

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проекту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Удосконалення процесу сівби просапних культур шляхом
розробки сівалки точного висіву**

Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-2-21 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Малий Михайло Андрійович

Керівник: _____ Сокол Сергій Петрович

Рецензент: _____

Дніпро – 2025

ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г. В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«___» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Малому Михайлу Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення процесу сівби просапних культур шляхом розробки сівалки точного висіву

керівник роботи Сокол Сергій Петрович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«7» травня 2025 року № 964.

2. Строк подання студентом роботи 10.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проєкту Огляд стану питання посіву просапних культур та засобів механізації процесу посіву. Інформація з патентів та проспектів сучасних посівних машин, наукові звіти кафедри ТСГМ.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Характеристика господарства. 2. Аналіз сучасних машин для посіву. 3. Обґрунтування параметрів та розробка сівалки точного висіву для посіву просапних культур. 4. Охорона праці. 5. Техніко-економічна оцінка розробленої сівалки точного висіву. Висновки та пропозиції. Бібліографічний список.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Аналіз господарської діяльності підприємства (А1). 2. Аналіз конструктивних рішень А1. 3. Конструктивна схема (А1). 4. Складальне креслення (А1). 5. Деталювання (А1). 5. Економічні показники проекту (А1).

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Сокол С.П., доцент		
нормоконтроль	Бойко В.Б., доцент		

7. Дата видачі завдання: 4.04.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	4.04.25-12.04.25	
2	Технологічний	12.04.25-26.04.25	
3	Конструктивний	26.04.25-15.05.25	
4	Охорона праці	15.05.25-23.05.25	
5	Економічний	23.05.25-29.05.25	
6	Графічна частина	29.05.25-12.06.25	

Студент

_____ (підпис)

Малий М.А.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Сокол С.П.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Малий М.А. Удосконалення процесу сівби просапних культур шляхом розробки сівалки точного висіву / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2025.

Кваліфікаційна робота присвячена покращенню процесу посіву просапних культур за рахунок розробки сівалки точного висіву.

Мета роботи розробка сівалки точного висіву з висівним апаратом, що дозволить реалізувати висів насіння в задані точки на полі за заздалегіть складеною картою посіву. Це полегшить догляд за рослинами, знизить витрату насіння, засобів захисту та добрив.

Розглянуто особливості посіву просапних культур, проведено аналіз посівної техніки для точного висіву насіння, врахувавши переваги та недоліки якої обґрунтовано конструкцію висівного апарату сівалки та проведено розрахунки основних її параметрів.

Розроблено заходи з охорони праці на виконанні посіву просапних культур машино-тракторним агрегатом. Проведено техніко-економічну оцінку запропонованого проекту.

Ключові слова: точний посів, висівний апарат, сівалка, дозуючий пристрій, коефіцієнт варіації, норма висіву.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА	9
1.1. Загальні відомості	9
1.2. Кліматичні умови	9
1.3. Характеристика рослинництва	10
1.4. Механізація рослинництва	13
1.5. Нафтогосподарство ТОВ «Крупа і Ко»	15
1.6. Висновки	16
2. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ПОСІВУ ТА АНАЛІЗ СІВАЛОК ТОЧНОГО ВИСІВУ	18
2.1. Особливості посіву просапних культур	18
2.2. Аналіз засобів механізації для посіву просапних культур	23
2.3. Висновки	35
3. ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ ТА КОНСТРУКТИВНІ РОЗРАХУНКИ СІВАЛКИ ТОЧНОГО ВИСІВУ	36
3.1. Конструктивна схема та опис сівалки точного висіву	36
3.2. Конструктивно-технологічні розрахунки сівалки	38
3.3. Розрахунок на міцність з'єднання привода висівного диска	50
3.4. Висновки	51
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	52
4.1. Аналіз стану з охорони праці в господарстві	52
4.2. Заходи по поліпшенню умов праці в господарстві	54
4.3. Інструкція з охорони праці під час виконання посіву просапних культур	55

4.4. Захист навколишнього середовища при експлуатації розробленої сівалки точного висіву	57
4.5. Висновки	59
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	61
5.1. Розрахунок економічних показників проекту	61
5.2. Висновки	66
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	67
ЛІТЕРАТУРА	68
ДОДАТКИ	71

ВСТУП

Удосконалення процесу посіву є досить актуальним питанням в аграрному секторі оскільки дозволяє підвищити ефективність виробництва продукції рослинництва шляхом підвищення точності висіву за рахунок нових рішень в конструкції посівних машин та комплексів [1].

Поява нових технологій, технологічних рішень і розробка нових або модернізація існуючих машин дозволяє підвищити ефективність процесу посіву, знизити витрати посівного матеріалу та підвищити точність розподілення насіння в рядку. Основною перевагою покращення механізації процесу посіву також є збільшення ефективності праці та зниження витрат на трудові ресурси. Використання такого підходу в сільськогосподарських підприємствах сприяє підвищенню конкурентоздатності та забезпеченню якісних умов праці персоналу задіяного в технологічному процесі вирощування сільськогосподарських культур [2].

Метою даної кваліфікаційної роботи є удосконалення процесу посіву просапних культур (сої, кукурудзи, соняшнику, овочів та ін.) шляхом розробки сівалки точного висіву з конструктивно новим висівним апаратом.

Основним завданням роботи є: підвищення точності висіву насіння просапних культур, аналіз та оцінка існуючих посівних машин та комплексів, врахувавши переваги та недоліки яких розробити конструкцію сівалки точного висіву, провести основні конструктивно технологічні розрахунки, розглянути питання охорони праці при експлуатації машино-тракторних агрегатів на виконанні посіву.

За результатами виконаної кваліфікаційної роботи очікується підвищення ефективності процесу посіву а саме зниження коефіцієнту варіації розподілення насіння просапних культур в рядку. Отримані результати роботи можуть бути використанні при розробці та впровадженні посівної техніки для посіву просапних культур.

1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

1.1. Загальні відомості

Для виконання кваліфікаційної роботи за обраною темою розглянемо коротку характеристику господарства ТОВ «Крупа і Ко» де буде впроваджено запропоноване удосконалення процесу посіву просапних культур.

Товариство розташовується на правобережжі України в с. Володимирівка Криворізький район Дніпропетровська області. Через територію господарства протікає річка Базавлук та проходить дорога Т-0432 за допомогою якої відбувається транспортні перевезення та переміщення машино-тракторних агрегатів до виробничих ділянок.

Загальна довжина до обласного центру міста Дніпро становить 93 км. Зв'язок з містом Кривий ріг 64 км здійснюється по дорозі з твердим покриттям Н11.

Товариство організовано на території Миколаївської сільської громади в березні 2011 року. Спеціалізація товариства виробництво просапних, зернових культур та продаж сільськогосподарської техніки і запчастин фірми CASE.

Товариство постійно приймає участь в заходах організованих громадою. Працівники товариства а це 17 місцевих жителів постійно забезпечені робочими місцями. В період сезонних робіт їхня кількість зростає до 28 осіб. З кожним роком відбувається приріст земельних угідь товариства за рахунок збільшення кількості пайщиків а відповідно зростає потреба в працівниках.

1.2. Кліматичні умови

Товариство знаходиться в районі з помірно посушливим кліматом з теплою зимою найнижча температура в січні місяці в середньому становить - 8 градусів зима дощова з короткими заметілями. Весна посушлива тому для

збереження вологи в господарстві обов'язково виконується поверхнєве боронування для закриття вологи. Завдяки використанню зрошення в літній період знижується ризик втрати врожайності вирощуваних сільськогосподарських культур. Середньорічна норма опадів становить близько 380-420 мм. Найбільш вологим переїодом року є осінь та зима.

Ґрунти в товаристві переважно чорноземи з максимальною глибиною промерзання до 50 см. До 80 відсотків угідь господарства розташовуються на рівнинній поверхні з частковим перетинанням ярами та балками.

Завдяки виконанню профілактичних заходів, а саме мінімальна обробка ґрунту, снігозатримка та весняне боронування відбувається збереження вологи.

Переважає напрямком вітрів в товаристві є східно-західний і південно-західний. Дані вітри і формують підвищення або зниження температури в різні пори року. Найбільш несприятливим в літній період є формування буревіїв та дощів з градом, які знижують ефективність господарської діяльності товариства.

1.3. Характеристика рослинництва

Землі товариства знаходяться на території Миколаївської та Володимирівської громад. Основний земельний фонд товариства складається з наділів (паїв) орендованих в місцевого населення. частка земельного фонду складається з орендованих земель у власників паїв. Так як товариство займається рослинництвом то основним засобом його виробництва є земля. В товаристві практикується використання чергування основних культур що вирощуються. Проведення сівозмін тобто чергування різних культур на одному полі протягом кількох років, допомагає зберігати родючість ґрунту та знижує ризик виникнення захворювань та поширення шкідників. При вирощуванні пшениці, кукурудзи, ячменю, жита, соняшника та овочів

важливо правильно комбінувати ці культури, щоб оптимізувати використання ресурсів і отримати високий урожай.

В товаристві сівозміни виконуються в наступному порядку:

Пшениця → Кукурудза → Ячмінь Жито → Соняшник → Овочі

В таблиці 1.1 наведено динаміку зміни земельних угідь товариства «Крупа і Ко».

Таблиця 1.1 – Динаміка зміни земельних угідь ТОВ «Крупа і Ко»

Угіддя	2022		2023		2024	
	га	%	га	%	га	%
Всього угідь	426	100	466	100	490	100
Пшениця	98	23	110	23,6	121	24,7
Кукурудза	124	29,1	125	26,8	128	26,1
Ячмінь	34	8,0	30	6,4	31	6,3
Жито	42	9,9	43	9,2	46	9,4
Соняшник	84	19,7	112	24,0	116	23,7
Овочі	44	10,3	46	9,9	48	9,8

Згідно даних аналізу земельний фонд ТОВ «Крупа і Ко» з кожним роком збільшується за рахунок залучення додаткових наділів пайщиків до товариства завдяки хорошим умовам оренди яку сплачує товариство структура посівних площ постійно змінюється з урахуванням тенденції на ринку та рентабельності вирощуваних культур. Так в 2024 році в трійці лідерів знаходилася кукурудза 26,1 %, пшениця 24,7 %, та соняшник 23,7 %. Але як ми бачимо всі культури мають позитивну динаміку до зростання їх посівних площ за період з 2022 по 2024 рік.

Продуктивність та ефективність вирощуваних культур оцінимо за зміною врожайності за останні три роки (табл. 1.2).

