt{1+f^2}} + \sin(\beta - \varphi) = 0, \quad \sin(\beta - \varphi) = -\frac{4 f r g}{V^2 \sqrt{1+f^2}}.$$

В результаті отримаємо:

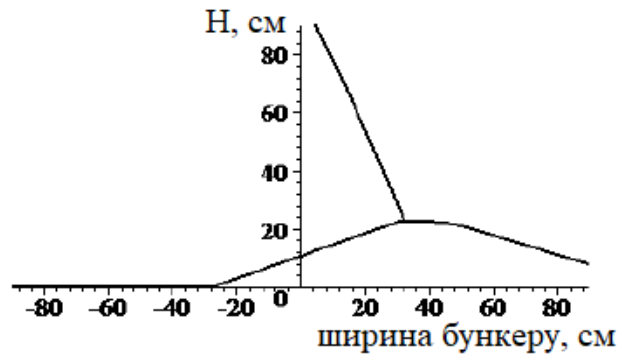
$$\beta = \varphi - \arcsin \frac{4 f r g}{V^2 \sqrt{1+f^2}}$$

Визначивши вищевказані кінематичні характеристики падаючих частинок, ми пропонуємо наступний алгоритм визначення форми палі, що формується.

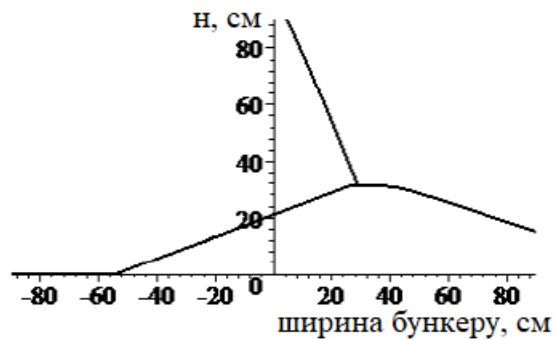
Приймальний бункер ділиться в поперечному напрямку на досить великі секції і зерно, що надходить, укладається в ці секції. Якщо різниця висоти стовпа зерна перевищує природний кут нахилу, зерно скидається в секцію, що прилягає до воронки, і викидається з секції, де вони зустрічаються. Коли природний кут нахилу збільшується від нуля до заданого значення,

вважається, що зерно викидається із зони завантаження. Також передбачається, що в міру заповнення контейнера змінюються координати точки завантаження, кут падіння вершини купи, швидкість і горизонтальна складова, що впливає на асиметрію форми купи.

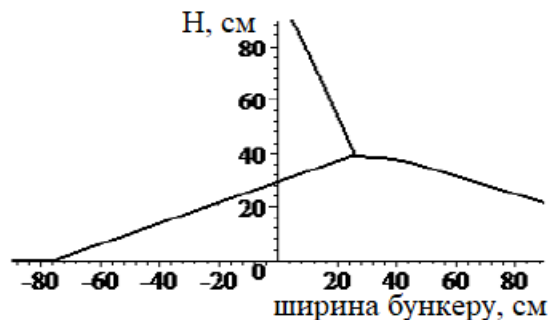
На рисунку 2.4 показані різні етапи заповнення палі відповідно до наведеного вище алгоритму.



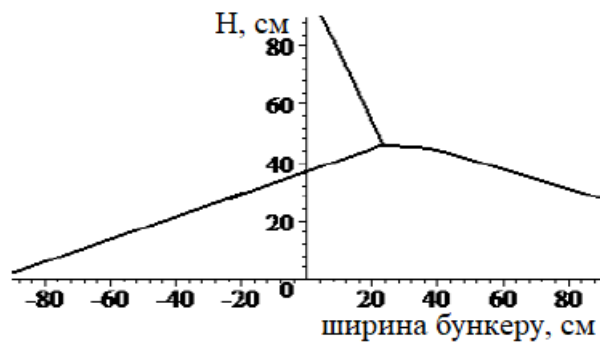
а) висота вороху 23 см.



б) висота вороху 32 см.



в) висота вороху 37 см.

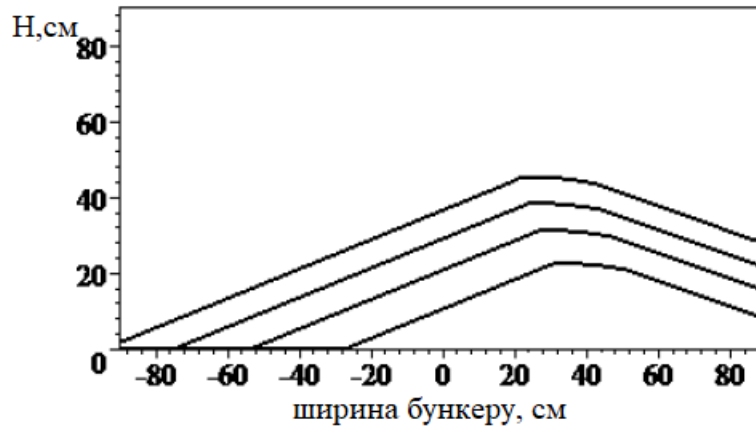


г) висота вороху 45 см.

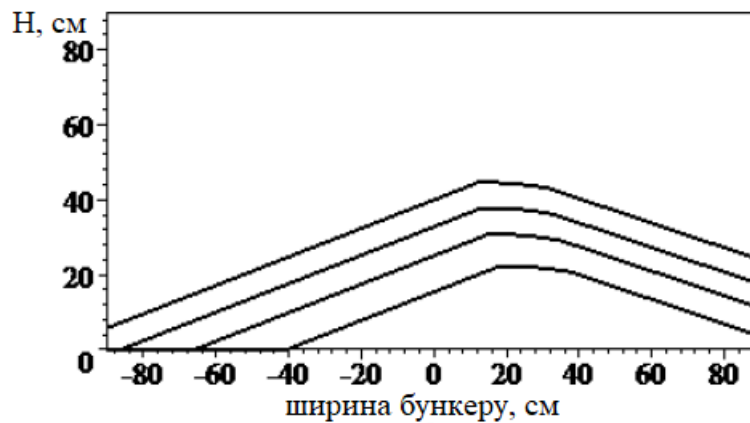
На рисунку 2.4 показано фазу осадження з використанням наведеного вище алгоритму. На рисунку 2.4 показано візуалізацію рішення системи рівнянь поля і послідовність перерозподілу частинок, описану вище. Гранульований матеріал подається під кутом 70° , а ширина вхідного і розподільчого пристрою становить 1,85 метра. На рисунку 2.4а показані початкові етапи формування зернового вороху. Зерновий ворох був сформований в бункері зерноочисника шляхом зміщення центру (точки входу зерна) на 32 см. В результаті права частина бункера заповнена зерном, в той час як ліва частина заповнена дуже малою кількістю зерна. На рисунку 2.4б показано наступну фазу заповнення бункера зерном, коли висота шару зерна в правій частині бункера збільшується. При цьому з лівого боку залишається 30 см вільного простору. Відстань між вершиною купи і центром бункера становить 29 см. На наступному етапі (рис. 2.4в) відбувається формування купи висотою 37 см. Верхівка купи знаходиться близько до центру бункера, на відстані 26 см. Однак на цій висоті з лівого боку бункера все ще залишається незаповнена ділянка, а з правого боку бункера утворився шар зерна, з незначним зазором між верхом купи зерна і правою стінкою бункера.

На рисунку 2.5а показано, що при куті входу 70° більша частина насипного зерна зосереджена з правого боку бункера приймально-розподільчого пристрою. Це пов'язано з високою швидкістю зерна, що надходить з вхідного отвору. Під дією інерційних сил і кута нетангенціального тертя зерно значно зміщується в праву частину бункера і

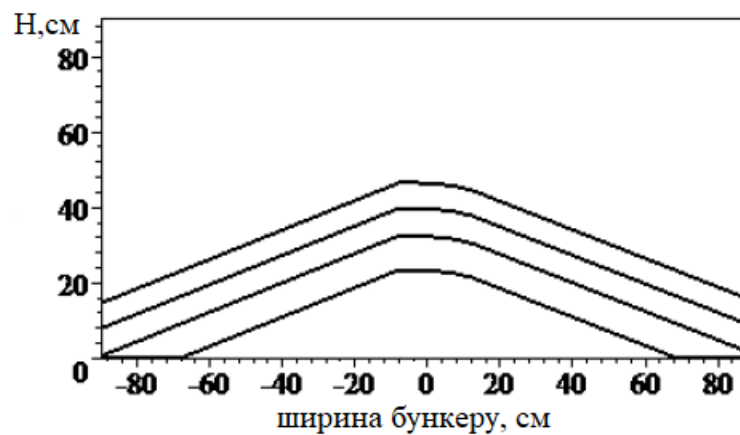
утворює асиметричний конус. Коли кут подачі збільшується до 80° , основна маса рухається до центру (рис. 2.5b), а коли кут подачі вертикальний (90°), в бункері формується симетрична маса (рис. 2.5c).



а) кут подачі 70°



б) кут подачі 80°



в) кут подачі 90°

Рисунок 2.5 - Процес формування ворухи в бункері

Для забезпечення симетричного штабеля в бункері приймально-розподільчого пристрою при кутовому подаванні необхідно змінювати кут, під яким зерно потрапляє в бункер. Зміщення при куті подачі 70° 25° При куті подачі 70° зміщення має становити 27 см, а при куті подачі 80° - 12...14 см. При куті підведення 80° зміщення має становити 14 см.

2.2 Вплив характеру заповнення бункера на розподіл тиску в зерновому шарі

Вивантаження сипкого матеріалу з ємності є складним процесом і все ще перебуває на стадії дослідження. Вивантаження сипучих сумішей залежить від фізико-механічних властивостей, стану матеріалу і поверхні частинок контейнера, геометрії і форми контейнера і отвору. Робота ємності поділяється на наступні фази: завантаження, початок розвантаження, що відповідає перехідному періоду, стабілізація розвантаження на постійному і змінному рівнях і розвантаження. Найбільш цікавим є процес стабільної фільтрації, який складається з двох типів: звичайної фільтрації та гідравлічної фільтрації. За певних умов можуть також відбуватися змішані типи фільтрації. При нормальному процесі висипання (рис. 2.6, а і б) матеріал рухається у визначеному каналі вздовж вихідного отвору. Інші матеріали залишаються нерухомими. Цей тип витікання більш характерний для більш в'язких матеріалів.

При гідравлічному витіканні (рис. 2.6 (в)) весь матеріал в ємності починає рухатися, коли ініціюється розрядка. Витікання з дозуючого жолоба спричинене дробленням матеріалу в зоні над вихідним отвором; ця зона називається об'ємом дроблення. Коли нахил бічних стінок контейнера на 5...10% перевищує природний нахил вантажу, коефіцієнт внутрішнього тертя більший. .10, таке витікання можливе для матеріалів з низьким коефіцієнтом внутрішнього тертя. Співвідношення частинок і їх орієнтація в просторі визначаються силами тертя і гравітації [].

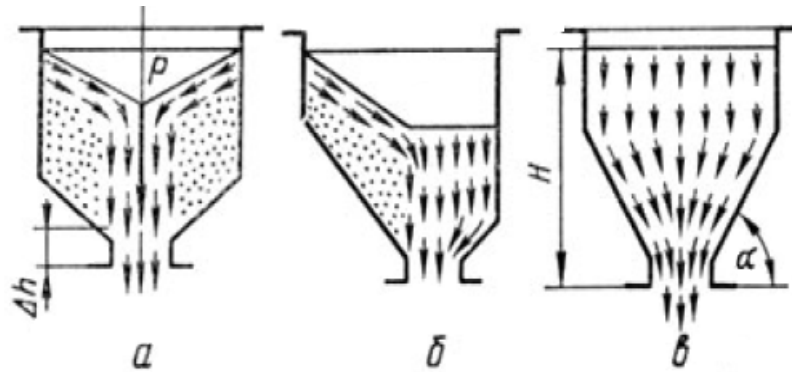


Рисунок 2.6 - Схеми витікання з бункерів:
 а,б - нормальне витікання; в - гідравлічне витікання

Властивості сипучих матеріалів є проміжними між властивостями твердих тіл і рідин. Як і рідини, сипучі речовини мають форму ями, якщо їх помістити в яму, і спливають, якщо їх нахилити.

Для того, щоб проаналізувати рівномірність розподілу зернової маси вздовж приймального патрубку зерномийки та розподіл по ширині робочої частини розподільчого пристрою, необхідно знати, як сили, що діють на бункер, впливають на потік матеріалу через дозуючі отвори.

Розглядаючи процес змішування сипкого матеріалу на виході з приймально-розподільчого пристрою зерномийки, використовуються класичні механічні та гідравлічні методи, а процес течії матеріалу моделюється за допомогою диференціальних рівнянь і подальших математичних розрахунків. В основу роботи покладено дослідження, проведені різними вченими. Сипучість сипкого матеріалу через отвір приймально-розподільчого пристрою в значній мірі залежить від сили, що діє на сипкий матеріал в зоні потоку.

Розглянемо зерновий ворох висотою Δz , довжиною b і шириною h всередині бункера приймально-розподільчого пристрою. На купу зерна діють наступні сили: сила тяжіння F_1 , тиск F_2 , F_3 , прикладений до купи зерна знизу і зверху, і сила тертя $F_{тр}$ (рис. 2.7).

