

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ  
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ  
ІМ. ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: **„Обґрунтування параметрів та режимів роботи зернової сівалки  
з гвинтовим висіваючим апаратом”**

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-62

Спеціальності 208 „Агроінженерія”

(шифр і назва)

Сидоренко Юрій Миколайович

(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., в. о. доц. Левчук О.В.

(Прізвище та ініціали)

Рецензенти: \_\_\_\_\_

(Прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**  
**ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ**  
**ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**  
**КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ**  
**ІМ. ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

к.т.н., доцент Андрій ШАРИБУРА  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

**З А В Д А Н Н Я**

на кваліфікаційну роботу студенту  
**Сидоренко Юрію Миколайовичу**

1. Тема роботи: **„Обґрунтування параметрів та режимів роботи зернової сівалки з гвинтовим висіваючим апаратом”**

Керівник роботи: Левчук Олександр Васильович, к.т.н., в.о. доцента  
Затверджена наказом по університету від 25.04.2023 року № 118/К-С

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 19.02.2024 року.

3. Вихідні дані: 1. Навчальна та наукова література з питань механізації сівби зернових культур; 2. Патентна інформація; 3. Нормативна та регламентна документація щодо методики наукових досліджень; 4. Початкові дані розрахунків.

4. Перелік питань, які необхідно розробити

Вступ

1. Сучасний стан розвитку технології і засобів механізації сівби зернових культур

2. Обґрунтування основних параметрів зернової сівалки

3. Обґрунтування основних параметрів висіваючого апарата

4. Програма і методика експериментальних досліджень

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

6. Вартісне оцінення доцільності удосконалення сівалки

Висновки та пропозиції.

Бібліографічний список.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):  
тема – 1-й слайд; мета роботи та завдання дослідження – 2-й слайд; способи сівби – 3-й слайд; фізико-механічні властивості насіння – 4-й слайд; граничні навантаження на насіння – 5-й слайд; огляд конструкцій висівальних апаратів – 6-й слайд; обґрунтування параметрів насіннєвого бункера – 7-й слайд; обґрунтування основних параметрів висівального апарата – 8-й слайд; схема сил, що діють на зерно під час руху зерна по рухомій гвинтовій спіралі – 9-й слайд; залежність продуктивності висівального апарату від кутової швидкості його обертання – 10-й слайд; вартісне оцінення доцільності удосконалення сівалки – 11-й слайд.

#### 6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 4, 6	Левчук О.В. к.т.н., в.о. доцента кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. Олександра Семковича			
5	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 25.04.2023 р.

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Написання першого розділу</i>	<i>25.04.23-24.04.23</i>	
2.	<i>Виконання другого розділу: «Обґрунтування основних параметрів зернової сівалки»</i>	<i>25.04.23-29.06.23</i>	
3.	<i>Виконання третього розділу: «Обґрунтування основних параметрів висівального апарата»</i>	<i>30.06.23-5.08.23</i>	
4.	<i>Написання розділу: «Програма і методика експериментальних досліджень»</i>	<i>6.08.23-2.10.23</i>	
5.	<i>Написання розділу: «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»</i>	<i>3.10.23-30.10.23</i>	
6.	<i>Написання розділу: «Вартісне оцінення доцільності удосконалення сівалки»</i>	<i>31.10.23-30.11.23</i>	
7.	<i>Завершення роботи в цілому</i>	<i>1.12.2-19.01.24</i>	

Студент \_\_\_\_\_ Сидоренко Ю.М.  
 (підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Левчук О.В.

УДК: 631.3.004

Магістерська робота: 98 с. текст. част., 21 рис., 9 табл., 11 лист., 23 джерел.

Обґрунтування параметрів та режимів роботи зернової сівалки з гвинтовим висіваючим апаратом.

Сидоренко Ю.М. Кафедра АТС ім. проф. Олександра Семковича. – Дубляни, Львівський НУП, 2024.

Здійснено аналіз сучасного стану розвитку технології і засобів механізації сівби зернових культур. Проаналізовано існуючі на даний час способи сівби й агротехнічні вимоги до них, здійснено огляд вітчизняних конструкцій посівних машин та висіваючих апаратів, описано основні властивості насінин, що впливають на технологію і техніку сівби.

Виконано обґрунтування основних параметрів зернової сівалки, а саме: вибір технологічної схеми сівалки; обґрунтування параметрів насінневого бункера; проектування і розрахунок стрілчастої лапи-сошника.

Виконано обґрунтування основних параметрів запропонованого висіваючого апарата, а саме: описано будову і принцип роботи запропонованого висіваючого апарата; визначено кінематичні параметри руху насінин в апараті; визначено секундну продуктивність апарату; виконано розрахунок приводу висіваючого апарата.

Наведено програму і методику експериментальних досліджень.

Виконано техніко-економічну оцінку доцільності удосконалення сівалки.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
1. СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ І ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ СІВБИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР .....	9
1.1. Способи сівби й агротехнічні вимоги до нього.....	9
1.2. Технологічні властивості насінин .....	13
1.3. Огляд конструкцій посівних машин .....	22
1.4. Огляд конструкцій висіваючих апаратів .....	28
Висновки до розділу 1 .....	31
2. ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗЕРНОВОЇ СІВАЛКИ.....	32
2.1. Вибір технологічної схеми сівалки .....	32
2.2. Обґрунтування параметрів насіннєвого бункера .....	34
2.3. Проектування і розрахунок стрілкової лапи-сошника .....	37
Висновки до розділу 2 .....	43
3. ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИСІВАЮЧОГО АПАРАТА.....	44
3.1. Будова і принцип роботи запропонованого висіваючого апарата	44
3.2. Визначення кінематичних параметрів руху насінин в апараті ...	45
3.3. Визначення секундної продуктивності апарату .....	51
3.4. Розрахунок приводу висіваючого апарата .....	54
Висновки до розділу 3 .....	57
4. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	58
4.1. Програма експериментальних досліджень .....	58
4.2. Методика експериментальних досліджень .....	59
4.2.1. Вибір досліджуваних параметрів .....	59
4.2.2. Умови проведення випробувань і вибір режимів роботи .....	62
4.2.3. Методика визначення показників якості роботи сівалки .....	63

	6
4.2.4. Методика визначення умов проведення досліджень .....	69
4.3. Опис конструкції експериментальної установки .....	71
4.4. Планування експерименту .....	74
Висновки до розділу 4 .....	79
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	80
5.1. Моделювання процесу виникнення травм та аварій .....	80
5.2. Розробка логічно-імітаційної моделі травм .....	82
5.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях .....	85
Висновки до розділу 5 .....	87
6. ВАРТІСНЕ ОЦІНЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ СІВАЛКИ .....	88
Висновки до розділу 6 .....	95
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ .....	96
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	97

## ВСТУП

Сільське господарство було завжди стратегічно важливою галуззю народного господарства будь-якої держави, у тому числі й України. Воно забезпечує продовольчий суверенітет країни. Саме тому воно є одним із пріоритетних напрямків реформування і розвитку, одним із пріоритетних об'єктів уваги держави. Доказом може служити оголошення Президентом України 2006 рік роком розвитку і підтримки села.

Також доказом важливості сільського господарства можуть служити численні концепції і програми розвитку сільського господарства, що були прийняті за роки незалежності.

У даному світлі подій актуальними стає розробка нових методів сівби та удосконалення машин, якісно й економічно переважаючих колишні машини, що відповідають вимогам сучасного часу.

Багато вчених в області землеробської механіки зверталися у своїй творчості до питань теорії сівби. Академік В.П. Горячкін та його послідовники і учні академіки В.А. Желіговский, А.Н. Карпенко, П.М. Василенко, М.В. Сабліков, проф. М.Н. Летошнев та інші поклали початок теорії сівби і внесли великий вклад у розробку технологічних основ побудови посівних машин.

Тому для досліджень було обрано цей актуальний і стратегічно важливий напрямок, спрямований на розробку нових посівних машин. Головною задачею, розв'язуваною магістерською роботою, є обґрунтування основних параметрів та режимів роботи централізованого гвинтового висіваючого апарата, а також зернової сівалки з запропонованим апаратом.

**Мета роботи** – підвищити ефективність механізованого процесу сівби зернових культур.

**Завдання дослідження:**

– здійснити аналіз основних властивостей насінин, що впливають на технологію і техніку сівби;

- здійснити обґрунтування основних параметрів зернової сівалки, які забезпечують нормальне протікання робочого процесу;
- розробити методику і виконати програму проведення експериментів лабораторно-польових досліджень з визначення впливу різних факторів на якісні та енергетичні показники роботи зернової сівалки з гвинтовим висіваючим апаратом;
- виконати вартісне оцінення доцільності удосконалення сівалки.

**Об'єкт дослідження:** вплив різних факторів на якісні та енергетичні показники роботи зернової стерньової сівалки-культиватора з гвинтовим висіваючим апаратом.

**Предмет дослідження:** вплив швидкості руху сівалки, параметрів висіваючого апарата на показники якості сівби.

**Наукова новизна** одержаних результатів полягає в тому, що вперше: виконано проектування гвинтового висіваючого апарата, що забезпечує безупинне надходження насінин з бункера в міжвитковий простір гвинтової спіралі і стійкого рівномірного висіву.

**Практичне значення** результатів полягає у тому, що: запропонований гвинтовий висіваючий апарат, а також особливість технологічного процесу – рух сипучого матеріалу спочатку по конусі вниз, а потім по гвинтовій спіралі нагору дозволяє зменшити вплив коливань агрегату на рівномірність висіву і знизити габарити і металоємність сівалки.



# 1. СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ І ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ СІВБИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

## 1.1. Способи сівби й агротехнічні вимоги до нього

Спосіб сівби багато в чому залежить від посівних якостей насінин сільськогосподарських культур і ґрунтово-кліматичних умов. Основне завдання сівби полягає в забезпеченні найкращих умов проростання насінин, а надалі – розвитку рослин, а також в одержанні їхньої оптимальної густоти при рівномірному розміщенні в рядках.

Кожна культура вимагає для нормального розвитку певної площі живлення. Виходячи з цього обґрунтовується оптимальна густота висіву рослин, при якій враховується не тільки максимальна продуктивність однієї рослини, але і сумарна врожайність.

Способи сівби сільськогосподарських культур визначаються необхідною густотою насадження і порядком розміщення рослин на одиниці площі. У залежності від цього приймається величина міжряддя і відстань між рослинами [5, 7, 17, 18, 19].

Суворо наукових обґрунтувань ширини міжрядь сільськогосподарських культур немає. Історично сформовані міжряддя зернових і просапних культур перетерплюють деякі зміни в міру підвищення посівних якостей насінин, використання хімії в сільському господарстві, підвищення загального рівня культури землеробства, створення нової сільськогосподарської техніки.

За шириною міжрядь і розміщення насіння в рядках розрізняють такі способи сівби і садіння: рядковий, перехресний, вузькорядний, широкорядний, стрічковий, пунктирний, гніздовий, квадратно-гніздовий, смуговий і розкидний (рисунки 1.1).

*Рядковий спосіб* сівби (рисунки 1.1, а) забезпечує розміщення насіння у ґрунті рядками з міжряддями 12...15 см. Відстань між насінинами в рядку

може бути різною. Застосовують цей спосіб в основному при вирощуванні зернових культур [5, 7, 17, 18, 19].

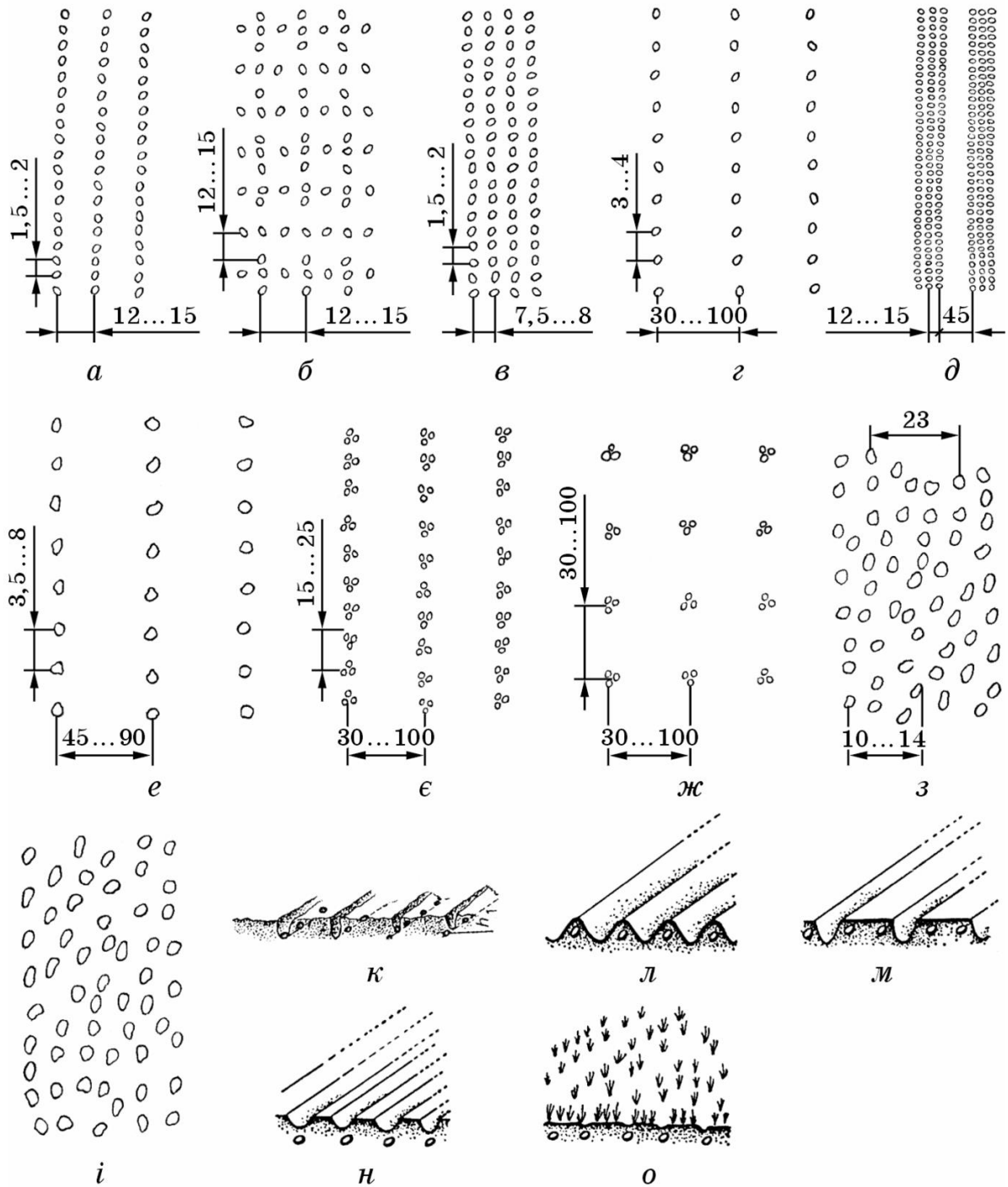


Рисунок 1.1 – Способи сівби сільськогосподарських культур:  
 а – рядковий; б – перехресний; в – вузькорядний; г – широкорядний;  
 д – стрічковий; е – пунктирний; є – гніздовий; ж – квадратно-гніздовий;  
 з – смуговий; і – розкидний; к – на рівній поверхні поля; л – на гребнях;  
 м – на грядках; н – у борозни; о – по стерні.

*Перехресний спосіб* (рисунок 1.1, б) полягає в тому, що норму висіву насіння висівають за два проходження агрегату рядковим способом у двох напрямках, що перетинаються (рядки вздовж і впоперек або по діагоналі). За цього способу насіння розподіляється у ґрунті рівномірніше, ніж при рядковому, що сприяє підвищенню врожайності.

*Стрічковий спосіб* сівби (рисунок 1.1, д) відрізняється від рядкового тим, що кілька рядків, найчастіше 2 – 4, об'єднані в стрічку. Відстань між стрічками значно більша, ніж між рядками у стрічці. Міжряддя між стрічками обробляють. Стрічковим способом висівають овочеві культури, просо та ін.

*Пунктирний, або однозерновий, спосіб* (рисунок 1.1, е) передбачає розміщення насіння у рядках поодинокі, на однаковій відстані з міжряддям 45...90 см. Завдяки цьому способу досягають значної економії насіння, підвищується врожайність і зменшуються затрати праці при догляді за рослинами. Пунктирним способом висівають технічні, овочеві та інші культури.

*Гніздовий спосіб* сівби (рисунок 1.1, є) є різновидом широкорядного і полягає в тому, що насіння розміщують у рядках гніздами по кілька штук найчастіше з однаковим інтервалом між ними. Відстань між гніздами визначають залежно від особливостей культури. Застосовують цей спосіб для овочевих та інших культур. Він дає змогу здійснювати міжрядний обробіток.

*Квадратно-гніздовий спосіб* сівби (рисунок 1.1, ж) полягає в тому, що насіння у рядках розміщують гніздами (групами) з певним інтервалом і на одній лінії у поперечному напрямку в усіх рядках. Насіння розміщується у вершинах квадратів або прямокутників. За однакових відстаней між гніздами і рядками (найчастіше 70...90 см) цей спосіб називають квадратногніздовим, а якщо гнізда розміщені по кутах прямокутника, то прямокутногніздовим. Квадратно-гніздовий спосіб дає можливість проводити міжрядний обробіток у поздовжньому та поперечному напрямках.

*Смуговий спосіб* сівби (рисунок 1.1, з) передбачає розподіл насіння у ґрунті у вигляді смуги 100...140 мм завширшки. Між смугами можуть бути незасіяні проміжки. Цим способом висівають насіння зернових культур по стерньових фонах, насіння деяких овочевих та інших культур. Відстань між центрами смуг для зернових культур становить 22,8 см.

*Розкидний спосіб* сівби (рисунок 1.1, і) полягає в розсіюванні насіння технічними засобами по поверхні поля. Загортають насіння у ґрунт зубовими боронами. Рівномірність розподілу насіння по площі і глибині загортання невисока. Цим способом висівають насіння трав на луках і пасовищах, рис у чеках тощо.

За профілем денної поверхні поля розрізняють такі види сівби і садіння: на рівній гладенькій поверхні поля, сівба насіння на попередньо нарізаних гребенях або грядках, сівба в борозни і сівба по стерньових фонах. Той чи інший спосіб застосовують залежно від ґрунтово-кліматичних умов і особливостей сільськогосподарської культури.

*Сівбу на рівній поверхні поля* (рисунок 1.1, к) доцільно проводити в зонах нормального або недостатнього зволоження.

*Сівбу на гребенях і грядках* (рисунок 1.1, л, м) застосовують за значної вологості ґрунту, недостачі тепла і при зрошенні.

*Сівбу в борозни* (рисунок 1.1, н) здійснюють у посушливих зонах в основному для просапних культур (кукурудза, сорго та ін.) з метою загортання насіння у вологий шар ґрунту, поліпшення зволоження рослин.

*Сівбу по стерні* (рисунок 1.1, о) проводять здебільшого в посушливих зонах в умовах вітрової ерозії, стерня захищає ґрунт від видування вітром.

До технологічних процесів сівби і посадки ставляться три основні вимоги [5, 7, 17, 18, 19]:

- розміщення заданої кількості насінин на одиницю площі поля;
- рівномірний розподіл їх по площі, що засівається;
- рівномірне загортання на визначену глибину.

При висадженні розсади додається вимога вертикального її розташування, а при сівбі в районах з вітровою ерозією ґрунтів – ущільнення ґрунту після сівби. Відхилення загального висіву насінин від заданої норми не повинно перевищувати 3%. Середня нерівномірність висіву між окремими висіваючими апаратами допускається при сівбі зернових культур не більше 3%. Коливання ширини міжрядь повинно бути не більше: в основних  $\pm 1$  см, суміжних сівалок  $\pm 2$  см, суміжних проходів  $\pm 5$  см; відхилення від заданої глибини загортання – не вище  $\pm 15\%$ . Не допускаються незагорнуті насінини на поверхні поля. Поворотні смуги повинні бути засіяні. При точному висіві не менше 80% одиночних насінин повинно розміщатися на заданій відстані одне від іншого. Число пропусків не повинне перевищувати 2% від числа висіяних насінин.

## 1.2. Технологічні властивості насінин

Насінини являють собою матеріал, призначений для сівби.

Вивчає розвиток і життя насінин з моменту запліднення до переходу до атмосферного живлення нової рослини насінництво – галузь сільськогосподарської науки, що займається питаннями фізіології, біохімії, анатомії, морфології, мікробіології та ін.

Основні властивості насінин, що впливають на технологію і техніку сівби, поєднують під поняттям технологічні властивості насінин. До них відносять посівні якості насінин і їхні фізико-механічні властивості.

До посівних якостей насінин відносяться господарська придатність, чистота, схожість, енергія проростання, посівна придатність, вологість, маса 1000 насінин, щільність та ін.

Господарська придатність насіння характеризується процентним умістом схожих насінин у посівному матеріалі [8, 12, 18, 19]:

$$\Gamma_x = \frac{NB}{100}, \quad (1.1)$$

де  $H$  – чистота насіння, %;

$B$  – схожість насінь, %.

Господарську придатність насіння визначають для встановлення правильної норми висіву тільки кондиційного посівного матеріалу.

Чистота насіння визначається процентним вмістом насінин основної культури в насінному матеріалі. Методи визначення чистоти встановлюються ГОСТ 12037–66.

Схожість насінин характеризується процентним вмістом нормально пророслих насінин у пробі, узятій для аналізу. Лабораторну схожість насінин визначають шляхом пророщення їх при оптимальних умовах, встановлених ГОСТ 12038–66, яким передбачається одночасне визначення енергії проростання і посівної придатності насінин.

Польова схожість визначається кількістю сходів, що з'явилися за 30 днів після сівби, вираженим у відсотках від числа висіяних схожих насінин.

Польова схожість насінин залежить від схожості насінин, ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування культур, досконалості технології і техніки сівби, агрофону і своєчасності виконання технологічних операцій.

Для кожної характерної зони країни спостерігається приблизно однакове розходження в середньому між лабораторною і польовою схожістю насінин. Регулярне нагромадження і порівняння даних лабораторної і польової схожості за тривалий період дозволяють враховувати цю різницю при розрахунку норм висіву насінин.

Значення лабораторної схожості насінин пшениці складає 98,0-99,3%, а значення польової схожості 51,9-90,0%.

Енергія проростання насінин характеризує дружність проростання і визначається відсотком нормально пророслих насінь за визначений термін.

Посівна придатність визначається схожістю насіння основної культури [8, 12, 18, 19]:

$$\Gamma_n = \frac{AB}{100}, \quad (1.2)$$

де  $A$  – кількість насіння основної культури в посівному матеріалі, %.

Вологість насіння – виражений у відсотках вміст води в насіннєвому матеріалі визначається за формулою:

$$\omega = \frac{[(M_1 + m_1) - (M_2 + m_2)] \cdot 100}{m_1}, \quad (1.3)$$

де  $M_1, M_2$  – маса бюкси з кришкою до і після висушування;

$m_1, m_2$  – маса наважки насіння до і після висушування.

Вологість насіння визначається відповідно до держстандарту 12041-66.

Маса 1000 насінин (таблиця 1.1) характеризує їхню повноцінність: важкі насінини мають кращі посівні властивості, вони повноцінніші, ніж легковагі.