Аналізуючи дані наведені в таблиці, видно що виконання запропонованих комплексів заходів в ТОВ «Крупа і Ко» з відновлення родючості ґрунтів та впровадження технологій поверхневого обробітку ґрунту були не марними. Так приріст врожайності по кожній культурі це підтверджує. Також позитивним являється збереження вологи в зимово-весняний період та використання поливу в період посух.

Таблиця 1.2 – Врожайність основних культур в ТОВ «Крупа і Ко»

Культура	Роки		
	2022	2023	2024
Кукурудза на зерно, кг/га	3840	4044	4104
Ярий ячмінь, кг/га	2702	2841	3045
Соняшник, кг/га	1820	1856	1966
Озима пшениця, кг/га	3654	3845	4154
Жито, кг/га	3234	3551	3576
Овочі, кг/га	34552	35224	36871

Протягом періоду з 2022 по 2024 роки ТОВ «Крупа і Ко» спостерігається зростання врожайності всіх основних культур. Найбільше збільшення показала озима пшениця на 13,8%, ячмінь на 12,7% та жито на 10,6%. Це свідчить про ефективне впровадження нових технологій та покращення агротехнічних заходів.

1.4. Механізація рослинництва

Механізація рослинництва в ТОВ «Крупа і Ко» є важливим аспектом для забезпечення ефективного та високопродуктивного ведення сільськогосподарських робіт. Впровадження сучасних технологій та механізмів дозволяє значно знизити трудові витрати, підвищити точність виконання операцій і оптимізувати процеси вирощування сільськогосподарських культур.

В товаристві використовуються різноманітні машини та агрегати для проведення основних агротехнічних заходів. До них належать трактори, автомобілі, сівалки, обприскувачі, комбайни, ґрунтообробна техніка, навантажувачі, що дозволяють максимально механізувати процеси посіву, обробітку ґрунту, збирання врожаю та захисту рослин від хвороб і шкідників. В таблиці 1.3 детально наведено інформацію по основним засобам механізації в товаристві.

Таблиця 1.3 – Основні машини та засоби механізації ТОВ Крупа і Ко

Найменування машин	Кількість, шт.
1	2
Трактори	
ЮМЗ-8040	2
МТЗ-80.1 "Білорус"	2
МТЗ-82.1 "Білорус"	3
Case IH Magnum 340	2
Плуг	
Lemken Euro Diamant 10	1
ПЛН-3-35 «Козак»	4

Продовження табл.1.3

1	2
Культиватори	
КПШ-10 ЄВРО	2
Amazone Catros 6001	2
КРН-5,6	3
КПС-6	2
КПС-4	4
Сівалки	
Сівалка MF 9186 VE	2
SPC-6	4
Horsch Pronto 6 DC PPF	1
Борони	
Amazone Centaure 7500	2
БДТ-6	2
АДГ-2,4	4
БЗСС-1,0-1	41
Оприскувачі та розкидачі	
ВЕКТОР-2000/21	2
РУМ-1000	3
Причепи	
2ПТС-4	6
2ПТС-10	2

Продовження табл. 1.3

Автомобілі	
КрАЗ-6130С4	1
MAN TGX 33.480	2
Комбайн	
Case 2388	1
Навантажувач	
Case IH Farmlift 742	1

Всі роботи з технічного обслуговування та нескладних ремонтів техніки машинно-тракторного парку виконуються кваліфікованими працівниками товариства.

В товаристві ТО проводять в строки закладені заводами виробниками техніки. Виконання поточних та капітальних ремонтів проводиться згідно розробленого графіка та узгоджено з керівником підприємства.

Завдяки хорошій матеріальній базі ремонти та обслуговування проводяться вчасно та без затримок. Ремонт закордонної техніки виконується сервісною службою дилера. В цілому господарство забезпечене технікою в повному обсязі.

1.5. Нафтогосподарство ТОВ «Крупа і Ко»

Нафтогосподарство є важливою складовою товариства, забезпечуючи безперервну роботу сільськогосподарської техніки. В ТОВ «Крупа і Ко» організовано систему зберігання і видачі паливо-мастильних матеріалів, що включає дизельне паливо, бензин та мастильні засоби. Нафтопродукти надходять з обласного центру де розміщено нафтобазу та зберігаються на території пункту видачі та їх зберігання схема якого наведена на рис 1.1.

Щорічно товариство витрачає до 30 тон дизеля та близько 2 тон бензину і близько 220 кг мастильних матеріалів.



Рис 1.1. Пункт зберігання та видачі нафтопродуктів

1.6. Висновки

1. Організація сівозмін дозволяє зберігати родючість ґрунтів і підвищувати ефективність використання землі. За аналізом динаміки земельних угідь і врожайності культур, товариство має позитивну тенденцію до збільшення площ під різними культурами та зростання врожайності. Це є результатом застосування сучасних агротехнічних заходів, зокрема, впровадження технологій для збереження вологи та покращення якості ґрунту.

2. Механізація процесів, таких як посів, обробіток ґрунту та збирання врожаю, є важливою складовою ефективної роботи товариства. Система механізації ТОВ «Крупа і Ко» забезпечує високу продуктивність праці та оптимізацію витрат на обробіток і догляд за культурами, зокрема завдяки використанню сучасної техніки, що сприяє підвищенню врожайності і зниженню трудовитрат.

3. Розробка конструкції сівалки для точного висіву просапних культур є надзвичайно актуальною для підприємства, оскільки точність посіву є критично важливим критерієм для досягнення високих показників урожайності. Враховуючи специфіку вирощування просапних культур, таких як кукурудза та соняшник важливою є рівномірність посіву, що забезпечить оптимальний розвиток рослин та ефективне використання ресурсів. Розроблена конструкція сівалки забезпечить високу якість посіву, зменшить витрати насіння в порівнянні з існуючими сівалками за рахунок конструкції принципово нового висівного апарату.

2. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ПОСІВУ ТА АНАЛІЗ СІВАЛОК ТОЧНОГО ВИСІВУ

У сучасних умовах сільськогосподарського виробництва зростають вимоги до точності висіву, продуктивності машин та раціонального використання ресурсів. Особливо це стосується вирощування просапних культур, таких як соя, кукурудза, соняшник, цукровий буряк тощо, для яких важливо забезпечити рівномірне розміщення насіння як по довжині рядка, так і по глибині висіву. Від цього залежить не лише рівень сходів, а й подальша рівномірність розвитку рослин, що напряду впливає на урожайність. Більшість наявних сівалок не завжди відповідають сучасним вимогам точного землеробства, особливо в умовах змін клімату, нестабільного ґрунтового середовища та зростання вартості посівного матеріалу. Це зумовлює необхідність удосконалення конструкції просапних сівалок або створення нових рішень, здатних забезпечити більш точне дозування, контроль глибини, автоматичне регулювання норм висіву та взаємодію з GPS-навігацією. Таким чином, розробка просапної сівалки з поліпшеними техніко-експлуатаційними показниками є актуальним напрямом, що сприятиме підвищенню ефективності посівної кампанії, зниженню втрат насіння, оптимізації агротехнологічних процесів та забезпеченню високої врожайності культур.

2.1. Особливості посіву просапних культур

На строки вегетації просапної культури, впливають ґрунтові, кліматичні та техногенні чинники.

Ґрунтові чинники – запаси вологи, родючість, залягання вологи;

Кліматичні чинники – температура навколишнього середовища, рівень опадів, рівень освітлення;

Техногенні чинники – якість обробітку ґрунтів, якість посіву, полив, операції з догляду за просапними культурами та ін.

За звичай вплив на вирощування просапних культур носить комплексний характер [3].

Сівба є однією з найважливіших технологічних операцій на вирощуванні просапних сільськогосподарських культур. Якість посіву безпосередньо впливає на ефективність вирощування сільськогосподарських культур, а саме на майбутній врожай. Розміщення насіння в рядку сівалкою повинно забезпечити майбутні культури необхідною площею живлення, яка забезпечить ефективний подальший їх розвиток з забезпеченням необхідного освітлення наземної частини рослин. На рисунку 2.1 наведено основні способи посіву сільськогосподарських культур [4].

Для посіву просапних культур може використовуватись пунктирний, квадратно-гніздовий, квадратно прямокутний, шахматний та спіральний способи.

Одним із основних показників, що характеризують технологічний процес сівби, є норма висіву насіння. Зазвичай норма висіву визначається з врахуванням способу посіву культури, необхідної для її живлення площі та встановлюється перед початком посіву за допомогою відповідних регулюючих елементів сівалки. Після проведених відповідних регулювань виконується контроль норми висіву посівною машиною. Згідно з вимогами цей показник повинен становити не більше 3 ... 5% [5]

Ще одним не менш значущим показником якості посіву є рівномірність висіву насіння просапних культур на задану глибину. Недотримання даного показника впливає на рівномірність сходів їх строкатість, вимерзання озимих культур. Так збільшення глибини посіву вимагає на початковому етапі проростання насіння більших енергетичних затрат та ослаблення сходів, що негативно впливає на подальший їх розвиток та загибель в випадку стресових ситуацій (посуха, весняні заморозки та ін.) Не дотримання глибини закладання насіння в межах 20...30% урожайність просапних культур падає до 15...26 %, а в умовах засухи може знизитися і 35... 40 відсотків.