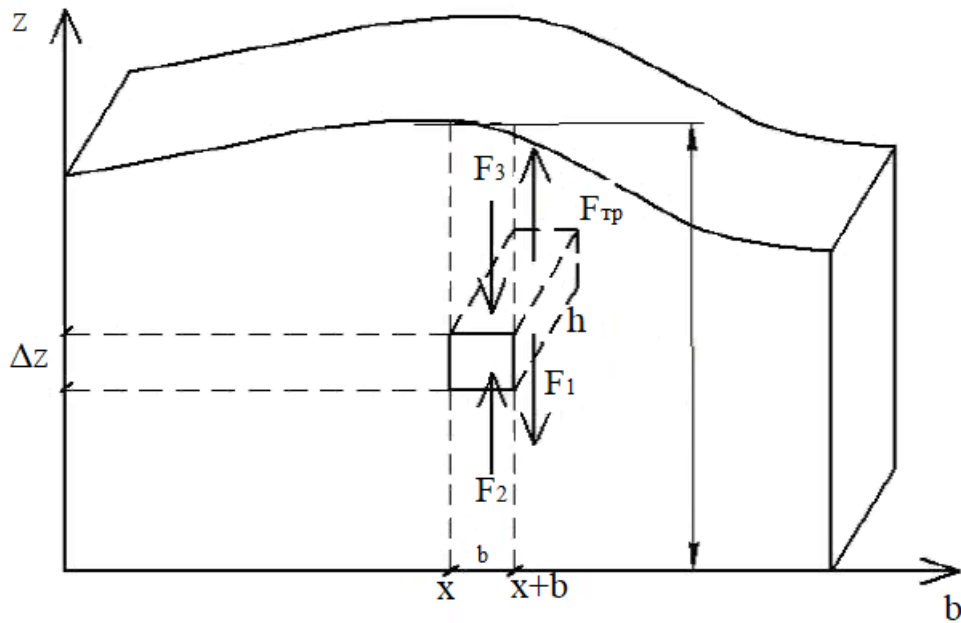


Рисунок 2.7 - Схема сил, що діють на елемент зернового вороху що знаходиться в приймально-розподільному пристрої

Сила тяжіння, що діє на елемент зернової купи, визначається за відомим виразом:

$$F_1 = mg \quad (2.5)$$

де m - маса елемента зернового вороху, кг; g - прискорення вільного падіння, м/с².

Маса елемента зернового вороху визначається за формулою:

$$m = \rho \Delta V$$

де ρ - щільність матеріалу, кг/м³; ΔV - об'єм елемента зернового вороху, м³.

Об'єм елемента зернової купки, у свою чергу, визначається виразом:

$$\Delta V = b \Delta z h$$

Тоді маса елемента зернової купи дорівнює:

$$m = \rho b \Delta z h \quad (2.6)$$

Підставимо значення маси елемента зернової купи з виразу (2.6) у вираз (2.5), отримаємо значення сили тяжіння:

$$F_1 = \rho b \Delta z h g \quad (2.7)$$

Сила тертя в шарі зернового вороху визначається за формулою:

$$F_{mp} = kN \quad (2.8)$$

де k - коефіцієнт внутрішнього тертя; N - нормальна реакція, Н.

Нормальну реакцію можна розрахувати за формулою:

$$N = P_{бок} S$$

де $P_{бок}$ - бічний тиск одного елемента зернового вороха, Па; S – площа бічної поверхні, виділеного елемента зернового вороха, м².

Бічна поверхня має площу (рис. 2.7):

$$S = \Delta z h$$

Бічний тиск (рис. 2.8) визначимо як середнє арифметичне бічних тисків на верхню та нижню частини виділеного елемента.

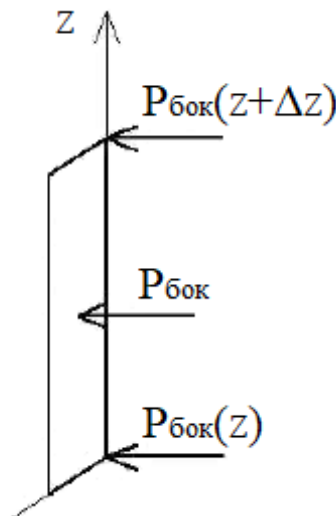


Рисунок 2.8 - Дія бокового тиску в приймально-розподільному пристрої на елемент зернового вороху

Якщо $z \rightarrow 0$ боковий тиск:

$$P_{бок} = P_{бок}(z)$$

Після деяких перетворень і з урахуванням того, що бічний тиск діє з двох боків, вираз (2.8) набуде такого вигляду:

$$F_{mp} = 2kP_{бок}(z)\Delta z h \quad (2.9)$$

На виділений зерновий елемент діють сили вертикального тиску в шарі, які визначаються з виразів:

$$F_2 = P(z)bh \quad (2.10)$$

$$F_3 = P(z + \Delta z)bh \quad (2.11)$$

Складемо рівняння рівноваги:

$$F_{mp} + F_2 - F_1 - F_3 = 0$$

З урахуванням (2.7), (2.9), (2.10), (2.11) рівняння має вигляд:

$$2kP_{бок}(z)\Delta zh + P(z)bh - \rho b\Delta zhg - P(z + \Delta z)bh = 0 \quad (2.12)$$

Бічний тиск у точці z можна представити у вигляді виразу:

$$P_{бок}(z) = \zeta P(z) \quad (2.13)$$

де ζ - коефіцієнт бічного тиску сипучого матеріалу.

Коефіцієнт бічного тиску визначається за формулою:

$$\zeta = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \operatorname{tg}^2\left(\frac{\varphi}{2} + \frac{\pi}{4}\right)$$

де $\varphi=0,44$ - внутрішній кут тертя.

Величина внутрішнього кута тертя багато в чому залежить від вологості зерна. Для насіння зернових культур: $\varphi = 0,4 - 0,6$.

$$P(z + \Delta z)b - P(z)b - 2k\zeta P(z)\Delta z = -\rho b\Delta zg \quad (2.14)$$

$$\frac{P(z + \Delta z) - P(z)}{\Delta z} - \frac{2k\zeta P(z)}{b} = -\rho g \quad (2.15)$$

$$P(z) = \frac{\rho gb}{2k\zeta} \left(1 - e^{-\frac{2k\zeta}{b}(z-L)} \right) \quad (2.16)$$

Отриманий вираз дозволяє визначити тиск, що діє на елементи зернової маси вертикальної колони на різних висотах площини. Підставивши вхідні дані в рівняння, можна визначити числове значення тиску в шарі. На рисунку

2.9 показано залежність тиску на елементи зернової маси в шарі засипки на різних висотах в бункері. Згідно з результатами теоретичних досліджень, тиск, що діє на зерна у верхньому шарі насипу, дорівнює нулю і збільшується в напрямку до нижнього шару. Чим вища висота купи в бункері, тим більший тиск у верхніх шарах порівняно з нижніми. Наприклад, при висоті купи 1,4 м тиск у верхніх шарах змінюється сильніше, в той час як в шарах близько 0,8 м тиск змінюється дуже мало і практично стабілізується. Це можна пояснити різним впливом внутрішніх сил, в основному сил F_2 і F_3 (рис. 2.7). Для висоти заповнення 1,2 м, 1,0 м і 0,8 м тиск стабілізується в нижніх шарах. Наприклад, при висоті штабеля 1,2 м тиск стабілізується в основному в шарі 0,6 м, а при висоті 0,8 м - тільки в шарі 0,2 м. Якщо висота штабеля 0,6 м або менше, стабілізація тиску в цих шарах не відбудеться, тому висоту штабеля 0,6 м можна вважати мінімальною для безперешкодного проходження матеріалу через дозуючі отвори в приймально-розподільчому пристрої.

Ми використовуємо програму для визначення поперечного тиску в твердому шарі при різній висоті штабеля в контейнері. На рисунку 2.10 показано, як тиск у твердому шарі зернового штабеля залежить від висоти матеріалу в контейнері. З рисунку видно, що ефективний тиск на зерно значно змінюється в шарі зерна висотою 0,7 м, так що тиск в твердому шарі майже однаковий на висоті 1,2-1,4 м над внутрішнім шаром контейнера. При висоті штабеля 0,6-1,2 м тиск у шарі значно змінюється. На менших висотах тиск всередині вкладаша залишається нульовим або низьким, оскільки сили F_2 і F_3 дуже малі на верхній межі вкладаша.

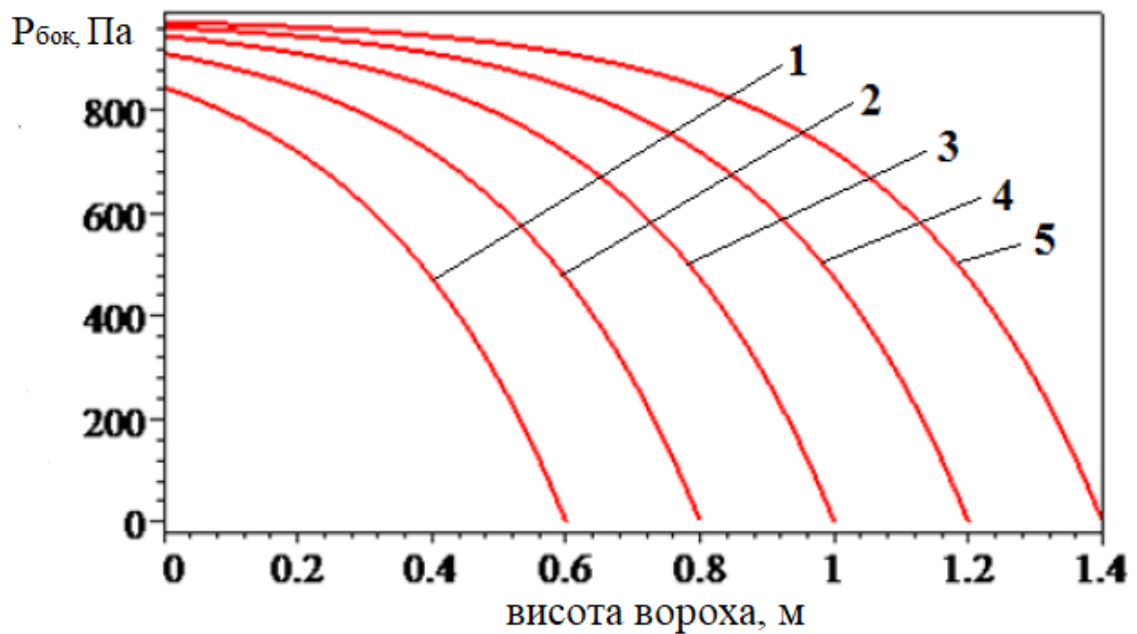


Рисунок 2.9 - Зміна тиску на зернівки в бункері приймально-розподільного пристрою за висотою шару зернового вороху
 1 - висота вороху в бункері 0,6 м; 2 - висота вороху в бункері 0,8 м; 3 - висота вороху в бункері 1 м; 4 - висота вороху в бункері 1,2 м; 5 - висота вороху в бункері 1,4 м

У суцільному шарі з розміром зерен 0,2 вирівнювання тиску з висотою палі є очевидним. На висотах 0,6 і 1,4 метра різниця тиску між шарами незначна і не має істотного впливу на потік матеріалу. У шарі твердих частинок на висоті 0,4 і 0,6 метра тиск, який чиниться на частинки, майже однаковий на більших висотах, але на менших висотах спостерігається значна різниця тиску між шарами, що призводить до нерівномірного потоку матеріалу по всьому діапазону вимірювань.

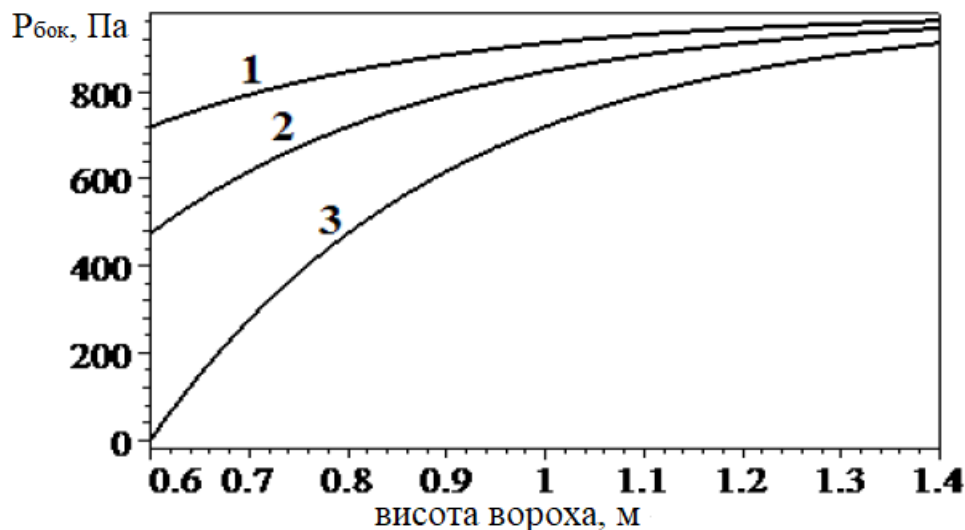


Рисунок 2.10 - Зміна тиску у фіксованому шарі зернового вороху від висоти матеріалу в бункері:

1 - шар зерна на висоті 0,2 м; 2 - шар зерна на висоті 0,4 м; 3 - шар зерна на висоті 0,6 м

Тому є необхідність у створенні максимальної висоти зернового вороху в бункері, щоб вирівняти тиск в нижньому шарі (біля вагових щілин), враховуючи і обмежуючи габарити бункера. Це забезпечить рівномірне витікання зернового матеріалу з вагових щілин по всій ширині решітного стану. З цього аналізу можна зробити висновок, що для забезпечення рівномірного розподілу матеріалу в бункері необхідно підтримувати постійну висоту купи по довжині вагової щілини, тобто по ширині решітного стану зерноочисної машини, не менше 0,6 м. Така умова виконується за умови балансу потужностей елеватора та зерноочисної машини. Для цього зерноочисні машини повинні бути обладнані системою, яка автоматично підтримує задану висоту купи.

Висновки

1. Виявлено закономірність формування стопок частинок в бункері приймально-дозуючого пристрою, що дає можливість визначити положення

стопки частинок по ширині вимірювальної щілини в залежності від кута подачі частинок.