Маса 1000 насінин, приведена до маси абсолютно сухої речовини, називається абсолютною [8, 12, 18, 19]:

$$A = \frac{B(100 - \omega)}{100}, \quad (1.4)$$

де  $B$  – маса 1000 насінин, взятих для аналізу.

Таблиця 1.1 – Маса насінин

Автор	Маса (г) 1000 насінин							
	пше- ниці	жита	ячмен ю	вівса	куку- рудзи	проса	гороху	гречки
Якушин І.В.	14-54	18-30	30-45	20-35	150- 300	7-8	128- 150	20-25
Летошнев М.Н.	17-42	18-34	24-52	19-40	-	-	-	-
Семенов А.Н.	29-32	18-30	38-45	24-30	150- 300	-	-	-
Строна І.Г.	15-88	13-60	20-55	15-45	50- 1100	3-8	40-450	14-40
Кюне Г.	15-60	13-50	23-58	14-54	-	-	-	-

Абсолютною масою користуються при спеціальних дослідженнях, коли потрібно більш точно характеризувати якість насіння, наприклад, у насінництві. Для кожного сорту вона коливається в широких межах у залежності від агротехнічних і кліматичних умов вирощування, ґрунту, густоти насаджень рослин, місця розташування зерен на материнській рослині.

Масу 1000 насінин і абсолютну масу необхідно враховувати при розрахунку норми висіву насіння і при перерахунку з заданої норми, вираженої в шт/га, на норму, виражену в кг/га.

Щільність визначається відношенням маси насіння  $m$  до його об'єму  $V$ :

$$\rho = \frac{m}{V}. \quad (1.5)$$

Відносна щільність характеризується відношенням маси насіння до маси води, що має той же обсяг, при температурі 4°C і нормальному тиску.

У лабораторіях широко застосовується пікнометричний метод визначення відносної щільності дрібних насінин, для великих насінин її визначають зважуванням кожної насінини на торсіонних вагах у сухому стані, а потім при зануренні у воду.

Тоді відносна щільність становитиме [8, 12, 18, 19]:

$$d = \frac{m}{m_g - m}, \quad (1.6)$$

де  $m$  – маса насіння, зануреного у воду.

На щільність насіння впливає вологість. Якщо щільність насіння менше одиниці, то при підвищенні вологості вона зростає, якщо дорівнює одиниці – не змінюється, більше одиниці – зменшується.

При визначенні щільності абсолютно сухого насіння користуються формулою, запропонованою Н.Н. Ульріхом:

$$\rho_c = \frac{\rho(100 - \omega)}{100 - \omega\rho}, \quad (1.7)$$

де  $\rho_c$  – щільність сухих насінин.



Щільність насіння залежить від їхнього хімічного складу, вмісту повітря в оболонках і ендоспермі.

Чим більша щільність насіння сільськогосподарських культур, тим вище польова схожість, сила початкового росту, і тим вища врожайність.

Наприклад, за даними Н.А. Майсуриана збільшення врожайності при висіві зернових культур з високою щільністю коливається в межах 2-5 ц/га.

Поділ насіннєвої суміші для практичних господарських цілей виконується двома способами: мокрим (у потоці води чи розчинів) і сухим (пневматичний стіл і кружала).

Щільність найбільш повно дає сумарну оцінку посівних якостей насіння і хлібопекарських властивостей зерна.

До фізико-механічних властивостей насінин відносяться форма і лінійні розміри, характер поверхні і коефіцієнти тертя, парусність, сипкість, пружність, твердість, гігроскопічність, теплоємність і теплопровідність та ін., а за останні роки здобувають значення такі властивості насінин, як осмотичні й електромагнітні, колір і скловидність. З часом при зміні умов зовнішнього середовища в процесі життєдіяльності насінин змінюються їхні фізико-механічні властивості. Для того щоб врахувати ці зміни при визначенні параметрів робочих органів, користуються статистичними методами.

Таблиця 1.2 – Лінійні розміри насінин

Культура	Розміри насінин, мм		
	довжина	ширина	товщина
Пшениця	4,0-6,6	1,6-4,7	1,5-3,5
Жито	4,0-10,0	1,4-3,6	1,1-3,4
Ячмінь	7,0-14,6	2,0-5,0	1,4-4,5
Кукурудза	6,0-17,0	5,0-11,0	2,7-8,0
Рис	4,0-12,0	3,0-4,2	1,2-2,8
Соняшник	7,5-15,0	3,5-8,6	1,7-6,0
Соя	5,0-9,6	4,4-8,0	3,6-7,0
Просо	1,8-3,2	1,2-2,5	1,0-2,2
Гречка	4,2-8,0	2,8-5,2	2,0-4,2

Форма і розміри насінин впливають на процеси висипання насінин з отвору бункера, від них залежить вибір типу висіваючого апарату і параметри висіваючих дисків сівалок точного висіву.

Коефіцієнт тертя характеризує фрикційні властивості насінин, що виникають у процесі механічного впливу при сівбі, збиранні, транспортуванні, збереженні і переробці і залежності, що змінюються з плином часу, від стану поверхонь, тиску, тривалості контакту, вологості і швидкості відносного переміщення.

У таблиці 1.3 наведені значення коефіцієнта тертя насінин по різних матеріалах.

Таблиця 1.3 – Значення коефіцієнтів тертя насінин по різних матеріалах

Матеріал	Коефіцієнт тертя пари матеріал – насінина		
	кукурудзи	пшениці озимої	ячменю
Залізо:			
поліроване	0,34	0,30	0,33
листо́ве	0,42	0,36	0,38
Чавун сірий	0,39	0,43	0,41
Гума гладка	0,50	0,43	0,44
Тканина прогумована	0,52	0,48	0,51

При відносному переміщенні часток насінного матеріалу виникає тертя між окремими насінинами. Опір тертю насінин у шарі прийнято оцінювати кутом природного відкосу, що залежить від вологості насінин. При підвищенні вологості кут природного укосу збільшується, причому в різному ступені для насінин різних культур.

Коефіцієнт відновлення при ударі характеризує пружні властивості насінин. Удар в робочих органах спостерігається при різних процесах: у зернових сівалках – при русі насінин по насіннепроводах і падінні на дно борозни, у просапних сівалках – при роботі виштовхувачів. У зв'язку з цим вивчення властивостей насінин при ударі має велике значення для розрахунку робочих органів сівалок.

Під коефіцієнтом відновлення розуміють відношення модуля швидкості взаємного віддалення центрів ваги тіл після удару до модуля швидкості їх зближення до удару в проекції на загальну нормаль до поверхні тіл в точці дотику. Ця нормаль називається лінією удару.

При прямому і косому ударі (без врахування тертя) коефіцієнт відновлення визначатиметься за формулою [12, 17, 18, 19]:

$$k = \frac{u_n}{v_n}, \quad (1.8)$$

де  $u_n$  і  $v_n$  – нормальні складові швидкостей тіл після і до удару.

Тангенціальні складові ( $u_\tau$  і  $v_\tau$ ) швидкостей при цьому рівні. Оскільки  $v_\tau = v_n \operatorname{tg} \alpha$ , а  $u_\tau = u_n \operatorname{tg} \beta$ , де  $\alpha$  і  $\beta$  – кути падіння і віддзеркалення відповідно, можна записати

$$k = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta}. \quad (1.9)$$

Оскільки  $k < 1$ , то  $\alpha < \beta$ , тобто кут падіння завжди менше кута віддзеркалення.

При косому ударі тіл з урахуванням тертя тангенціальні складові швидкостей неоднакові. Для характеристики цього удару прийнятий коефіцієнт миттєвого тертя  $e$ , який визначається відношенням абсолютних значень тангенціальної складової швидкості після і до удару [12, 17, 18, 19]:

$$u_\tau = v_\tau. \quad (1.10)$$

Тоді

$$e = \frac{u_\tau}{v_\tau} = \frac{u_n \operatorname{tg} \beta}{v_n \operatorname{tg} \alpha}; \quad (1.11)$$

$$k = e \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta}. \quad (1.12)$$

Детальне дослідження коефіцієнтів відновлення і миттєвого тертя зерна при ударі виконане С.Д. Птіциним.

Коефіцієнт відновлення варіює в широких межах за конкретних умов досліду. Так, за даним С.Д. Птіцина, насіння гороху при вологості 23% і діаметрі зерен 6...6,25 мм мали значення  $k = 0,30...0,42$ .

Показові досліди з визначення коефіцієнта  $k$  з однією і тією ж горошиною, при яких отримано наступний розподіл: 7% випадків  $k = 0,485...0,5$ ; 38% –  $k = 0,5...0,515$ ; 46% –  $k = 0,515...0,530$  і 9% –  $k = 0,530...0,545$ .

Міцність насіння визначають, виходячи з навантажень, що викликають травмування їх із зниженням схожості і врожайності, а не з граничних навантажень або роботи на руйнування.

Причинами зниження польової схожості насіння при їх травмуванні, як показали дослідження О.П. Под'япольської, А.Н. Арєпіна, А.І. Науменко, Е.Р. Галай, А.І. Пугачова, А.П. Новожилової та ін., є проникнення епіфітної і ґрунтової мікрофлори до внутрішніх тканин зерна через своєрідні “ворота” в місцях механічних пошкоджень і розкладання зерна під їх впливом.

Травмування насіння наносить великий збиток народному господарству: при посіві травмованого насіння урожай кукурудзи, озимої і ярової пшениці знижується в 2...2,5 рази.

Враховуючи особливості посівного матеріалу (на відміну від об'єктів неживої природи) травмування зовнішніми діями можна розділити на механічні, температурні, хімічні, фізичні, біологічні пошкодження.

Ці пошкодження мають місце при порушенні режиму або недосконалості робочих органів (наприклад, якщо молотильний пристрій комбайна відрегульований без урахування зміни вологості обмолочуваної маси, якщо порушене налаштування висіваючого апарату сівалок), при порушенні режиму сушки (завищена температура теплоносія при збільшеній вологості зерна) і режиму зберігання; при великих нормах припосівного внесення мінеральних добрив без ґрунтового прошарку або при недостатній вологості ґрунту; при порушенні режиму обробки насіння для стимулювання проростання гамма-променями, рентгенівськими променями і іншими

способами; при пошкодженні шкідниками (рисовими і кукурудзяними довгоносиками, хлібними і зерновими точильниками, зерною міллю і ін.); ураженні хворобами.

Відомо багато методів визначення травмування насіння: за допомогою бінокулярної лупи із збільшенням в 10...20 разів, шляхом замочування в 50% розчині сірчаної кислоти, в розчині формаліну, а потім пророщування насіння; люмінесцентний метод, заснований на принципі відображених і поглинених променів тощо.

Для розрахунку елементів конструкції висіваючих апаратів важливо знати граничні навантаження на насіння, при якому ще не знижується їх схожість. На рисунку 1.2. наведені графіки зміни схожості насіння від стискаючих навантажень.

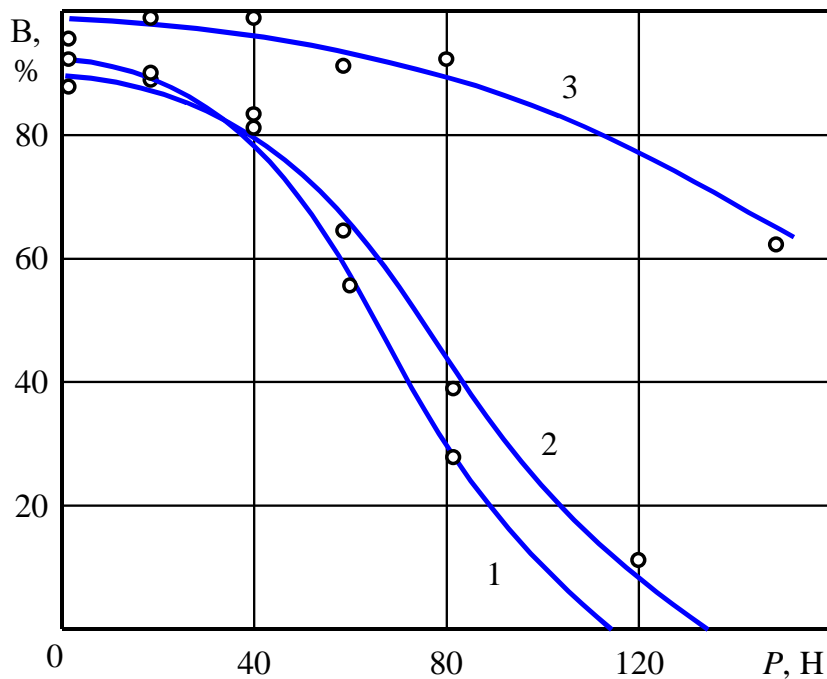


Рисунок 1.2 – Залежність лабораторної схожості від стискаючого навантаження для насіння: 1 – кукурудзи (у вертикальному положенні); 2 – озимої пшениці; 3 – кукурудзи (у горизонтальному положенні)

Для насіння озимої пшениці граничним навантаженням є зусилля 49 Н, для кукурудзи, не дивлячись на відмінність схожості від місця

прикладення навантаження, можна прийняти 49...59 Н, оскільки зі всіляких положень, які може займати насінина під час прикладення навантаження, вертикальне (найменш стійке і з найменшою площею в перетині) матиме малу вірогідність. Таким чином, технологічні властивості насіння служать основою при встановленні висіву, розробки способів сівби і розрахунку елементів конструкцій робочих органів.

### **1.3. Огляд конструкцій посівних машин**

Базова сівалка СЗ-3,6 обладнана універсальними зерновисіваючими і туковисіваючими апаратами, механізмом гідравлічного підйому робочих органів, централізованим приводом, пневматичними колесами, сигналізацією і має сезонне мащення. У сімействі сівалок уніфіковані зернотукові ящики, механізми підйому робочих органів, насіннепроводи, рамні вузли, колеса.

Рівень уніфікації сімейства сівалок СЗ-3,6 складає 70-98%. Основним змінним робочим органом сівалок є сошникові групи.

Зернотукова універсальна сівалка СЗ-3,6 (рисунок 1.3) призначена для рядкової сівби зернових (пшениці, жита, ячменю, вівса) і зернобобових (гороху, квасолі, сої, сочевиці, бобів, чини, нуту, люпину) культур з одночасним внесенням гранульованих мінеральних добрив у рядки, що засіваються [5, 17, 18, 19].

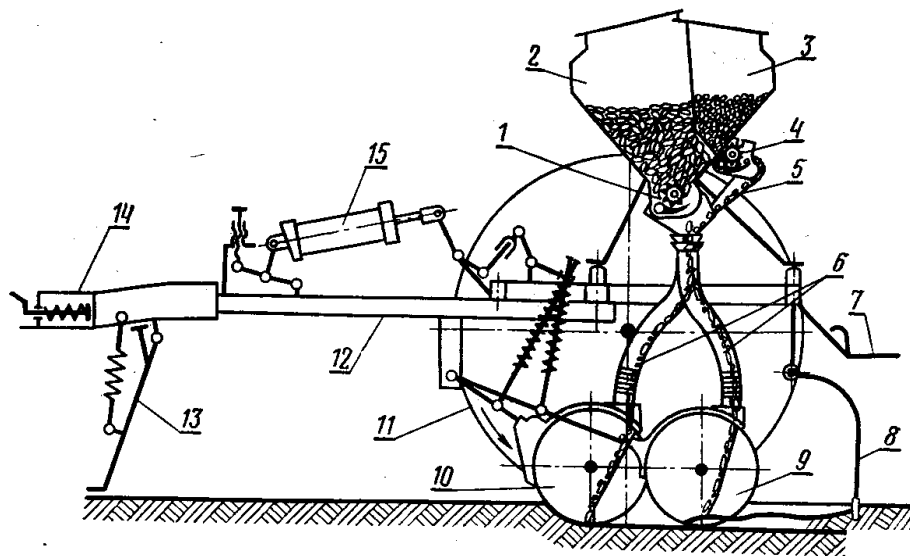


Рисунок 1.3 – Схема сівалки СЗ-3,6: 1 – висівачий апарат; 2 – насінневий бункер; 3 – бункер для туків; 4 – туківисівачий апарат; 5 – лоток; 6 – насіннепроводи; 7 – підніжна дошка; 8 – загортач; 9, 10 – сошники; 11 – колесо пневматичне; 12 – рама; 13 – підтримка; 14 – причеп; 15 – гідроциліндр.

Сівалка СЗУ-3,6 призначена для вузькорядної сівби насінин зернових, зернобобових і близьких до них по розмірах з одночасним внесенням у рядки гранульованих мінеральних добрив. Вона використовується для рядкової сівби зернових, зернобобових культур з одночасним внесенням гранульованих мінеральних добрив на добре оброблених чистих полях.

Сівалка СЗЛ-3,6 призначена для сівби льону і близьких до них по розмірах насінин культур також з одночасним внесенням добрив. Сівалка СЗР-3,6 призначена для рядкової сівби рису. В залежності від ґрунтово-кліматичних умов і зон вирощування сівалку комплектують полозовидними чи дисковими сошниками з ребордами. Сівалка СЗТ-3,6 використовується для рядкової сівби зернових, зернобобових культур, сипучих насінин трав з одночасним внесенням добрив. Сівалка СЗП-3,6 призначена для рядкової сівби зернових, зернобобових культур з одночасним внесенням добрив і прикочуванням ґрунту в рядках, що засіваються. Застосовується в районах,

підданих вітровій ерозії ґрунтів. Сівалка СЛТ-3,6 призначена для рядкової сівби зернових, зернобобових, трав на лугах і пасовищах.

Сівалка СЗ-3,6 (і її модифікації) причіпна гідрофікована, агрегується з тракторами тягового класу 9 і 14 кН в односівалочних агрегатах і з тракторами класу 30 і 50 кН в широкозахватних багатосівалочних агрегатах з гідрофікованими зчіпками [5, 7, 17, 18, 19].

Сівалка-культиватор СЗС-2,1 призначена для рядкової (смугової) сівби зернових, дрібно- і середньонасінних бобових культур з одночасним передпосівним обробітком ґрунту, внутрішньоґрунтовим внесенням гранульованих добрив і післяпосівним прикочуванням. Сівалка-культиватор СЗС-2,1 (рисунок 1.4) використовується на стерньових фонах у районах з недостатнім зволоженням і ґрунтами, підданими вітровій ерозії, забезпечує якісну сівбу на полі з вологістю до 75% від граничної польової вологості з максимальним (70%) збереженням стерні після сівби і повне підрізання бур'янів. Ширина захвату 2,05 м, глибина ходу сошників 4-12 см, ширина міжрядь 22,8 см. Сошники – трубчастого типу, з двома робочими органами: стрілочастими культиваторними лапами, що забезпечують передпосівну обробку, і оборотними наральниками.

У закордонних країнах для сівби зернових культур випускається велике різноманіття сівалок. Так, у Франції близько 50 фірм випускають більше 250 моделей сівалок для різних культур. У США й інших країнах міжряддя варіюють від 12 до 45 см, а ширина захвату від 2,1 до 21,3 м. Удосконалювання зернових сівалок йде по шляху збільшення ширини захвату, підвищення швидкості сівби до 3,3-4,4 м/с, збільшення ємності бункера. У деяких країнах, наприклад в Австралії, Канаді, Англії, велике поширення одержують сівалки для стерньового сівби, підґрунтового-розкидної сівби, комбіновані агрегати. Широко використовуються відцентрові і пневматичні сівалки.



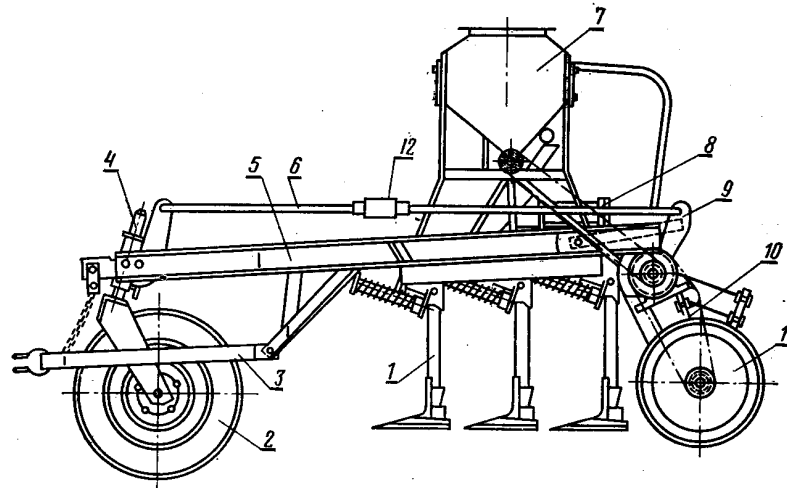


Рисунок 1.4 – Схема сівалки СЗС-2,1: 1 – лапа-сошник; 2 – опорне колесо; 3 – причеп; 4 – вісь вилки опорного колеса; 5 – рама; 6 – тяга; 7 – насіннєвий ящик; 8 – гідроциліндр; 9 – фіксуєча планка; 10 – кронштейн котків; 11 – прикочуючі котки; 12 – стяжна гайка.

З закордонних сівалок для сівби зернових культур, що принципово відрізняються від звичайних з катушковими висіваючими апаратами, найбільший інтерес представляють сівалки “Стокланд” і “Акорд”.

Норвезька фірма Глобус Машинофабрик випускає сівалки “Стокланд” з відцентровим висіваючим апаратом. Вони знайшли застосування в різних країнах Європи і Америці. По норвезьким ліцензіях розпочате виробництво цих сівалок в Англії, Франції, Голландії, Швейцарії, ФРН, Швеції і США. Сівалка “Стокланд” (рисунок 1.5) призначена для сівби зернових, овочевих культур і трав [5, 18].

Висіваючий апарат складається з великого бункера для зерна і малого бункера для насіння овочевих культур, приймальні зернової камери у вигляді конуса, у якому розміщений обертовий конус із забірним вікном і чотирма лопатями. При висіві однієї культури насіння з великого бункера надходять через отвори в прийомну конічну камеру. Обертовий конус забирає з цієї камери насіння через регульоване вікно. Далі під дією відцентрової сили вони подаються в канали розподільної голівки, а потім по насіннепроводах у сошники. Висів регулюється зміною перетину вікна в конусі.

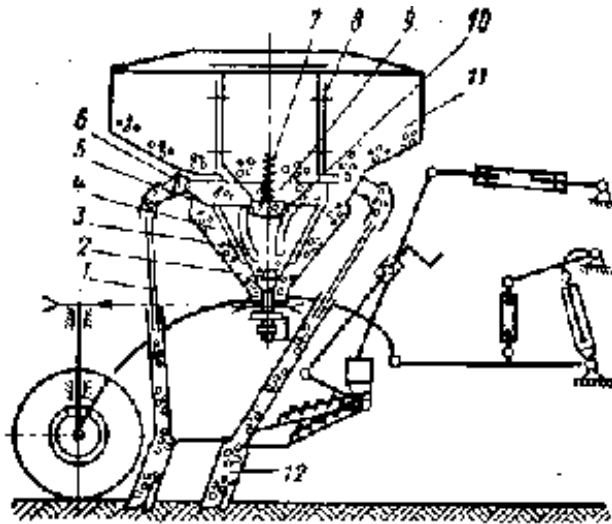


Рисунок 1.5 – Схема сівалки “Стокланд”: 1 – насіннепровід; 2 – забірне вікно; 3 – лопать; 4 – прийомна зернова камера; 5 – розподільча голівка; 6 – патрубок; 7 – пружина; 8 – трав’яний бункер; 9 – конус; 10 – висіваючий конус; 11 – зерновий бункер; 12 – сошник.