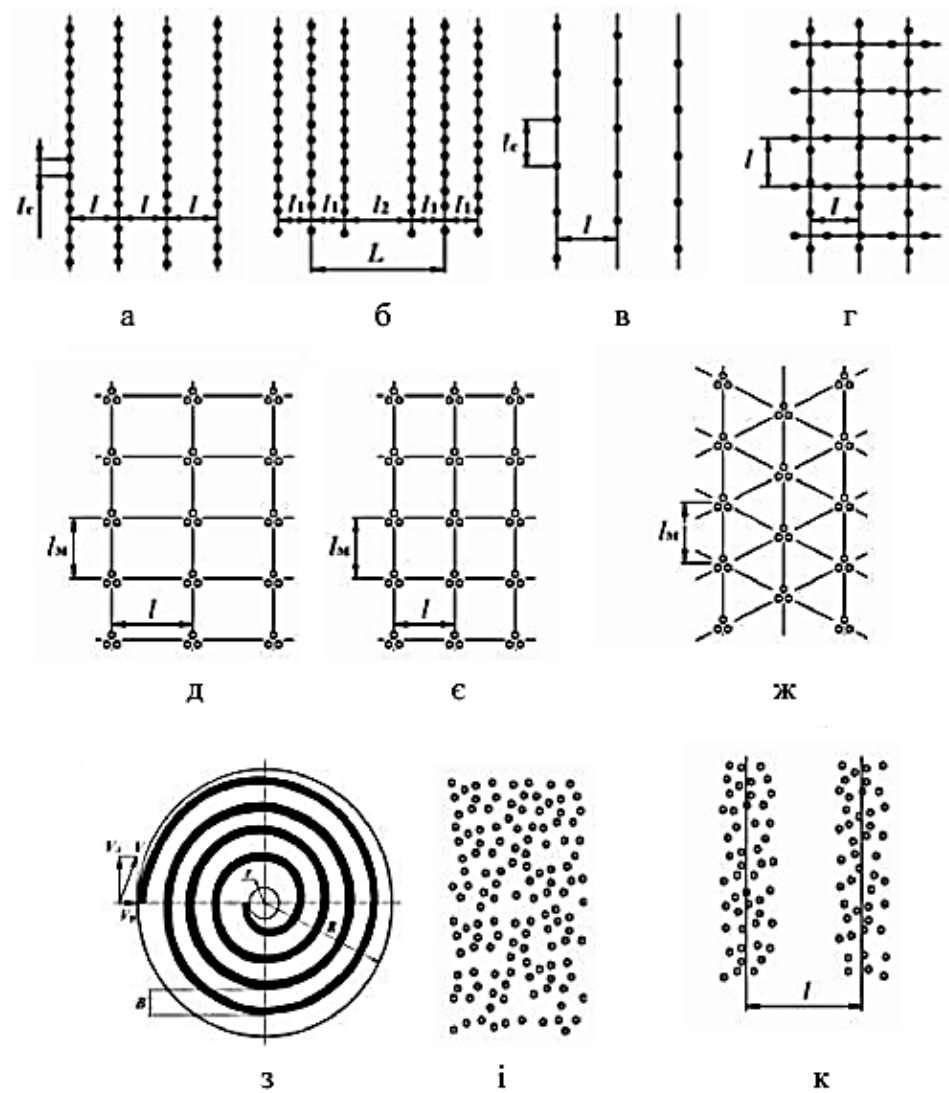


Рис. 2.1. Способи посіву сільськогосподарських культур
 а – рядковий спосіб; б – стрічковий спосіб; в – пунктирний спосіб;
 г – перехресний спосіб; д – прямокутно-гніздовий спосіб; е – квадратно-гніздовий спосіб; ж – шаховий ; з – спіральний спосіб; і – розкидний спосіб;
 к – смуговий спосіб

Не дотримання посівної машини заданої глибини зазвичай компенсують за рахунок збільшення норм висіву від 5 до 10%, щоб компенсувати втрати в процесі проростання або слабких сходів [6].

Основними факторами, які впливають на глибину закладання насіння є конструктивно-технологічні (швидкість посіву, швидкість насіння, підвіска сошника, тип та розміри сошника та ін), властивості ґрунту, гребенистість поля

та інші. Згідно агровимог відхилення від глибини посіву допускається не більше $\pm 10\%$.

Висів насіння здійснюється для кожної культури здійснюється встановлених агротехнічних термінів. Нормальна робота сошників посівних машин відбувається за умови якщо вологість ґрунту складає 17,5 ... 21% на глибині його закладання. За інших умов погіршується самоочищення робочих органів (підвищена вологість). Висів в сухий ґрунт не дозволяє розпочати вегетаційні процеси насіння його проростання можливе лише після відповідного зволоження природнім шляхом після дощу або штучним з використанням зрошення [7].

Крім вологи на початок проростання насіння впливає температура ґрунту від якої залежить запуск процесів внутрішнього обміну. Зростання температури прискорює ці процеси насіння проростає досить інтенсивно і навпаки зниження температури уповільнює вегетаційні процеси. Більшість зернових культур (пшениця, ячмінь, овес та ін.) висіваються за умови вигрівання ґрунту на глибині закладення зерна від 6 до 8 °С. Просапні культури (соя, соняшник, кукурудза) та бобові висівають за прогрівання ґрунту до температури 11 ... 14 °С [8].

Також важливим фактором, який необхідно враховувати а за потреби забезпечувати являється показник гранулометричного складу ґрунту, що залежить від типу ґрунтів та операцій їх механічної обробітку (оранка, кудьтивація, фрезування і т.д.). Згідно агровимог розміри структурних часток ґрунту від 0,27 до 12 мм повинні становити в межах 40... 62 %. Збільшення частки розміром менше 0,27 мм викликає появу вітрової ерозії та погіршує проникність вологи [9]. Відповідно до конкретних властивостей ґрунтів підбирається свій комплекс ґрунтообробних операцій для забезпечення необхідної їх структури. Крім розмірів також контролюється та підтримується необхідна щільність ґрунту (900...1200 кг / м³), що впливає на проростання насіння та волого і газообмін кореневої системи рослин.

Виконання закладання насіння сошниками відбувається в дещо ущільнене насіннєве ложе (1100...1250 кг / м³) з наступним закриванням борозни шаром

грунту щільність 900...1000 кг/м³. Такі умови забезпечують ефективний газо волого обмін.

Додаткове ущільнення насінневого ложе утримую вологу, що підіймається по капілярам в зоні закладання насіння та прискорює початок його проростання.

Одночасно з висівом насіння практикується внесення добрив в вигляді туків, менш поширений варіант з внесенням рідких добрив. Такий підхід дозволяє підтримати розвиток посівних культур на перших етапах його проростання та вегетації. Зазвичай такі заходи дають за відповідних умов засвоєння мікроелементів до 30 % приросту врожайності. Більшість посівних машин дозволяють реалізувати одночасно з висівом внесенням, як твердих так рідких добрив. Не всі добрива можна вносити одночасно з посівом. Методи, терміни внесення добрив у ґрунт, вибір глибини загортання та відповідних знарядь залежать від стану ґрунтового середовища, біологічних характеристик вирощуваної культури, а також властивостей самих добрив і норм їх застосування. Наприклад, аміачна селітра, яка є одним із найбільш універсальних і ефективних азотних добрив, може застосовуватись на будь-якому типі ґрунту під усі сільськогосподарські культури. Найдоцільніше її вносити одночасно з посівом, але можна розкидати до сівби, з подальшим загортанням під час весняної оранки або культивації.

Фосфорні мінеральні добрива, що мають важкорозчинну форму, рекомендовано вносити розкидним способом восени під час зяблевої оранки, оскільки весняне застосування таких добрив перед посівом значно знижує їх ефективність.

Суперфосфат – універсальне фосфорне добриво можна вносити, як восени під зяб, так і навесні під час посіву чи перед культивацією. Проте найбільшу віддачу дає гранульований суперфосфат при локальному внесенні безпосередньо під час сівби.

Калійні добрива, які добре розчиняються у воді, рекомендується вносити навесні на легких ґрунтах перед посівом, а на більш важких – восени під зяблеву оранку.

Раціональне й ефективне використання твердих мінеральних добрив визначається не лише їх властивостями, такими, як розмір і міцність гранул, а й конструктивною досконалістю машин, призначених для їх внесення, та умовами експлуатації агрегатів.

2.2. Аналіз засобів механізації для посіву просапних культур

На сьогодні для посіву просапних культур використовується посівна техніка з різноманітними висівними апаратами, тому для їх систематизації розроблено класифікацію згідно якої вони діляться на основні чотири групи: механічні пневмомеханічні, пневматичні (вакуумні, надлишкового тиску) та гідравлічні (рис. 2.2) [10]



Рис. 2.2. Класифікація посівної техніки за типом висівного апарату

Для аналізу переваг та недоліків посівної техніки розглянемо кожен із приведених висівних апаратів які використовуються чи досліджуються в даний час.

Аналіз розпочнемо з *дискових пневматичних висівних апаратів*, що використовуються на більшості сучасних сівалок точного висіву. Конструктивне рішення схема якого представлена на рисунку 2.3 [11]

складається із бункера для насіння 1 висівного диска 3. Диск з бункером пов'язані через дозуюче вікно. Висівний диск 3 в корпусі 5 відповідно розділяє вакуумну камеру з повітропроводом 2 і насіння розміщене в зоні дозуючого вікна бункера 1. Вакуум забезпечує присмоктування насінин до комірок висівного диска 3 та дозовану їх подачу до місця скидання де відбувається відсікання вакууму. Насіння під дією сил гравітації по насіннепроводу падає в борозенку сформовану сошником на рисунку не вказано. Привід висівного диска 3 та ворошилки 4 організовано за допомогою ланцюгової передачі від опорного колеса. Крутний момент передається на ведену зірочку 6 ланцюгової передачі.

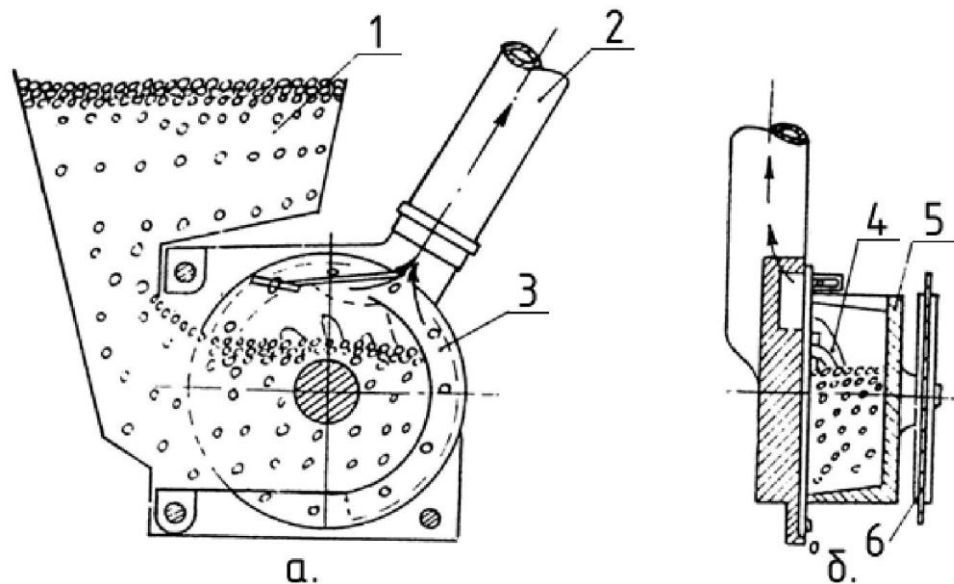


Рис. 2.3 Пневматичний висівний апарат з горизонтальним обертанням

Вітчизняним виробником сівалок точного висіву компанією «Elvorti» розроблено сівалку Vesta 8 PROFI з вакуумним пневматичним висівним апаратом рис. 2.4 [12].