2. Для формування симетричного штабеля в бункері приймально-дозуючого пристрою з похилою подачею вхід зерна в бункер необхідно змістити на 25... 27 см. 27 см. 27 см. 27 см, при куті подачі 70° , а при куті подачі 80° зміщення повинно становити 12 ... 14 см. 14 см.

3. В бункері необхідно підтримувати висоту вороху не менше ніж 0,6 м.

3 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИЙМАЛЬНО-РОЗПОДІЛЬЧОГО ПРИСТРОЮ ЗЕРНООЧИСНОЇ МАШИНИ

3.1 Стенд експериментальної установки

Для проведення експериментальних робіт було встановлено експериментальну установку для імітації прийому основного розподільчого пристрою та роботи розподільчого пристрою зерноочисної машини МЗС-25 (рисунок 3.1).

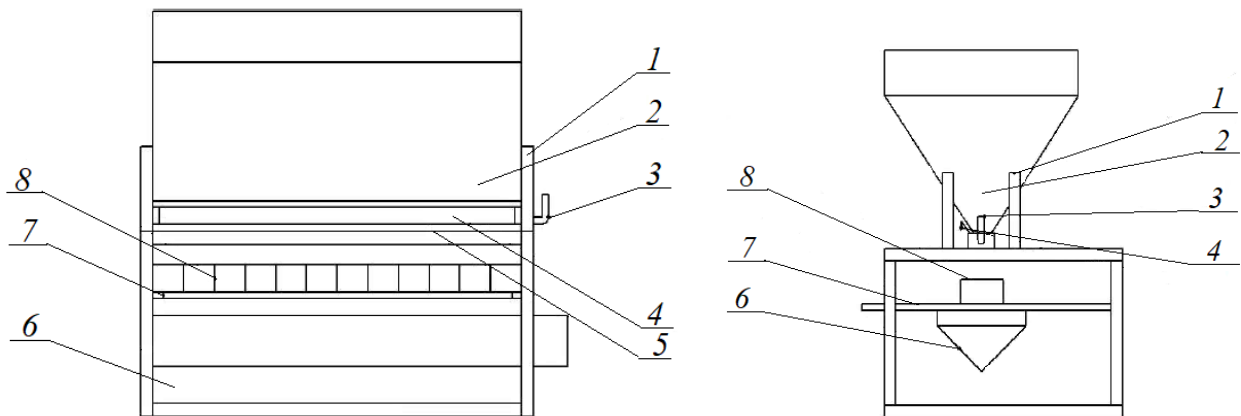


Рисунок 3.1 - Схема лабораторної установки:

1 - рама; 2 - завантажувальний бункер; 3 - регулятор заслінки; 4 - регулювальна заслінка; 5 - дозувальна щілина; 6 - приймальний лоток; 7 - рухома каретка; 8 - ємність пробовідбірника

Експериментальна установка складається з рами 1, на якій змонтовано завантажувальний бункер 2. У нижній частині завантажувального бункера 2 розташований дозуючий канал 5 з регулюючою заслінкою 4 тих же розмірів.

Під дозуючим бункером 5 розташований пробовідбірник 8 для відбору проб із зернового вороху на пересувний пробовідбірний візок 7. Під візком для відбору проб розташований збірний лоток 6 для збору зерна з купи. На рисунку 3.2 показано загальний вигляд експериментальної установки.

На рисунку 3.3 показано загальний вигляд пробовідбірника. Пробовідбірник 8 встановлений на мобільному візку 7 і містить 12

контейнерів шириною 15 см і висотою 25 см. Ці контейнери розміщені по всій довжині дозуючого бака 5.



Рисунок 3.2 -Загальний вигляд стенду



Рисунок 3.3 Загальний вигляд пробовідбірника

Експериментальна установка працює наступним чином: Перша партія зерна завантажується за допомогою зернового транспортера з живильника в завантажувальний бункер 2 (рис. 3.1). У бункері формуються конічні купи зерна різної висоти. Коли купа досягає заданої висоти, контролер 3 відкриває на певну величину кришку 4. Зерно самопливом витікає з дозуючого бункера 5 і потрапляє в збірний піддон 6. Поки потік матеріалу з дозуючого бункера 5 стабілізується, пробовідбірник 8 працює під потоком зернової купи протягом 5 секунд. Зерно виймається з кожного бункера пробовідбірника 8 і зважується на електронних вагах JW-1 з точністю до 1 грама. Експериментальна робота проводилась за відомим планом експерименту та методикою обробки експериментальних даних. В подальшому змінювали режим роботи приймально-дозуючого пристрою (розмір дозуючого жолоба), висоту штабеля зерна, форму конуса штабеля в бункері та місце впорскування матеріалу і повторювали експеримент.

3.1.1 Методика визначення параметрів штабеля зерна в бункері в процесі заповнення

В зерноочисному агрегаті зерно подається з норії в машину за допомогою самопливного зернового транспортера. Залежно від положення машини в технологічному тракті напрямок подачі зерна до приймально-розподільчого пристрою зерноочисної машини реалізується по-різному, який може варіюватися від вертикального до крутого нахилу, що визначається коефіцієнтом тертя зерна об матеріал зернового конвеєра. У більшості випадків зерно подається в машину самопливом під кутом нахилу близько 20° до вертикалі.

Напрямок, в якому зерно подається в бункер приймально-розподільчого пристрою, може суттєво змінювати його завантаження. Заповнення бункера досліджувалося при кутах подачі зерна $50, 60, 70, 80$ і 90° до горизонталі при завантаженні в центрі бункера. Дослідження проводились при зміщенні

точки подача зерна на 15 см та 30 см від центру бункера і зміні кута подачі від 50° до 90°. Для оцінки завантаження бункера зерном в центрі торця бункера і на бічних стінках розміщували рулетку, яка фіксувала висоту шару зерна. Висота шару зерна в центральній точці вимірювалася за допомогою градуйованої лінійки. Під час експерименту бункер експериментальної установки заповнювався зерновим ворохом через трубки, встановлені під кутами 50, 60, 70, 80 і 90°. Висота шару зерна фіксувалася на краю бункера, в центрі бункера (вершина шару) і в середній точці під час формування кінцевого шару зерна в бункері. Отримані дані були занесені в журнал експериментальних досліджень і використані для аналізу процесу заповнення бункера в приймально-розподільчому пристрої.

3.1.2 Методика визначення розподілу зерна по ширині захвату машини

Якість заповнення бункера самопливного приймально-розподільчого пристрою має значний вплив на потік зерна через дозуючий канал. Були проведені експерименти з дослідження однорідності потоку зерна через дозуючий лоток в установці продуктивністю 5, 10, 15 і 20 т/год. Під час експерименту в приймально-розподільчій вузол експериментальної установки засипали купу зерна по дозуючому жолобу і в бункері утворювалася певна купка зерна. Потім відкривався клапан на необхідну величину для заданої продуктивності. У цей момент пробовідбірник на колісному візку поміщався під потік зерна на 5 секунд. Зерно, зібране в кожному пробовідбірнику, зважувалося за допомогою електронних ваг JW-1 з точністю до 1 грама.

3.1.3 Методика визначення пошкодження зерна

Тип всмоктувально-розподільчого пристрою має значний вплив на однорідність зерна, не тільки на ширину решіт, але і на пошкодження зерна. Пошкодження зерен частіше спостерігається в системах примусового прийому і розподілу (особливо шнеках). В експериментальному дослідженні були відібрані зразки зерна для оцінки ступеня пошкодження зерна. З

відібраних зразків були взяті три наважки по 40-50 г кожна, розділені на відкидній тарілці: неушкоджені зерна, биті зерна і брудні зерна. З відібраних зразків було відібрано три проби по 100 зерен для визначення мікротравмування зерен. Відібрані зерна поміщали в жерстяну ємність, заливали 0,5% розчином барвника (індигокармін) і струшували протягом 3,5 і 5 хвилин. Температура барвника становила 45 °С. Після висихання насіння аналізували під 10-кратним збільшенням для визначення типу ураження та ідентифікації зерен згідно з [14]:

- Старий зародок
- Пошкоджений зародок
- Пошкоджений зародок
- Пошкоджений зародок і покривний ендосперм;
- Пошкоджений ендосперм;
- Пошкоджена ендоспермальна оболонка.

Оскільки кожен тип пошкодження по-різному впливає на схожість насіння в лабораторних умовах, за формулою розраховували універсальний індекс пошкодження T_{np} (всі типи пошкоджень спричиняють пошкодження зародка):

$$T_{np} = G_2 + G_1 \frac{b_1}{b_2} + G_3 \frac{b_3}{b_2} + G_4 \frac{b_4}{b_2} + G_5 \frac{b_5}{b_2} + G_6 \frac{b_6}{b_2} \quad (3.1)$$

де $G_1...G_6$ - відсотковий вміст зерна з вибитим зародком, пошкодженим зародком, пошкодженою оболонкою зародка, пошкодженою оболонкою зародка та ендосперму

$b_1... b_6$ – коефіцієнти:

$$b_i = 0,01(b_7 - b_i)$$

b_7 - схожість нетравмованого насіння, b_i - схожість насіння з окремими видами травм.

Для визначення схожості в лабораторних умовах було відібрано чотири проби по 100 насінин у кожній. Насіння пророщували в термостаті для визначення схожості та схожості в лабораторних умовах. Результати були проаналізовані шляхом розрахунку середнього відсотка схожості всіх проаналізованих зразків.

3.2 Результати експериментальних досліджень

3.2.1 Склад бункерного вороху насіння пшениці

Для проведення дослідження в лабораторії в якості вихідного матеріалу з бункера комбайна ACROS 580 був взятий ворох насіння пшениці, отриманий під час збирання врожаю. Для дослідів використовували насіння пшениці озимої. Вологість насіння становила 14%. Масовий склад вихідного вороху визначався перед проведенням дослідів. Результати аналізу вихідного вороху наведені в таблиці 3.1.

Середній вміст непошкодженого насіння у вихідному воросі становив 97,41%, битого насіння - 2,27%, а сторонніх домішок - 0,32%. Аналіз схожості всього насіння в лабораторії показав, що відсоток схожості коливався від 96,92% до 98,75% із середнім показником 97,83%. Вміст скла в насінні становив 63,76%, а вміст висівок - 27,7%. Відсоток загальних мікропошкоджень в насінні коливався від 10,3% до 10,7%, причому всі види пошкоджень призводили до пошкодження зародка.

Таблиця 3.1 - Якісні показники вихідного вороху

№	Ціле зерно, %	Подрібне не зерно, %	Засмічу вачі, %	Скловид ність, %	Вміст клейковини, %	Схо жість, %	Мікро травмування
1	97,36	2,24	0,4	64,12	26,7	97,36	10,3
2	97,31	2,33	0,36	63,87	26,3	98,75	10,6
3	97,38	2,33	0,39	63,12	27,5	97,23	10,4
4	97,47	2,28	0,25	64,24	29,2	96,92	10,7
5	97,56	2,26	0,18	63,47	28,8	97,9	10,6
Серед не	97,41	2,27	0,32	63,76	27,7	97,83	10,5

3.2.2 Заповнення бункера приймально-розподільного пристрою при подачі зерна по центру

Приймально-розподільчий пристрій зернового решета повинен забезпечити рівномірне надходження оброблюваного матеріалу в пневматичний канал першого впускного отвору, а потім на ситове решето. У той же час, приймально-розподільчий пристрій повинен також відповідати вимозі збереження структурної цілісності зерен оброблюваного матеріалу, тобто уникати або мінімізувати пошкодження зерен. Зерноочисні комплекси зазвичай складаються з приймально-роздавальної лінії і двох конвеєрних ліній з рядом зернопереробного обладнання.

У цьому випадку потік зерна з норії проходить через бічний жолоб (рис. 3.4б) [13] до приймально-розподільного пристрою зерноочисної машини.

Природно, що процес заповнення бункера, проаналізований в теоретичній частині даної дисертації, буде відрізнятися. Для того, щоб підтвердити правильність теоретичних гіпотез щодо заповнення бункера гравітаційного приймально-розподільного пристрою, ми дослідили процес накопичення зерна в бункері при зміні його висоти.

По-перше, ми дослідили, як заповнюється бункер, коли зерно підводиться до центру.