Сівалки “Стокланд” мають ширину захвату 2,0; 2,25 і 2,5 м, ємність бункера для зерна складає 0,220 м<sup>3</sup>, частота обертання висіваючого конуса 7,3; 13,0 і 17,0 с<sup>-1</sup> при швидкостях відповідно 1,1; 2,1 і 2,7 м/с; питома металоємність сівалки на 1 м ширини захвату – 155 кг. Пневматична сівалка “Акорд” (ФРН) призначена для рядкової сівби насіння, розподілу мінеральних добрив. Фірма випускає рядкові зернові сівалки, сівалки для сівби овочевих культур, сорго тощо шириною захвату до 6 м.

Сівалка (рисунок 1.6) складається з наступних основних вузлів: насінного бункера, висіваючого апарата, розподільного пристрою, насіннепроводів [5, 18].

Насінневий бункер являє собою металевий ящик, що звужується донизу. У нижній частині бункера встановлена ворошилка, а всередині є сітка для запобігання потрапляння великих предметів до висіваючого апарата. Висіваючий апарат має одну десятилопастну пластмасову катушку діаметром 110 мм і робочою довжиною 140 мм. У лівій частині катушки, призначеної для висіву дрібних насінин, є канавка глибиною 7 мм, у правій частині – 30 мм.

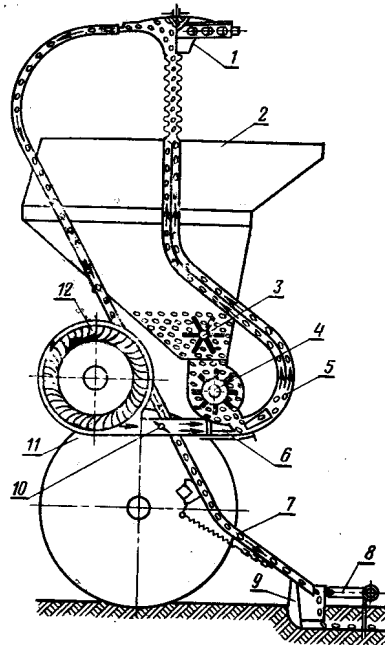


Рисунок 1.6 – Схема сівалки “Акорд”: 1 – розподільна голівка; 2 – насінний бункер; 3 – центральний насіннепровід; 4 – висіваюча катушка; 5 – насіннепровід; 6 – сошник; 7 – вентилятор.

Праворуч від катушки розміщений регулятор висіву зі шкалою, по якій встановлюється робоча довжина катушки за допомогою гвинтового механізму. Приводиться висіваючий апарат від ходових коліс.

Розподільний пристрій являє собою порожній диск, до якого знизу кріпиться загальний насіннепровід, а зверху – розподільний конус. На периферії диска є 29 патрубків, на які кріпляться гнучкі пластмасові насіннепроводи діаметром 28 мм.

Загальний насіннепровід, що з’єднує висіваючий апарат і розподільний пристрій, представляє собою трубу діаметром 105 мм. У нижній його частині встановлене звужуюче сопло для прискорення повітряного потоку і тим самим створення розрідження під катушкою, що сприяє витіканню насінин з бункера. Всередині загального насіннепроводу у взаємно перпендикулярних напрямках встановлені перегородки. Верхня частина загального насіннепроводу виконана гофрованою. Вентилятор служить для подачі насінин повітряним потоком від висіваючого апарату – центрального дозатора до розподільника і далі по насіннепроводах до

сошників. Швидкість повітряного потоку регулюється дросельною заслінкою в межах від 27 до 68 м/с.

#### **1.4. Огляд конструкцій висіваючих апаратів**

Всі апарати поділяють на три основних типи за принципом роботи: механічні, пневматичні і пневмомеханічні.

Механічні висіваючі апарати (рисунок 1.7) дуже різноманітні по конструкції. До них відносяться катушкові, внутрішньореберчасті, ложкові, мотилькові, канавкові, фрикційні, відцентрові, вібраційні, щіткові й інші висіваючі апарати [5, 17, 18].

Катушковий висіваючий апарат застосовується для висіву зернових культур у всіх країнах світу. Він відносно простий по конструкції, легко встановлюється на норму висіву. Висота засипання насінин у бункері, швидкість руху, а також поштовхи практично не впливають на кількісний висів насінин, нахили місцевості трохи позначаються на ньому. Катушковому висіваючому апарату притаманний органічний недолік, закладений у принципі його роботи – нерівномірність подачі зернового потоку.

На рисунку 1.7, а показана схема сівалки “Саксонія” з барабанно-штифтовим апаратом і набором катушок для висіву великих і дрібних насінин.

Внутрішньореберчастий висіваючий апарат використовується в зернових сівалках, що випускаються багатьма закордонними фірмами. Працює він у такий спосіб. Насінини з насінного бункера самопливом надходять у насінневу коробку, де при обертанні кільця вони виносяться внутрішньою його рифленою поверхнею за межі коробки через калібрований переріз вихідного каналу. При визначеному куті відкосу насіння обсіпаються в бік відкритої частини кільця і попадають у горловину насіннепроводу.

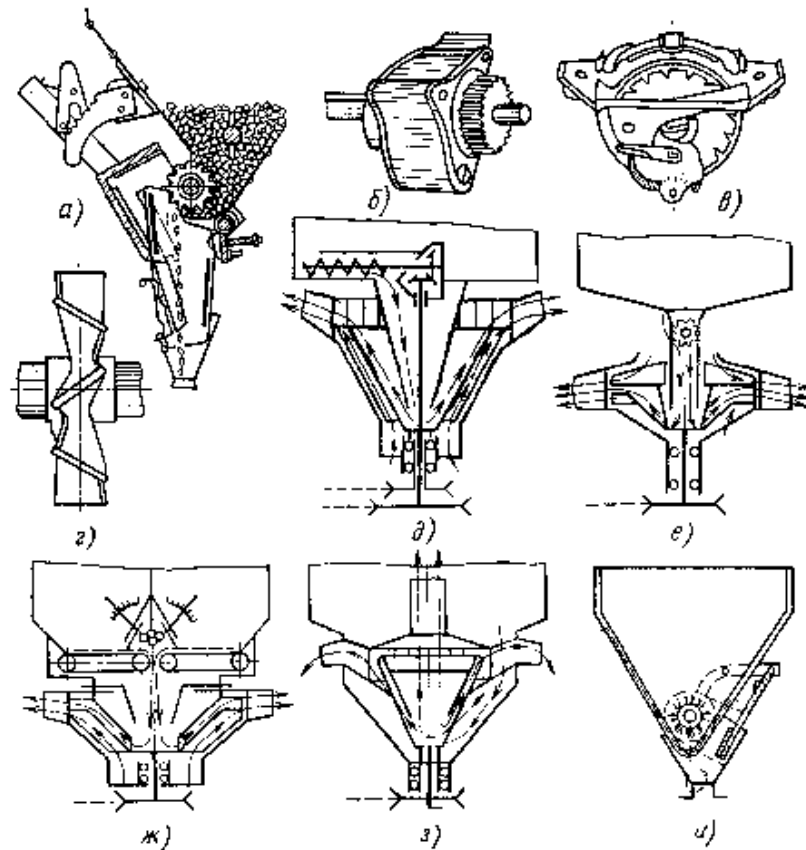


Рисунок 1.7 – Механічні висіваючі апарати: а – барабанно-штифтовий сівалки “Саксонія”; б – катушковий; в – внутрішньореберчастий; г – мотильковий; д, е, ж, з – відцентрові; і – щітковий.

Висів регулюється частотою обертання апарата і, в деяких конструкціях, шириною каналу за рахунок осьового зсуву диска кільця з валом апарата. Досвід показав деяку перевагу внутрішньореберчастого апарата перед катушковим, наприклад, Ф.Г. Гусінцевим у польових умовах отриманий коефіцієнт варіації поздовжньої рівномірності при висіві ярої пшениці відповідно 75,7%. Внутрішньореберчастий апарат висіває насіння і багатьох інших культур, однак він недостатньо універсальний.

Ложкові висіваючі апарати застосовуються в деяких країнах Європи, наприклад, в Англії. Ложечки закріплені на вертикальному диску чи на внутрішній поверхні циліндра. Відомі конструкції апаратів, у яких ложечки закріплені на нескінченній стрічці. При проходженні через масу насіння ложечки захоплюють їх по одному чи групою, переміщують і скидають у насіннепровід [5, 18].

Мотилькові висіваючі апарати відомі з практики використання їх у вітчизняних і закордонних сівалках. В даний час вони майже не застосовуються, хоча значно простіші котушкових. Насінина висіваються через отвори в дні чи в стінці бункера під дією обертового над отвором лопатевого диска (метелика). Мотилькові висіваючі апарати можна використовувати при сівбі деяких несипучих трав.

Показники якості висіву мотильковим апаратом такі ж, як і показники висіву котушковим. Кількість висіву змінюється в залежності від висоти насипки насіння у бункері, нахилу місцевості і поштовхів.

Відцентрові висіваючі апарати мають обертовий конус для розподілу насіння і різні пристрої для дозування: шнеки (рисунок 1.7, д), котушки (рисунок 1.7, е), транспортери (рисунок 1.7, ж) і калібрований отвір (рисунок 1.7, з) на конусі. Основа конуса спрямована нагору і при надходженні матеріалу до його вершини при визначених режимах конус переміщує і рівномірно розподіляє насіння до основи. Якщо розташувати в основі конуса прийомні горловини по всій окружності, то до них від дозатора буде надходити рівномірно розподілена маса [5, 17, 18].

Одним з перспективних напрямків розвитку висіваючих апаратів є використання вібрації. Сипучі і навіть несипучі насіння під дією вібрації поведуться як рідини. Це основна властивість матеріалу в імпульсному полі сил, що з успіхом може бути використане для висіву різних сільськогосподарських культур.

Пневматичні висіваючі апарати для однозернової сівби зернових культур вивчалися в 30-х роках минулого сторіччя. Відомі різні конструкції цих апаратів. Для сівби зернових культур була запропонована конструкція пневматичного висіваючого апарата, що представляє порожній циліндр з отворами. При створенні в порожнині обертового циліндра вакууму насіння присмоктуються до отворів із зовнішньої сторони циліндра і виносяться з бункера.

## Висновки до розділу 1

Проаналізувавши матеріали розділу, можна зробити наступні висновки:

1. для умов умов України, ґрунти якої схильні до водної і вітрової ерозії, найбільш прийнятний спосіб сівби по стерні;

2. дотримання агротехнічних вимог до сівби сприяє підвищенню врожайності, зниженню витрат на виробництво і збереженню родючості ґрунту;

3. важливе значення мають технологічні властивості насіння, їх якість, які впливають на технологію і техніку посіву і від яких залежить висока врожайність культури;

4. зниження вартості сівби одиниці площі при збереженні якості посіву може бути здійснено за рахунок універсализації посівних машин, використання централізованих висіваючих апаратів;

5. створення серії посівних машин для сільськогосподарських виробників є одним з пріоритетів розвитку вітчизняної прикладної сільськогосподарської науки, одним з її основних напрямів;

6. не дивлячись на широкі функціональні можливості розглянутих відомих конструкцій висіваючих апаратів, вони володіють істотними недоліками: не забезпечують рівномірності централізованого висіву матеріалів по ширині захвату сівалки, знижується точність дозування посівного матеріалу в умовах експлуатації;

7. враховуючи недоліки існуючих висіваючих апаратів, доцільним є напрям проектування в області розробки централізованих висіваючих апаратів, оскільки вони дають змогу зменшити вплив коливань агрегату на рівномірність висіву, а також зменшити габарити і металоємність сівалки.

## 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗЕРНОВОЇ СІВАЛКИ

### 2.1. Вибір технологічної схеми сівалки

За основу взята зернова стерньова сівалка-культиватор СЗС-2,1. (рисунок 2.1), тому що ми розробляємо сівалку для умов господарства, ґрунти якого піддаються вітровій та водній ерозії. Окрім цього, за один прохід сівалка-культиватор рихлить ґрунт, висіває насіння, прикочує ґрунт у рядках, що значно зменшує витрату палива та кількість задіяної техніки на польових роботах.

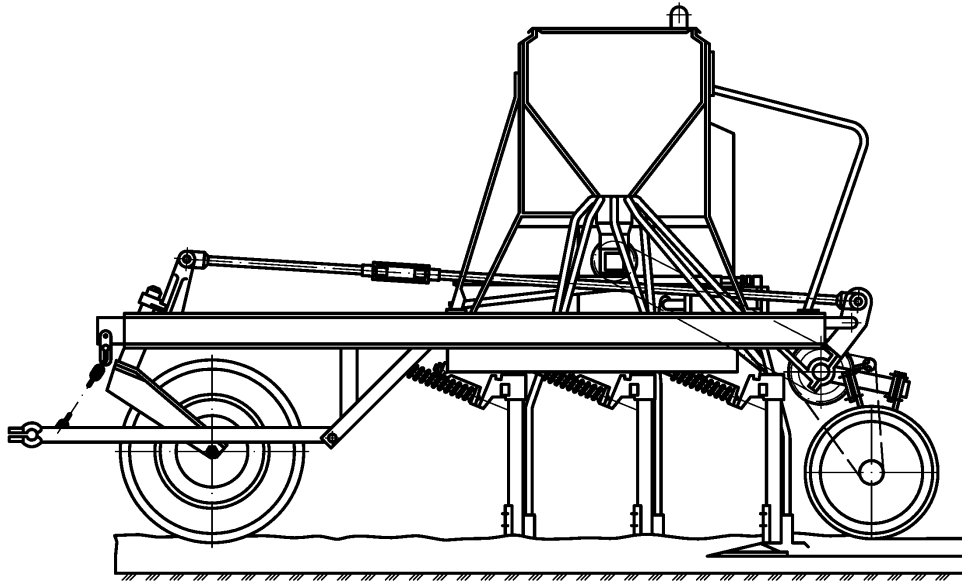


Рисунок 2.1 – Схема стерньової протиерозійної сівалки СЗС-2,1 із запропонованим висіваючим апаратом

Для даної сівалки ми розрахували і спроектували насінневий бункер, гвинтовий висіваючий апарат, механізм приводу, стрілчасту лапу-сошник і основні режими роботи.

Для реалізації технологічної схеми сівалки з використанням наших пристроїв і апаратів необхідно модифікувати її.

Основою сівалки є рама звареної замкнутої конструкції. Рама обладнана причіпним пристроєм і спирається на два опорно-приводних



колеса. Зверху рами закріплено два зернотукові бункери. До дна переднього відділення прикріплені 12 висіваючих апарата катушкового типу для насінин, на задній стінці шухляди закріплено 12 висіваючих апарата штифтово-катушкового типу для добрив.

Знімаємо зернотукові бункери сівалки, висіваючі апарати. Встановлюємо наш гвинтовий висіваючий апарат, приєднуємо до нього насіннепроводи, що подають насіння до сошників. Оскільки наш висіваючий апарат груповий, тобто використовується для розподілу насінин для декількох сошників, до нього кріпляться кілька насіннепроводів до окремих сошників. Тому зменшується металоємність і загальна матеріалоємність сівалки.

Далі встановлюємо наш насінневий бункер, що має циліндричну форму з усіченим конусом у нижній частині, що подає насіння до гвинтового висіваючого апарату і забезпечує безупинне їхнє надходження.

Після цього встановлюємо змінну зірочку з числа розрахованого нами набору змінних зірочок на вал висіваючого апарата, що забезпечують необхідне передатне відношення частоти обертання від валу котків, на вал висіваючих апаратів для забезпечення необхідної норми висіву насінин.

Заміняємо сошники на спроектовані нами стрілчасті плоскорізнні лапи-сошники. Підводимо до них насіннепроводи від нашого гвинтового висіваючого апарата. Проводимо регулювання лап-сошників на задану глибину сівби.

Кожен сошник за допомогою індивідуального повідця шарнірно зв'язаний із сошниковим брусом рами, а через натискну штангу і вилку – із квадратним валом групового регулювання глибини ходу сошників, здійснюваного за допомогою гвинтового регулятора. Підйом сошників проводиться через систему важелів гідроциліндром.

У загальному виді робочий процес зводиться до наступного. Насіння, розташоване в насінневому бункері, надходить самопливом до гвинтового висіваючого апарату. Висіваючий апарат формує потік насінин і розподіляє

його по рукавах для кожного сошника. Цей потік насіння подається по насіннєпроводах до лапи-сошника, що проробляє борозенки в ґрунті, і попадає в борозенки. За сошниками розташовано робочі органи для загортання ґрунтом насіння.

## 2.2. Обґрунтування параметрів насіннєвого бункера

Живильні ємності не тільки містять запас насінного матеріалу, але і забезпечують нормальне протікання робочого процесу, створюючи необхідний потік матеріалу, що подається крізь отвори до висіваючого апарата.

Витрата і швидкість витікання матеріалу на різних етапах різні. Для нормальної роботи необхідно, щоб витрата матеріалу (пропускна здатність отвору на будь-якому етапі витікання був більшим, ніж максимальна продуктивність дозуючого пристрою, обумовлена максимальною нормою висіву.

Витрата матеріалу при вільному витіканні залежить головним чином від площі вихідного отвору. Форма отвору (квадратне, кругле, еліптичне) має порівняно невеликий вплив, але все-таки круглий отвір бажаніший. Товщина стінок отвору повинна бути можливо меншою, при значній товщині отвір доцільний виконувати у виді усіченого конуса, зверненого основою донизу.

Площа вихідного отвору впливає не тільки на витрату, але і питому витрату матеріалу, що характеризується відношенням секундної витрати до площі вихідного отвору і являє собою не що інше, як швидкість руху матеріалу крізь отвір. Зі зменшенням площі отвору питома витрата зерна зменшується усе більш різко і при деякому критичному розмірі отвору витікання зовсім припиняється, хоча діаметр отвору ще значно більший поперечного розміру зерна. Критичний радіус отвору  $r_{кр} = 4\sqrt{ab}$ , де  $a$  і  $b$  – поперечні розміри насіння;  $\sqrt{ab}$  приймається: для пшениці 2,2, ячменю 2,4,

кукурудзи 3,2 мм. Отже, умова витікання зерна буде такою:  $d > 8\sqrt{ab}$ . Круглий отвір площею 20 см<sup>2</sup> ( $r \gg 5$  мм) розрахований на безперебійну подачу насінин усіх зернових культур при максимальних нормах їхнього висіву [15, 18, 23].

Об'єм живильної ємності можна визначити за формулою:

$$V = \frac{L \cdot B \cdot H_{\max}}{10^4 \cdot \gamma \cdot \eta_e}, \quad (2.1)$$

де  $L$  – довжина гону від заправлення до заправлення, м;

$B$  – ширина захвату машини, м;

$H_{\max}$  – максимальна норма висіву, кг/га;

$\gamma$  – щільність насінин, кг/м<sup>3</sup>;

$\eta_e$  – коефіцієнт використання ємності, рівний 0,85...0,9.

$$V = \frac{1500 \cdot 2,05 \cdot 170}{10^4 \cdot 0,783 \cdot 0,85} = 0,07854 \text{ м}^3.$$

Чим більше місткість живильна ємність, тим рідше зупиняють машину для заправлення, але тем більші непродуктивні перевезення насінин по полю. Зазвичай сучасні посівні машини обладнані ємностями для запасу насіння на 1,5-2 години роботи. При цьому ширину верхньої горловини і висоту ємності рекомендується вибирати в залежності від її місткості, довжини, форми поперечного перерізу і зручності обслуговування. Для забезпечення безупинної подачі насінин до вихідних отворів передні і задні стінки ємності встановлюють під кутом до основи, рівним подвоєному куту тертя посівного матеріалу по їх поверхнях.

Важливо не тільки визначити оптимальну місткість ємностей для посівних машин, але і так само вибрати їхню форму і розміри, щоб раціонально використовувати при розкрії листовий матеріал, оскільки іноді не дотримується умова їхньої мінімальної поверхні. Для цього використовують метод екстремальних значень функцій.

Для визначення основних розмірів насінневого бункера, виконаного у формі циліндричної ємності з усіченим конусом у нижній частині

(рисунок 2.2), використовувалися формули їх об'єму і вираз, що зв'язує місткість ємності з експлуатаційно-технологічними показниками роботи посівного агрегату [15, 18, 23].

$$V = \frac{W \cdot T \cdot H}{\gamma \cdot \eta_e}, \quad (2.2)$$

де  $W$  – продуктивність посівної машини, га/год;

$T$  – тривалість роботи машини до чергового заправлення матеріалом, год.

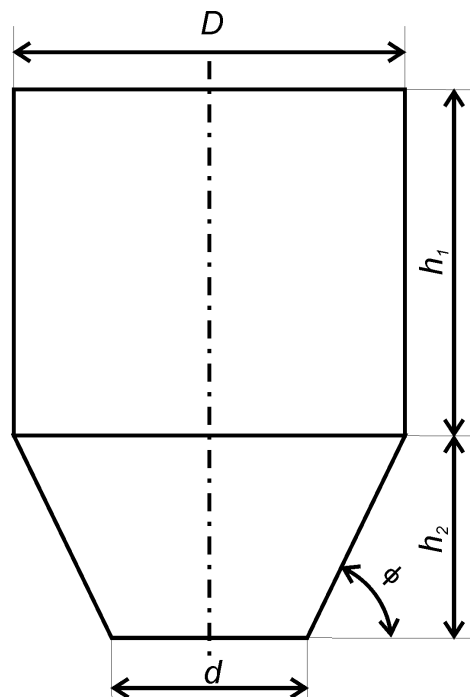


Рисунок 2.2 – Форма циліндричного насінневого бункера з усіченим конусом

Прирівнюючи даний вираз до формул об'ємів форм ємностей, а також з огляду на вираз площ їхніх стінок, отримані наступні аналітичні залежності для визначення ширини, діаметру, висоти й інших розмірів ємностей:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W \cdot T \cdot H}{\pi \cdot \gamma \cdot \eta_e \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2 \cos \varphi} - \frac{1}{3 \operatorname{tg} \varphi} + \frac{B_1^2}{6 \operatorname{tg}^2 \varphi} \right)}}; \quad (2.3)$$

$$d = \frac{D \cdot B_1}{\operatorname{tg} \varphi}; \quad (2.4)$$

$$B_1 = \frac{1 - \cos \varphi}{\cos \varphi}. \quad (2.5)$$

Ці вирази досить повно визначають основні розміри ємності, тому що містять у собі не тільки параметри ємності, але й основні експлуатаційно-технологічні показники. Знайдені розміри ємності є і раціональними з погляду найкращого використання листового матеріалу, оскільки вони отримані з умови мінімуму сумарної площі поверхні їхніх стінок.