Основним елементом сівалки являється вакуумний пневматичний висівний апарат (рис. 2.4, б). Використовуючи змінні диски здійснюється висів різного за розмірами насіння, також можна регулювати крок висіву насіння. Привід висівного диска реалізовано від опорних коліс сівалки.



a

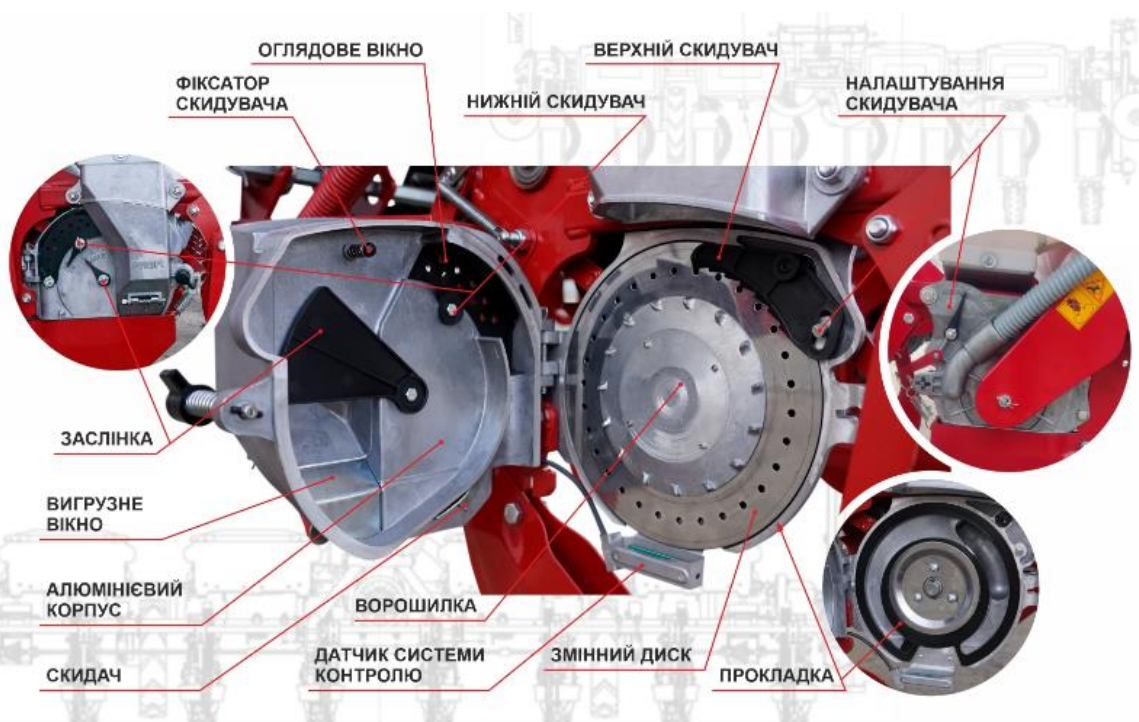


Рис. 2.4. Сівалка Vesta 8 PROFİ (а) з вакуумним пневматичним висівним апаратом (б)

Пневматична система складається з відцентрового вакуумного насоса та вакуумопроводів, що з'єднують насос з посівними секціями. Точність висіву без двійників забезпечують скидачі нижній та верхній. Регулювання даного вузла здійснюється за допомогою фляжка приводу верхнього скидача. Завдяки встановленого оглядового вікна здійснюється візуальний контроль

за процесом подачі зерна дозуючою частиною висівного апарата. Відсікаючи вакуум екраном відбувається скидання насіння до насінневого ложе сформованого сошником. Використовуючи вигрузний пристрій відбувається вивантаження насіння з бункера та апарату. Пневматичний вакуумний висівний апарат дозволяє забезпечити роботу сівалки на високих швидкостях 9...10 км/год та підвищити її продуктивність.

Ще одним представником пневматичних апаратів є барабанного типу висівний апарат. Апарати такого типу виконуються з внутрішнім утриманням насіння в комірках або зовнішнім. Барабан має наскрізні отвори, як і в попередньому апараті утримання насіння в комірках здійснюється за рахунок вакууму

На малюнку 2.5, а [13] представлено схему апарата з зовнішнім заповненням комірок. Обертаючись барабан 1 захоплює комірками насіння 2 з бункера 5, яке надійно утримується за рахунок розрідження створеного вакуумною системою 3. За допомогою скидачів 4 відбувається скидання зайвого насіння, що утримується біля комірок забезпечуючи точний однонасінневий висів. Ворушилка 6 забезпечує надійну подачу насіння до барабана. В зоні розміщення ролика 8 відбувається відсікання вакууму та скидання насіння в борозну сформовану сошником 7.

Робота апарата з внутрішнім заповненням комірок (рис. 2.5, б) [14] відбувається наступним чином. Обертаючись в вакуумній камері 8 барабан 1 захоплює насіння 2 розміщене в його внутрішній порожнині комірками та подає його до скидача 7 по якому насіння надходить в борозну сформовану сошником 4. Надійне розвантаження насіння здійснюється за допомогою ролика 6 з голками 5. До недоліків такого типу висівних апаратів можна віднести занадто велику висоту скидання насіння, що позначається на точності розподілення насіння в рядку та складність завантаження барабана.

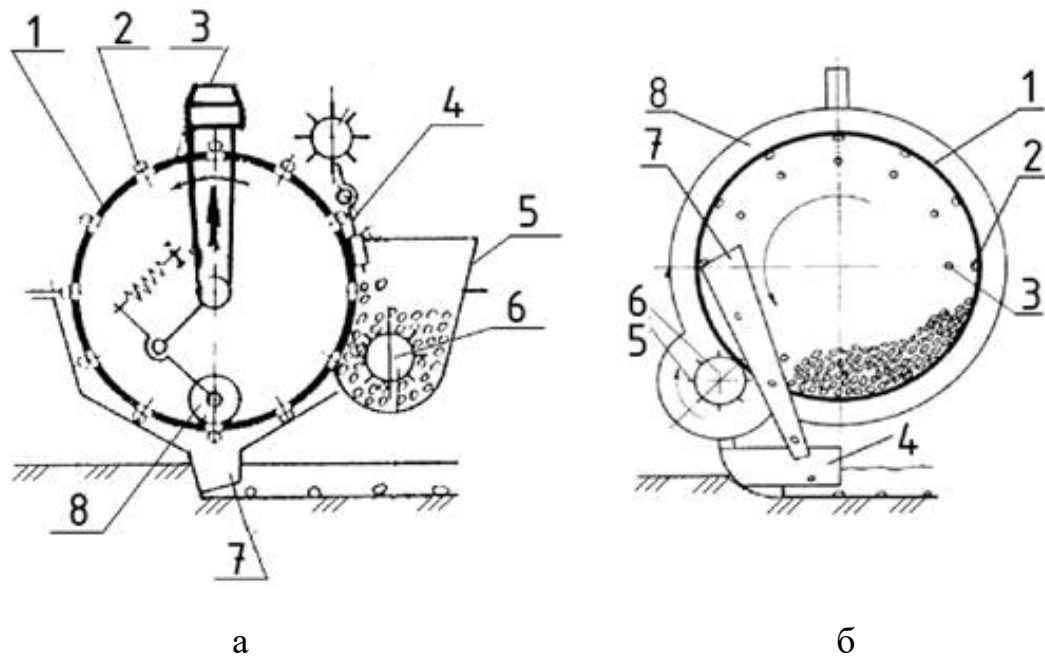


Рис. 2.5. Пневматичний барабаний висівний апарат
 а – зовнішнє заповнення комірок патент №1605971;
 б – внутрішнє заповнення комірок патент №1607717

Також до недоліків можна віднести засмічення отворів висівних барабанів особливо з зовнішнім заповненням комірок.

Для вирішення даної проблеми використовуються *пневмомеханічні апарати* з струминою дозуючою частиною яка працює на надлишковому тиску. Такого типу апарати отримали поширення на сівалках Аеромат [15]. Посівні машини з використанням пневматичного апарату надлишкового тиску отримали поширення на посіві просапних культур з насінням округлої гладкої поверхні (соя, кукурудза, бобові). Принцип роботи апарату розглянемо на прикладі сівалки Аеромат (рис. 2.6).

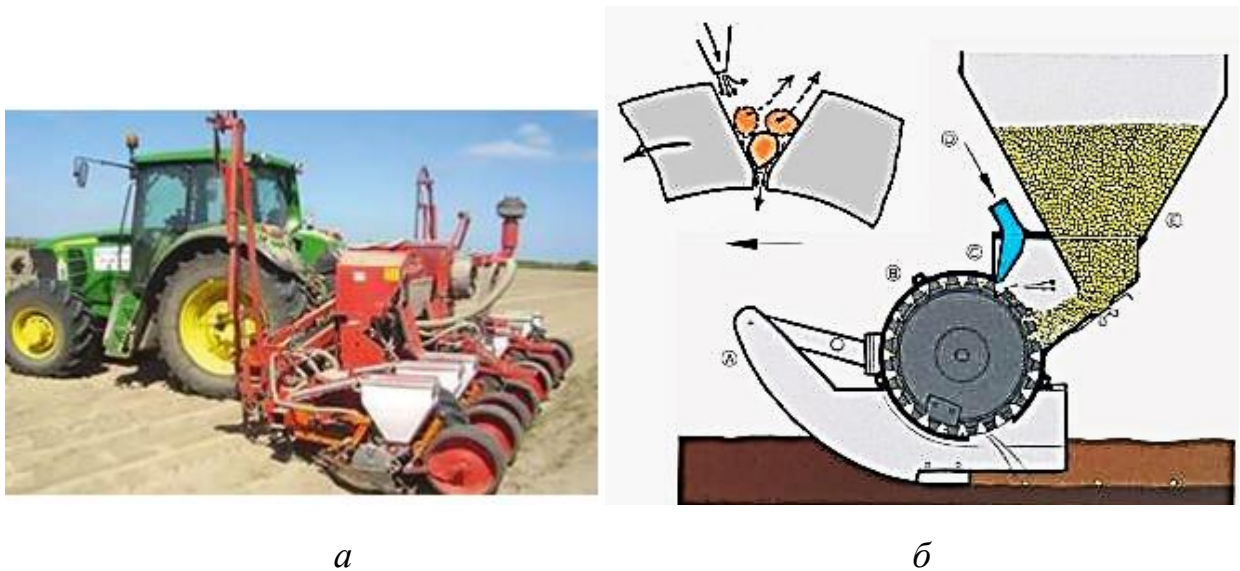


Рис. 2.6. Сівалка точного висіву Аеромат з пневмомеханічним висівним апаратом надлишкового тиску:

а - загальний вигляд сівалки; б – висівний апарат надлишкового тиску

Висіваючий диск В виконаний з алюмінію має комірочки конусної форми в яких зроблено наскрізні отвори. Насіння з бункера потрапляє в комірочки при обертанні диска. Надлишок насіння за рахунок стисненого повітря здувається соплом С залишається тільки одна насінина притиснута до наскрізного отвору диска. Далі обертаючись диск подає насіння до борозни сформованої сошником А. Очищення комірок відбувається з використанням голчастого або пластинчатого виштовхувача.