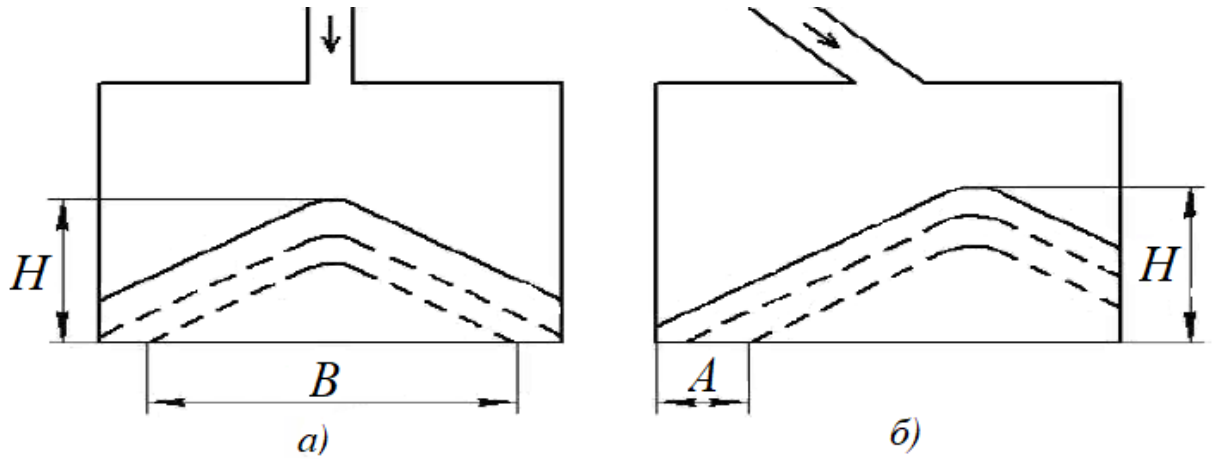
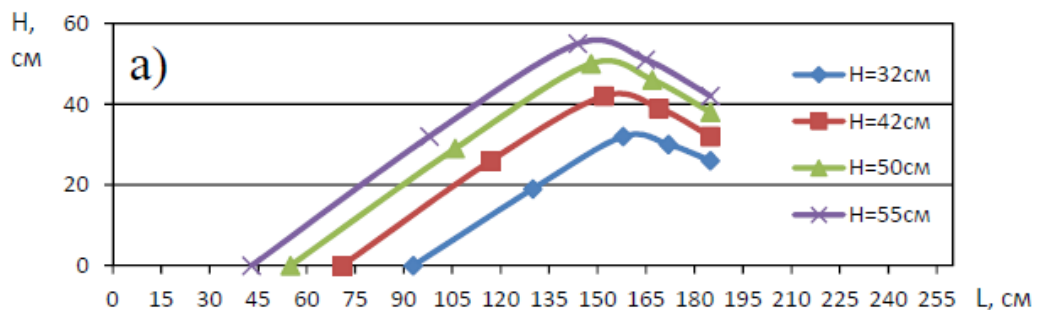


Рисунок 3.4 - Заповнення бункера приймально-розподільного пристрою:
 а) вертикальне розташування зернопроводу; б) похиле розташування зернопроводу; Н - висота вороху; В - основа вороху; А - вільна зона живильної щілини

Для експерименту ми обрали бункер висотою 1 метр і шириною 1,85 метра з похилими передньою і задньою стінками. Дно контейнера обладнане розподільчою щілиною по всій його ширині. Конструкція та принцип роботи лабораторної установки описані в розділі 3.1. Матеріал вводився через вхідну трубку довжиною 1 метр, а кут нахилу встановлювався на рівні 50, 60, 70, 80 і 90° до горизонту. Висота шару (у верхній частині конуса палі) була встановлена між 30 і 55 см. На рисунку 3.5 показано розподіл маси гранул у бункері подачі та роздачі корму.



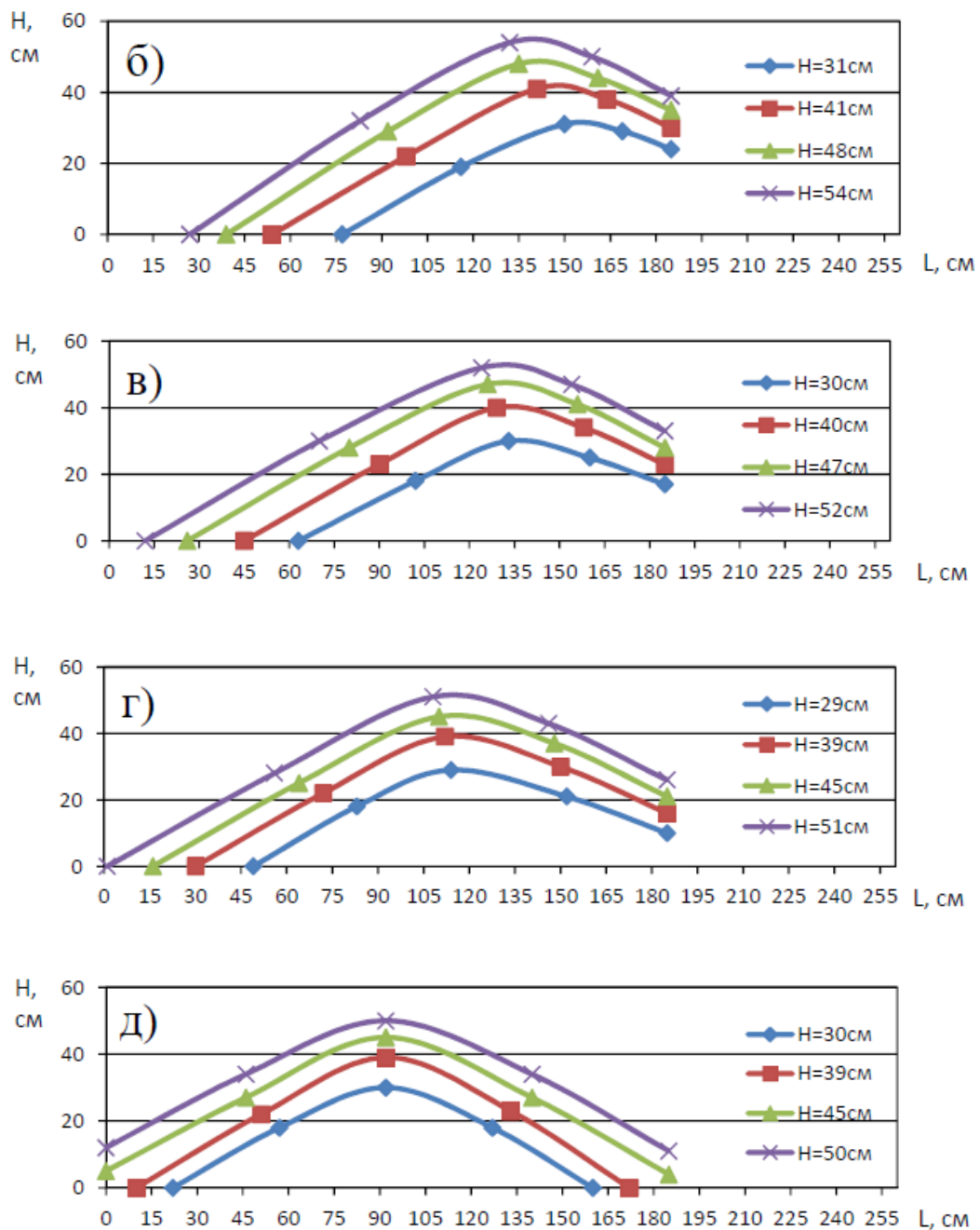


Рисунок 3.5 - Заповнення бункера приймально-розподільного пристрою при завантаженні зерна по центру та різних кутах подачі матеріалу: H - висота вороху, см; L - довжина основи бункера, см; α - кут подачі матеріалу, $^\circ$; а) $\alpha=50^\circ$; б) $\alpha=60^\circ$; в) $\alpha=70^\circ$; г) $\alpha=80^\circ$; д) $\alpha=90^\circ$

Дані показують, що для кутів подачі 50° , 60° і 70° купа гранул розподіляється в бункері у формі асиметричного конуса (рис. 3.5 а, б, в). Асиметричне формування гранул можна пояснити тим, що при русі по похилій транспортерній стрічці гранули отримують кінетичну енергію, яка змушує їх траєкторію наблизитися до траєкторії, визначеної транспортерною

стрічкою. Як наслідок, точка заповнення бункера значно відхиляється від точки (центру) входу в бункер. Як наслідок, купа зерна всередині бункера приймально-розподільчого пристрою концентрується біля однієї сторони, в той час як інша сторона залишається порожньою. Збільшення кута нахилу зернового транспортера під час подачі матеріалу покращить розподіл купи зерна в бункері.

На рисунку 3.6 показані теоретичні та експериментальні криві формування зернового вороху в бункері приймального пристрою та розподіл ваги зерноочисної машини.

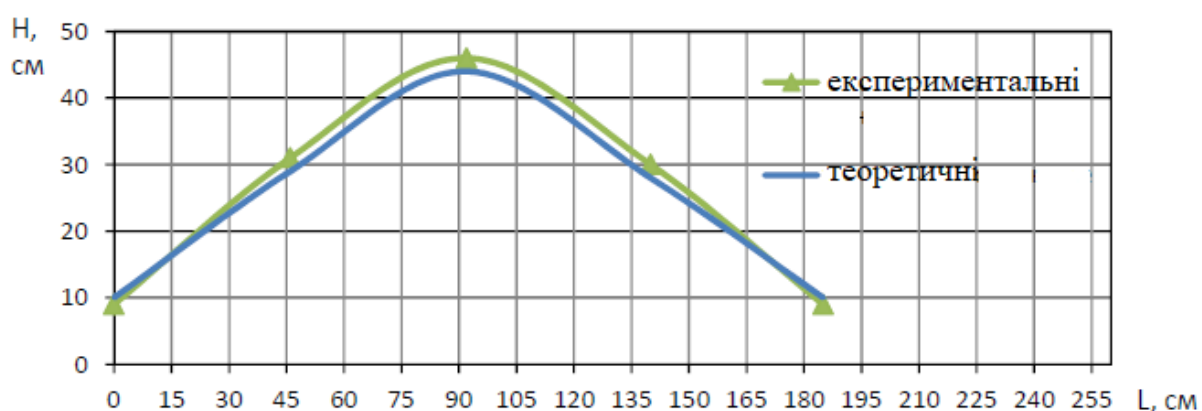


Рисунок 3.6 - Формування зернового вороху в бункері гравітаційного приймально-розподільного пристрою:

H - висота вороху, см; L - довжина основи бункера, см

З рисунка 3.6 видно, що заповнення по ширині бункера приймального пристрою і розподіл зерноочисної машини, отримані за допомогою експериментальних даних, підтверджують теоретичну залежність, представлену в розділі 2.

Невеликі розбіжності можна пояснити тим, що в експериментальних дослідженнях, проведених в лабораторних умовах, неможливо точно змодельовати процес так, як він відбувається в реальних виробничих лініях. Також невеликі розбіжності між теоретичними та експериментальними даними можна пояснити припущеннями, зробленими в теоретичних дослідженнях. Представлений аналіз залежностей показує, що різниця між теоретичними та експериментальними даними, формування та гравітаційного

розподілу зернового вороху в бункері приймального пристрою є незначною, оскільки середнє відносне відхилення не перевищує 9%.

На рисунку 3.7 показана графічна залежність положення вершини купи в бункері від кута нахилу живильного патрубку для різної висоти купи.

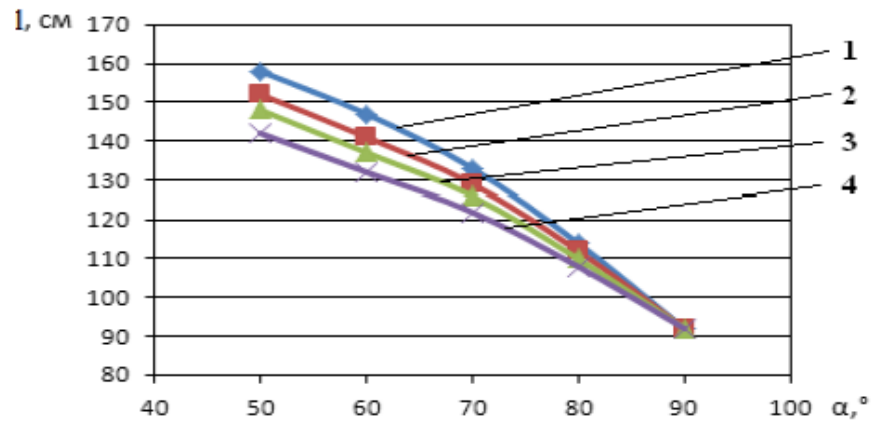


Рисунок 3.7 - Залежність розташування вершини вороху (l, см) у бункері від кута нахилу подавального патрубку α , ° за подачі зерна по центру:

- 1 - висота вороху (по вершині конуса Н) 30 см; 2 - висота вороху 39 см;
- 3 - висота вороху 47 см; 4 - висота вороху 52 см.

Дослідження показали, що при кутах подачі 50°, 60° і 70° верхня частина бункера значно зміщується від центру бункера і бункер завантажується на різній висоті (положення верхньої частини бункера вимірювалося від краю бункера на стороні завантаження зерноочисної машини). Зсув зернового матеріалу в один бік може призвести до нерівномірного завантаження зерноочисної машини. Це пов'язано з тим, що потік зерна прискорюється на вході і за інерцією рухається в одну сторону бункера, в той час як інша частина бункера залишається незавантаженою. При куті входу 80° вершина купи зерна знаходиться близько до центру бункера навіть при невеликій висоті, а при 90° вершина купи знаходиться точно в центрі бункера. Зі збільшенням висоти шару зерна в бункері вершина шару зміщується до центру. Оптимальним є кут 90°, оскільки він забезпечує більш рівномірне заповнення бункера, але такий кут не завжди досяжний на виробництві.

З наведених даних випливає, що якщо зерновий матеріал повинен подаватися в центр бункера для рівномірного заповнення бункера, рекомендується використовувати. Рекомендується використовувати трубу з кутом нахилу 15° . Рекомендується використовувати трубу з кутом нахилу $0,15^\circ$, щоб матеріал можна було подавати тільки через трубу, яка відхиляється на $0,15^\circ$ від вертикалі. Оскільки ідеальним кутом для заповнення бункера від центру є кут подачі 90° , були проведені експерименти для визначення висоти шару для повного заповнення дозуючого жолоба. На рисунку 3.8 показана ширина дна бункера в залежності від висоти шару в бункері при куті подачі 90° .