Розрахуємо основні геометричні параметри насінневого бункера [23]:

$$B_1 = \frac{1 - \cos 32^\circ}{\cos 32^\circ} = 0,179;$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,05 \cdot 1,5 \cdot 170}{3,14 \cdot 783 \cdot 0,85 \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2 \cos 32^\circ} - \frac{1}{3 \operatorname{tg} 32^\circ} + \frac{0,179^2}{6 \operatorname{tg}^2 32^\circ} \right)}} = 1,347 \text{ м};$$

$$d = \frac{1,347 \cdot 0,179}{\operatorname{tg} 32^\circ} = 0,386 \text{ м}.$$

Висоту усіченого конуса  $h_2$  знайдемо за формулою:

$$h_2 = \frac{\operatorname{tg} \varphi (D - d)}{2}; \quad (2.6)$$

$$h_2 = \frac{\operatorname{tg} 32^\circ (1,347 - 0,386)}{2} = 0,30 \text{ м}.$$

### 2.3. Проектування і розрахунок стрілкової лапи-сошника

Умови роботи протиерозійних посівних машин і специфічні технологічні вимоги до них обумовлюють необхідність ретельного вибору типу робочих органів, обґрунтування їхніх геометричних параметрів.

Найбільш повно задовольняє умовам роботи і специфічних вимог при плоскорізному обробітку ґрунтів плоскорізна лапа, що представляє собою два двогранні клини, поставлених під кутом до напрямку руху в плані, що мають загальне ребро, отримане при перетинанні двох площин (ножів).

Вихідними даними для проектування плоскорізної лапи є ширина захвату  $B$  лапи, кут  $2\gamma$  розчину леза, кут кришення  $\beta$ , кут і заточування леза, ширина полиць лапи  $b_1$  і  $b_2$ , товщина матеріалу  $\delta$  і радіус заокруглення в місцях перегину лапи (рисунок 2.3).

Для побудови проєкцій і розгорток лапи необхідно знайти кут  $\alpha$ , утворений лінією  $A'K'$  з опорною поверхнею. Його визначають графічно або з виразу [15, 18, 21, 23]:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{K'C'}{A'C'} \quad (2.7)$$

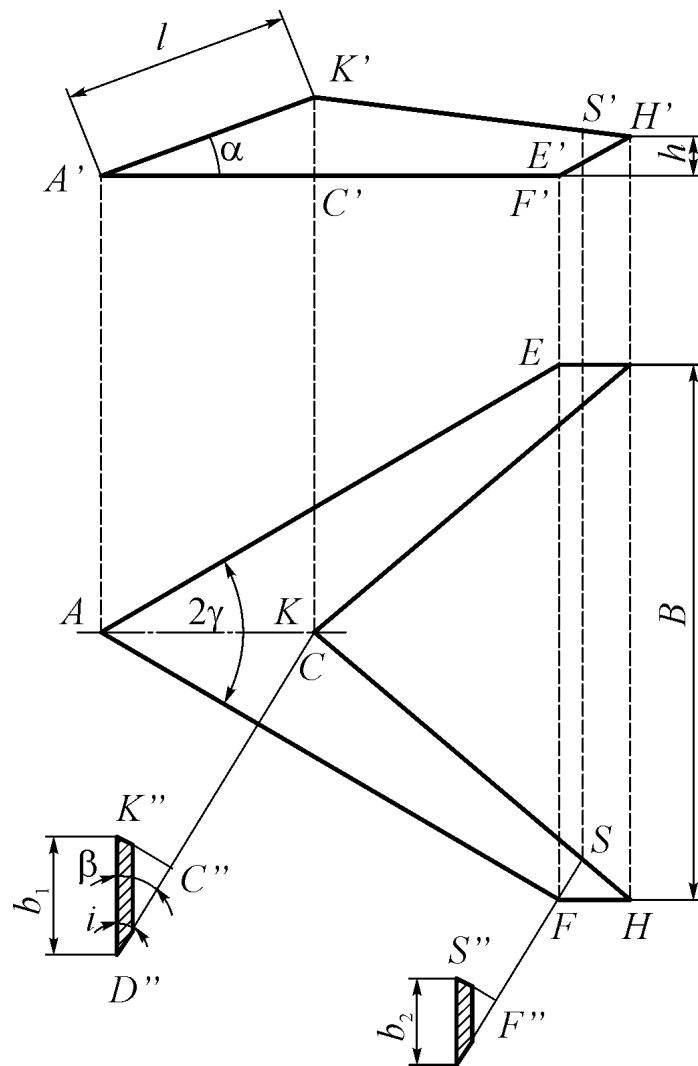


Рисунок 2.3 – Проєкції лапи на горизонтальну і вертикальну площини

Оскільки  $K'C' = K''C'' = b_1 \sin \beta$  і  $A'C' = \frac{b_1 \cos \beta}{\sin \gamma}$ , можна записати

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \beta \cdot \sin \gamma, \quad (2.8)$$

при цьому

$$A'K' = l = \frac{b_1 \sin \beta}{\sin \alpha}. \quad (2.9)$$

Для побудови розгортки лапи необхідно визначити кут  $2\gamma_0$  розчину полиць заготовки (рисунок 2.4). З малюнка легко визначити [15, 18, 21, 23]:

$$\operatorname{tg} \gamma_0 = \frac{K_1D}{AD} = \frac{b_1}{AD} \quad (2.10)$$

і

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{KD}{AD} = \frac{b_1 \cos \beta}{AD}, \quad (2.11)$$

звідки

$$\operatorname{tg} \gamma_0 = \frac{\operatorname{tg} \gamma}{\operatorname{tg} \beta}, \quad (2.12)$$

Лінія  $CE$  обрізу полиці, що рівнобіжна  $AK$ , залишається рівнобіжною їй і після сполучення площини полки лапи з площиною проекції, тобто лінія  $AK_1$  рівнобіжна  $C_1E$ .

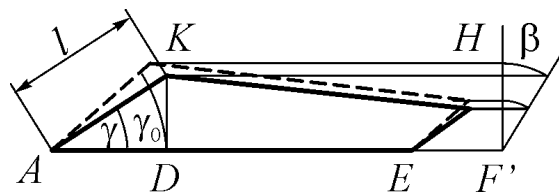


Рисунок 2.4 – Схема повороту полки навколо леза на кут  $\beta$

Для побудови горизонтальної проекції лапи сполучимо лінії  $AE$  й  $AF$ , що утворюють грані кута  $2\gamma$ . Положення точок  $E$  й  $F$  визначається шириною  $B$ . Потім точки  $A$ ,  $E$  та  $F$  переносимо на вертикальну площину проекції, одержи точки  $A'$ ,  $E'$  й  $F'$  (останні дві точки зливаються). З точки  $A'$  проводимо лінію під кутом  $\alpha$ , на якій відкладаємо відрізок  $l$ , одержуємо точку  $K'$ . Через точку  $F'$  проводимо лінію, перпендикулярну  $A'F'$ , і відкладаємо від точки  $F'$  відрізок, рівний  $b \cos \alpha$ , знаходимо точку  $G'$ . З'єднавши точки  $K'$  й  $G'$ , одержуємо задній контур полиць лапи, а продовживши лінію  $K'G'$  до перетинання з лінією, проведеною з точки  $F'$  паралельно  $A'K'$ , знаходимо точку  $H'$ . Точки  $G'$  й  $H'$  проектуємо на вертикальну площину проекцій. Положення точки  $H'$  по висоті визначається величиною  $h = b \cos \beta$ , де  $b$  – ширина полиці в перерізі, що проходить через точку  $H$ .

Розгортку лапи будуюмо в такий спосіб. З точки  $A$  проводимо осьову лінію, на якій, відклавши відрізок, рівний  $l$ , одержуємо точку  $K$  (рисунок 2.5). Потім з точки  $A$  проводимо по обі сторони лінії грані кут  $2\gamma_0$ . Положення точки  $D$  визначається розміром [18, 21, 23]

$$B_0 = \frac{B \sin \gamma_0}{\sin \gamma}. \quad (2.13)$$

З точки  $D$  на перпендикулярі до лінії  $AD$  відкладаємо задану ширину полиці  $b_2$  і отримуємо точку  $E$ . Через точки  $K$  і  $E$  проводимо лінію заднього контура лапи. Перетин лінії, проведеної з точки  $D$  паралельно  $AK$ , і продовження лінії  $KE$  дають точку  $C$  заднього кінця полиці лапи.

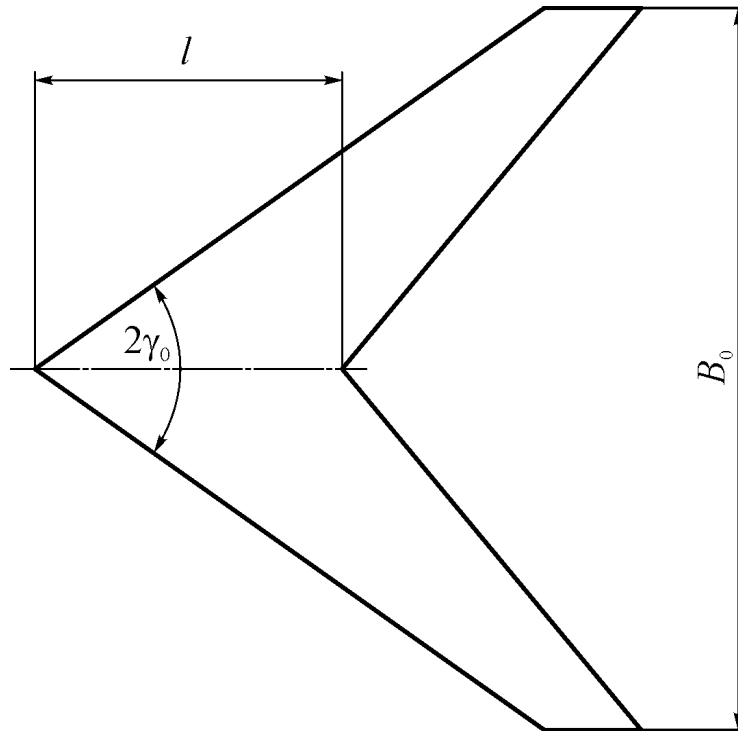


Рисунок 2.5 – Розгортка стрілочасті лапи

Проектування лапи з урахуванням закруглення в перегині і товщини матеріалу не міняє порядку виконання графічних побудов, але вимагає внесення певних поправок. Для цього в перетині, взятому в площині, перпендикулярній до лінії  $AK$  і проведеної через точку  $K$  заданим радіусом  $r$  проводимо дугу між площинами полиць лапи, після чого вносимо відповідні поправки до обох проєкцій (рисунок 2.6).



Неточність розміру  $B_0$  при побудові розгортки без врахування товщини  $\delta$  і радіусу закруглення  $r$  виражається в різниці довжини  $s$  дуги  $abc$  (рисунок 2.6) і сумарної довжини двох відрізків  $d$ , тобто [15, 18, 21, 23]

$$\Delta = 2d - s. \quad (2.14)$$

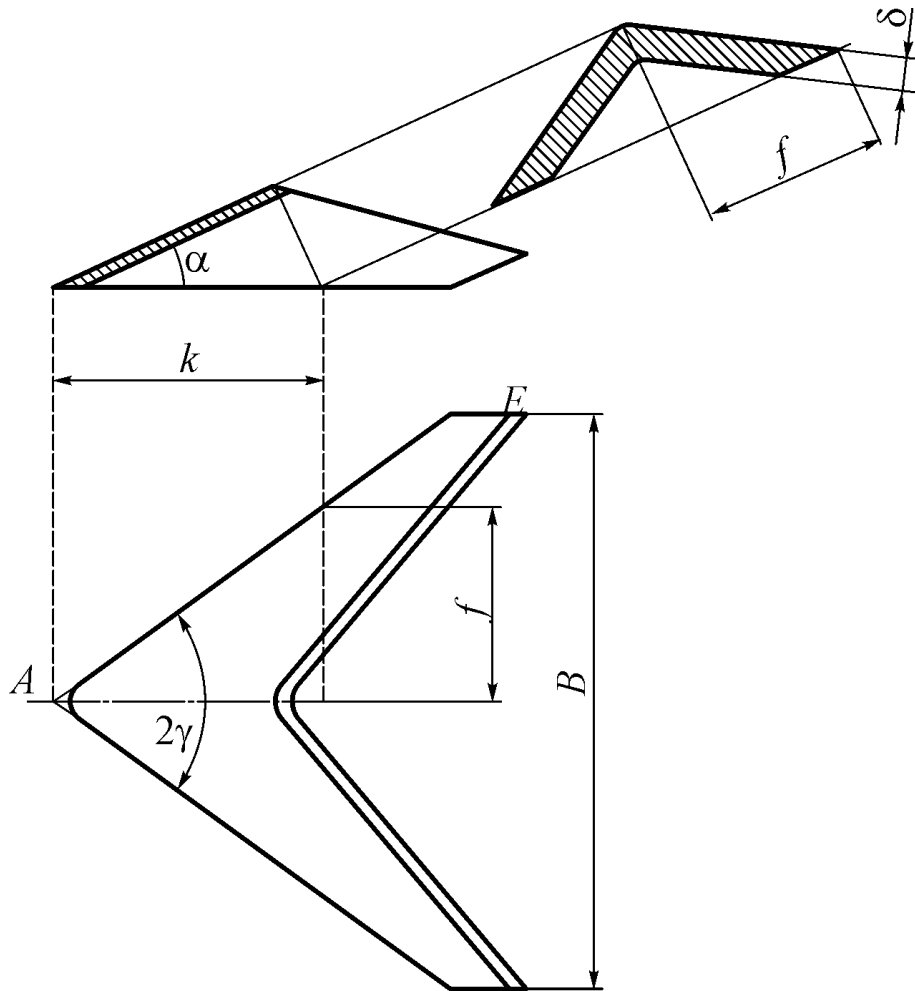


Рисунок 2.6 – Побудова проєкцій лапи з урахуванням заокруглення в перегині і товщини матеріалу

Як видно з рисунка 2.6, довжина дуги  $abc$

$$s = \frac{2 \cdot \pi \cdot \left( r - \frac{\delta}{2} \right)}{360^\circ} \cdot (180^\circ - 2 \cdot \theta) = \frac{2 \cdot \pi \cdot \left( r - \frac{\delta}{2} \right)}{180^\circ} \cdot (90^\circ - \theta). \quad (2.15)$$

Відрізок  $d$  можна визначити з виразу

$$d = r \cdot \operatorname{ctg} \theta, \quad (2.16)$$

де 
$$\operatorname{ctg} \theta = \frac{h}{f}. \quad (2.17)$$

Але, оскільки  $h = k \sin \alpha$ , а

$$\frac{f}{k} = \operatorname{tg} \gamma, \quad (2.18)$$

можна записати

$$\operatorname{ctg} \theta = \frac{\sin \alpha}{\operatorname{tg} \gamma}. \quad (2.19)$$

$$\Delta = 2 \left[ r \cdot \operatorname{ctg} \theta - \frac{2 \cdot \pi \cdot \left( r - \frac{\delta}{2} \right)}{180^\circ} \cdot (90^\circ - \theta) \right]. \quad (2.20)$$

При побудові розгортки зменшимо розмір  $B_0$  на величину  $\Delta$ , при цьому його дійсне значення

$$B_0 = B \frac{\sin \gamma_0}{\sin \gamma} - 2 \left[ r \cdot \operatorname{ctg} \theta - \frac{2 \cdot \pi \cdot \left( r - \frac{\delta}{2} \right)}{180^\circ} \cdot (90^\circ - \theta) \right]. \quad (2.21)$$

Виконані розрахунки дають змогу побудувати розгортку лапи сошника з раціональними параметрами.

## Висновки до розділу 2

Проаналізувавши матеріали розділу, можна зробити наступні висновки:

– для вибору технологічної схеми сівалки за основу була узята зернова стерньова сівалка-культиватор СЗС-2.1, яка за один прохід розпушує ґрунт, висіває насіння, прикочує ґрунт в рядках без перевертання пласта ґрунту із збереженням більшої частини стерні;

– технологічна схема сівалки була розроблена із застосуванням спроектованих нами насінневого бункера і стрілкової лапи-сошника;

– обґрунтовані параметри бункера не тільки містять запас насінного матеріалу, але і забезпечують нормальне протікання робочого процесу, створюючи необхідний потік матеріалу, що подається до висіваючого апарату;

– запропонований бункер, виконаний у формі циліндричної ємності з усіченим конусом в нижній частині, розрахунок параметрів виконано з урахуванням експлуатаційно-технологічних показників роботи посівного агрегату;

– умови роботи протиерозійних посівних машин і специфічні технологічні вимоги до них обумовлюють необхідність ретельного вибору типу робочих органів, обґрунтування їх геометричних параметрів;

– якнайповніше задовольняє умовам роботи і специфічним вимогам при плоскорізному обробітку ґрунту лапа, яка виконана у вигляді двогранного клину, поставленого під кутом до напрямку руху в плані.

### 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИСІВАЮЧОГО АПАРАТА

#### 3.1. Будова і принцип роботи запропонованого висіваючого апарата

Технічною задачею проектування запропонованого пристрою є забезпечення безупинного надходження насінин з бункера в міжвитковий простір гвинтової спіралі і стійкого рівномірного висіву.

Загальна схема запропонованого гвинтового висіваючого апарата представлена на рисунку 3.1.

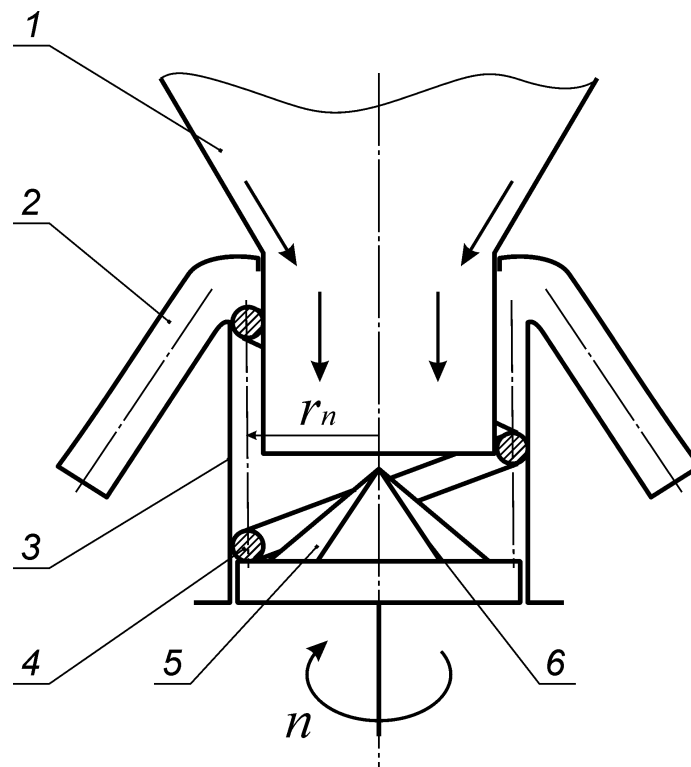


Рисунок 3.1 – Схема гвинтового висіваючого апарата

Гвинтовий висіваючий апарат включає бункер 1, верхня частина якого має конічну, а нижня частина циліндричну форму, причому нижня частина бункера входить у кожух 3, усередині якого розташована гвинтова спіраль 3, що робить обертальний рух. На дні кожуха розташований конус 5, що обертається разом із гвинтовою спіраллю 4 і що має рифлі 6, виконані у виді

гвинтових ліній, напрямом яких протилежний напрямку навивки спіралі, причому кількість рифлів 6 на конусі повинен бути рівною або кратною кількості витків гвинтової спіралі 4. Конус поділяє подавану масу і направляє її до витків гвинтової спіралі, звідки сипучий матеріал піднімається по гвинтовій спіралі надходить у матеріалопроводи 2, встановлені у вершині кожуха 3. Потім сипучий матеріал встановленою дозою надходить до сошників. Привод гвинтової спіралі 4 здійснюється механізмом приводу.

Пристрій працює наступним чином. При включенні механізму приводу гвинтова спіраль 4 і конус обертаються. Сипучий матеріал з бункера 1 самопливом надходить на конус 5 що має рифлі 6, виконані у виді гвинтових ліній, напрямом яких протилежно напрямку навивки спіралі 4, який встановлений на дні кожуха 3 і обертається разом із гвинтовою спіраллю 4. Конус 5 поділяє подавану масу і направляє по рифлям 6 у міжвитковий простір гвинтової спіралі 4. При цьому кожен захід спіралі захоплює сипучий матеріал, що поступає по рифлям конуса і безупинним потоком направляє (транспортує) нагору до матеріалопроводів, встановлених у вершині кожуха. Потім сипучий матеріал через матеріалопроводи надходить до сошників.

Подібне виконання гвинтового висіваючого апарата, а також особливість технологічного процесу – рух сипучого матеріалу спочатку по конусі вниз, а потім по гвинтовій спіралі нагору дозволяє зменшити вплив коливань агрегату на рівномірність висіву і знизити габарити і металоємність сівалки.

### **3.2. Визначення кінематичних параметрів руху насінин в апараті**

Рух насінин у висіваючому апараті можна розбити на два етапи. На першому етапі насіння під дією власної ваги висипаються з бункера через круглий отвір на дні насінного бункера до гвинтового висіваючого апарату.

На другому етапі насіння попадають на рифлі конуса гвинтового висівачного апарата, звідки вони захоплюються гвинтовою спіраллю і переміщуються по ній нагору [15, 18, 21, 23].

Розглянемо рух зерна по рухомій гвинтовій спіралі. Прикладемо до зерна всі діючі на нього сили (рисунок 3.2):

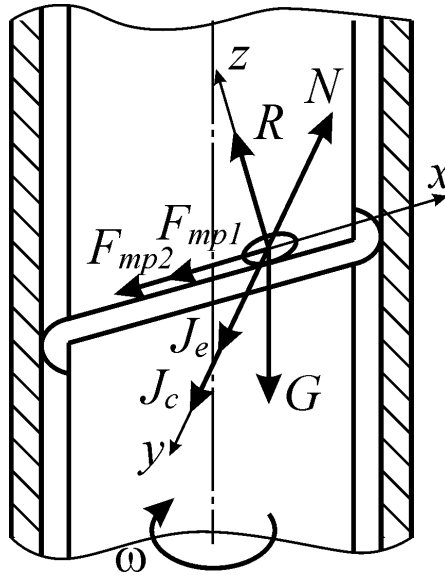


Рисунок 3.2 – Схема сил, що діють на зерно

На зерно діють наступні сили:

1. Сила ваги [15, 18, 21, 23]

$$G = m \cdot g, \quad (3.1)$$

де  $m$  – маса зерна, кг;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ .

2. Відцентрова сила інерції

$$J_e = m \cdot \omega^2 \cdot r, \quad (3.2)$$

де  $\omega$  – кутова швидкість,  $\text{с}^{-1}$ ;

$r$  – радіус спіралі, м.

3. Коріолісова сила інерції

$$J_c = 2 \cdot m \cdot x \cdot \cos \alpha, \quad (3.3)$$

де  $x$  – відносна швидкість зерна,  $\text{м/с}$ ;

$\alpha$  – кут нахилу гвинтової спіралі.