ТОВ «Horsch-Україна» запропонувало конструкцію пневмомеханічної сівалки для точного висіву просапних та бобових культур Horsch Maestro 24.75 SW (рис. 2.7) [16]. В якості дозуючого елемента в конструкції сівалки використовується диск з пазами замість отворів, як у класичних сівалок. Надходження насіння до пазів диска відбувається за рахунок вакууму сформований пневматичною системою. Відсікання надлишкових насінин здійснюється двома важілями розташованими в корпусі висівного апарата.

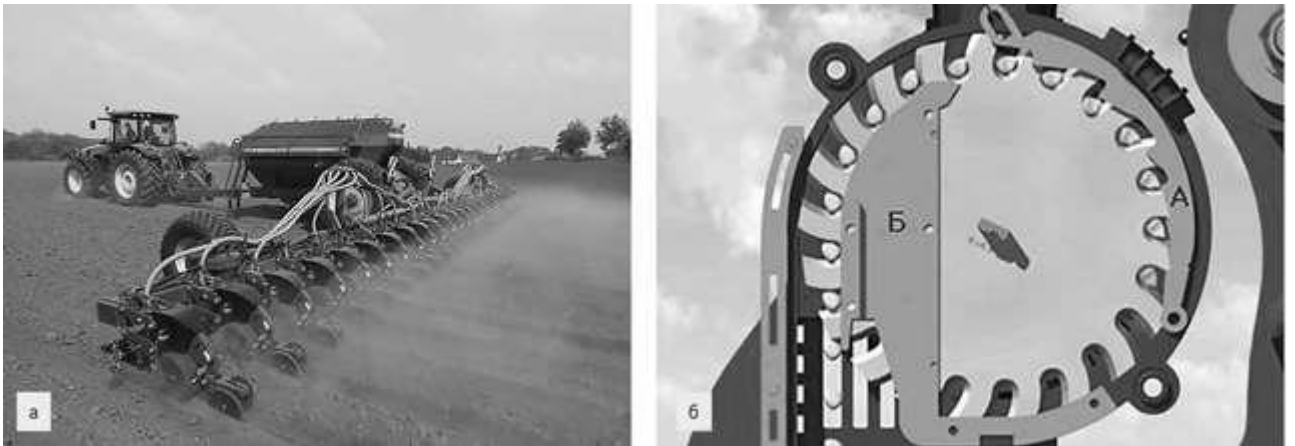


Рис. 2.7. Пневмомеханічна сівалка точного висіву

Horsch Maestro

Перший важіль А відсікає надлишкові насінини в пазові залишаючи тільки одну із них. Другий важіль Б забезпечує лінійне переміщення насіння з паза висівного диска надійний його вихід та потрапляння до насіннепроводу та сошника. Використання другого дозволяє стабілізувати процес переходу насіння від обертального руху до лінійного та підвищити ефективність розподілення насіння в рядку. Запропоноване конструктивне рішення від компанії Хорш дозволяє реалізувати точний висів за максимальних швидкостей сівалки близько 12,5 км/год.

Ще одними досить поширеними є *механічні висівні апарати* до яких належать: комірково-дискові, метеликові, котушкові, пасові та ложкові апарати.

Комірково-дискові апарати (рис. 2.8) застосовуються в сівалках для посіву бавовни та кукурудзи. Висівний диск 9 з комірками 12 розташовується горизонтально в чавунному корпусі 7 висівного апарата розміщеного в нижній частині бункера з посівним матеріалом. Завдяки легкозмінній кришці висівного апарата відбувається досить швидко заміна висівних дисків під необхідні посівні культури.

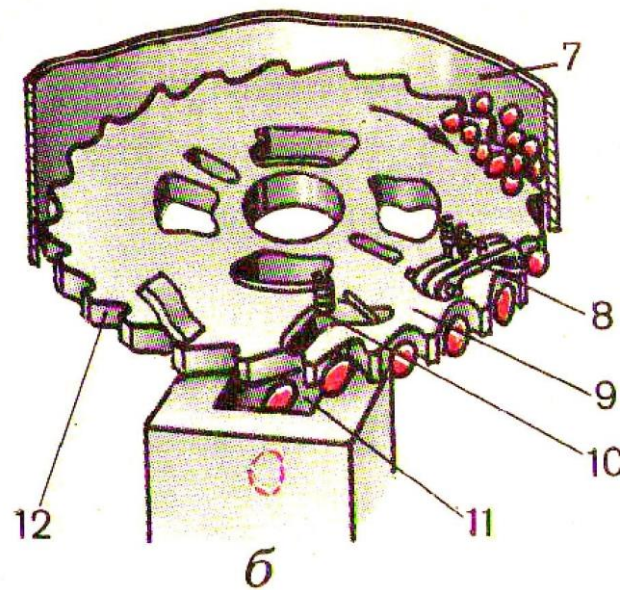


Рис. 2.8 Комірково-дисковий висівний апарат

Використовуючи відбивач 8 та виштовхувач 10 забезпечується досить точне дозування для однонасінного висіву.

До переваг таких апаратів належить простота конструкції, точність дозуючого пристрою, але є і недоліки а саме високе розміщення бункерів з посівним матеріалом вимагає використання насіннепроводів надмірної довжини, що знижує подальшу точність розподілення насіння в рядку

Конструктивне рішення наведено в патентові № 1605972 (рис. 2.9) [17] призначене для реалізації точного висіву насіння різних розмірів за рахунок підбору відповідних пасів з комірками. Надійне заповнення комірок пасів можливе за рахунок використання насіння округлої форми або дражованого насіння. Робота апарата відбувається в наступній послідовності обертаючись ведучий вал 7 з ведучим шківом 8 здійснює привід паса 6 та веденого диска 3 валом 2. До комірок 4 в пасі з бункера потрапляє насіння та подається в зону висіву де за допомогою виштовхувача насіння витісняється з комірок паса до сошника. Використання виштовхувача забезпечує надійне розвантаження комірок з насінням. Надійна робота виштовхувача забезпечується завдяки прорізі в пасові з комірками. Самі комірки в пасові виконані з розширенням до зовнішньої поверхні паса, що покращує процес їх заповнення насінням. Завдяки

використанню насіння однакового розміру та округлої форми забезпечується точний висів за максимальних швидкостей.

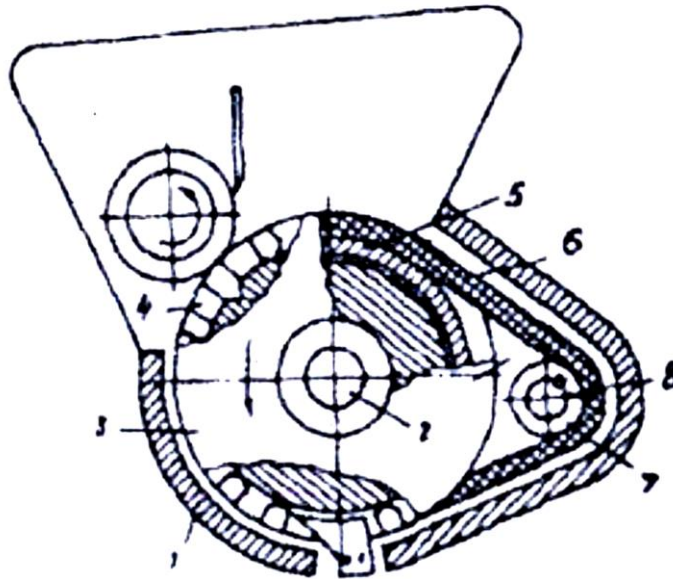


Рис. 2.9. Пасовий висівний апарат Патент 1605972

Ще одним прикладом використання механічних апаратів пасового типу є сівалка від компанії «Stanhay» з Великобританії (рис.2.10) [18]. Сівалки фірми Stanhay заслужено вважаються одними з найточніших машин для висіву овочевих культур. Вони широко застосовуються для сівби таких культур, як морква, буряк, цибуля, салат, капуста, редис та інші дрібнонасінні овочі. Однією з ключових особливостей сівалок цього бренду є використання пасового висівного апарата, який забезпечує надзвичайну точність у нормуванні та розподілі насіння.

Основу конструкції складає спеціальна еластична стрічка (пас) В, у якій через рівні проміжки виконані отвори певного діаметра. Насіння подається з насінневого бункера на пасову стрічку В, яка обертається навколо барабана С і ролика D. При обертанні насіння потрапляє в отвори стрічки, після чого надлишок зчищається роликком D. У нижній частині апарата отвори на стрічці проходять над випускним отвором Е, де відбувається скидання насіння в сошник, а далі – у борозну. Завдяки цьому забезпечується стабільне укладання

насіння з мінімальними відхиленнями по відстані та глибині.



Рис. 2.10. Секція сівалки «Stanhay» з пасовим висівним апаратом

Переваги сівалки Stanhay - висока точність, пасовий механізм забезпечує рівномірний інтервал між насінинами навіть при висіві дуже дрібного насіння. Делікатне поводження з насінням, мінімальні механічні пошкодження завдяки м'якому контакту з пасом. Гнучкість у налаштуваннях, а саме можна адаптувати розміри отворів, кількість рядів та глибину висіву під кожну конкретну культуру. Механізм не потребує складної привідної системи або вакууму.

Недоліки: насіння повинно бути однорідним за розміром і формою, інакше точність висіву знижується. При тривалій експлуатації пас з отворами може зношуватися, що потребує його заміни. Менша універсальність порівняно з вакуумними сівалками – пристосована переважно для овочевих культур і дрібного насіння.

Конструктивне рішення запропоноване компанією KINZE, а саме розроблений механічний висівний апарат ложкового типу (рис. 2.11, б) [19], який тривалий час утримує лідируючі позиції серед сівалок з механічними апаратами точного висіву. Так сівалка KINZE 3000 (рис. 2.10, а) є високопродуктивною

універсальною машиною, призначеною для точного висіву різних сільськогосподарських культур, зокрема кукурудзи, соняшнику, сої та інших просапних. Основною перевагою цієї моделі є поєднання надійності конструкції з точністю висіву, що забезпечується завдяки використанню механічного висівного апарата ложкового типу.