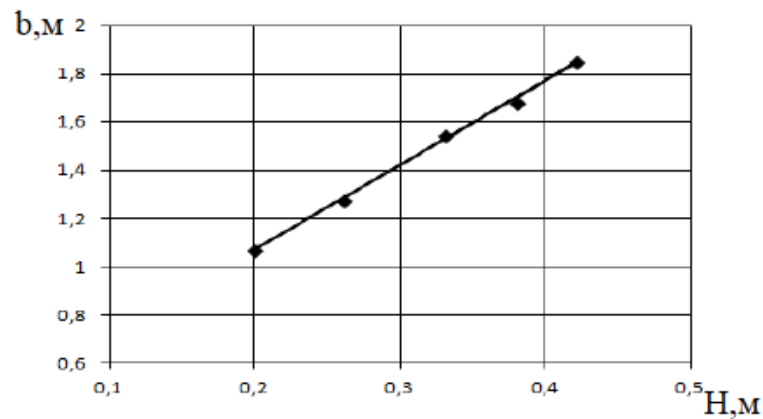


Рисунок 3.8 - Залежність ширини основи вороху в бункері від його висоти: b - ширина основи вороху, м; H - висота вороху по вершині конуса, м

З рисунка видно, що зі збільшенням висоти шару в бункері збільшується і ширина заповнення (рисунок 3.8а), тобто ширина дна бункера збільшується прямо пропорційно висоті. Експериментальні дані показують, що при висоті бункера 0,42 м бункер повністю заповнюється по всій ширині. Збільшення висоти шару зерна створює певну товщину шару зерна на краю бункера і, таким чином, більш рівномірно заповнює решето по всій ширині зерноочисної машини. Остаточну висоту шару зерна, необхідну в бункері, можна визначити, досліджуючи потік зерна через дозуючий жолоб і спостерігаючи за рівномірністю, з якою зерно потрапляє на решето. Зазвичай в лінію встановлюють два паралельних зерноочисних пристрої, так що матеріал подається під кутом. Кут нахилу завантажувальних отворів зазвичай

становить близько 70° . У цьому випадку канал подачі утворює порожній простір, тобто частину бункера, яка не заповнена матеріалом (рис. 3.8б). Тому зміна сили тяжіння і висоти в бункері дозатора будується як функція висоти шару зерна при куті подачі 70° . Дані показані на рисунку 3.9.

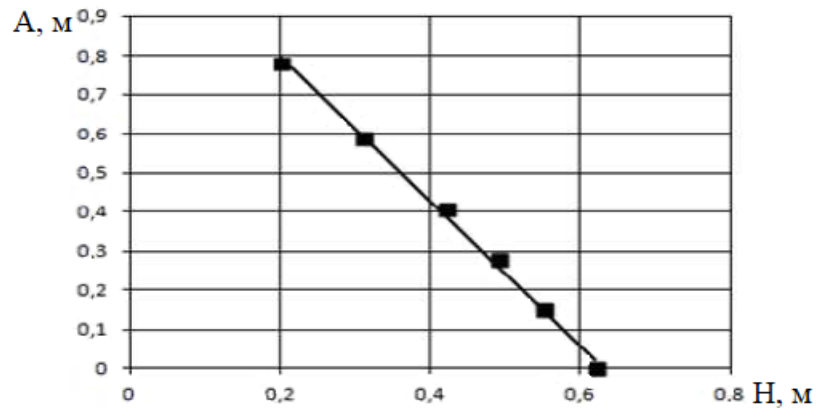


Рисунок 3.9 - Залежність вільної зони дозувальної щілини бункера від висоти вороху за кута подачі матеріалу 70° :

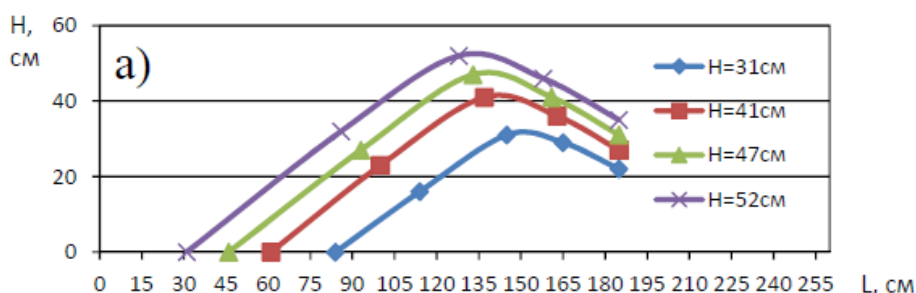
A - вільна зона живильної щілини бункера, м; H - висота вороху (по вершині конуса), м

З рисунка 3.9 видно, що вільний простір у бункері великий, коли висота шару зерна невелика, і пропорційно зменшується зі збільшенням висоти шару зерна. При висоті бункера 0,62 м дно бункера (дозуючий канал) повністю заповнене. Експериментальні дослідження показали, що неможливо гарантувати рівномірну подачу зерна з дозуючого каналу на решето, якщо не буде забезпечена певна висота бункера. Для забезпечення рівномірної подачі зерна на решето в зерномийній машині необхідно підтримувати певний рівень зерна в бункері (не менше 62 см). Цього можна досягти тільки в тому випадку, якщо продуктивність елеватора і завантажувального пристрою зерноочисної машини ідеально узгоджені. Оскільки узгодити продуктивність цих двох пристроїв вручну практично неможливо, ми пропонуємо технічне рішення, яке дозволяє підтримувати певну висоту шару зерна в бункері за рахунок управління потоком зерна через ваговий вузол.

3.2.3 Наповнення бункера приймально-розподільного пристрою в разі зміщенні завантаження від центру

При встановленні потокових ліній для очищення зерна часто неможливо гарантувати вертикальну подачу матеріалу. Зерно подається під дією похилої сили тяжіння, що призводить до асиметричного завантаження зерна в бункер [13]. Тому ми вирішили дослідити вплив положення подачі зерна в бункер під різними кутами на процес формування зернового вороху всередині бункера. Для вивчення цього процесу були проведені лабораторні дослідження заповнення бункера в залежності від площі подачі зерна при різних кутах нахилу зернового транспортера. Експерименти проводилися на лабораторній установці, конструкція та принцип роботи якої описані в розділі 3.1. Матеріал подавався через трубу довжиною 1 метр під кутами 50, 60, 70, 80 і 90° до горизонту. Положення подачі зерна з жолоба зміщувалося на 15 і 30 см від центру контейнера. При заповненні контейнера від 30 до 55 см досліджувався процес формування зернового вороху в приймально-розподільчому пристрої.

На рис. 3.10 наведено результати дослідження формування зернового вороху в приймально-розподільчому пристрої за умови, що подача матеріалу була зміщена на 15 см від центру контейнера. З графіка видно, що при кутах подачі 50 і 60° в бункері є незавантажені ділянки навіть при максимальній висоті купи. При збільшенні кута подачі розподіл шару зерна в бункері стає більш рівномірним. Зі збільшенням висоти шару нижня частина штабеля розширюється, а заповнення збільшується.



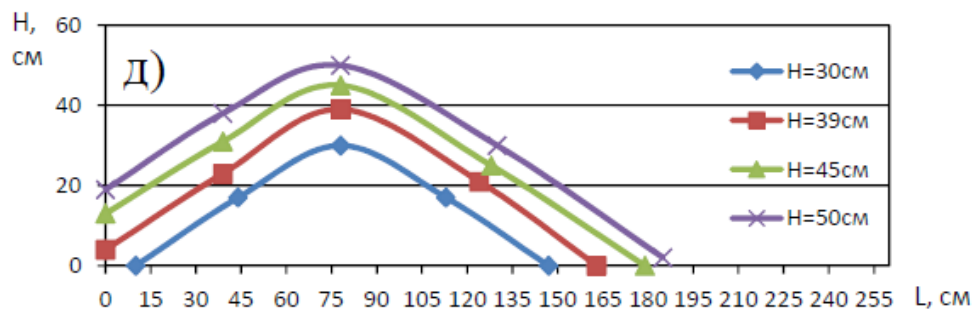
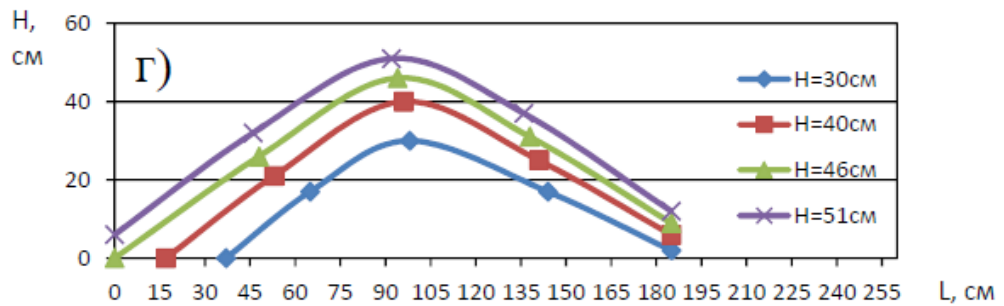
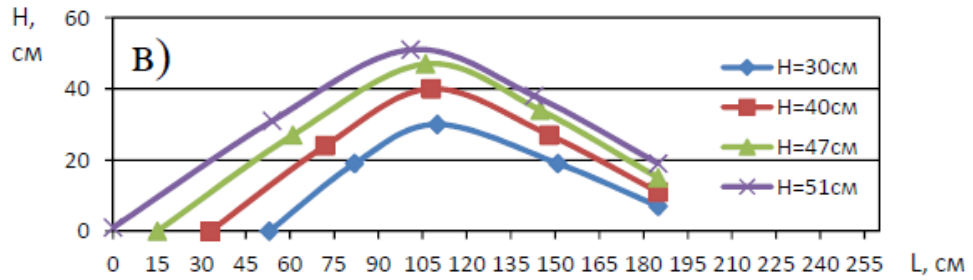
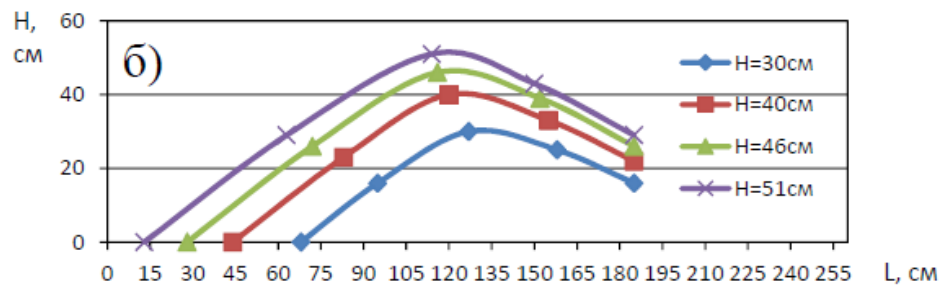
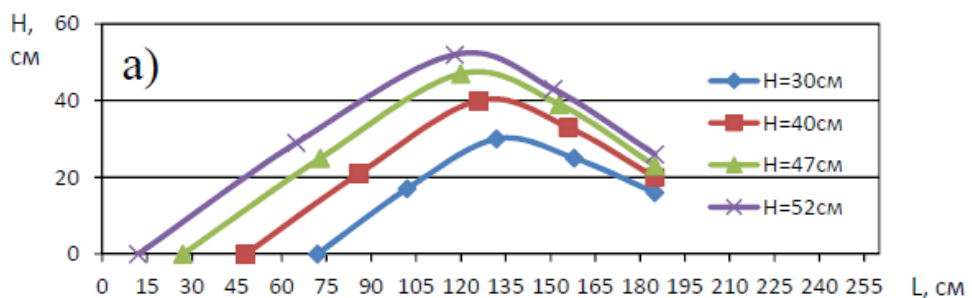


Рисунок 3.10 - Заповнення бункера приймально-розподільного пристрою у разі зміщення місця подачі зерна на 15 см від центру бункера:

H - висота вороху, см; L - довжина основи бункера, см; α - кут подачі матеріалу, $^\circ$; а) $\alpha=50^\circ$; б) $\alpha=60^\circ$; в) $\alpha=70^\circ$; г) $\alpha=80^\circ$; д) $\alpha=90^\circ$



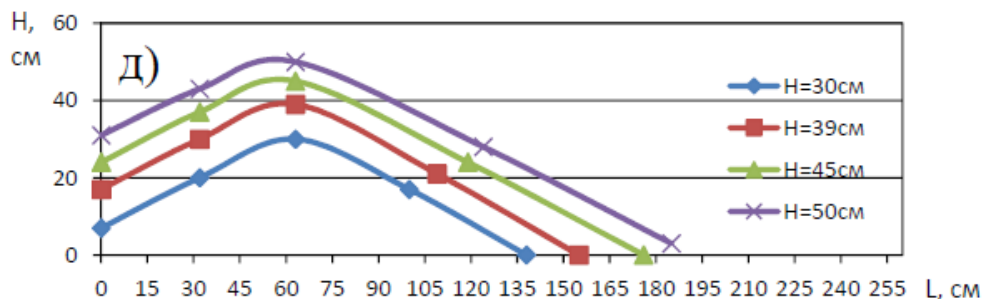
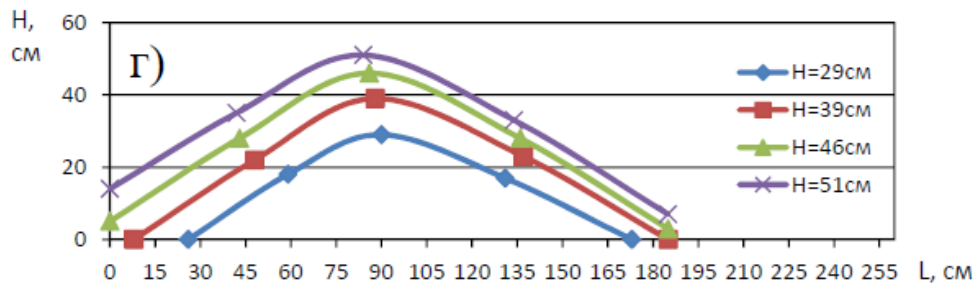
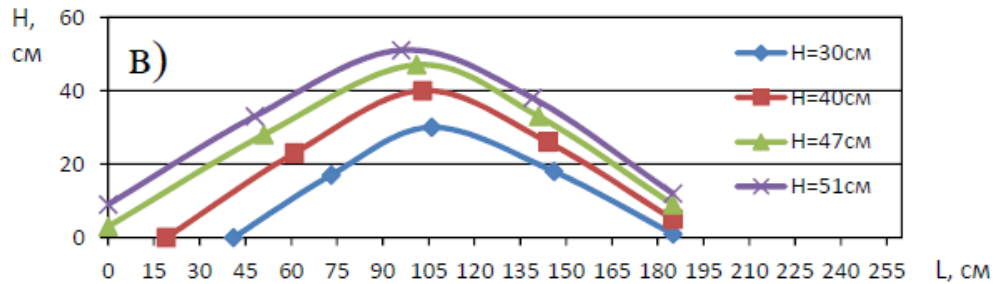
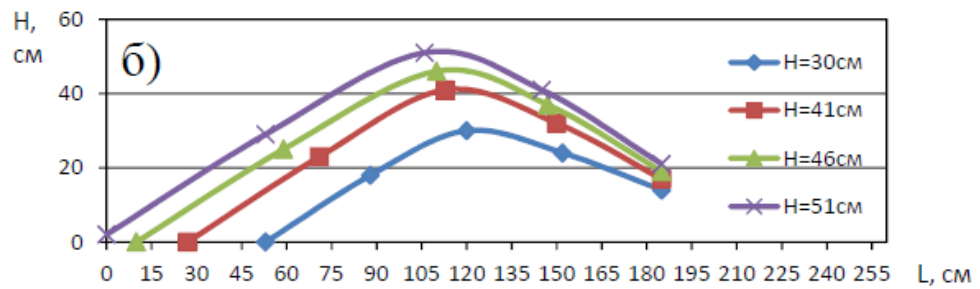