4. Нормальну реакцію поверхні спіралі знаходимо з рівняння рівноваги по осі z:

$$\begin{aligned}\Sigma F_{iz} = 0 : R - G \cdot \cos \alpha &= 0 \\ R &= G \cdot \cos \alpha.\end{aligned}\quad (3.4)$$

Після підстановки значень G:

$$R = m \cdot g \cdot \cos \alpha.\quad (3.5)$$

5. Нормальну реакцію поверхні стінки знаходимо з рівняння рівноваги по осі y:

$$\begin{aligned}\Sigma F_{iy} = 0 : J_e + J_c - N &= 0 \\ N &= J_e + J_c.\end{aligned}\quad (3.6)$$

Після підстановки значень  $J_e$  та  $J_c$  одержимо:

$$N = m \cdot \omega^2 \cdot r + 2 \cdot m \cdot x \cdot \cos \alpha.\quad (3.7)$$

6. Сила тертя частки об поверхню спіралі

$$F_{mp1} = f_1 \cdot R.\quad (3.8)$$

Після підстановки значень R:

$$F_{mp1} = f_1 \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha.\quad (3.9)$$

7. Сила тертя частки об поверхню стінки

$$F_{mp2} = f_2 \cdot N.\quad (3.10)$$

Після підстановки значень N:

$$F_{mp2} = f_2 \cdot (m \cdot \omega^2 \cdot r + 2 \cdot m \cdot x \cdot \cos \alpha).\quad (3.11)$$

Тепер знайдемо рівняння руху зерна по даній рухомій гвинтовій спіралі.

Побудова рівняння руху точки, при відомих силах, що діють на тіло, початкового положення, маси і початкової швидкості, складають другу основну задачу динаміки (зворотну задачу динаміки) [15, 18, 21, 23].

Розв'язується вона за допомогою диференціальних рівнянь:

$$\begin{aligned}m\ddot{x} &= \sum F_{ix}; \\ m\ddot{y} &= \sum F_{iy}; \\ m\ddot{z} &= \sum F_{iz}.\end{aligned}\quad (3.12)$$

Оскільки  $m\ddot{y} = 0$  і  $m\ddot{z} = 0$  (зерно не відривається від витка спіралі, а стінки обойми перешкоджають переміщенню точки по осі  $z$ ), залишається одне рівняння:

$$m\ddot{x} = \sum F_{ix}. \quad (3.13)$$

Підставляємо необхідні значення:

$$m\ddot{x} = -F_{mp1} - F_{mp2} - G \cdot \cos \alpha; \quad (3.14)$$

$$m\ddot{x} = -f_1 \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha - f_2 \cdot (m \cdot \omega^2 \cdot r + 2 \cdot m \cdot \dot{x} \cdot \cos \alpha) - m \cdot g \cdot \cos \alpha; \quad (3.15)$$

$$m\ddot{x} = -f_1 \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha - f_2 \cdot m \cdot \omega^2 \cdot r - f_2 \cdot 2 \cdot m \cdot \dot{x} \cdot \cos \alpha - m \cdot g \cdot \cos \alpha; \quad (3.16)$$

$$\ddot{x} = -f_1 \cdot g \cdot \cos \alpha - f_2 \cdot \omega^2 \cdot r - f_2 \cdot 2 \cdot \dot{x} \cdot \cos \alpha - g \cdot \cos \alpha. \quad (3.17)$$

Після деякого перетворення одержимо:

$$\ddot{x} + f_2 \cdot 2 \cdot \dot{x} \cdot \cos \alpha = -f_1 \cdot g \cdot \cos \alpha - f_2 \cdot \omega^2 \cdot r - g \cdot \cos \alpha. \quad (3.18)$$

Отриманий вираз є диференціальним неоднорідним рівнянням другого порядку.

Для його розв'язання позначимо

$$f_2 \cdot 2 \cdot \cos \alpha = p; \quad (3.19)$$

$$f_1 \cdot g \cdot \cos \alpha + f_2 \cdot \omega^2 \cdot r + g \cdot \cos \alpha = q. \quad (3.20)$$

Тоді наше рівняння можна записати в наступному виді:

$$\ddot{x} + p \cdot \dot{x} = -q. \quad (3.21)$$

Загальний розв'язок диференціального неоднорідного рівняння другого порядку з постійними коефіцієнтами складається з загального розв'язання диференціального однорідного рівняння другого порядку і часткового розв'язання диференціального неоднорідного рівняння другого порядку з постійними коефіцієнтами.

Знайдемо загальне рішення диференціального однорідного рівняння другого порядку [15, 18, 21, 23].

Складемо характеристичне рівняння:

$$k^2 + pk = 0. \quad (3.22)$$



Знайдемо його корені:

$$k(k+p) = 0. \quad (3.23)$$

Звідси  $k_1 = 0$ ,  $k_2 = -p$ .

Загальним рішенням диференціального однорідного рівняння другого порядку буде:

$$x_1 = c_1 \cdot e^{0t} + c_2 \cdot e^{-pt}, \quad (3.24)$$

$$x_1 = c_1 + c_2 \cdot e^{-pt}. \quad (3.25)$$

Знайдемо частковий розв'язок диференціального неоднорідного рівняння другого порядку з постійними коефіцієнтами:

$$x_2 = q \cdot p; \quad (3.26)$$

$$\dot{x}_2 = q_1; \quad (3.27)$$

$$\dot{x}_2 = 0; \quad (3.28)$$

$$p \cdot q_1 = -q; \quad (3.29)$$

$$q_1 = -\frac{q}{p}. \quad (3.30)$$

Загальне рішення диференціального неоднорідного рівняння другого порядку з постійними коефіцієнтами набуде вигляду:

$$x = x_1 + x_2; \quad (3.31)$$

$$x = c_1 + c_2 \cdot e^{-pt} - \frac{q}{p}. \quad (3.32)$$

Продиференціюємо цей вираз по часу  $t$ :

$$\dot{x} = -p \cdot c_2 \cdot e^{-pt}. \quad (3.33)$$

Постійні інтегрування можна визначити з початкових умов: при  $t = 0$   
 $x = 0$ ,  $\dot{x} = \dot{x}_0$ .

$$c_1 + c_2 \cdot e^{-p \cdot 0} - \frac{q}{p} = 0; \quad (3.34)$$

$$c_1 + c_2 - \frac{q}{p} = 0. \quad (3.35)$$

$$\dot{x}_0 = -p \cdot c_2 \cdot e^{-p \cdot 0}; \quad (3.36)$$

$$\dot{x}_0 = -p \cdot c_2. \quad (3.37)$$

$$c_2 = -\frac{\dot{x}_0}{p}. \quad (3.38)$$

$$c_1 = \frac{q}{p} - c_2; \quad (3.39)$$

$$c_1 = \frac{q}{p} + \frac{\dot{x}_0}{p} = \frac{q + \dot{x}_0}{p}. \quad (3.40)$$

Тоді рівняння руху зерна по даній рухомій гвинтовій спіралі набуде вигляду:

$$x = \frac{q}{p} + \frac{\dot{x}_0}{p} - \frac{\dot{x}_0}{p} \cdot e^{-p \cdot t} - \frac{q}{p}; \quad (3.41)$$

$$x = \frac{\dot{x}_0}{p} (1 - e^{-p \cdot t}). \quad (3.42)$$

Підставляємо значення  $q$  і  $p$ :

$$x = \frac{\dot{x}_0}{2 \cdot f_2 \cdot \cos \alpha} (1 - e^{-2 \cdot f_2 \cdot \cos \alpha \cdot t}). \quad (3.43)$$

Цей вираз і є рівнянням руху зерна по рухомій гвинтовій спіралі.

Для визначення відносної швидкості зерна продиференціюємо рівняння його руху по рухомій гвинтовій спіралі:

$$\dot{x} = \dot{x}_0 \cdot e^{-2 \cdot f_2 \cdot \cos \alpha \cdot t}. \quad (3.44)$$

Аналіз даного виразу показує, що на відносну швидкість руху зерна впливають частота обертання гвинта  $\omega$ , час руху  $t$  і кут нахилу гвинтової спіралі  $\alpha$ .

Абсолютна швидкість руху насінин складається зі швидкостей переносного і відносного рухів:

$$\bar{V}_a = \bar{V}_e + \bar{V}_r, \quad (3.45)$$

де 
$$V_e = \omega_e \cdot r_e. \quad (3.46)$$

Тоді величину абсолютної швидкості руху насінин можна визначити з виразу [15, 18, 21, 23]:

$$V_a = \sqrt{V_e^2 + V_r^2 - 2 \cdot V_e \cdot V_r \cdot \cos \alpha}. \quad (3.47)$$

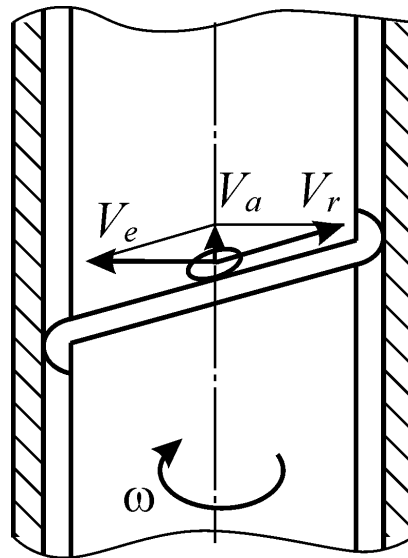


Рисунок 3.3 – Визначення абсолютної швидкості руху насінин

Підставимо значення переносної і відносної швидкостей в останнє рівняння, одержимо

$$V_a = \sqrt{\dot{x}^2 + \omega^2 r^2 - 2 \cdot \dot{x} \cdot \omega r \cdot \cos \alpha} . \quad (3.48)$$

### 3.3. Визначення секундної продуктивності апарату

Здану норму висіву насінин можна встановити зміною продуктивності гвинтового висіваючого апарата. У свою чергу продуктивність залежить від конструктивних і технологічних параметрів висіваючого апарата. Для визначення залежності між продуктивністю і конструктивними параметрами розглянемо простір, що знаходиться між витками спіралі, стінками обойми і обмежувача висіву. При роботі висіваючого апарата через цей простір в одиницю часу проходить визначена кількість насінин. Знаючи абсолютну швидкість руху насінин на виході висіваючого апарата і площу поперечного перерізу міжвиткового простору, можна представити продуктивність гвинтового висіваючого апарату у вигляді [5, 17, 18, 19]:

$$Q = \psi \cdot \gamma_n \cdot F \cdot V_a , \quad (3.49)$$

де  $Q$  – продуктивність висіваючого апарату, кг/с;  
 $\psi$  – коефіцієнт заповнення міжвиткового простору, що залежить від фізико-механічних властивостей насінин культури, що висівається;

$\gamma_c$  – об’ємна маса насіння, кг/м<sup>3</sup>;

$F$  – площа поперечного перерізу міжвиткового простору, м<sup>2</sup>;

$V_a$  – абсолютна швидкість руху насінин на виході висіваючого апарата, м/с.

Площа поперечного перерізу міжвиткового простору (рисунок 3.4) можна визначити за формулою:

$$F = 2h \cdot r_n - \pi r_n^2, \quad (3.50)$$

де  $h$  – крок гвинта;

$r_n$  – радіус перерізу гвинтової спіралі.

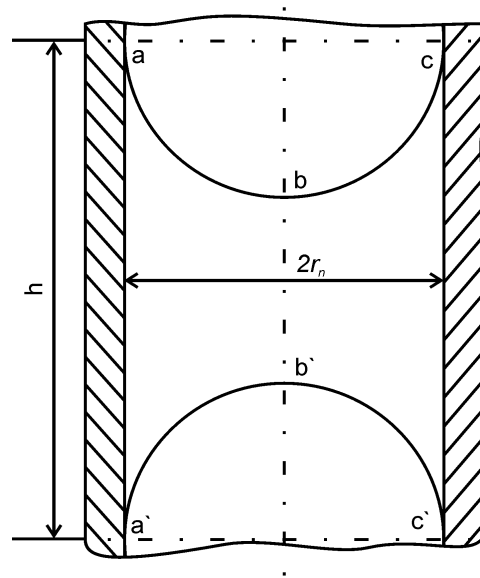


Рисунок 3.4 – Визначення площі поперечного перерізу міжвиткового простору

Для групового висіваючого апарата площа поперечного перерізу міжвиткового простору [5, 17, 18, 19]:

$$F = \pi(4 \cdot r_n \cdot r_g \cdot \operatorname{tg} \alpha - n \cdot r_n^2), \quad (3.51)$$

де  $n$  – число гвинтових спіралей.

Тоді вираз, що визначає продуктивність групового гвинтового висіваючого апарата, можна представити в остаточному виді:

$$Q = \pi(4 \cdot r_n \cdot r_g \cdot \operatorname{tg} \alpha - n \cdot r_n^2) \cdot \psi \cdot \gamma_n \cdot \sqrt{(\dot{x}_0 \cdot e^{-2 \cdot f_2 \cdot \cos \alpha})^2 + \omega^2 r_g^2}. \quad (3.52)$$

Для визначення секундної продуктивності групового гвинтового висіваючого апарата підставимо значенням часу  $t = 1$  с. Тоді вираз набуде вигляду:

$$Q = \pi(4 \cdot r_n \cdot r_g \cdot \operatorname{tg} \alpha - n \cdot r_n^2) \cdot \psi \cdot \gamma_n \cdot \sqrt{(\dot{x}_0 \cdot e^{-2 \cdot f_2 \cdot \cos \alpha})^2 + \omega^2 r_g^2}. \quad (3.53)$$

Аналіз даного виразу показує, що секундна продуктивність висіваючого апарату залежить як від фізико-механічних властивостей насінин, так і від конструктивних параметрів. Зі збільшенням частоти обертання гвинта збільшується продуктивність апарата. Знаючи продуктивність висіваючого апарата, норму висіву насінин можна визначити за залежністю [5, 17, 18, 19]:

$$N = \frac{10^4 \cdot Q \cdot t}{S}, \quad (3.54)$$

де  $N$  – норма висіву, кг/га;

$t$  – час висіву, с;

$S$  – площа сівби, м<sup>2</sup>.

Визначимо секундну продуктивність агрегату при максимальній і мінімальній нормах висіву насіння пшениці. Значення радіуса гвинта  $r_g$ , радіуса гвинтової спіралі  $r_n$  і кроку гвинта  $h$  приймемо з результатів досліджень, проведених Адуовим М.А., рівними  $r_g = 27$  мм,  $r_n = 2,5$  мм,  $h = 51$  мм. Об'ємна маса  $\gamma_c = 783$  кг/м<sup>3</sup>. Коефіцієнт заповнення міжвиткового простору  $\psi$  приймемо рівним 1, коефіцієнт тертя зерна об залізо  $f_2 = 0,30$ .

Кут нахилу гвинтової спіралі знайдемо з виразу, знайденого нами в попередньому підрозділі:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left( \frac{h}{2 \cdot \pi \cdot r} \right) = \operatorname{arctg} \left( \frac{51}{2 \cdot 3,14 \cdot 27} \right) = 16,74^\circ. \quad (3.55)$$

Норма висіву  $N_{\min} = 110$  кг/га,  $N_{\max} = 170$  кг/га.

Розрахуємо значення продуктивності висіваючого апарату в залежності від кутової швидкості і цю залежність представимо на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 – Залежність продуктивності висіваючого апарата від кутової швидкості його обертання

З усього вищесказаного і аналізу даних, отриманих лабораторними дослідженнями процесу висіву гвинтовими висіваючими апаратами Адуова М.А., впливає, що продуктивність висіваючого апарата, тобто норму висіву насінин, варто встановлювати зміною частоти обертання гвинта.

### 3.4. Розрахунок приводу висіваючого апарата

Обертання валів висіваючого апарата здійснюється механізмом приводу, що складає з ланцюгових передач.

Розіб'ємо розрахунок приводу сівалки на кілька етапів. 1 етап: передача крутного моменту з валу прикочуючих котків на вал контрприводу. На валу прикочуючих котків встановлена семизубова зірочка 1. Її обертання передається втулочно-роликівим ланцюгом із кроком 38 мм на два надцятизубову зірочку, що обертається на валу рамки котків 2 (рисунок 3.6).

Визначимо передатної відношення даної ланцюгової передачі [15, 21]:

$$i_1 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{7}{12} = 0,58. \quad (3.56)$$

2 етап: Дванадцятизубова зірочка 2 має на лівому торці храпові кулачки, що входять у зачеплення з кулачками восьмизубової зірочки 3. Втулочно-роликівим ланцюгом із кроком 31,75 мм обертання від зірочки передається на змінну зірочку 4, що приводить в обертання вал висівних апаратів, встановлену в підшипнику ковзання на боковині насінневого бункера.

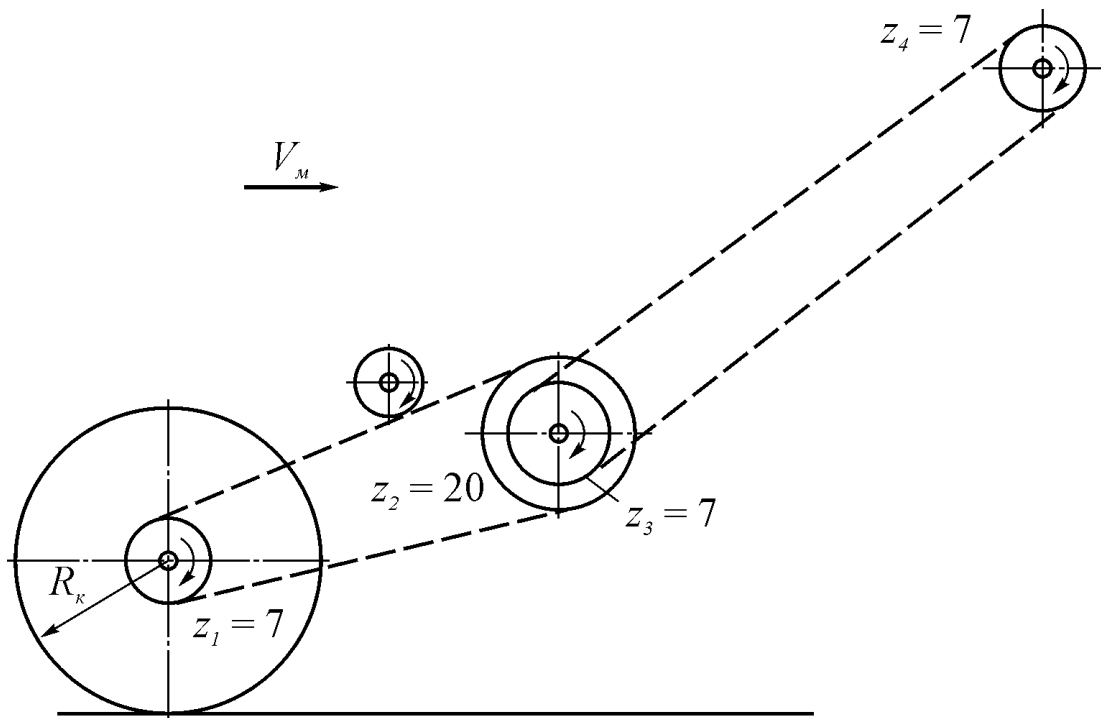


Рисунок 3.6 – Схема механізму передач

Визначимо передатне відношення механізму приводу.

$$m = \frac{\omega_k}{\omega_g}. \quad (3.57)$$

Кутову швидкість валу ковзаник визначимо за формулою [15, 1821, 23]:

$$\omega_k = \frac{V_M}{R_k} = \frac{10}{0,275} = 36,36 \text{ c}^{-1}. \quad (3.58)$$

Тепер знайдемо різні варіанти змінних зірочок, що забезпечують роботу на різних кутових швидкостях [15, 21, 23]:

$$n = n_k \cdot i_1 \cdot i_2. \quad (3.59)$$

$$i_2 = \frac{n}{n_k \cdot i_1}. \quad (3.60)$$

$$\frac{z_2}{z_3} = \frac{n}{n_k \cdot i_1}. \quad (3.61)$$

Звідси знайдемо  $z_3$ :

$$z_3 = \frac{n_k \cdot i_1 \cdot z_2}{n}. \quad (3.62)$$

Частоту обертання вала котків і висіваючих апаратів визначимо в такий спосіб

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi}. \quad (3.63)$$

Тоді вираз для визначення кількості зубів зірочки набуде виду:

$$z_3 = \frac{\omega_k \cdot i_1 \cdot z_2}{\omega_6}. \quad (3.64)$$



### Висновки до розділу 3

Проаналізувавши матеріали розділу, можна зробити наступні висновки:

– виконання запропонованого гвинтового висіваючого апарата, а також особливість технологічного процесу – рух сипучого матеріалу спочатку по конусу вниз, а потім по гвинтовій спіралі нагору дозволяє зменшити вплив коливань агрегату на рівномірність висіву і знизити габарити і металоємність сівалки;

– зерно робить складний рух, у нашому випадку робить гвинтовий рух, що складається з обертального руху навколо осі гвинтової лінії з кутовою швидкістю  $\omega$  і поступального зі швидкістю  $\dot{x}$ , спрямованого паралельно осі гвинтової лінії;

– на швидкість руху зерна відносно даної рухливої гвинтової спіралі впливають частота обертання гвинта  $\omega$ , час руху  $t$  і кут нахилу гвинтової спіралі  $\alpha$ ;

– продуктивність висіваючого апарата залежить як від фізико-механічних властивостей насінин, так і від конструктивних параметрів, і зі збільшенням частоти обертання гвинта вона збільшується;

– продуктивність висіваючого апарата, тобто норму висіву насінин, варто встановлювати зміною частоти обертання гвинта;

– запропонована схема приводу забезпечує сівбу насінин із заданою нормою висіву.

## **4. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **4.1. Програма експериментальних досліджень**

Виходячи із того, що гвинтовий висіваючий пристрій зернової сівалки ще не був досліджений, виникла необхідність вивчення технологічних показників роботи цього робочого органу. Теоретичні дослідження довели перспективність такого сепаратора.

Завданням експериментальних досліджень висіваючого пристрою є встановлення впливу різних факторів на якісні показники якості його роботи: рівномірність висіву насіння по окремих сошниках, а також по довжині рядків.

Актуальність проведення досліджень визначається тим, що даний робочий орган є принципово новим і в літературних джерелах відсутні дані по вивченню впливу основних конструктивних параметрів та режимів роботи на рівномірність висіву.

Враховуючи задачі наукових досліджень, до програми експериментальних досліджень було включено:

- дослідження впливу головних факторів на виконання технологічного процесу розподілу насіння;
- експериментальне визначення впливу найбільш значимих факторів на норму та рівномірність висіву насіння;
- шляхом співставлення результатів теоретичних та експериментальних досліджень перевірити математичну модель процесу розподілу насіння гвинтовим висіваючим апаратом.

Для виконання вищевказаної програми експериментальних досліджень необхідно було вирішити наступні завдання:

- розробити методику проведення окремих етапів досліджень;
- виготовити вимірювальний комплекс для реєстрації показників роботи висіваючого апарату а також програмне забезпечення для їх запису;

- розробити і виготовити конструкцію лабораторної установки;
- виготовити необхідну кількість змінних деталей для проведення дослідів;
- провести тарування вимірювального комплексу;
- організувати проведення досліджень у відповідності із методикою планування експериментів та опрацювати результати досліджень.

При розробці методики експериментальних досліджень був використаний РД 10.8.5-89 “Випробування сільськогосподарської техніки”.

Пошукові досліді заплановано провести за схемою:

- перевірка роботоздатності розробленої конструкції гвинтового висіваючого апарату та надійності експериментальної установки;
- визначення допустимих режимів роботи висіваючого апарату;
- визначення впливу головних факторів на виконання технологічного процесу.