Сівалка має модульну конструкцію та оснащується двома рядами сошників, що дозволяє здійснювати посів як з міжряддям 70 см, так і 35 см при використанні системи «два в одному» (split-row). Опорна рама виготовлена з високоміцної сталі, що гарантує довговічність у роботі навіть за важких польових умов.

Механічний висівний механізм ложкового типу працює за принципом зачерпування насіння ложечками, розміщеними по периметру вертикального диска. Обертання диска здійснюється від колеса, яке котиться по ґрунту, забезпечуючи синхронізацію з фактичною швидкістю руху сівалки. Насіння з бункера потрапляє в зону забору, де ложечки відокремлюють по одному насінню, а надлишок видаляється щіточками або регульованим скребком.



Рис. 2.11. Сівалка точного висіву KINZE-3000 (а) з механічним висівним апаратом ложкового типу (б)

Даний механізм забезпечує стабільну подачу насіння з мінімальним рівнем пропусків і двійників, що особливо важливо для досягнення однакових інтервалів між рослинами в рядку. Простота конструкції дозволяє легко обслуговувати і швидко адаптувати сівалку до різних типів насіння.

Завдяки точному дозуванню насіння та рівномірному його розподілу в рядку, KINZE 3000 сприяє формуванню однорідного посіву, що покращує загальну врожайність культури. Крім того, налаштування глибини загортання і тиску на сошники дозволяє ефективно працювати в умовах різного типу ґрунтів та з різною вологою. Базова комплектація може доповнюватись системою моніторингу висіву, яка дозволяє оператору відстежувати показники в режимі реального часу: кількість висіяного насіння, пропуски, подвоєння та інші параметри, що впливають на якість посіву.

До переваг сівалки можна віднести високу точність висіву забезпечується рівномірне розміщення насіння в рядку, що дозволяє отримати дружні та рівномірні сходи. Механічна система дозування легка в налаштуванні та не потребує складного технічного обслуговування. Можливість налаштування під різні культури та ширину міжряддя робить її придатною для широкого спектра агровиробництва. Міцна та надійна конструкція – сталева рама витримує високі навантаження в польових умовах. Можливість встановлення систем моніторингу – при потребі сівалку можна оснастити датчиками контролю висіву.

До недоліків можна віднести обмеження щодо дрібнонасінних культур – ложковий тип висівного апарату менш ефективний для дрібного насіння, наприклад, ріпаку чи люцерни. Зміна швидкості руху трактора впливає на якість висіву, тому потрібно уважно дотримуватись оптимального режиму роботи. Наявність двійників при зношених елементах – з часом ложечки та скребки зношуються, що може призвести до нерівномірного висіву (подвоєнь).

2.3. Висновки

1. У процесі аналізу сівалок точного висіву було встановлено, що сучасні вимоги до агротехнологій потребують значно вищого рівня точності, адаптивності та надійності посівної техніки. Це особливо важливо при вирощуванні просапних культур, для яких критичною є точність розміщення насіння по довжині рядка та на задану глибину. Нерівномірний висів або порушення технологічних параметрів призводить до значних втрат урожаю, погіршення однорідності сходів та зниження економічної ефективності посівної кампанії.

2. Проведений аналіз конструкцій і принципів роботи різних типів висівних апаратів – механічних, пневматичних та пневмомеханічних – показав, що кожен тип має свої переваги та обмеження.

3. Для забезпечення ефективного точного висіву доцільно використовувати техніку, що не лише забезпечує рівномірне розміщення насіння, але й адаптується до змін ґрунтово-кліматичних умов, підтримує інтеграцію з сучасними системами контролю та автоматичного регулювання (наприклад, через GPS-навігацію), а також дозволяє поєднувати кілька технологічних операцій – висів і внесення добрив за один прохід.

4. У результаті аналізу було підтверджено доцільність подальшого удосконалення сівалок точного висіву з урахуванням новітніх вимог до точного землеробства, що забезпечить підвищення урожайності, зниження витрат посівного матеріалу та оптимізацію агротехнічних процесів.

3. ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ ТА КОНСТРУКТИВНІ РОЗРАХУНКИ СІВАЛКИ ТОЧНОГО ВИСІВУ

3.1. Конструктивна схема та опис сівалки точного висіву

Процес посіву являється однією із ключових операцій при вирощуванні просапних культур від якості виконання якого буде залежати врожайність, ефективність використання посівного матеріалу, добрив та ресурсів (вода, паливо). Традиційні сівалки не завжди здатні забезпечити необхідну точність розміщення насіння, особливо при роботі на полях з неоднорідними умовами ґрунту та мікроклімату. Застосування точного висіву дозволяє оптимізувати розміщення кожного насіння в рядку та міжрядді, що забезпечує рівномірне навантаження на площу та підвищує коефіцієнт використання земельних ресурсів. Це особливо актуально в умовах підвищення вартості насіннєвого матеріалу та необхідності зниження витрат на гектар. Використання сучасних інтелектуальних та сенсорних технологій разом з GPS-навігацією, дозволяють реалізувати адресне землеробство в якому на етапі посіву сівалки забезпечують висів насінні в задані координати поля за попередньо складеними картами завдань. Врахувавши вимоги, які ставляться до сівалок для реалізації точного висіву насіння та проведений аналіз посівної техніки і висівних апаратів розроблено конструкцію сівалки для адресного точного висіву просапних культур (рис. 3.1).

Розроблена сівалка для адресного точного висіву просапних культур складається з пневмо-механічного висівного апарата до складу якого входить висівний диск 11 з проточкою 12 під виштовхувач насіння 5, кроковий двигун 6, пневматичний електроклапан 15, оптичний датчик з насіннєпроводом 16. Надійна робота сівалки відбувається за алгоритмом закладеним в електронний блок 4, який здійснює керування дозуючою та висівною частиною за сигналами датчика інтервалів висіву і оптичного датчика 16 заряджання насіннєпровода. При вмиканні електронного блоку керування 4 за допомогою

крокового двигуна приводить в дію висівний диск 11. Насіння 9 з бункера 8 за рахунок гравітаційних сил потрапляє до комірок 7 та рухається разом з диском до витіснювача 5, який забезпечує надійне його витіснення до насіннепровода з оптичним датчиком 16. Процес заряджання завершено і блок керування вимикає кроковий двигун 6.

При переміщенні сівалки датчик інтервалів 3 реагує на мітки задатчика інтервалів 2, що обертається разом з колесом 1. За імпульсами, що надходять від датчика 3 на електронний блок 4 відкривається пневмоклапан 15. За такої умови стиснене повітря проходить через відкритий клапан та виштовхує заряджену насінину по насіннепроводу 18 до насінневого ложе сформованого сошником 17. Процес висіву завершено. Після чого цикл повторюється. Використання такого алгоритму роботи висівного апарату з незалежним приводом висівного диску дозволяє виключити пропуски. Всі складові сівалки розміщуються на рамі 14. Закривання сформованої борозни сошником 17 здійснюється за допомогою загортача та колеса-котка 13.

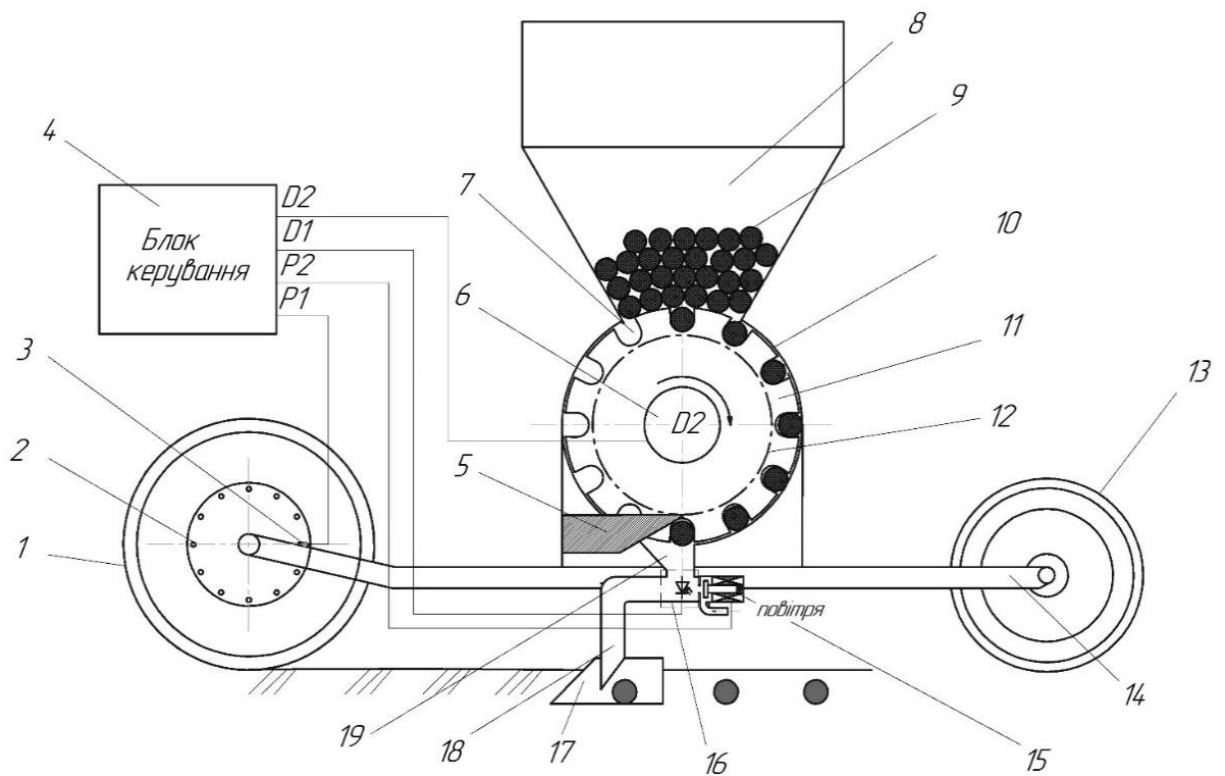


Рис. 3.1. Схема пневмо-механічної сівалки для адресного точного висіву

Електронний блок розробленої сівалки реалізовано на платформі Arduino. За умови встановлення додатково модуля навігації запропонована конструкція сівалки дозволяє реалізувати адресний висів насіння за попередньо складеними картами завдань.