Рисунок 3.11 - Заповнення бункера приймально-розподільного пристрою у разі зміщення місця подачі зерна на 30 см від центру бункера:

H - висота вороху, см; L - довжина основи бункера, см; α - кут подачі матеріалу, $^\circ$; а) $\alpha=50^\circ$; б) $\alpha=60^\circ$; в) $\alpha=70^\circ$; г) $\alpha=80^\circ$; д) $\alpha=90^\circ$

На рис. 3.11 показано, як формується штабель зерна при зміщенні точки подачі на 30 см від центру бункера. З нього видно, що при різній висоті штабеля існує лише одна незаповнена зона при куті подачі 50° . При збільшенні кута подачі до 80° бункер рівномірно заповнюється купою зерна. У цьому випадку вертикальна подача (90°) призводить до менш рівномірного

заповнення бункера зерном. На рисунку 3.12 показано, як ефект зміщення від точки подачі зерна в бункер при різних кутах нахилу зернового транспортера залежить від положення вершини купи. Відстань до вершини купи розраховується від краю бункера з боку подачі.

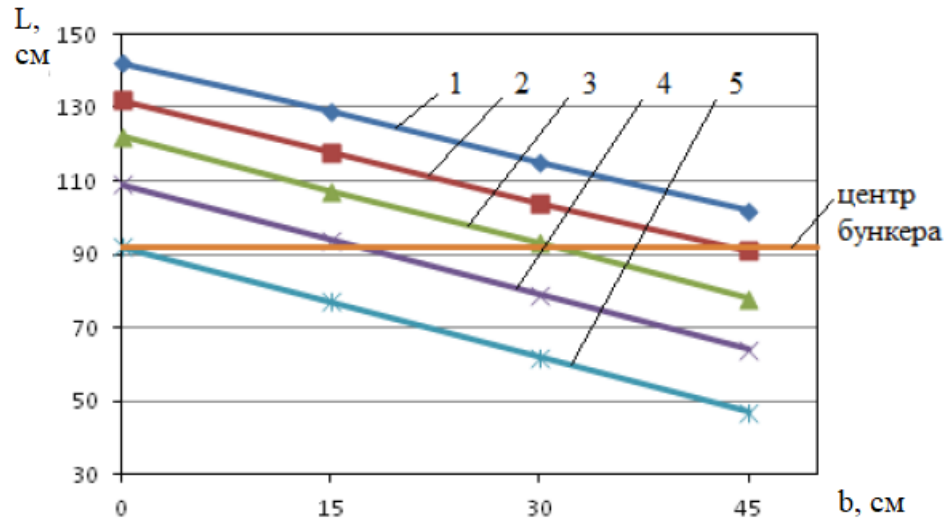


Рисунок 3.12 - Залежність зміщення вершини вороху (L, см) від місця подачі зерна в бункер (b, см): 1 - кут подачі матеріалу (α) 50°; 2 - кут подачі матеріалу 60°; 3 – кут подачі матеріалу 70°; 4 - кут подачі матеріалу 80°; 5 - кут подачі матеріалу 90°

Наведені вище дані чітко показують, що для центрального завантаження зернового матеріалу з кутом подачі 50° переміщення вершини купи від центру бункера не покращує результати, навіть якщо вантаж перемістити на 15, 30 і 45° від центру бункера. Це призведе до нерівномірного заповнення контейнера і на малих висотах в контейнері будуть проміжки, тобто дно контейнера не буде заповнене. На великій висоті одна сторона буде заповнена більше, ніж інша. Також було помічено, що при подачі матеріалу під кутом 60° бункер заповнюється нерівномірно, як з точки зору заповнення зернового матеріалу в центрі, так і зміщення вантажу на 15-30 см від центру бункера. Однак швидкість заповнення збільшилася, коли точка подачі зерна була зміщена на 45 см від центру бункера.

Однак, коли точка подачі зерна була зміщена на 45 см від центру бункера, швидкість заповнення збільшилася, коли верхня частина штабеля

зерна перемістилася до центру бункера. Рівномірне заповнення зернового матеріалу під кутом подачі 70° відбувалося лише тоді, коли вантаж знаходився на відстані 30 см від центру бункера, а під кутом подачі 80° - коли вантаж знаходився на відстані 15 см. В інших випадках подача матеріалу під кутами 70° і 80° призводить до того, що верхня частина штабеля зміщується від центру бункера, а бункер заповнюється більш нерівномірно. У цих випадках для центрального завантаження краще використовувати кут подачі 90° .

У цьому випадку гарантується найбільш рівномірне заповнення бункера, тоді як відхилення на 15, 30, 45 см від центру подачі матеріалу призведе до менш рівномірного заповнення бункера.

Для забезпечення рівномірного заповнення приймально-розподільчого пристрою зерна, вхідний отвір для зерна і кут нахилу зернового живильника повинні бути підібрані таким чином, щоб верхня частина

На рисунку 3.13 показано, як зміщення зерна на вході в бункер залежить від кута нахилу зернового конвеєра. Ця залежність дозволяє вибрати оптимальне положення точки входу матеріалу в залежності від кута подачі зерна. Наприклад, для кута $\alpha = 70^\circ$ точка входу зерна повинна знаходитися приблизно в 30 см від центру бункера.

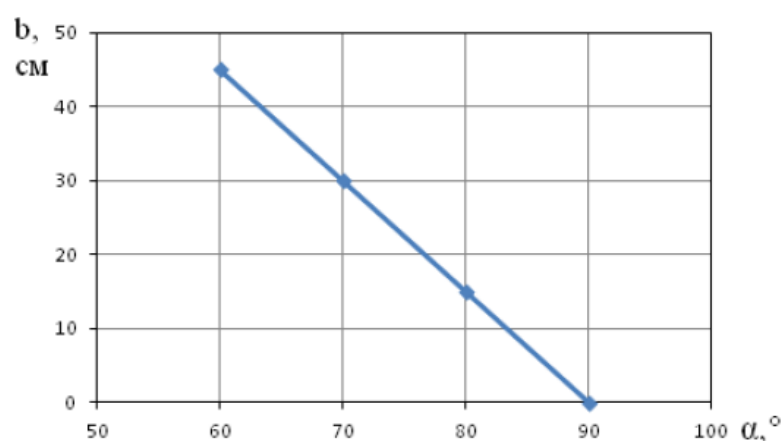


Рисунок 3.13 - Залежність зміщення місця введення зерна b у бункер від кута нахилу зернопроводу α

Ці параметри гарантують якість видалення матеріалу і високу пропускну здатність зерноочисної машини.

Для забезпечення стабільної роботи і збереження стратифікації, датчик нижнього рівня повинен бути встановлений на відстані $1/5$ висоти стратифікації від нижнього краю випускного вікна ($L/10 \sin\alpha$). Датчик на такій висоті забезпечує дотримання мінімальних вимог до стратифікації в бункері і рівномірний потік зерна на очисні решета. Датчик нижнього рівня керує впускною заслінкою бункера. Верхній датчик рівня встановлюється на відстані, що відповідає висоті шару відносно нижнього краю випускного вікна. Цей датчик запобігає перевантаженню бункера при безперервному завантаженні і контролює відкриття кришки бункера. У вузлі всмоктувальної подачі зерноочисної машини два датчики контролюють тільки кришку бункера, забезпечуючи безперервне і рівномірне завантаження решета зерном.

Технічним результатом використання запропонованого рішення є більш рівномірна подача сипучих матеріалів по всій ширині решітного кузова пневматичної зерноочисної машини. Це підвищує продуктивність та покращує якість очищення зерна. Для перевірки цих гіпотез було проведено дослідження. Ефективність запропонованої конструкції була перевірена порівняльними випробуваннями у виробничих умовах. Випробування проводилися на попередньо очищених зернових ворохах на заводі "Техніка Сервіс". Склад буртів наведено в таблиці 3.1. У цьому дослідженні було використано два типи гравітаційних пристроїв збору та розподілу: стандартний пристрій, встановлений на машині МЗС-25, та експериментальний пристрій. На рисунку 3.14 показано, як продуктивність зерноочисної машини залежить від досконалості сепарації домішок.

Аналіз даних, наведених на рисунку 3.14, показує, що продуктивність звичайної зерноочисної машини становить 25 т/год при ступені видалення домішок 60%, тоді як продуктивність машини МЗС-25, з кращим прийомом і розподілом маси, становить 28 т/год при тому ж ступені видалення домішок.

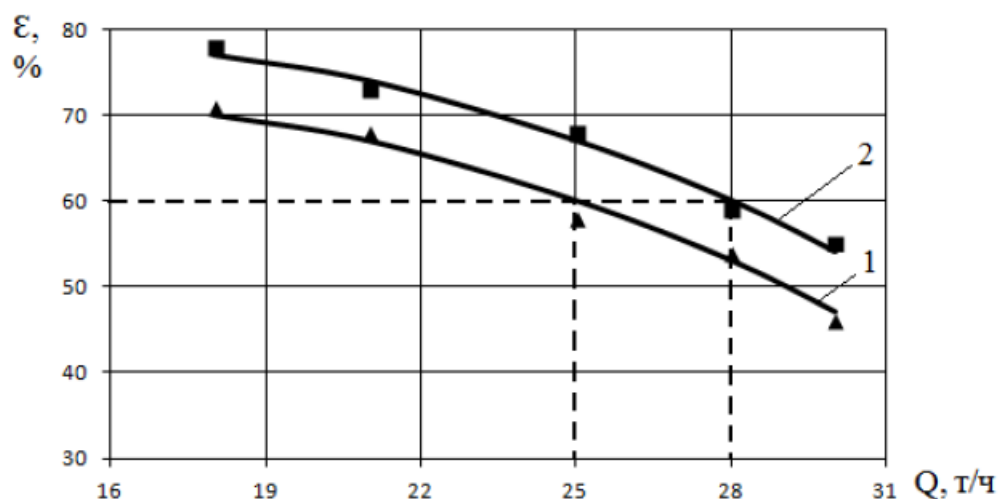


Рисунок 3.14 - Залежність продуктивності зерноочисної машини від повноти виділення домішок: 1 - базова машина; 2 - експериментальна машина; Q - продуктивність зерноочисної машини, т/год; ϵ - повнота виділення домішок, %

Це пов'язано з тим, що вся ширина робочого органу зерноочисної машини рівномірно заповнена зерном, і в цьому випадку відсутні недовантажені або перевантажені ділянки, які могли б негативно вплинути на якість оброблюваного матеріалу. Завдяки експериментальній конструкції приймального пристрою та гравітаційному розподілу, ефективність роботи зерноочисної машини можна підвищити на 12%.

Висновки.

1. Дослідження показало, що рівномірне заповнення бункера групою зерен однакової ширини досягається при вертикальній подачі з центру бункера. При подачі зерна по похилому транспортеру основна маса рухається до однієї з бічних стінок бункера.

2. Для забезпечення симетричного положення штабеля зерна при його подачі по похилому транспортеру необхідно змінити положення подачі зерна в бункер. Наприклад, якщо зерно подається конвеєром під кутом 80° , то необхідне зміщення точки завантаження має становити

3. Подайте матеріал у центр під кутом подачі 90° до горизонтальної лінії та заповніть бункер по ширині. Заповніть дно бункера (завантажувальний отвір) на висоті відвалу 0,42 м. Матеріал подається під кутом 70° до горизонтальної лінії на висоту купи 0,62 м. Подальше збільшення висоти відвалу дозволяє товстіші шари на краях бункера, що забезпечує більш рівномірну подачу. Просіювання може здійснюватися по всій ширині зерноочисної машини.

4 Дослідження показали, що рівномірність завантаження на решето зерноочисної машини сильно залежить від висоти шару зерна в бункері приймально-розподільчого пристрою. При подачі зерна під кутом 70° до центру бункера під нахилом шар зерна повинен мати висоту не менше 63-70 см.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Положення про охорону праці в сільськогосподарському виробництві поширюється на всі підприємства, установи, організації, підприємців, фермерів та інших юридичних і фізичних осіб, які займаються виробництвом сільськогосподарської продукції, незалежно від їх національності та форм власності. Інструкція встановлює вимоги охорони праці під час організації та виконання технологічних процесів вирощування, збирання та первинної переробки сільськогосподарської продукції, виробництва та первинної переробки продукції тваринництва і птахівництва, розвантажувально-навантажувальних робіт та вантажних перевезень. Ця інструкція є обов'язковою не тільки для керівників, спеціалістів і службовців підприємств, а й для тимчасових працівників, студентів вищих навчальних закладів та учнів професійно-технічних училищ, які проходять виробниче навчання на підприємствах. Згідно з Положенням, інструкції з охорони праці повинні бути затверджені, змінені або викладені в новій редакції керівництвом підприємства з дотриманням таких вимог.