Після вибору найбільш значимих факторів на другому етапі досліджень будуть виконані дослідження за повним факторним експериментом (ПФЕ)  $2^n$ .

## **4.2. Методика експериментальних досліджень**

### **4.2.1. Вибір досліджуваних параметрів**

Залежно від цілей випробувань посівні машини і пристосування до них проходять випробування за повною, скороченою або спеціальною програмою.

Повна програма випробувань повинна включати наступні види оцінок [3, 6, 13]:

- експертизу конструкції машин;
- агротехнічну оцінку;
- енергетичну оцінку;

- оцінку умов праці;
- оцінку надійності;
- експлуатаційно-технологічну оцінку;
- економічну оцінку.

За повною програмою проводять випробування дослідних і модернізованих машин, а також виробничих машин першого року випуску або що вперше поступили на машинно-випробувальну станцію.

За наслідками випробувань складають протокол, в якому по перерахованих видах оцінок дають порівняння: по дослідних і модернізованих зразках з показниками еталонної машини, вітчизняних агровимог і вимог міжнародної системи машин, по виробничих зразках з агротехнічними вимогами і технічними умовами.

Скорочена програма випробувань повинна включати [3, 6, 13]:

- експертизу конструкції;
- оцінку умов праці;
- оцінку надійності з експлуатаційно-технологічними показниками.

За скороченою програмою проводять контрольні випробування машин виробничих другого і подальших років випуску.

За наслідками контрольних випробувань складають протокол, в якому по перерахованих видах оцінок дають порівняння отриманих показників з показниками технічних умов і агротехнічних вимог.

Технологічні і технічні регулювання і догляд за сівалками і пристосуваннями в процесі випробувань проводять відповідно до правил експлуатації, викладеними в інструкції.

При випробуванні дослідних і модернізованих зразків машин для отримання порівняльних даних паралельно і в зіставних умовах з випробовуваною машиною випробовують машину виробничу як еталон.

Оцінку конструкції машини проводять в процесі всього періоду випробувань і результати відображають в аналізі кожного виду оцінок.

Експертиза конструкції машини включає: перевірку або складання технічного опису, технічної характеристики (паспорта) з вказівкою основних параметрів робочих органів і показників уніфікації, опис схем технологічного процесу, схем приводу і автоматики; оцінку конструкції машини, регулювань і якості виготовлення.

При проведенні технічної експертизи дають оцінку показників уніфікації деталей машини.

Опис технологічного процесу повинен давати повне уявлення про призначення окремих робочих органів машини і послідовності їх роботи. При описі роблять посилання на схему технологічного процесу, де умовними лініями показують рух технологічного матеріалу (насіння, добрив).

У описі технологічного процесу висловлюють організацію проведення робіт, указують також потребу в допоміжних засобах для забезпечення безперебійної роботи машин.

Агротехнічна оцінка посівних машин і пристосувань до них включає:

- а) вибір фону і характеристику умов випробувань;
- б) вибір режимів роботи;
- в) визначення показників якості роботи;
- г) математичну обробку показників;
- д) аналіз показників якості роботи.

Для агротехнічної оцінки посівних машин і пристосувань до них проводять лабораторні і лабораторно-польові випробування.

При агротехнічній оцінці визначають:

а) по характеристиці початкового матеріалу: культуру; сорт; чистоту %; енергію проростання %; схожість %; посівну придатність %; вагу 1000 зерен, г; вологість насіння %; передпосівну обробку насіння (замочування, дражирование, протравлення і ін.); натурна вага, г/л; розміри насіння: довжину, ширину, товщину (для крупносемянных культур), см; розмір і вирівняність фракції (для насіння, що калібрується); дроблення насіння %; вологість добрив %; фракційний склад добрив %; об'ємна вага добрив, кг/м<sup>3</sup>;

б) по характеристиці ділянки: тип ґрунту і назва по механічному складу; структуру; рельєф; мікрорельєф; вологість ґрунту %, у шарах: 0-5, 5-10, 10-15 см твердість ґрунту, кг/см<sup>2</sup>, в шарах: 0-5, 5-10, 10-15 см глибину розпушеного шару ґрунту, см; якість крошення розпушеного шару, %; попередню обробку;

в) за якістю роботи при лабораторних випробуваннях: швидкість руху агрегату, км/год; нерівномірність висіву між окремими висіваючими апаратами, г, %; нестійкість загального висіву, г, %; дроблення насіння (гранул) %; висіваючу здатність сівалки, кг/га; рівномірність розподілу насіння в рядку (для сівалок точного висіву);

г) за якістю роботи при лабораторно-польових випробуваннях: швидкість руху агрегату, км/год; норму висіву, кг/га, шт. на 1 пог. м; рівномірність глибини заробки насіння; величину ґрунтового прошарку між насінням і добривами, мм; межі глибини заробки насіння, мм; кількість насіння, не заробленого в ґрунт, штук на 1 м<sup>2</sup>; динаміку появи сходів %; польову схожість %; рівномірність розподілу рослин в рядку або за площею %; корисну гребнистость (для протиерозійних сівалок); ступінь збереження стерні (для протиерозійних сівалок) %; вміст ерозійно-небезпечних частинок розміром менше 1 мм в шарі 0-5 см (для протиерозійних сівалок) %; прямолінійність подовжніх рядків %.

#### **4.2.2. Умови проведення випробувань і вибір режимів роботи**

Висіваючі апарати сівалок повинні випробовуватися на насінному матеріалі, відповідному посівним кондиціям не нижче 2 класу.

Добрива, вживані при оцінці якості роботи дослідних туковисіваючих апаратів, повинні задовольняти вимогам відповідних стандартів.

Насінневий ящик (банка) повинен бути заповнений насінинами не менше ніж на 2/3 його об'єму [3, 6].

При випробуванні сівалок на висіві несипкого насіння трав або добрив відповідний ящик (банка) на початку випробувань повинен бути заповнений повністю.

При порівняльних випробуваннях якості роботи сівалок з різними типами висіваючих апаратів і насінних ящиків (банок) визначають при однаковій нормі висіву.

До початку лабораторних випробувань машина повинна пройти обкатку згідно заводської інструкції [3, 6].

Лабораторно-польові випробування машин проводять в оптимальні агротехнічні терміни, передбачені для зони випробування.

Перед відбором проб на якість роботи встановлюють оптимальні регулювання стосовно умов випробувань і агротехнічних вимог. Встановлені регулювання повинні бути записані в польовий журнал випробувань.

Машини з принципово новими висіваючими апаратами або схемою технологічного процесу, а також машину вперше представлену на випробування, випробовують на трьох поступальних швидкостях. Машини, що поступили на повторні випробування, випробовують на двох швидкостях. Швидкісні режими вибирають залежно від типу машини.

#### **4.2.3. Методика визначення показників якості роботи сівалки**

У висіваному матеріалі, підготовленому до випробувань, повинні бути визначені [3, 6, 18, 23]:

а) чистота, енергія проростання, схожість, господарська придатність, вага 1000 зерен, вологість, натура (вага 1 л насіння в грамах) дроблення насіння по ГОСТ 12036-12037-66; ГОСТ 12038-66; ГОСТ 12042-66; ГОСТ 12041-66; ГОСТ 10840-64;

б) у крупносемянних культур додатково визначають розміри насіння (довжину, ширину, товщину) шляхом вимірювання 100 штук насіння, взятого підряд без вибору і визначення середньою арифметичною з вимірів;

в) вологість добрив визначають в день випробувань по ОСТУ 70.2.15-73 “Випробування сільськогосподарської техніки. Методи визначення умов випробувань”;

г) об’ємну вагу добрив визначають в п’ятикратній повторності шляхом зважування їх в ящику розміром 0,25×0,25×0,25 м. За даними зважування шляхом перерахунку визначають вагу добрив в 1 м<sup>3</sup>.

д) фракційний склад гранульованих добрив визначають методом просіювання трьох навішувань, вагою по 250 г на решетах з діаметром отворів 1, 2, 4 мм.

Дані, що характеризують початковий матеріал, після математичної обробки заносять у відомість.

Допускається характеристику насіння приводити за даними контрольно-насінної лабораторії.

При оцінці якості роботи висіваючих апаратів повинні бути визначені:

- а) нерівномірність висіву між окремими апаратами;
- б) нестійкість загального висіву;
- в) висіваюча здатність сівалки;
- г) дроблення і мікропошкодження насіння, дроблення гранул;
- д) розподіл насіння в рядку (для сівалок точного висіву).

Нерівномірність висіву окремих висіваючих апаратів повинна бути визначена при установці сівалки на господарську норму висіву насіння або добрив.

Установку сівалки на норму висіву і перевірку якості роботи проводять на стенді. За відсутності стенду сівалку встановлюють на підставки так, щоб колесо, що передає рух валу висіваючих апаратів, оберталося вільно [3, 6, 18, 23]:

а) кількість обертів  $n$  приводного колеса до висіваючих апаратів при певній заданій швидкості розраховують за формулою:

$$n = \frac{V}{l \cdot 60}, \quad (4.1)$$



де  $n$  – кількість оборотів колеса в хвилину;

$V$  – задана швидкість, м/год;

$l$  – довжина обода колеса сівалки або катка, м.

б) на стаціонарі кількість оборотів рекомендується визначати з розрахунку засіву сівалкою 0,01 га (100 м<sup>2</sup>) за формулою [18, 23]:

$$n = \frac{100}{S}, \quad (4.2)$$

де  $n$  – кількість оборотів приводного колеса;

$S$  – площа, що засівається за один оберт колеса, м<sup>2</sup>.

При висіві дрібного насіння або при невеликій нормі висіву число оборотів колеса повинно бути збільшене в 1,5...2 рази.

Фактичну норму висіву насіння  $Q$  сівалкою на 1 гектар при даній установці визначають за формулою [18, 23]:

$$Q = q_n 100, \quad (4.3)$$

де  $q_n$  – вага зерна, висіяного за  $n$  оборотів колеса на 0,01 га.

Якщо сівалка обладнана пристосуванням для прокручування валу висіваючих апаратів без прокручування ходового колеса вона повинна бути випробувана із застосуванням вказаного пристосування.

Необхідну норму висіву насіння отримують шляхом регулювань висіваючих апаратів і перестановкою механізму передач, що рекомендуються в заводському керівництві для даної культури. Перед узяттям проб колесо сівалки повинне бути прокручене 3-5 разів для заповнення висіваючих апаратів.

Сівалку вважають встановленою на норму висіву, якщо за прийняту кількість оборотів ходового колеса сівалки середній сумарний висів зі всіх апаратів по трьом повторностям буде відрізнятися від розрахункового по заданій нормі висіву не більше ніж на  $\pm 3\%$ . Висіяне за повторність досліду насіння зважують з точністю до 1 г і записують у відомість.

Після установки сівалки на висів заданої норми насіння або добрив відбирають проби в триразовій повторності для визначення ступеня нерівномірності висіву між апаратами і нестійкості загального висіву.

Висіяне насіння або добрива повинні бути зважені окремо по апаратах з точністю до 0,1 г.

Нестійкість загального висіву насіння (добрив) визначають за тими ж даними відомості лабораторних випробувань. При обробці даних визначають середній висів всіма апаратами з трьох повторностей, відхилення від середнього висіву насіння (добрив), висіяного всіма апаратами в кожній повторності, квадрат відхилення. Середнє квадратичне відхилення і коефіцієнт варіації, що характеризують нестійкість загального висіву сівалкою, підраховують за формулами [18, 23]:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (x'_i - \bar{x}')^2}{n' - 1}} ; \quad (4.4)$$

$$v = \frac{\sigma \cdot 100}{\bar{x}'}, \quad (4.5)$$

де  $x'_i$  – висів насіння (добрив) всіма висіваючими апаратами в кожній повторності;

$\bar{x}'$  – середній арифметичний висів всіма апаратами з трьох повторностей;

$n'$  – кількість повторностей.

Для визначення дроблення і мікропошкодження насіння, дроблення гранул добрива відбирають три наважки з проб, отриманих для визначення нерівномірності висіву.

У наважках насіння вагою відповідно до ГОСТ 12036-12037-66 слід відібрати роздроблене (бите) насіння, а добрива (три наважки по 250 г) просіяти на ситах з відповідними отворами – 1, 2, 4 мм.

Відібране роздроблене насіння або гранули добрив кожної проби зважують з точністю 0,01 г. Результати зважування повинні бути внесені до відомості.

Після виділення роздробленого насіння в наважці від цілого зерна двох повторностей відбирають без вибору дві проби по 100 штук кожна. Кожні 100 насіння поміщають в паперовий пакет, на котрому повинні бути вказані всі початкові дані (марка сівалки, дослід, повторність, дата взяття зразка, регулювання сівалки тощо). По кожному досліді повинні бути відібрані чотири проби, що складе 400 насінин. Для пливчастих культур з кожного зерна вручну обережно знімають квіткові плівки. Насіння кожної сотні переглядають через лупу 10-кратного збільшення і виділяють насіння:

- з вибитим зародком;
- з пошкодженим зародком;
- з пошкодженою оболонкою зародка;
- з пошкодженим ендоспермом (макротріщини ендосперму, мікротріщини ендосперма, пошкоджена оболонка ендосперма).

Кількість насіння в штуках з тим або іншим видом пошкоджень заносять у відповідну графу відомості.

Отримані дані обробляють і визначають кількість різних видів пошкоджень у відсотках до кількості проаналізованого насіння.

Відсоток дроблення і мікропошкоджень насіння попередньо визначають і в початковому матеріалі. По різниці їх в матеріалі після пропуску через апарат і в початковому матеріалі визначають пошкодження насіння апаратами.

Для визначення нерівномірності висіву між висіваючими апаратами і нестійкості загального висіву несипучого насіння трав або добрив повинно бути відібрано декілька проб до спорожнення насінного або тукового ящика до 80% або до припинення висіву раніше чим буде досягнутий мінімальний рівень насіння або добрива в ящику.

Ці показники повинні бути визначені в природних польових умовах або на спеціальному стенді, що імітує по вібрації роботу агрегату в польових умовах.

Додаткове перемішування насіння або туків в ящику при взятті проби не допускається.

У разі припинення висіву або утворення куполів повинна бути встановлена причина цього.

Висіваюча здатність сівалки повинна бути визначена при висіві насіння (добрив) максимальної і мінімальної норми, встановленої агротехнічними вимогами до даної культури.

Максимальний і мінімальний висів повинен бути визначений при відповідних передавальних відношеннях і регулюваннях висіваючих апаратів, передбачених конструкцією сівалки для висіву даної культури.

Проби беруть в триразовій повторності.

Зважування проб повинне бути проведене з точністю 1 г. Результат зважування повинен бути внесений до відомості.

Дані, що характеризують якість роботи апаратів після математичної обробки поміщають в зведену відомість лабораторних випробувань.

При випробуванні сівалок точного висіву визначають рівномірність розподілу насіння уздовж рядка при висіві на липку стрічку.

Для цього проводять висів насіння при господарській нормі на липку стрічку в шестикратній повторності при висіві одним апаратом, в триразовій повторності при висіві двома апаратами. Вимірювання інтервалів між насінням проводять на довжині не менше 2,5 м наростаючим підсумком або фіксують фактичні інтервали між насінням (рослинами). Дані записують у відомість.

Результати класифікують з проміжком 10 мм і опрацьовують методом математичної статистики. При цьому визначають середню відстань між зернами, середнє квадратичне відхилення, варіаційний коефіцієнт і число випадків, що відповідає кожному інтервалу у відсотках до загального числа інтервалів [3, 6, 13].

Рекомендується розподіл насіння уздовж рядка визначати за допомогою кінозйомки.

На підставі підрахунку даних кінозйомки або вимірювань інтервалів на липкій стрічці будують графік, що характеризує рівномірність розподілу насіння в рядку. На графіці по осі абсцис відкладають відстань між сусідніми зернами в міліметрах, а по осі ординат – число випадків, відповідне кожній відстані у відсотках до загального числа випадків.

#### 4.2.4. Методика визначення умов проведення досліджень

Для об'єктивного аналізу експериментальних даних визначали умови проведення досліджень у відповідності до ГОСТ 20915-75 “Сільськогосподарська техніка. Методи визначення умов випробувань”[3, 6, 23].

Рельєф ділянки визначали візуально. Тип ґрунту приймали із ґрунтової карти.

Для визначення інших характеристик поля і ґрунту по діагоналі дослідної ділянки вибрали 5 окремих залікових ділянок площею 1 м<sup>2</sup>.

Мікрорельєф ділянки (профіль гребенів і боріз) визначали за допомогою спеціально розробленого профілеміра. При цьому вимірювалася відстань до поверхні поля проводились з кроком 5 см.

Засміченість поля і ґрунту визначали кількісним і масовим методами на залікових ділянках. Кількісний метод передбачав підрахунок бур'янів на ділянці. Масовий метод передбачав скошування культурних рослин і бур'янів на заліковій ділянці і роздільне зважування.

Засміченість поля розраховували за формулою [3, 6, 23]:

$$Z_c = \frac{g_b}{g_b + g_k} \cdot 100, \quad (4.6)$$

де  $Z_c$  – засміченість поля, %;

$g_b$  і  $g_k$  – кількість, маса бур'янів і бадилля відповідно, кг.

Середню засміченість при кількісному і масовому методі визначали як середнє арифметичне з усіх залікових.

Засміченість ґрунту камінням визначалась на глибині викопування бульб перекопуванням на максимальну глибину підкопування і розбиранням ґрунту. Засміченість визначали як відношення маси зібраного каміння до загальної маси ґрунту.

Фракційний склад ґрунту визначався за допомогою спеціального ящика розміром 500×250×300 мм, який мав загострені кромки та окреме дно. На заліковій ділянці вирізалась проба ґрунту і вручну розбиралась на фракції розміром: до 25 мм, 25...50 мм, 50...75 мм, 75...100 мм, 100 мм і більше. Замір грудок проводили штангенциркулем з точністю до 5 мм. Після закінчення розбору проводили зважування фракцій та розраховували середній відсотковий склад кожної фракції у пробі.

Під час проведення досліджень щоденно визначали вологість ґрунту. Проби на вологість брали на глибині 0...25 см з інтервалом через 5 см на всіх окремих ділянках. Для проби відбирали наважку масою 30-40 г яку поміщали в спеціально пронумеровані бюкси і щільно закривали кришкою. Бюкси упаковували в спеціальний ящик і направляли в лабораторію для зважування. Потім стаканчики відкривали і поміщали в сушильну шафу. Пробу сушили протягом 8 год. при температурі 1050С. Бюкси з висушеним ґрунтом в закритому виді поміщали в ексікатори, після охолодження, через 15...20 хв. зважували. За різницею маси стаканчика з ґрунтом до і після сушки визначали кількість води, що містилася в наважці, а за різницею маси стаканчика з висушеним ґрунтом і порожнього – масу сухого ґрунту. Вологість ґрунту визначали за формулою [3, 6, 23]:

$$W = \frac{a}{b} \cdot 100, \quad (4.7)$$

де  $a$  – маса випаруваної води, г;

$b$  – маса абсолютно сухого ґрунту, г.

За даними окремих залікових ділянок визначали середню вологість ґрунту.

Твердість ґрунту визначали ґрунтовим твердоміром в місцях визначення вологості. Твердість ґрунту визначали за формулою [3, 6, 23]:

$$P = \frac{h_{cp} q}{S}, \quad (4.8)$$

де  $h_{cp}$  – середня ордината діаграми твердості, мм;  
 $q$  – масштаб пружини, Н/мм;  
 $S$  – площа поперечного перерізу плунжера, мм<sup>2</sup>.

$$h_{cp} = \frac{F}{l}, \quad (4.9)$$

де  $F$  – площа діаграми, мм<sup>2</sup>;  
 $l$  – довжина діаграми, мм.

Середнє значення твердості ґрунту визначали як середнє арифметичне з п'яти дослідів.

Питому масу ґрунту визначали за формулою:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (4.10)$$

де  $m$  – маса ґрунту із всього ящика, г;  
 $V$  – об'єм ящика, см<sup>3</sup>.

Середнє значення питомої маси ґрунту визначали як середнє арифметичне з п'яти дослідів.

### 4.3. Опис конструкції експериментальної установки

У відповідності до програми експериментальних досліджень, для визначення якісних показників роботи висіваючого апарату необхідно розробити і виготовити лабораторно-польову експериментальну установку. З метою максимального наближення умов проведення досліджень до реальних умов експлуатації висіваючого апарату було вирішено експериментальну установку розробити у вигляді зернової сівалки, обладнаного гвинтовим висіваючим апаратом (рисунок 4.1).

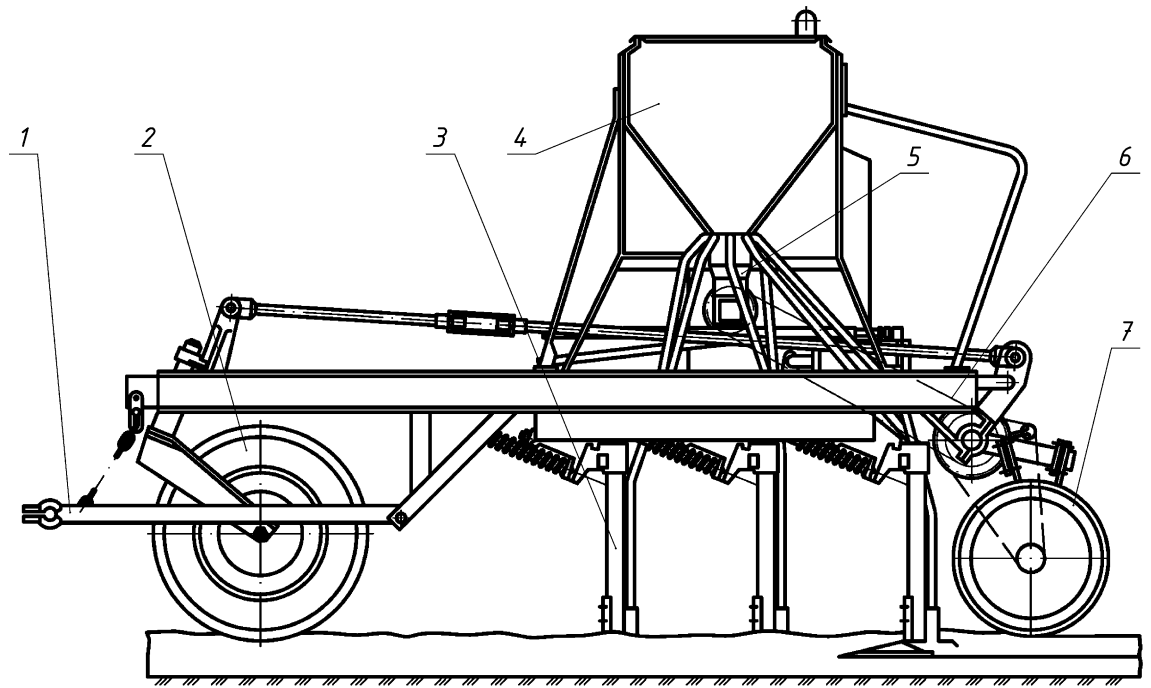


Рисунок 4.1 – Схема експериментальної установки:

1 – причіпний пристрій; 2 – опорне колесо; 3 – лапа сошника;  
4 – насінневий бункер; 5 – гвинтовий висіваючий пристрій;  
6 – ланцюгова передача; 7 – коток опорно-приводний

В передній частині рами встановлений причіпний пристрій 1 та самовстановлююче опорне колесо 2. Культиваторні лапи-сошники встановлені на стійках 3, які забезпечені захистом від перевантажень. Згідно обґрунтованих у другому розділі параметрів на експериментальній сівалці встановлюють бункер для насіння 4 та гвинтовий висіваючий апарат 5 з механізмом його приводу 6. Опорно-приводні котки 7 виконують функцію прикочування насінин, а також є елементом приводу висіваючого апарату.