3.2. Конструктивно-технологічні розрахунки сівалки

Для забезпечення точної та надійної роботи виконаємо конструктивно-технологічні розрахунки основних складових сівалки точного висіву, для цього використаємо вихідні дані наведені в додатку А та скористаємося методиками розрахунку сівалок точного висіву наведеними у відкритих джерелах [20, 21].

Розрахунок розпочинаємо з визначення розмірів комірки висівного диску рис. 3.2.

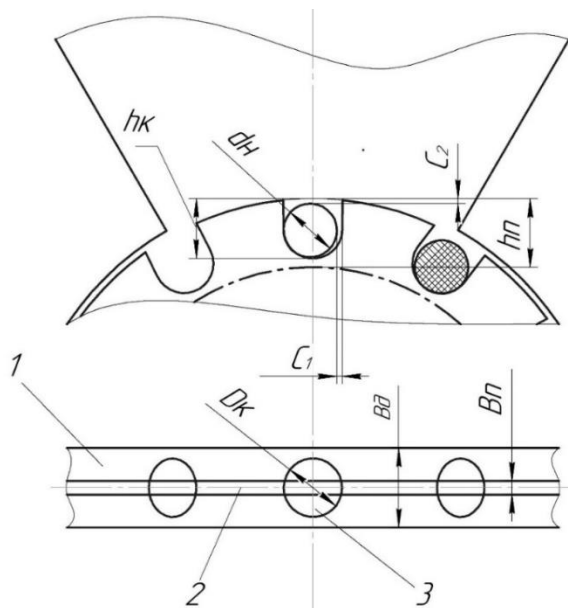


Рис. 3.2. Комірки висівного диску

Довжину комірки визначимо для насіння кукурудзи, що має складну форму за рівнянням:

$$L_k = l_{n\max} + C_1, \text{ мм} \quad (3.1)$$

де $l_{n \max}$ – значення максимальної довжини насінини, мм приймаємо згідно додатку А;

$l_{n \min}$ – значення мінімальної довжини насіння, мм згідно додатку А;

C_1 – значення зазору між насіниною і стінкою комірчини приймаємо за умови $2l_{n \min} > L_k$,

Тоді:
$$L_k = 10 + 2 = 12 \text{ мм}$$

Ширину комірки визначимо за рівнянням:

$$B_k = b_{n \max} + C_1 = 8 + 2 = 10 \text{ мм}, \text{ мм} \quad (3.2)$$

де $b_{n \max}$ – значення максимальної ширина насіння кукурудзи, мм приймаємо згідно додатку А;

Значення глибини комірки визначимо за формулою

$$h_k = h_{\max_n} = h_{\min_n} + C_2 \quad (3.3)$$

де h_{\max_n} – значення максимальної товщини насіння кукурудзи, мм;

h_{\min_n} – значення мінімальної товщини насіння кукурудзи, мм.

C_2 – значення бічної зазору приймаємо за умови $h_{\min_n} > h_k$, мм;

Тоді:

$$h_k = h_{\max_n} = 7 + 3 = 10 \text{ мм}$$

На наступному етапі розрахунків визначимо максимально допустиму швидкість обертання висівного диска для забезпечення надійного

потрапляння насіння до комірок $V_o \leq V_a$. Для цього використаємо рівняння [20]:

$$V_o = V_a + \frac{L_k - \frac{l_{n\max}}{2}}{t} \cdot 0,25 = V_a + \frac{L_k - \frac{l_{n\max}}{2}}{\sqrt{\frac{l_{n\max}}{g}}} \cdot 0,25, \text{ м / с} \quad (3.4)$$

де V_o – значення окружної швидкості, м/с;

V_a – значення абсолютної швидкості, м/с;

t – час заповнення комірки насінням, с;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

$$V_o = 1,67 + \frac{0,012 - \frac{0,010}{2}}{\sqrt{\frac{0,010}{9,81}}} \cdot 0,25 = 0,47 \text{ м / с}$$

Отже умова надійного входження насінини виконується $0,47 \leq 1,67$

Значення кутової швидкості висівного диска визначимо за формулою:

$$\omega = \frac{v_o}{R} = \frac{0,47}{0,08} = 5,87 \text{ рад / с}, \quad (3.5)$$

де R – значення радіуса висівного диска, м приймаємо згідно додатку А.

Значення частоти обертання висівного диску:

$$n = \frac{\omega 60}{2\pi} = \frac{5,87 \cdot 60}{2 \cdot 3,14} = 56,08 \text{ хв}^{-1}, \quad (3.6)$$

Кількість комірок на висівному диску визначимо за рівнянням: на

$$n_k = \frac{\pi \cdot D_0}{L_k + L_n} = \frac{3,14 \cdot 160}{12 + 18} = 16,7 \approx 17 \text{ комірок}, \quad (3.7)$$

де D_0 – значення діаметра висівного диска, м приймаємо згідно додатку А;

L_n – значення довжини перегородки, м $L_n = L_k \cdot 1,5$;

L_k – значення довжини дуги комірок, м.

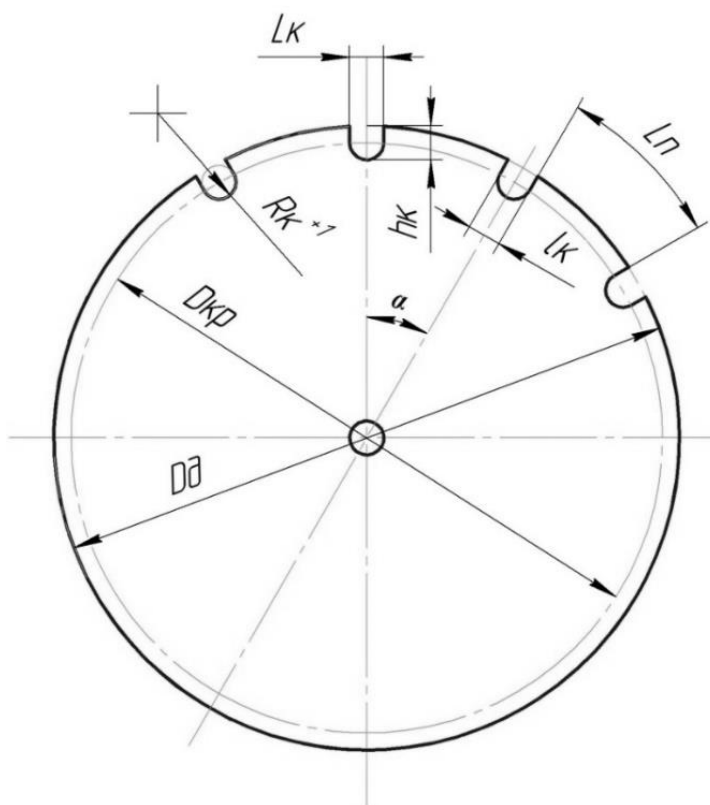


Рис. 3.3. Висівний диск

Розрахунок об'єму бункера сівалки

В більшості випадків просапні сівалки виготовляються за модульним секційним виконанням, тобто на кожний рядок встановлюється на рамі сівалки своя секція. В нашому варіанті також буде використано модульний принцип з використанням 6 секцій з загальною шириною захвату $Bp=4,2$ м за міжряддя 70 см. Основна частина бункера секції сівалки виконана циліндричної форми. Нижня частина сівалки основа для покращення спорожнення бункера виконана в формі усіченого конуса (рис. 3.4). Тому розрахунок виконуємо для двох частин окремо врахувавши вихідні дані наведені в додатку А. Розрахунок виконуємо для умови посіву насіння кукурудзи на одній заправці на площі 5 гектар.

Визначимо об'єм однієї насінини кукурудзи:

$$V_{нк} = \frac{4}{3} \cdot \pi \frac{l_n}{2} \cdot \frac{b_n}{2} \cdot \frac{h_n}{2}, м^3 \quad (3.8)$$

де r – радіус однієї насінини, м приймаємо;

$$V_{нк} = \frac{4}{3} 3,14 \cdot \frac{10}{2} \cdot \frac{8}{2} \cdot \frac{7}{2} = 0,293 см^3$$

Необхідна кількість насіння для посіву:

$$n_{нк} = \frac{S_n}{H_{між} \cdot H_{ряд}} = \frac{5 \cdot 10^4}{0,7 \cdot 0,18} = 396825 шт, \quad (3.9)$$

Де $H_{між}$ – міжряддя, м приймаємо згідно додатку А;

$H_{ряд}$ – інтервал розміщення насіння в рядку, м приймаємо згідно додатку А;

S_n – площа посіву, $м^2$, приймаємо згідно додатку А.

Розрахунковий об'єм бункера секції сівалки:

$$V_{\text{бр}} = \frac{1,2 \cdot V_{\text{нк}} \cdot n_{\text{нк}}}{n_c}, \text{ см}^3 \quad (3.10)$$

де n_c – кількість посівних секцій, шт приймаємо згідно додатку А.

$$V_{\text{бр}} = \frac{1,2 \cdot 0,293 \cdot 396825}{6} = 23254 \text{ см}^3 \text{ або } 24 \text{ літри.}$$

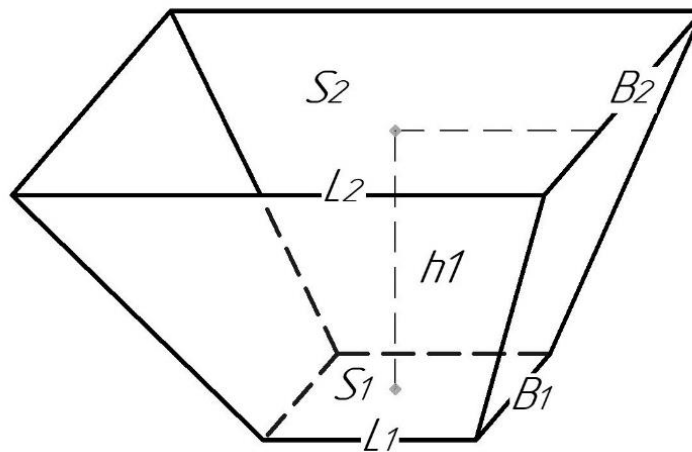


Рис. 3.4. Бункер секції сівалки

Отже за розрахунковим значенням об'єму секції сівалки при проектуванні бункера секції сівалки конструктивне значення об'єму повинно відповідати умові $V_{\text{бк}} = V_{\text{бр}}$.