При організації навчання з охорони праці необхідно враховувати умови збирання врожаю, які будуть застосовуватися, погодні умови, стан збиральної техніки та інструментів, кількість і кваліфікацію працівників, а також інформацію про професійні небезпеки та нещасні випадки під час збирання врожаю в умовах воєнної (конфліктної) ситуації в Україні.

4.1 Вимоги безпеки при вирощуванні озимої пшениці

4.1.1 Загальні вимоги безпеки

1. До роботи допускаються особи не молодше 18 років, які не мають медичних протипоказань і пройшли відповідний інструктаж.
2. Роботу можна розпочинати лише тоді, коли машина повністю готова до роботи.
- 3.

3. Перевіряти стан поля і працювати тільки вдень, розділивши поле на ділянки.
4. Робіть перерви тільки в спеціально відведених для цього місцях.
5. Трактор повинен бути зручним і безпечним в експлуатації.
6. Перед початком роботи переконайтеся, що аптечка готова і укомплектована.
7. Отримайте у бригадира вказівки щодо маршруту руху машини та ознайомтеся з рельєфом місцевості, місцями розворотів і переїздів.
8. Перед початком руху переконайтеся, що машина не рухається в небезпечному напрямку, подайте сигнал і рушайте з місця.
9. Перед виїздом у поле випробуйте сівалку на холостому ході.
10. Перед початком роботи перевірте роботу тягового пристрою (сівалки).
11. Не допускайте до роботи на сівалці неуповноважених осіб.
12. Не допускайте до роботи на машині сторонніх осіб.
13. Регулювання та перевірку робочих частин і механізмів виконуйте на вимкненій машині.
14. Під час заправки сівалки переконайтеся, що водій не стоїть обличчям до вітру.
15. Забороняється виходити з майстерні, сидіти або стояти на шасі, насіннєвому бункері або на корпусі сівалки під час роботи машини.
16. В кінці робочого дня водій трактора може запускати машину тільки тоді, коли робочі частини машини повністю відірвані від землі.
17. Забороняється перебування людей або обладнання в зоні повороту сівалки.
18. Для розрівнювання зерна в насіннєвому бункері можна використовувати тільки дерев'яну лопату.
19. Сівалку та висівний апарат можна чистити м'якими засобами лише тоді, коли машина зупинена.
20. Наприкінці робочого дня очистіть машину від пилу, бруду та пожнивних решток.

21 Припаркуйте машину, підклавши під колеса опори.

22 Підготуйте робочу зону.

23 Наприкінці робочого дня поверніть засоби індивідуального захисту та робочий одяг до комори та прийміть душ.

4.1.2 Заходи безпеки під час оранки передпосівного обробітку ґрунту

До цієї роботи можуть бути допущені особи, які мають посвідчення тракториста, досягли 18-річного віку та придатні за станом здоров'я для виконання цієї роботи.

Перед початком роботи водій повинен бути проінформований про вимоги.

На нерухомому тракторі відрегулюйте дишло, затягніть хомути і усуньте всі пошкодження. Замінюйте рухомі деталі тільки при непрацюючому двигуні.

Не змащуйте, не регулюйте і не очищайте дишло при працюючому двигуні.

Піднімати та опускати зчіпний дишло можна тільки з підставки трактора.

Затягніть стопорний ланцюг зчіпки трактора так, щоб бічне переміщення піднятого плуга не перевищувало 20 мм.

Для очищення робочих частин борони і плуга використовуйте миючий засіб.

Оператор повинен керувати трактором на найнижчій передачі без розгойдування і забезпечувати безпеку помічника. Забороняється працювати на машині в невідповідному спецодязі (вільному одязі); помічники повинні носити захисні засоби, що відповідають виду виконуваних робіт. Перед початком роботи оператор і помічник повинні ретельно оглянути машину, щоб переконатися, що захисні засоби знаходяться на місці і працюють належним чином. Перед запуском машини оператор повинен переконатися і подати сигнал, що між трактором і буксированою машиною або на лінії подачі машини нікого немає. Машина повинна бути обладнана звуковим попереджувальним пристроєм. Якщо між трактором і причепом знаходиться людина, не перемикайте передачу при працюючому двигуні і не виходьте з

трактора, не поставивши важіль перемикання передач в нейтральне положення. Забороняється працювати з машинами, що приводяться в рух незалежними карданними або приводними валами, без захисту муфт і з'єднувальних валів глухими кожухами. На стаціонарних машинах привідні паси, шківи і ремені трактора повинні бути захищені кожухами або захисними щитками. Запускайте і зупиняйте стаціонарні машини тільки після подачі сигналу. Не залишайте припарковані машини стояти протягом тривалого часу. Не перебувайте під машиною під час її підйому. Не розпалюйте вогнища, не паліть і не користуйтеся відкритим вогнем поблизу заправних станцій для тракторів, газонокосарок і самохідних машин. Щоб запобігти вибуху, не відкривайте кришки паливних або масляних баків відкритим полум'ям або металевими предметами, такими як молотки, поблизу паливних баків або паливних систем двигуна, незалежно від того, заправлені вони паливом чи ні. Для збирання врожаю в суху пору року трактори та косарки повинні бути обладнані іскрогасниками. Трактори і самохідні комбайни повинні експлуатуватися і змашуватися тільки механічним паливом відповідно до правил пожежної безпеки. Витоки палива або масла із з'єднань трубопроводів повинні бути негайно усунені. Необхідно часто перевіряти вогнегасники та електрообладнання для забезпечення належної роботи. Ослаблена ізоляція на з'єднаннях труб або іскри з фітінгів можуть спричинити пожежу. Не змашуйте, не регулюйте і не керуйте тракторами, двигунами або обладнанням під час руху; не перемикайте передачі і не вимикайте двигун на залізничних переїздах; не перетинайте залізничні переїзди під час роботи машини (обладнання); не перетинайте залізничні колії в місцях, де переїзди заборонені; не працюйте вночі і не перетинайте залізничні колії на техніці, яка не має належного освітлення. При перетині залізничних колій вночі на техніці, яка не має належного освітлення. Трактори та самохідні комбайни не повинні підніматися і спускатися по схилах, оскільки вони можуть зісковзнути при перемиканні передач. Якщо ви зупиняєтеся на схилі на тривалий час, вимкніть двигун,

поставте машину на першу передачу і перед зупинкою натисніть на педаль гальма. Якщо одночасно рухається більше одного агрегату, відстань між ними повинна бути не менше 30 метрів, а на схилах - 50 метрів. Ширина колії колісних тракторів під час транспортування повинна бути максимальною, а при можливості зменшуватися. Трактори, причепи та напівпричепи повинні бути обладнані стоп-сигналами і покажчиками повороту. Зчіпні пристрої, знаряддя та обладнання трактора і причепа повинні бути справними. Двигуни тракторів і комбайнів (особливо колектори і вихлопні труби) повинні бути чистими. Нагар у вихлопних трубах необхідно негайно видаляти. При використанні засобів захисту рослин необхідно дотримуватися останніх "Заходів безпеки при зберіганні, транспортуванні та застосуванні хімічних засобів захисту рослин". Хімічна боротьба зі шкідниками рослин і використання гербіцидів повинні проводитися під наглядом фахівця із захисту рослин.

4.1.3 Правила завантаження та транспортування протравленого насіння та добрив

Протруєне насіння необхідно завантажувати в мішки, а сівалки та мінеральні добрива - механічним способом у транспортні засоби. Протруєне насіння можна транспортувати до місця посіву тільки в мішках з твердого матеріалу або в пересувних сівалках. Мішки повинні бути позначені написом "протруєне" або "отруйне". Перевезення протруєного насіння особами, які володіють ним, забороняється.

4.2 Захист навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища в сільськогосподарських системах складається з комплексу заходів, спрямованих на запобігання руйнуванню і деградації природних ресурсів, раціональне їх використання, а також

відновлення і поліпшення природних ресурсів. Це збереження гумусу ґрунту, протиерозійні заходи, науково обґрунтовані системи обробітку ґрунту та раціональне використання добрив, інтегровані системи захисту проса від бур'янів, хвороб і шкідників, регулювання водоохоронних заходів, поліпшення ґрунтів тощо. Сівозміна як фактор охорони навколишнього середовища Сівозміна має вирішальне значення для вирішення екологічних проблем, оскільки вона є основою добре організованої системи охорони ґрунтів і землекористування в сучасних агролісомеліоративних системах. Структура посівів і сівозміни, розроблені в сільськогосподарській системі, повинні захищати ґрунт і запобігати руйнівному пошкодженню ґрунту, особливо ерозії, забезпечуючи при цьому необхідну врожайність. На додаток до запобігання ерозії та відновлення, методи ведення сільського господарства в кожній зоні сівозміни повинні також враховувати потенційний ризик ерозії. За межами зони сівозміни створюються буферні зони, зводяться польові укриття, встановлюються польові дороги та системи затримання снігових і талих вод. Разом з іншими заходами ці системи забезпечують надійний захист від ерозії ґрунту. У степових районах практикується смугове землеробство.

Сівозміна на сучасних сільськогосподарських угіддях надійно захищає ґрунт від ерозії, яка є основною причиною погіршення стану навколишнього середовища. Більшість поживних речовин втрачається з вимитим з полів ґрунтом. Позитивний вплив сівозміни на врожайність сільськогосподарських культур в основному пов'язаний з тим, що правильна сівозміна запобігає односторонньому виснаженню поживних речовин у ґрунті, забезпечує більш ефективне використання родючої вологи, що міститься в різних шарах ґрунту, і запобігає поширенню шкідливих бур'янів, шкідників і хвороб. Безперервний посів однієї і тієї ж культури протягом декількох років негативно впливає на врожайність, особливо у випадку з ярою пшеницею. Беззмінні культури - це ті, які висіваються на одному полі протягом тривалого періоду часу. У цьому випадку виникає потреба в сівозміні.

Сівозміна - це період часу, протягом якого культури та їхні супутники переміщуються по полю в порядку, визначеному в плані сівозміни. Розміщення культур у сівозміні має бути спрямоване на забезпечення максимальної врожайності, найбільш ефективного використання ґрунту і, водночас, збереження та відновлення родючості ґрунту. Цього можна досягти, вирощуючи на низькородючих ґрунтах культури, які не потребують мінеральних поживних речовин, але не завдають значної шкоди структурі ґрунту.

Висновки.

1. Широке використання сільськогосподарської техніки та мінеральних добрив у рослинництві вимагає докорінного поліпшення умов безпеки та гігієни праці при застосуванні базових технологій. Цього можна досягти шляхом проведення спеціальних заходів, дотримання трудового законодавства, спеціальних нормативних актів та інших документів, а також впровадження новітніх наукових знань і передового досвіду з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

2. Дотримання сівозміни для захисту ґрунту, технічне обслуговування сільськогосподарської техніки та транспортних засобів, особлива увага до тваринництва та своєчасне прибирання внутрішніх і зовнішніх територій. 3. дотримання технологій зберігання добрив.

5 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОЧОГО ОРГАНУ МАШИНИ

Метою економічного обґрунтування є визначення економічної доцільності застосування запропонованого технічного рішення щодо вдосконалення роботи приймально-розподільного пристрою. Розрахунок економічної ефективності ґрунтується на тому, що застосування запропонованого приймально-розподільного пристрою дає змогу підвищити продуктивність зерноочисної машини на 12 % і якість обробки зернового матеріалу (таблиця 5.1). За рахунок рівномірного розподілу матеріалу по ширині зерноочисної машини поліпшується сепарація зернового вороху, що дає можливість отримати зерно 3 класу. Під час обробки зернового матеріалу на серійній машині отримують зерно 4 класу.

Як об'єкт для порівняння обрали стаціонарну зерноочисну машину МЗС-25, призначену для попереднього і первинного очищення зернового вороху колосових, круп'яних, зернобобових культур, кукурудзи, сорго вороху колосових, круп'яних, зернобобових культур, кукурудзи, сорго і соняшнику від різних домішок на елеваторах, хлібоприймальних підприємствах, зерноочисних комплексах (ЗАВ, КЗС) у всіх кліматичних зонах

Встановлено, що базова зерноочисна машина МЗС-25 у режимі первинного очищення за продуктивності 25 т/год забезпечує вихід товарного зерна 87,8 %, фуражу 9 % і відходів 3,2 %. У нашому випадку, зерноочисна машина з удосконаленим приймально-розподільним пристроєм в режимі первинного очищення розподільчим пристроєм у режимі первинного очищення забезпечує продуктивність 28 т/год, при цьому вихід товарного зерна склав 81,6 %, фуражу 15 % і відходів 3,4 %. Для збиральних робіт оптимальним є період 10...12 днів. В протягом 12 днів при роботі у дві зміни на обробці зернового вороху пшениці буде очищено:

$$Q = qt_3 n_3 n_d \tau \quad (5.1)$$

q – продуктивність машини, т/год

t_c – тривалість зміни, год

Таблиця 5.1 – Показники базового варіанту та запропонованого технічного рішення

Вихідні дані	Базовий	Запропонований
Вартість машини, грн	320000	390000
Кількість агрегатів	1	1
Термін експлуатації, р	8	8
Тривалість робіт, дн	12	12
Річне нормативне навантаження машини, год	400	400
Продуктивність первинного очищення, т/год	25	28
Проектований об'єм очищення зерна, т	4080	4570
Вихід продукту: продовольче зерно, %/ т	87,8/ 3582	81,6 /3729
фуражне зерно, %/ т	9 / 367	15 / 686
Коефіцієнт використання часу зміни	0,85	0,85
Кількість обслуговуючого персоналу, люд	1	1
Тарифна ставка, грн/люд-год	115,5	115,5
Потужність електродвигуна, кВт	4	4,75
Вартість електоренргії, грн/кВт-год	1,7	1,7
Річний фонд часу одного робітника, люд-год	360	360
Собівартість 1 т зерна, грн	4250	4250
Ціна продукції (продовольче зерно), гр/т	7600	7600
Ціна продукції (фуражне зерно), гр/т	6000	6000
Відрахування на поточний ремонт та технічне обслуговування, %	10	10

n_c – кількість змін

n_d – кількість днів роботи

τ – коефіцієнт використання часу зміни.