Технічна характеристика експериментальної установки наведена в таблиці 4.1.

Експериментальна установка працює наступним чином. При переміщенні машини вздовж поля культиваторні лапи-сошники підрізають верхній шар ґрунту, розпушують його та знищують бур'яни. Насіння з насінневого бункера за допомогою гвинтового висіваючого апарата дозується та розподіляється в насіннепроводи, з яких воно подається в сошники для



заробки в ґрунт. Висіане насіння прикочується за допомогою опорно-приводних котків.

Таблиця 4.1 – Технічна характеристика експериментальної установки

Назва показника	Значення
Тип машини	причіпна
Тип висіваючого апарату	централізований
Тип сошників	гвинтовий
	стрілчасті лапи-
	культиватори
Кількість сошників	9
Ширина захвату сошника, см	22,8
Робоча ширина захвату сівалки, м	2,05
Привод висіваючого апарату	від опорно-приводних
	котків
Діапазон робочих швидкостей, км/год	5...8
Транспортна швидкість, км/год	до 20
Кількість обслуговуючого персоналу, чол	1
Габаритні розміри установки, мм:	
довжина	2450
ширина	2050
висота	1940
Маса, кг	1050
Глибина заробки насіння, мм	40...90

Для проведення замірів енергетичних показників на експериментальній установці було встановлено датчики вимірювального комплексу.

#### 4.4. Планування експерименту

При проведенні будь-яких досліджень первинним елементом вивчення будь-якого процесу є планування експерименту, яке полягає в виборі числа і умов проведення дослідів, необхідних і достатніх для вирішення поставленої задачі з заданою точністю. Для найбільш повного здобування інформації та з'ясування суті явища, необхідно вивчити вплив декількох факторів на процес і одночасно знайти їх взаємозв'язок між собою.

З метою виключення малозначущих факторів та скорочення кількості дослідів експериментальні дослідження заплановано провести в два етапи: пошукові досліді і основні польові дослідження [3, 6, 23].

Пошукові досліді проводились з метою перевірки надійності виконання технологічного процесу експериментальною установкою, визначення граничних режимів роботи гвинтового висіваючого апарату, визначення впливу основних факторів на виконання технологічного процесу висіву насіння а також виділення найбільш значимих факторів.

В початковій стадії вивчення роботи зернової сівалки проводились відсіюючі експерименти. Реалізація цих експериментів передбачала два етапи. Спочатку проводили серію дослідів за спеціально складеною матрицею, а потім будували діаграму розсіювання для візуальної оцінки ступеня впливу того чи іншого фактора і оцінювали його кількісно.

Перед побудовою матриці відсіюючих експериментів слід назначити рівні варіювання факторів та закодувати їх знаками (+) та (-).

Рівні зміни для визначених факторів наведені в таблиці 4.2.

Найбільш поширеним методом побудови матриці відсіюючих експериментів є метод випадкового балансу. Матрицю випадкового балансу побудовано випадковим змішуванням двох напівреплік  $2^{5-2}$  (таблиця 4.3).

З метою зменшення трудомісткості пошукових дослідів під час проведення відсіюючих експериментів можна обмежитись одним найбільш вагомим параметром оптимізації – рівномірністю висіву насіння.

Таблиця 4.2 – Рівні та інтервали зміни факторів [3, 6, 23]

Параметри	Фактори				
	Частота обертання ведучого валу, хв <sup>-1</sup>	Кут нахилу висіваючого апарату, град	Діаметр гвинтової пружини, мм	Діаметр навивки гвинтової пружини, мм	Крок навивки гвинтової пружини, мм
Умовне позначення	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
Верхній рівень (+1)	200	0	5	50	25
Нижній рівень (-1)	600	20	12	100	50

За результатами відсіюючого експерименту будується діаграма розсіювання, за якою оцінюється ступінь впливу різних факторів на значення параметра оптимізації. Ефекти факторів кількісно оцінюються за допомогою таблиці з двома входами.

Таблиця 4.3 – Матриця відсіюючого експерименту [3, 6, 23]

№ досліду	Фактор				
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
1	-	-	-	+	+
2	+	-	-	-	+
3	-	+	-	+	-
4	+	+	-	-	-
5	-	-	+	-	-
6	+	-	+	+	-
7	-	+	+	+	+
8	+	+	+	-	+

Величина ефектів факторів  $x_i$  розраховується за формулою:

$$x_i = \frac{\bar{y}_1 + \bar{y}_3 + \bar{y}_5 + \dots + \bar{y}_n}{k_i} - \frac{\bar{y}_2 + \bar{y}_4 + \bar{y}_6 + \dots + \bar{y}_{n+1}}{k_i} \quad (4.11)$$

де  $\bar{y}_1, \bar{y}_3, \bar{y}_5, \dots, \bar{y}_n$  – середні значення параметра оптимізації в кожній клітинці таблиці для рівня фактора (+);

$\bar{y}_2, \bar{y}_4, \bar{y}_6, \dots, \bar{y}_{n+1}$  – середні значення параметра оптимізації в кожній клітинці таблиці для рівня фактора (-);

$k_i$  – число середніх значень параметра оптимізації  $\bar{y}_n$ .

Після розрахунку ефектів виділених факторів перевіряють їх значимість по  $t$ -критерію, який визначається за формулою:

$$t = \frac{(\bar{y}_1 + \bar{y}_3 + \dots + \bar{y}_n) - (\bar{y}_2 + \bar{y}_4 + \dots + \bar{y}_{n+1})}{S_R \sqrt{\sum \frac{1}{n_i}}}, \quad (4.12)$$

де  $S_R$  – середньоквадратична похибка, яка характеризує розсіювання відносно середніх в клітинках таблиці з декількома входами.

Значення  $S_R$  визначаються за формулою:

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum y_i^2}{n_i - 1} - \frac{(\sum y_i)^2}{n_i(n_i - 1)}}, \quad (4.13)$$

де  $n_i$  – кількість спостережень в  $i$ -й клітині таблиці з декількома входами.

Після виявлення ефектів декількох факторів слід провести коректування результатів відсіюючих експериментів для того, щоб чіткіше виділити ефекти інших, менш сильних факторів і парних взаємодій. Коректування проводиться шляхом додавання з протилежним знаком ефектів виділених факторів до результатів відсіюючих експериментів.

За відкоректованими результатами будують відкоректовану діаграму розсіювання, за якою визначають найбільш значимі фактори та парні взаємодії.

При виборі параметрів оптимізації до показників якості роботи експериментальної установки були віднесені такі як: рівномірність висіву насіння окремими сошниками, а також рівномірність розподілу насіння по окремих сошниках.

Для більш повного дослідження роботи зернової сівалки після проведення пошукових дослідів заплановано проведення повного факторного експерименту, в якому значення одного фактора комбінується із значеннями всіх інших факторів. Таке планування експерименту значно ефективніше порівняно з експериментом такого ж об'єму, який виконаний традиційним методом. При повному факторному експерименті вивчаються можливі взаємодії між факторами, а при цьому кількість дослідів і час на їх проведення значно скорочується.

Аналіз результатів попередніх досліджень та теоретичні дослідження дали змогу оцінити вплив обраних факторів на параметр оптимізації, які виявилися нелінійними. Тому для найбільш точного опису досліджуваного процесу необхідно використати плани другого порядку.

Враховуючи нелінійний характер досліджуваного процесу а також необхідну точність та надійність досліду, був прийнятий симетричний ортогональний центрально-композиційний план другого порядку (ОЦКП) із проведенням 15 дослідів у п'ятикратній повторності.

Як відомо, проведення повного факторного експерименту складається із наступних основних етапів: вибір та кодування факторів, складання плану-матриці, рандомізація дослідів, реалізація плану експерименту, перевірка відтворюваності дослідів, перевірка адекватності моделі, оцінка значущості коефіцієнтів регресії.

Для факторів необхідно визначити область їх зміни, тобто задати кожному фактору верхній та нижній рівні, а також зіркові точки, в межах яких змінюється значення фактора. В теорії планування експерименту прийнято позначати нижній рівень фактора знаком (-), верхній (+), основний (0), а зіркові точки  $\pm\alpha$  [3, 6, 23].

Інтервал зміни факторів визначали за формулою:

$$\varepsilon_i = \frac{x_{ie} - x_{in}}{2}, \quad (4.14)$$

де  $\varepsilon_i$  – інтервал зміни і-го фактора;

$x_{ie}$  – верхній рівень і-го фактора;

$x_{in}$  – нижній рівень і-го фактора.

Основний (нульовий) рівень розраховували за формулою:

$$x_{io} = \frac{x_{ie} + x_{in}}{2}, \quad (4.15)$$

де  $x_{io}$  – значення і-го фактора на нульовому рівні.

Значення зіркових точок розраховували із врахуванням зіркового плеча для чотирьохфакторного плану експерименту, яке становило  $\alpha = 1,215$  [6, 23].

Для проведення натуральних факторів у безрозмірні величини з метою побудови плану-матриці експерименту необхідно закодувати фактори. Зв'язок між кодованими і натуральними значеннями факторів встановлювали за наступною залежністю:

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\varepsilon_i}, \quad (4.16)$$

де  $x_i, X_i$  – відповідно кодоване та натуральне значення  $i$ -го фактора.

Рівні зміни для визначених факторів зводяться в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Рівні та інтервали зміни факторів [3, 6, 23]

Параметри	Фактори		
Умовне позначення			
Верхній рівень			
Нижній рівень			
Основний рівень			
Інтервал варіювання			
Зіркова точка $+\alpha$			
Зіркова точка $-\alpha$			

Після проведення вищенаведених розрахунків була складена план-матриця експерименту, яка представлена в таблицю 4.5.

Для складання рівнянь регресії другого порядку для кожного параметра оптимізації слід провести розрахунки згідно стандартної методики вибору та оптимізації параметрів. Для цього доцільно використати розроблену форму.

Для запису апріорних відомостей про чинники процесу, запису верхніх, нижніх і основних рівнів чинників, інтервалів варіювання, плану матриці планування, результатів експерименту, проміжних і кінцевих результатів розрахунку, для перевірки відтворюваності експерименту, значущості коефіцієнтів, перевірки адекватного опису процесу готують до заповнення журнал планування експерименту.

## Висновки до розділу 4

1. Розроблена програма і методика проведення експериментів включає комплекс лабораторно-польових досліджень з визначення впливу різних факторів на якісні та енергетичні показники роботи зернової сівалки з гвинтовим висіваючим апаратом.

2. Для автоматизації реєстрації та зменшення затрат праці на опрацювання результатів вимірювання розроблено і виготовлено електронний вимірювальний комплекс та програмне забезпечення, яке дає змогу реєструвати показники роботи експериментальної установки: частоту обертання ведучого валу висіваючого апарату, швидкість руху, а також тяговий опір експериментальної установки.

3. Складений алгоритм розрахунку і планування повного факторного експерименту дає змогу дослідити вплив швидкості руху сівалки, параметрів висіваючого апарату на показники якості сівби.

## **5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **5.1. Моделювання процесу виникнення травм та аварій**

Лехман С.Д. [11, 14] описали метод, що дає можливість шляхом побудови “дерева” відказав і помилок операторів різних систем вести математичну обробку моделі з метою одержання ймовірності виникнення таких випадкових подій, як аварія, травма, катастрофа. Даний метод логічного моделювання процесів формування, виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків доцільно застосовувати для аналізу існуючих або потенційних небезпек, що виявлені при обстеженні робочих місць, окремих марок машин, агрегатів, а також різних споруд будівель, виробничих процесів і технологій.

Метод логічного моделювання процесів формування виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків доцільно застосовувати для аналізу існуючих або потенційних небезпек, що виявлені при обстеженні робочих місць окремих марок машин, агрегатів, а також різних споруд, будівель виробничих процесів і технологій.

Аналіз умов, обставин та причин різних аварій, виробничих травм та деяких катастроф показав, що процеси формування та виникнення цих явищ можна заздалегідь моделювати, застосовуючи метод побудови «дерева» відказів та помилок оператора людино-машинних систем у сільському господарстві. Так побудовані операторні або логіко-імітаційні моделі травм при роботі на заточувальних і токарних верстатах, на деревообробних пристроях та верстатах, моделі дорожньо-транспортних пригод, пожеж на складах баз паливно-мастильних матеріалів, на підприємствах комбікормової промисловості, птахофабриках, моделі травм при виконанні газо-, електрозварювальних робіт, аварій при експлуатації посудин, що працюють під тиском та багато інших [11, 14].



Аналіз моделей процесів формування й виникнення аварій, травм і катастроф показав, що вони повністю імітують усі процеси та явища, що беруть участь у їх зародженні й виникненні. У зв'язку з цим моделі, що одержали назву «дерево відказів» та «дерево відказів техніки помилок оператора», можна назвати імітаційними оскільки виникнення кожної наступної події знаходять шляхом логічного аналізу попередніх, то для кращого розуміння суті таких моделей їх можна назвати логіко-імітаційними.

Основні принципи побудови моделі такі. Вивчається виробництво, на якому мали місце раніше або можуть мати місце аварії, виробничі травми чи катастрофи. Наприклад, на складах зберігання вибухових речовин (пестициди, мінеральні добрива, склади зберігання палива тощо) найнебезпечнішим явищем може бути вибух або загоряння речовини. Приймаючи подію «вибух» як головну і зв'язуючи цю подію шляхом логічного аналізу з наступною подією, що обумовлює її виникнення, за допомогою логічних операторів «І», «АБО» та інших, приходимо до кінцевих подій, з яких і починає формуватися головна подія «вибух». За своєю формою така модель нагадує крону дерева, тому вона і одержала назву «дерево відказів і помилок». Кінцеві події мають назву базових [11, 14].

Для побудови логіко-імітаційних моделей застосовують різні символи, що характеризують ті чи інші події. Як правило, побудова моделі починається з головної події, а наступні розміщують зверху вниз, аж до базових подій.

Кожен блок рисунка, позначений відповідним номером, означає подію (у загальному вигляді) або окремий етап побудови моделі: 1 – відказ (аварія, травма, катастрофа) системи – головна подія; 2 – послідовність подій, що призводять до відказу системи; 3 – послідовність подій зображується за допомогою логічних операторів «І», «АБО» та інших; 4 – усі вхідні і вихідні події, що входять до моделі, зображуються у вигляді прямокутників з відповідними написами всередині; 5 – послідовний підхід до базових подій, частоти виникнення яких відомі; 6 – базові події

зображують у вигляді кружечків із написами всередині, вони є межею аналізу побудованої моделі («дерева помилок»).

## 5.2. Розробка логічно-імітаційної моделі травм

Опишемо методику побудови логічно-імітаційної моделі. Головною причиною, яка зумовлює виникнення травми, модель якої необхідно побудувати, вибирають виходячи з оцінки відповідного об'єкта, виробництва чи окремої одиниці обладнання і змісту його найбільш небезпечного явища, яке за певних умов виробництва виникає.

Після вибору домінуючого явища (події) розпочинаємо побудову моделі («дерева»). Використовуючи оператора “і” та “або”, використовуємо набір ситуацій (відомих до цього), які можуть призвести до подій, вибраної як домінуюча чи головна [11, 14].

Перш за все визначаються травмонебезпечні ситуації та їх кількості, що можуть мати місце в процесі що розглядається, визначаємо ще й інші події, що входять до кожної такої ж ситуації, логічним аналізом із застосуванням операторів “і”, “або” та інших. Процес побудови моделі триває, поки не будуть знайдені усі базові події, що визначають межу моделі.

Необхідно мати на увазі, що кожна випадкова подія, до якої входять базові події, може формуватися й виникати при входженні у неї двох, трьох і більше базових подій за допомогою відповідних операторів.

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

Визначаємо ймовірність базових подій. Наприклад, базова подія “стан контролю з охорони праці”. Для визначення ймовірності ми повинні встановити, наскільки (у відсотках) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль на об'єкті. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 50% або 30%, то ймовірність відповідно дорівнює 0,5 і 0,3.

Після обчислення ймовірності всіх подій, розміщених у ромбах, і базових подій, починаючи з лівої нижньої гілки “дерева”, позначаємо номерами всі випадкові події, що увійшли до моделі. На цьому можна вважати, що певна модель підготовлена до математичних обчислень ймовірностей випадкових подій логічно-імітаційної моделі

Побудова логіко-імітаційної моделі процесу, формування і виникнення аварії та травми в процесі механізованого обробітку ґрунту складемо перелік базових подій. Вони лежатимуть в основі даної моделі. Кожній події (пункту) присвоюють певне значення ймовірності його виникнення:

- |  |                  |
|--|------------------|
| 1. . Стан охорони праці на виробництві                 | $P_1 = 0,3;$     |
| 2. . Несерйозне відношення до проходження ТО           | $P_2 = 0,09;$    |
| 3. . Відсутність комплектуючих                         | $P_3 = 0,15;$    |
| 4. . Невисока міцність                                 | $P_4 = 0,08;$    |
| 5. . Виникнення перешкод на полі під час робочого ходу | $P_6 = 0,16;$    |
| 6. . Застарілі технічні засоби                         | $P_7 = 0,25;$    |
| 7. . Досвід роботи                                     | $P_{12} = 0,5;$  |
| 8. . Професійний рівень тракториста                    | $P_{13} = 0,5;$  |
| 9. . Психофізіологічний стан тракториста               | $P_{14} = 0,32;$ |

Наведені події дають змогу побудувати матрицю логічних взаємозв'язків між окремими пунктами, графічна інтерпретація якої зображено на рис. 5.1.

Розглянемо травмонебезпечну ситуацію, що виникає за умови обробітку ґрунту на значних ухилах поля, близько ярів чи при їх об'їзді, котра може призвести до перекидання ґрунтообробного агрегату, а також розрахуємо ймовірності виникнення подій, що формують логіко-імітаційну модель процесу механізованого обробітку ґрунту у весняний період.

Ймовірність виникнення події  $P_5$  визначаємо наступним чином:

$$P_5 = 0,3 + 0,09 + 0,08 + 0,15 - 0,3 \cdot 0,09 - 0,3 \cdot 0,08 - 0,3 \cdot 0,15 - \\ - 0,09 \cdot 0,08 - 0,09 \cdot 0,15 - 0,08 \cdot 0,15 + 0,3 \cdot 0,09 \cdot 0,08 \cdot 0,15 = 0,49$$

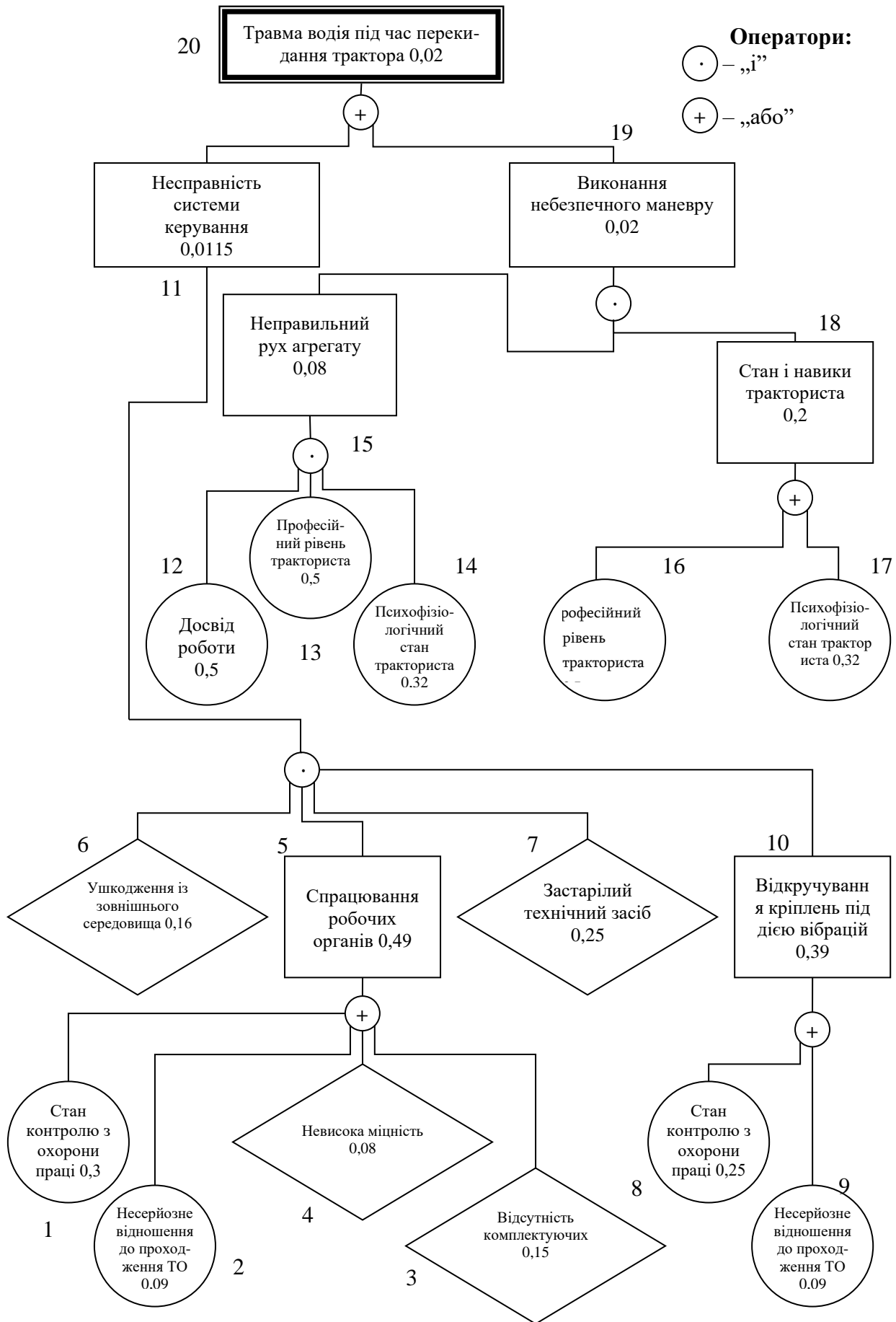


Рисунок 5.1 – Матриця логічних взаємозв’язків між окремими подіями травмонебезпечної ситуації

Ймовірність виникнення події  $P_{10}$  визначаємо так:

$$P_{10} = 0,3 + 0,09 = 0,39$$

Ймовірність виникнення події  $P_{11}$  визначаємо:

$$P_{11} = 0,2 \cdot 0,49 \cdot 0,3 \cdot 0,39 = 0,0115$$

Ймовірність виникнення події  $P_{15}$  визначаємо наступним чином:

$$P_{15} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 0,32 = 0,08$$

Ймовірність події  $P_{18}$ :

$$P_{18} = 0,5 \cdot 0,32 = 0,16$$

Ймовірність події  $P_{19}$ :

$$P_{19} = 0,08 \cdot 0,16 = 0,0128$$

Ймовірність події  $P_{20}$ :

$$P_{20} = 0,0115 + 0,0128 = 0,0243$$

За нашими розрахунками ймовірність виникнення травми тракториста під час перекидання ґрунтообробного агрегату є досить мала і становить  $P_{20} = 0,0243$ .