При $t_c = 8$ год, $n_c=2$, $n_d=12$, $\tau=0,85$ маємо:

Базовий варіант

$$Q = 25 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 0,85 = 4080t$$

Запропонований

$$Q = 28 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 0,85 = 4570t$$

Для базового варіанта, з урахуванням того, що вихід товарного зерна склав 87,8 %, а фуражу 9 %, то від загального обробленого зерна кількість товарного зерна складе 3582 т і 367 т фуражного зерна. У разі використання запропонованого варіанта експериментального зразка (вихід товарного зерна 81,6 %, фуражу 15 %) з усього обробленого зерна вийде 3729 т товарного зерна і 686 т фуражного зерна.

Розрахунок витрат праці та фонду оплати праці на виконання робіт з переробки сировини та кошторис витрат на виконання операцій наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Витрати праці та фонд оплати праці, кошторис витрат та економія експлуатаційних витрат

Показники	Базо вий	Запропонов аний
Кількість працівників, які обслуговують машину в дві зміни, лю	2	2
Проектований об'єм очищення зерна, т	4080	4570
Час обробки зерна, год	192	192
Витрати праці на 1 т сировини, люд-год/т	0,04 7	0,042
Економія праці, люд-год:		
-На 1 т сировини		0,005
-На весь об'єм продукту		22,9

Час обробки зерна – всього, год	192	192
Рівень оплати праці, грн/год	115, 5	115,5
Оплата праці за весь об'єм робіт обробки зерна, грн	2217 6	22176
Оплата праці на 1 т сировини, грн/т	34	30,2
Економія фонду оплати праці, грн		
На 1 т сировини		0,38
На весь об'єм продукту (за рік)		27900
Кошторис витрат та економія експлуатаційних витрат		
Витрати на сировину (зерно), грн	2774 400	3121200
Оплата праці з надбавками, грн	2217 6	22176
Амортизація обладнання, грн	2007 1,4	21650
Відрахування на ремонт, ТО, грн	1405 0	15155
Витрати на електроенергію, гр	4945 ,6	4945,6
Загальні витрати	2811 733,6	3161217,1
Непередбачувані витрати (5% від загальних)	1405 86,6	158060,8
Економія виробничих витрат		
На 1 т продукції, грн		32,3
На всю продукцію, грн		23736

Завдяки модернізації решітного стану спостерігається економія витрат праці на 22,9 людини. - год і фонду оплати праці - на 27900 грн. Наведені в таблиці 5.2 дані показують, що модернізація приймально-розподільчого пристрою призводить до збільшення виробничих витрат загалом, але з урахуванням зростання обсягу перероблення зернового матеріалу виникає економія витрат на тонну продукції в розмірі 32,3 грн, економія виробничих витрат на весь обсяг становитиме 23,74 тис. грн

5.1 Методика розрахунку річного економічного ефекту решітного стану зерноочисної машини

Річну економію прямих експлуатаційних витрат визначаємо з формули:

$$\Delta I = (A_o - A_e + R_o - R_e + \Gamma_o - \Gamma_e)Qt, \text{ грн} \quad (5.2)$$

Річна економія прямих експлуатаційних витрат в запропонованому варіанті складає 23740 грн.

Річний економічний ефект з урахуванням підвищення продуктивності машини складає 239860 грн.

$$E_p = E + \Delta I, \text{ грн} \quad (5.3)$$

Термін окупності додаткових капітальних вкладень визначаємо з формули:

$$T_{ок} = \frac{-\ln\left(1 - \frac{K_0 NS}{E_p}\right)}{\ln(1 + NS)} \quad (5.4)$$

$K_0 = 110500$ грн – додаткові капітальні вкладення

$NS=0,14$ – коефіцієнт, що відображає облікову річну ставку відсотка за кредитами банку або вкладом у банк

Економічний ефект за термін служби зерноочисної машини:

$$K_m = E_p \frac{(1 + NS)^T - 1}{NS} \quad (5.5)$$

T - термін служби зерноочисної машини, роки

$K_m = 317400$ грн

Річний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, що показує середню річну відносну величину приросту суми економічного ефекту, визначаємо за формулою

$$E_t = \left(\frac{K_m}{K_0} \right)^{1/T} - 1$$

Данні інвестиційного проєкту наведені в таблиці 5.3

Таблиця 5.3 – Оцінка інвестиційного ефекту

Показники	Базовий	Запропонований
Всього поточних витрат, грн	33951	381717
	7	
Валова продукція за рік, т		
Продовольче зерно	3582	3729
Фуражне зерно	367	686
Ціна продукції, тис. грн/т		
Продовольче	9,2	9,5
фуражне	7,1	7,1
Вартість власної продукції, тис. грн	4701,6	5439,7
Прибуток, тис.грн	1304,9	1622,6
Податки, тис. грн	326,2	405,6
Рівень рентабельності, %	28,8	31,8
Розрахунок інвестиційного ефекту		
Чистий прибуток, тис. грн	978,7	1217
Додатковий чистий прибуток, тис.грн		238,2
Амортизація додаткових капітальних вкладень, тис.грн		16
Інвестиційний ефект, тис грн		239,8

Порівняльний аналіз економічної ефективності наведено в таблиці 5.4

Таблиця 5.4 – Порівняльні показники ефективності удосконаленої машини

Показники	Базовий	Запропонований
Проектований об'єм очищення зерна, т	4080	4570
Витрати праці на 1 т сировини, люд-	0,047	0,042

год/т		
Економія праці, люд-год		
- на 1 т сировини		0,005
- на весь об'єм продукту (за рік)		22,9
Економія фонду оплати праці, грн		
- на 1 т сировини		0,38
- на весь об'єм продукту (за рік)		2790
Додатковий прибуток, тис.грн		238,2
Інвестиційний ефект, тис.грн		239,8
Ефект за термін експлуатації, тис грн		3174
Коефіцієнт ефективності вкладен		0,8
Термін окупності вкладень, років		0,38

Наведені дані свідчать, що у запропонованому варіанті отриманий додатковий прибуток у розмірі 238,2 тис грн, рентабельність виробництва по чистому прибутку збільшиться на 3,08 %, інвестиційний ефект від впровадження машини з запропонованим решітним станом складає 239,8 тис.грн.

Представлені розрахунки з визначення ефективності проекту показали, що використання модернізованої конструкції решітного стану є економічно доцільним. Впровадження запропонованого технічного рішення за рахунок підвищення продуктивності обладнання, скорочення кількості фуражного зерна і зростання обсягу продовольчого зерна дасть змогу отримати річний економічний ефект у розмірі 239,86 тис. грн.

Висновки

1. Наведені розрахунки свідчать, що у запропонованому варіанті отриманий додатковий прибуток у розмірі 238,2 тис грн, рентабельність виробництва по чистому прибутку збільшиться на 3,08 %, інвестиційний ефект від впровадження машини з запропонованим решітним станом складає 239,8 тис.грн.
2. За термін експлуатації проектної зерночисної машини величина економічного ефекту складе 3174 тис. грн. Ставка банківського відсотка істотно нижча за значення річного коефіцієнта ефективності

капітальних вкладень [(NS = 0,14) < (Et = 0,802)]. Використання запропонованої зерноочисної машини з модернізованим решітним станом окупитися менш ніж за рік її експлуатації.

Висновки

1. Найбільший потенціал для вдосконалення мають гравітаційні системи приймання та розподілу. Для тривалого зберігання насіння різних культур необхідна своєчасна і якісна мийка зерна для досягнення високих показників схожості та врожайності, а також для зменшення кількості бур'янів на полі.

2. Висока якість посівного матеріалу може бути досягнута при післязбиральній обробці зерна лише за умови мінімізації кількості проходів транспортних засобів та зерномийних машин.

3. Для формування симетричних куп в бункері приймально-розподільчого обладнання з похилою подачею необхідно змістити місце входу зерна в бункер на 25-27 см при куті подачі 70° і на 12-14 см при куті подачі 80°.

4. Для забезпечення рівномірного розподілу матеріалу від входу в приймальний пристрій і по всьому бункеру, висота бурту повинна бути не менше 0,6 м.

5. При заповненні всієї ширини і центру бункера під кутом 90° до горизонтальної лінії висота шару становить 0,42 м; при заповненні дна бункера (вхідна подача) під кутом 70° до горизонтальної лінії висота шару становить 0,62 м. Додаткова висота шару забезпечує товщину шару на краю бункера, що призводить до більш рівномірного завантаження решіт по всій ширині зерноочисної машини.

6. Тому мінімальна висота шару зерна в приймально-розподільчому пристрої повинна бути не менше 45-48 см для вертикальної подачі в бункер. Для похилої подачі, коли зерно подається під кутом 70° до центру бункера, висота шару повинна бути не менше 63-70 см.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Механізація переробки та зберігання сільськогосподарської продукції: курс лекцій / Н.І. Хомик, В.П. Олексюк, О.П. Цьонь – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. – 288с.
2. Сарана В.В., Аношкін О. С. Аналіз барабанних та роторних зерноочисних сепараторів [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/772317.pdf>.
3. Васильковський М.І. Обґрунтування основних параметрів замкненої двохступеневої пневмосепаруючої системи ЗОМ / М.І. Васильковський, О.М. Васильковський, С.М. Лещенко // Вісник Харківського національного технічного університету ім. П. Василенка. – Харків, 2007. – Вип. 59 – С. 177–186.
4. Спирін А.В., Котов Б.І., Зозуляк О.В. Моделювання та ідентифікація процесу сепарації дрібного вороху вібраційно-повітряними очистками зернозбирального комбайну. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2016. №4. С. 42-45.
5. The influence of basic parameters of separating conveyor operation on grain cleaning quality [Text] / O. Vasytkovskyi, K. Vasytkovska, S. Moroz, M. Sviren, L. Storozhyk // INMATEH - Agricultural Engineering – Romania, Bucharest: INMA. Vol. 57, No.1. 2019, 63-70.
6. Солоня О.В., Купчук І.М., Паламарчук В.І. Прикладна механіка. Методичні рекомендації для виконання курсового проекту. Вінниця : ВНАУ, 2017. 84 с.
7. Стоцько З.А., Ребот Д.П., Топільницький В.Г. Визначення впливу властивостей сипкого середовища на ефективність сепарації. Вісник НУЛП Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні. Львів. 2018. Вип.891. С. 60–65.

8. Солона О.В., Купчук І.М. Практикум з Теорії механізмів і машин : навчальний посібник. Вінниця : Друк, 2020. 250 с.
9. Розробка конструкції та обґрунтування параметрів відцентрового решітного сепаратора зерна [Текст] : автореф. дис... канд. техн. наук: 05.05.11 / Васильковський Олексій Михайлович ; Кіровоградський держ. технічний ун-т. - Кіровоград, 2001. - 21 с
10. Солона О.В., Березовий М.Г., Черниш О.М. Алгоритми кінематичного і силового аналізу важільних механізмів з гідроприводом. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. 2012. №11. С. 383-387.
11. Васильковський О., Лещенко С., Васильковська К., Петренко Д. Основи наукових досліджень. Перші наукові кроки. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. - Харків: Мачулін, 2019. 164 с
12. Сивак І.О., Деревенько І.А., Островський А.Й. Практикум з механіки матеріалів і конструкцій : навчальний посібник.. Вінниця : ВНАУ, 2011. 144 с
13. Рудницький Б.О., Антонів С.Ф., Запрута О.А. Особливості технології вирощування насіння нових та перспективних сортів бобових трав в умовах Лісостепу України. Сільське господарство та лісівництво. 2017. Вип. №7, Т. 2. С. 70-76.
14. Павленко В.С., Цуркан О.В., Кравченко І.Є., Любін М.В. Пасові передачі. Теорія, розрахунки, конструювання : навчальний посібник. Київ : «Хай-Тек Прес», 2011. 140 с.
15. Павленко В.С., Паламарчук І.П., Цуркан О.В., Полевода Ю.А. З'єднання в машинобудуванні : навч. посібник. Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2015. 110 с.
16. Погорілець О.М. Зернозбиральні комбайни / О.М. Погорілець, Г.І. Живолуп. – К.: Урожай, 1994. – 232 с.

17. Михайлов А.Д., Пастухов В.І., Бакум М.В. Машини, агрегати та комплекси для післязбиральної обробки зерна і насіння. Харків : Навчальне видання, 2012. 95 с.

18. Моделювання технологічних процесів в типових об'єктах післязбиральної обробки і зберігання зерна (сепарація, сушіння, активне вентилявання, охолодження): монографія / Б. І. Котов, Р. А. Калініченко, С. П. Степаненко, В. О. Швидя, В. О. Лісецький. Ніжин: Видавець ПП Лисенко М. М., 2017. 552 с.

19. Лузан П.Г. Нові конструкції решіткових сепараторів / П.Г. Лузан, О.М. Васильковський // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Вип. 27, 1999. с. 123-127

20. Котов Б.І., Спирін А.В., Зозуляк О.В. Моделювання та ідентифікація процесу сепарації дрібного вороху вібраційно-повітряними очистками зернозбирального комбайну. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2017. №1. С. 26-29

21. Заїка П.М., Бакум М.В., Михайлов А.Д. Вібраційна насіннеочисна машина для доочищення насіння сільськогосподарських культур. Журнал Пропозиція. № 6, 2005. с. 102.