Дослідження аварій і травм за принципом “логіко-імітаційної моделі”, та обґрунтування заходів охорони праці, дають можливість знизити ймовірність виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій. Якщо необхідно оцінити рівень небезпеки робочого місця тракториста, слід уважно вивчити і побудувати логічні моделі можливих небезпечних ситуацій, які враховують усі стани обладнання та самого робочого місця, а також поведінку тракториста і розрахувати ймовірність виникнення можливих травм [11, 14].

### 5.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях

На сьогоднішній день природно-техногенна безпеки для населення і території, зумовлена зростанням втрат людей, що спричиняється небезпечними природними явищами, промисловими аваріями та катастрофами. Ризик надзвичайних ситуацій природного та техногенного

характеру невпинно зростає, тому питання захисту цивільного населення від надзвичайних ситуацій на сьогодні є дуже важливе.

Згідно із Законом “Про цивільну оборону України” відповідальність за організацію цивільної оборони лягає на керівництво підприємства. Керівництво підприємств повинно забезпечити працівників засобами захисту (індивідуального та колективного), створює загони для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій [20].

У системі цивільної оборони окремого господарства необхідно забезпечити захист населення таким чином:

- можливість укриття населення у захисних спорудах;
- використання засобів індивідуального і медичного захисту;
- будівництво захисних споруд, насадження лісосмуг.

Основні положення Женевської конвенції щодо захисту жертв війни та додаткових протоколів до неї, можливого характеру воєнних дій, реальних можливостей держави щодо створення матеріальної бази захисту. З метою захисту населення, зменшення втрат та шкоди економіці в разі виникнення надзвичайних ситуацій має право проводитися спеціальний комплекс заходів.

Інформування населення, яке досягається завчасним створенням і підтримкою в постійній готовності загальнодержавної, територіальних та об’єктових систем оповіщення населення.

Медичний захист проводиться для зменшення ступеня ураження людей, своєчасного надання допомоги постраждалим та їх лікування, забезпечення епідеміологічного благополуччя в районах надзвичайних ситуацій.

Радіаційний і хімічний захист включає заходи щодо виявлення і оцінки радіаційної та хімічної обстановки, організацію і здійснення дозиметричного та хімічного контролю, розроблення типових режимів радіаційного захисту, забезпечення засобами індивідуального захисту, організацію і проведення спеціальної обробки.

Біологічний захист включає своєчасне виявлення чинників біологічного зараження, їх характеру і масштабів, проведення комплексу адміністративно-господарських, режимно-обмежувальних і спеціальних протиепідемічних та медичних заходів.

### **Висновки до розділу 5**

1. Під час механізованої сівби культур є досить висока ймовірність виникнення ситуацій які можуть вплинути на стан здоров'я виконавця робіт. Охорона праці на робочому місці тракториста, в кабіні трактора та біля нього, значним чином впливає на використання робочого часу і на продуктивність машини загалом.

2. За описаним Д.Хенлі і Х.Кумамото методом побудови “дерева” відмов і помилок операторів різних систем, дало змогу вести математичну обробку моделі ціль якої є одержання ймовірності виникнення таких випадкових подій, як аварія, травма, катастрофа та ДТП. Цей метод (логічного моделювання процесів), варто використовувати для аналізу існуючих або потенційних небезпек, що виявлені при обстеженні робочих місць, окремих марок машин, агрегатів, а також різних споруд будівель, виробничих процесів і технологій.

3. В основі методики оцінки рівня небезпеки робочих місць, машин, виробничих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію рівня небезпеки для конкретного об'єкта. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварії, травми залежно від явища що досліджується.

4. На сьогоднішній час ризик виникнення надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру невинно зростає, тому слід звернути увагу на те, які дії має виконувати цивільне населення при виникненні надзвичайних ситуацій. Тому слід забезпечити створення матеріальної бази захисту з метою захисту населення.

## 6. ВАРТІСНЕ ОЦІНЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ СІВАЛКИ

Обов'язковим етапом будь-яких досліджень та впровадження результатів роботи у виробництво є оцінка економічної ефективності наукової розробки. Економічні показники визначали на основі існуючих методик за загальноприйнятими формулами згідно ГОСТ 23728-88, ГОСТ 23730-88, ГОСТ 24055-88, ГОСТ 24056-88.

Економічна ефективність застосування сівалки з гвинтовим висіваючим апаратом оцінювалася порівнянням приведених затрат і збільшенням виходу продукції. Застосування одного групового висіваючого апарату для всіх сошників сівалки одночасно замість індивідуальних апаратів для кожного сошника знижує масу сівалки до 1105 кг, тобто зменшує її металоємність. Внаслідок цього значно знижується балансова вартість сівалки із запропонованим гвинтовим висіваючим апаратом до в порівнянні з вартістю базової сівалки [16, 23].

За базовий агрегат прийнято агрегат в складі трактора ЮМЗ-6АЛ та сівалки СЗС-2,1.

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності зернової сівалки з гвинтовим висіваючим апаратом

Показники	Умовне позначення	Значення показників	
		базова машина	модернізована машина
Ширина захвату, м	$B$	2,05	2,05
Робоча швидкість руху, км/год	$V$	7	7,5
Коефіцієнт використання часу зміни	$\tau_{зм}$	0,7	0,7
Час зміни, год	$t_{зм}$	7	7
Нормативне річне завантаження, год:			
– трактора	$T_{тр}$	1350	1350
– сівалки	$T_{к}$	198	198



Продовження табл. 6.1

Показники	Умовне позначення	Значення показників	
		базова машина	модернізована машина
Балансова вартість, грн.:			
– трактора	$B_{mp}$	850000	850000
– сівалки	$B_m$	188000	200000
Маса трактора, кг	$M_{mp}$	2020	2020
Маса сівалки, кг	$M_m$	1300	1205
Потужність двигуна трактора, кВт	$N_n$	44,2	44,2
Кількість обслуговуючого персоналу, люд.	$n$	1	1
Тарифна годинна оплата механізатора, грн.	$f_{год}$	5,14	5,14
Норми відрахувань для трактора, %:			
– на реновацію	$a_{pm}$	12,5	12,5
– на поточний ремонт і ТО	$a_{nt}$	9,9	9,9
Норми відрахувань для сівалки, %:			
– на реновацію	$a_{pk}$	10	10
– на поточний ремонт і ТО	$a_{nk}$	7	7
Питома витрата палива, кг/кВт·год	$g_e$	0,245	0,245
Теплотворна здатність палива, МДж/кг	$A_n$	52,8	52,8
Комплексна вартість палива, грн./кг	$\zeta_n$	52	52
Коефіцієнти:			
– завантаження двигуна	$K_z$	0,93	0,93
– простоїв та холостих ходів	$K_{xx}$	0,94	0,94
– надбавки до заробітної плати	$K_\phi$	1,375	1,375
– ефективності капіталовкладень	$E$	0,15	0,15
– додаткових витрат енергії на видобування, виробництво і транспортування палива, МДж	$\alpha_k$	10	10
Енергетичні еквіваленти, МДж:			
– трактора	$A_m$	86,4	86,4
– сівалки	$A_k$	75	75
– живої праці	$\alpha_n$	43,4	43,4

Продуктивність агрегату за годину змінного часу [16, 23]:

$$W_{год} = 0,1 \cdot B \cdot V \cdot \tau_{зм}, \quad (6.1)$$

де  $W_{зм}$  – продуктивність агрегату за годину змінного часу, га/год;

$B$  – ширина захвату агрегату, м;

$V$  – швидкість руху агрегату, км/год.

Енергомiсткiсть операцiї:

$$E_m = \frac{N}{W_{зм}}, \quad (6.2)$$

де  $N$  – потужнiсть двигуна трактора, кВт.

Матерiаломiсткiсть операцiї:

$$M_m = \frac{M_{агр}}{W_{зм}}, \quad (6.3)$$

де  $M_{агр}$  – маса агрегату, кг.

$$M_{агр} = M_{тр} + M_{маш}, \quad (6.4)$$

де  $M_{тр}$  – маса трактора, кг;

$M_{маш}$  – маса машини, кг.

Енергонасиченiсть операцiї:

$$E_n = \frac{N}{M_{агр}}, \quad (6.5)$$

Продуктивнiсть працi обслуговуючого персоналу [16, 23]:

$$П_n = \frac{W_{зм}}{n}, \quad (6.6)$$

де  $n$  – кiлькiсть робiтників, що обслуговують агрегат.

Затрати працi на виконання операцiї:

$$З_n = \frac{n}{W_{зм}}, \quad (6.7)$$

Питомi експлуатацiйнi витрати:

$$B_e = \sum B_a + \sum B_{рто} + B_{нмм} + B_{он}, \quad (6.8)$$

де  $\sum B_a$  – сума амортизацiйних вiдрахувань на агрегат, грн/га;

$\sum B_{рто}$  – сума вiдрахувань на ремонт та технiчне обслуговування,  
грн/га;

$B_{нмм}$  – витрати на паливо i мастильнi матерiали, грн/га;

$B_{он}$  – витрати на оплату працi обслуговуючого персоналу,  
грн/га.

Суму амортизаційних відрахувань на агрегат визначаємо за формулою [16, 23]:

$$\sum B_a = \frac{B_{mp} \cdot a_{mp} \cdot K}{100 \cdot T_{mp} \cdot W_{зм}} + \frac{B_M \cdot a_M}{100 \cdot T_M \cdot W_{зм}}, \quad (6.9)$$

де  $B_{mp}$  і  $B_M$  – балансова вартість трактора і картоплекопача відповідно, грн;

$a_{mp}$  і  $a_M$  – норма річних відрахувань відповідно для трактора і картоплекопача, %;

$T_{mp}$  і  $T_M$  – нормативне річне завантаження трактора та картоплекопача відповідно, год;

$K$  – коефіцієнт, який враховує частку часу роботи трактора з даним картоплекопачем.

$$K = \frac{T_M}{T_{mp}}. \quad (6.10)$$

Суму відрахувань на ремонт та технічне обслуговування агрегату визначаємо за формулою:

$$\sum B_{пто} = \frac{B_{mp} \cdot a_{пто.мп} \cdot K}{100 \cdot T_{mp} \cdot W_{зм}} + \frac{B_M \cdot a_{пто.м}}{100 \cdot T_M \cdot W_{зм}}, \quad (6.11)$$

де  $a_{пто.мп}$  і  $a_{пто.м}$  – норма річних відрахувань відповідно для трактора і картоплекопача на ремонт і технічне обслуговування, %.

Витрати на паливо та мастильні матеріали визначаємо за формулою:

$$B_{пмм} = g_z \cdot Ц, \quad (6.12)$$

де  $g_z$  – погектарна витрата палива, кг/га;

$Ц$  – комплексна ціна палива, грн/кг.

Витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу визначаємо за формулою:

$$B_{он} = \frac{m \cdot f \cdot K_k \cdot K_n}{W_{зм}}, \quad (6.13)$$

де  $m$  – кількість трактористів, які обслуговують агрегат,  $m = 1$ ;

$f$  – погодинна оплата праці, грн/год;

$K_k$  – коефіцієнт, який враховує нарахування за класність,  $K_k = 1,1$ ;  
 $K_n$  – коефіцієнт, який враховує нарахування на фонд оплати праці.

Економія експлуатаційних витрат:

$$E_{ев} = (B_e^B - B_e^H) \cdot T_k W_{зод}. \quad (6.14)$$

Приведені питомі затрати:

$$П_n = E \cdot K_n + B_e, \quad (6.15)$$

де  $E$  – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

$K_n$  – питомі капіталовкладення, грн/га.

Питомі капіталовкладення визначаємо за формулою:

$$K_n = \frac{B_M}{T \cdot W_{зод}}, \quad (6.16)$$

Термін окупності нової конструкції:

$$T_{ок} = \frac{B_M^M - B_M^B}{E_{ев}}, \quad (6.17)$$

Окрім економії експлуатаційних витрат, економічний ефект одержують внаслідок збільшення урожайності озимої пшениці. Дослідженнями встановлено, що приріст урожайності за рахунок збільшення рівномірності висіву насіння становить 0,5 ц/га.

Економічний ефект від збільшення виходу товарної продукції:

$$E_n = \frac{\Delta U}{100} C_n T_k W_{зод}, \quad (6.18)$$

де  $\Delta U$  – приріст урожайності, ц/га;

$C_n$  – вартість одного центнера врожаю, грн./ц.

Енергетичну ефективність запропонованої конструкції сівалки визначали за наступною методикою.

Питомі енергетичні витрати на виконання операції [16, 23]:

$$E_n = E_{np} + E_{дод} + E_{зм} + E_{жен}, \quad (6.19)$$

де  $E_{np}$  – прямі витрати енергії, МДж/га;

$E_{дод}$  – додаткові енерговитрати, МДж/га;

$E_{зм}$  – енерговитрати засобів механізації, МДж/га;

$E_{жп}$  – енерговитрати живої праці, МДж/га.

$$E_{np} = A_n \cdot G_{za}, \quad (6.20)$$

де  $A_n$  – теплотворна здатність палива, МДж/кг;

$G_{za}$  – витрата палива на один гектар, кг/га.

$$G_{za} = \frac{N_e g_e K_3}{W_{zod}}, \quad (6.21)$$

де  $g_e$  – питома витрата палива двигуном, кг/кВт·год;

$K_3$  – коефіцієнт завантаження двигуна.

$$E_{одд} = \alpha_k G_{za}, \quad (6.22)$$

де  $\alpha_k$  – коефіцієнт, який враховує додаткові витрати енергії на видобування, виробництво і транспортування палива, МДж;

$$E_{зм} = \frac{A_m M_{mp} (a_{pm} + a_{nm}) K_3}{100 \cdot T_{mp} W_{zod}} + \frac{A_m M_k (a_{pk} + a_{nk})}{100 \cdot T_k W_{zod}}, \quad (6.23)$$

де  $A_m$ ,  $A_k$  – енергетичний еквівалент відповідно для трактора та картоплекопача, МДж.

$$E_{жп} = \frac{n \alpha_n}{W_{zod}}, \quad (6.24)$$

де  $\alpha_n$  – енергетичний еквівалент живої праці, МДж.

Річна економія питомих енергетичних витрат:

$$E_{ев} = (E_n^{\bar{o}} - E_n^{\bar{o}}) T_k W_{zod}. \quad (6.25)$$

Коефіцієнт енерговитрат:

$$K_{ев} = \frac{E_n^{\bar{o}}}{E_n^{\bar{o}}}. \quad (6.26)$$

Рівень інтенсифікації:

$$P_i = (1 - K_{ен}) 100\%. \quad (6.27)$$

Одержані значення техніко-економічних та енергетичних показників наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Техніко-економічні та енергетичні показники проекту

Показники	Умовні позначення	Значення показників		Відхилення, ±, %
		базовий	дослідний	
1	2	3	4	5
Продуктивність агрегату за годину змінного часу, га/год	$W_{год}$	1,00	1,08	0,07
Змінна продуктивність агрегату, га/змін	$W_{зм}$	7,03	7,53	0,50
Енергомісткість операцій, кВт/га	$E_m$	44,00	41,07	-2,93
Матеріаломісткість операції, кг/га	$M_m$	3305,13	2996,52	-308,61
Енергонасиченість операції, кВт/т	$E_n$	13,31	13,71	0,39
Продуктивність праці обслуговуючого персоналу, га/люд.-год.	$P_{np}$	1,00	1,08	0,07
Прямі затрати праці обслуговуючого персоналу, люд.-год./га	$Z_{np}$	1,00	0,93	-0,07
Ступінь зниження питомих затрат праці обслуговуючого персоналу, %	$C_{zn}$		6,67	
Експлуатаційні витрати, грн./га	$B_e$	653,28	601,81	-51,47
в тому числі:				
– сума амортизаційних відрахувань на агрегат	$\Sigma B_a$	25,14	14,97	-10,17
– сума витрат на поточний ремонт і ТО	$\Sigma B_{нто}$	12,38	10,62	-1,76
– витрати на ПММ	$B_{пмм}$	599,8	561,32	-38,48
– витрати на оплату праці	$B_{оп}$	15,96	14,9	-1,06
Річна економія експлуатаційних витрат, грн.	$E_{ев}$		76738,68	
Ступінь зниження експлуатаційних витрат, %	$C_{ев}$		5,37	
Питомі капіталовкладення, грн./га	$K_n$	135,06	134,14	-0,92
Приведені експлуатаційні витрати, грн./га	$P_{ев}$	673,54	621,93	-51,61
Річний економічний ефект, грн.	$E_p$		35037,09	
Термін окупності конструкції сівалки, років	$T_{ок}$		0,16	

Продовження табл. 6.2

1	2	3	4	5
Питомі енергетичні витрати, МДж/га в тому числі:	$E_n$	905,10	834,30	-70,80
– прямі витрати енергії	$E_{np}$	588,71	549,46	-39,25
– додаткові енерговитрати	$E_{дод}$	111,50	104,07	-7,43
– енерговитрати засобів механізації	$E_{зм}$	161,69	140,45	-21,24
– енерговитрати живої праці	$E_{жсп}$	43,21	40,33	-2,88
Річна економія питомих енергетичних витрат, ГДж	$E_{нев}$		15,24	
Коефіцієнт енерговитрат	$K_{ев}$		0,92	
Рівень інтенсифікації, %	$P_i$		7,82	

Таким чином, в результаті розрахунків встановлено, що річний економічний ефект від використання сівалки з гвинтовим висіваючим апаратом складає 35037,09 грн. Термін окупності додаткових капітальних вкладень у модернізацію сівалки становить менше одного року.

### Висновки до розділу 6

1. Економічна ефективність застосування сівалки з гвинтовим висіваючим апаратом оцінювалася порівнянням приведених затрат і збільшенням виходу продукції. Застосування одного групового висіваючого апарату для всіх сошників сівалки одночасно замість індивідуальних апаратів для кожного сошника знижує масу сівалки до 1105 кг, тобто зменшує її металоємність. Внаслідок цього значно знижується балансова вартість сівалки із запропонованим гвинтовим висіваючим апаратом до в порівнянні з вартістю базової сівалки.

2. В результаті розрахунків встановлено, що річний економічний ефект від використання сівалки з гвинтовим висіваючим апаратом складає 35037,09 грн. Термін окупності додаткових капітальних вкладень у модернізацію сівалки становить менше одного року.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. В результаті аналізу конструкцій висіваючих апаратів серійних зернових сівалок встановлено, що вони допускають значну нерівномірність висіву насіння, а їхній висів змінюється в залежності від зовнішніх умов (кута нахилу сівалки, рівня насіння в бункері тощо).

2. Для спрощення регулювання норми висіву насіння висівні апарати повинні бути централізованими з подальшим розподілом насіннєвого потоку по насіннєпроводах до сошників.

3. Встановлено, що висів зернових по стерні попередника має наступні переваги: зменшується до мінімуму, кількість технологічних операцій з підготовки ґрунту до сівби, або ж такі операції взагалі не потрібно проводити; стерня попередника сприяє затриманню снігу, що збільшує запаси вологи в ґрунті, а також зменшує ризик вимерзання озимини взимку;

4. Для забезпечення повного підрізання бур'янів та зменшення тягового опору сівалки виконано розрахунок стрільчастої лапи-сошника, за допомогою яких встановлено раціональні її геометричні параметри та побудовано розгортку листового матеріалу для виготовлення лапи.

5. З метою покращення якості висіву насіння та зменшення металоємності сівалки запропоновано нову конструкцію спірального висіваючого апарата, для якої визначено основні параметри та режими роботи.

6. Обґрунтовано програму і методику експериментальних досліджень, яка дає змогу оцінити вплив параметрів та режимів роботи зернової сівалки з гвинтовим висіваючим апаратом на показники якості сівби.

7. В результаті техніко-економічної оцінки ефективності впровадження нової конструкції сівалки встановлено, що річний економічний ефект становить понад 35 тис. грн., а термін окупності – менше одного сезону.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Арендаренко В.М., Дудніков І. А., за заг. ред. канд. техн. наук, доцента В. М. Арендаренка. Теорія механізмів і машин у прикладах і задачах. Київ : Університетська книга, 2023. 176 с.
2. Булгаков В.М., Черниш О.М., Адамчук В.В., Березовий М.Г., Яременко В.В. Теорія механізмів і машин. Підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2019. 608 с.
3. Василенко П.М. Основи аналітичних методів землеробської механіки. Київ: Вид-во НАУ, 1998. 28 с.
4. Васильків І. М. Основи теорії ймовірностей і математичної статистики : навч. посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2020. 184 с.
5. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Теорія сільськогосподарських машин. Практикум : Навчальний посібник. Суми : Університетська книга, 2008. 200 с..
6. Гайдучок В. М., Затхей Б. І., Лінник М. К. Теорія і технологія наукових досліджень. Навчальний посібник. Львів : Афіша, 2005. 232 с.
7. Довідник сільського інженера / В.Д. Гречкосій, О.М. Погорілець, І.І. Ревенко та ін.; За ред. В.Д. Гречкосія. Київ : Урожай, 1988. 360 с.
8. Кобець А.С., Іщенко Т.Д., Волик Б.А., Демидов О.А. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навчальний посібник. Дніпропетровськ : РВВ ДДАУ, 2009. 84 с.
9. Коновалюк Д. М., Ковальчук Р.М. Деталі машин. Київ : Кондор, 2004. 584 с.
10. Костюк В. О. Прикладна статистика: навч. Посібник. Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 191 с.
11. Лехман С.Д. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ: Урожай, 1993. 220 с.

12. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів : підруч. / Царенко О.М., та ін.; за ред. С. С. Яцуна. Київ : Мета, 2003. 448 с.

13. Основи наукових досліджень. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт №2 і №3 для студентів факультету механізації сільського господарства. Львів. 1998. 38с.

14. Охорона праці. Методичні рекомендації до виконання розділу з охорони праці у дипломних проектах. Львівський національний аграрний університет, 2012 р.

15. Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунку деталей машин. Львів : Афіша, 2003. 560 с.

16. Про затвердження Методики обчислення вартості машино-дня та збитків від простою машин” постанова Кабінету міністрів України від 12 липня 2004 р. N 885.

17. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підруч. / Д. Г. Войтюк, та ін.; за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Вища освіта, 2005. 464 с.

18. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підруч. / Д. Г. Войтюк, та ін.; за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Університетська книга, 2020. 543 с.

19. Сільськогосподарські та меліоративні машини : підруч. / Войтюк Д. Г. та ін.; за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Вища освіта, 2004. 544 с.

20. Стеблюк М.І. Цивільна оборона. Київ: Урожай. 1994. 360 с.

21. Технологія машинобудування (дипломне проектування): Навчальний посібник/ І. О. Григурко, М. Ф. Брендюля, С. М. Доценко. Львів : Новий світ, 2007. 768 с.

22. Ткач Є. І., Сторожук В. П. Загальна теорія статистики: підручник [для студ. вищ. навч. закл.]. Київ: Центр учбової літератури, 2009. 442 с.

23. Шмат К.І., Сисолін П.В. Методи і принципи проектування сільськогосподарських машин і агрегатів. Харків : Олді-плюс, 2009. 120 с