Продуктивність сівалки для точного посіву

Перш за все продуктивність сівалки буде залежати від швидкодії виконання основних технологічних процесів заряджання та висіву які відповідну характеризуються часом заряду та часом висіву. Тобто загальний час циклу заряду висіву та очікування повинен не перевищувати час переміщення від одного гнізда до іншого.

$$t_g + t_s + t_o \leq t_n, \text{ с} \quad (3.11)$$

де t_n – час переміщення між висівами, с;

t_g – витрата часу на висів, с;

t_z – витрати часу на заряд насіння, с;

t_o – витрати часу на очікування, с.

Визначаємо час циклу висівного апарата:

$$t_n = \frac{H_{ряд}}{v_c} = \frac{0,18}{1,67} = 0,107с, \quad (3.12)$$

де v_c – робоча швидкість сівалки, м/с приймаємо згідно додатку А.

Значення часу процесу заряджання:

$$t_z = \frac{L_n}{v_n} = \frac{L_n}{2\pi \cdot R \cdot n} = \frac{0,018}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,08 \cdot (56,05 / 60)} = 0,038с, \quad (3.13)$$

де L_n – значення відстані між комірками диска, м;

n – значення частоти обертання висівного диска, об/с;

v_n – значення швидкості подачі насіння до насіннєпроводу, м/с;

R – значення радіуса висівного диска, м;

Час процесу висів буде напряму залежати від швидкодії запірної арматури а саме пневмоклапана SV-F-ES-22-12-AD з часом спрацювання 0,01 с. Тоді час заряджання визначимо за формулою:

$$t_g = t_c + \frac{H_n}{v_n}, с \quad (3.14)$$

де t_c – значення часу спрацювання пневматичного клапана, с;

H_n – значення довжини насіннєпроводу, м приймаємо згідно додатка

А;

v_n – значення швидкості руху повітря, м/с;

Значення швидкості знайдемо через тиск та параметри насіннепровода:

$$P_p = S_c \cdot v_n, \text{ МПа} \quad (3.15)$$

де S_c – значення перерізу насіннепровода, м² приймаємо згідно додатка А;

P_p – значення робочого тиску, МПа приймаємо згідно додатка А;

Тоді:

$$v_n = \frac{P_p}{S_c} = \frac{0,1}{0,003} = 33 \text{ м / с}, \quad (3.16)$$

Тоді:

$$t_g = t_c + \frac{H_n}{v_n} = 0,01 + \frac{0,10}{33,3} = 0,013 \text{ с},$$

Значення часу очікування визначимо за формулою:

$$t_o = t_n - t_y = t_n - (t_g + t_s) = 0,107 - (0,038 + 0,013) = 0,056 \text{ с}, \quad (3.17)$$

де t_y – час циклу, с;

За результатами розрахунків доведено надійність висіву насіння в зв'язку з достатньою швидкістю основних складових висівного апарату сівалки. Так час циклу процесу заряджання та висіву практично в двічі менше часу переміщення сівалки між висівами $0,107 > 0,056 \text{ с}$.

Продуктивність сівалки визначимо за формулою [21]:

$$W_c = 0,36 \cdot v_c \cdot B_p \cdot \tau = 3,6 \cdot 1,67 \cdot 4,2 \cdot 0,85 = 2,15 \text{ га / год} \quad (3.18)$$

де B_p – ширина захвату розробленої сівалки точного висіву, згідно додатку А $B_p = 4,2$ м;

τ – коефіцієнт використання часу, приймаємо згідно додатку А $\tau = 0,85$

Розрахунок витрати повітря пневмосистемою сівалки

Для цього спочатку знайдемо секундну витрату для однієї посівної секції за формулою [22]:

$$Q_{СП} = v \cdot A_{нк} \cdot P_{пн} \sqrt{\left(\frac{k \cdot M}{z \cdot R_i \cdot T}\right) \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}} \quad (3.19)$$

де $P_{пн}$ – робочий тиск перед клапаном, Па згідно додатка А.

v – коеф. витрати повітря в системі, згідно [22] приймаємо $v=1$;

z – коеф. стиску для повітря $z=1$;

R_i – стала ідеального газу згідно [22] $R_i=8314,5$;

$A_{нк}$ – площа поперечного перерізу пневмоклапана, приймаємо згідно додатка А, $A_{нк} = 0,045 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$,

T – значення температури повітря перед пневмоклапаном, $T = 295,1 \text{ К}$;

k – адіабата газу, $k = 1,38$;

M – значення молекулярної маси повітря $M = 28 \text{ кг/кмоль}$ [22];

$$Q_{СП} = 0,045 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 \cdot 10^5 \cdot \sqrt{\left(\frac{1,38 \cdot 28}{8314,15 \cdot 295,1}\right) \cdot \left(\frac{2}{1,4+1}\right)^{\frac{1,38+1}{1,38-1}}} = 1,31 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 / \text{с}$$

Значення витрати повітря за один висів однією секцією сівалки:

$$Q_{ЦП} = Q_{СП} \cdot t_B = 1,31 \cdot 10^{-4} \cdot 0,013 = 0,01703 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 / \text{с} \quad (3.20)$$

Загальну витрату пневматичної сівалки з урахуванням всіх посівних секцій визначимо за рівнянням:

$$Q_{ПП} = Q_{ЦП} \cdot n_{вис} \cdot n_c = 0,01703 \cdot 10^{-3} \cdot 80000 \cdot 6 = 8,174 \text{ м}^3 / \text{га}, \quad (3.21)$$

де $n_{вис}$ – кількість висівів на одному гектарі, згідно додатка А.

n_c – кількість посівних секцій, згідно додатка А.

Об'єм ресивера для накопичення необхідного запасу повітря визначимо за рівнянням:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2, \quad (3.22)$$

де p_1 і p_2 – значення початкового та кінцевого тиску, приймаємо відповідно $p_1 = 0,1 \text{ кгс} / \text{см}^2$; та $p_2 = 12,5 \text{ кгс} / \text{см}^2$;

V_1 та V_2 - значення начального та кінцевого об'єму повітря, м³ де $V_1 = Q_{ПП} = 8,174 \text{ м}^3$

Об'єм ресивера пневматичної системи визначимо за рівнянням:

$$V_{\text{рес}} = V_2 = \frac{p_1 V_1}{p_2} = \frac{0,1 \cdot 8,174}{12,5} = 0,065 \text{ м}^3 \text{ або } 65 \text{ л} \quad (3.23)$$

В якості ємності для повітря обираємо стандартний ресивер «TRUCK DUBSTER» об'ємом 65 л діаметром 386 мм, довжиною 990 мм. Отже використання ресивера дозволяє забезпечити процес висіву в автономному режимі на площі в один гектар за умови відказу базового компресора трактора.

Розрахунок приводу висівного диска

Згідно рисунка 3.1 для приводу висівного диска використано кроковий двигун. Кроковий двигун забезпечує незалежний привід висівного диска від ходової системи усуваючи пропуски висіву шляхом обертання диску до моменту гарантованої подачі насіння в насіннепровід. Вибір двигуна виконуємо за значенням необхідного крутного моменту для приводу висівного диску за формулою:

$$M_0 = 60 \cdot j \cdot a, \quad \text{Н} \cdot \text{м} \quad (3.24)$$

де j – момент інерції, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

a – кутове прискорення, $\text{рад} \cdot \text{с}^2$;

Момент інерції визначимо за формулою:

$$j = \frac{1}{2} m r^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,35 \cdot 0,08^2 = 0,00112 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (3.25)$$

m – маса висівного диска, згідно додатку А 0,35 кг;

r – радіус висівного диска, м.

Тоді значення крутного моменту становитиме:

$$M_{\delta} = 60 \cdot 0,00112 \cdot 5,87 = 0,394 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Значення потужності приводу визначимо за формулою

$$N = \frac{M_{\delta} \cdot \omega}{\eta} = \frac{0,394 \cdot 5,87}{0,96} = 2,41 \text{ Вт}, \quad (3.26)$$

де η – значення коефіцієнту корисної дії приводу приймаємо 0,8;

Врахувавши проведені розрахунки в якості приводу вибираємо двофазний біполярний кроковий двигун NEMA17HS8401 з діаметром вала $d=5$ мм (рис. 3.5) (додаток Б). Потужність на валу 5,44 Вт, крутний момент на валу 0,52 Нм, напруга живлення 10-15 В [23].



Рис. 3.5 Привід висівного диска NEMA17HS8401 (48 мм)

3.3 Розрахунок на міцність з'єднання привода висівного диска

Висівний диск з приводним двигуном з'єднуємо використовуючи шпонку. Розрахунок шпонкового з'єднання виконуємо за загальноприйнятою методикою [24]. Для з'єднання використовуємо призматичну шпонку з показниками на зминання $[\tau_{зм}] = 75 \dots 90$ МПа та зріз $[\tau_{зр}]$

$$[\tau_{зр}] = 0,6 \cdot [\tau_{зм}] = 0,6 \cdot 90 = 54 \text{ МПа} \quad (3.27)$$

Враховавши попередні розрахунки приводу диска та параметри крокового двигуна обираємо розміри шпонки відповідно $b \times h \times l_p = 2 \times 1,5 \times 6$ мм

Розміри шпонки під висівний диск

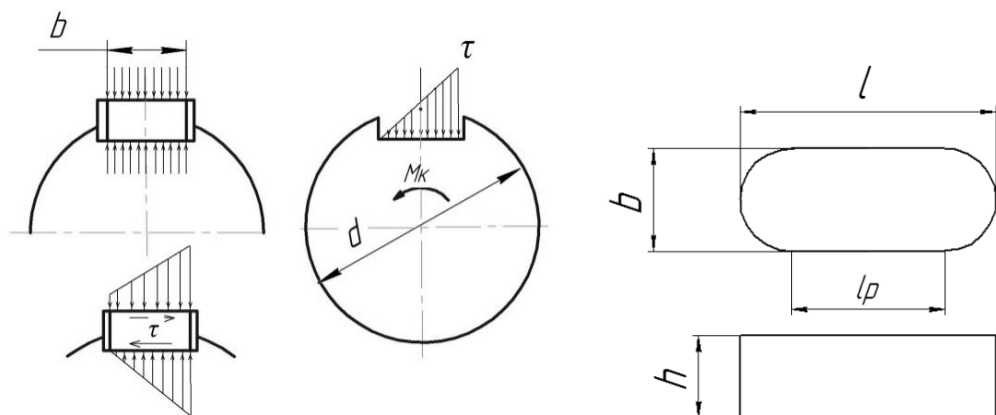


Рис. 3.6. Шпонкове з'єднання висівного диска з валом двигуна

Перевіримо міцність обраної шпонки на зминання за формулою

$$\tau_{зм} = \frac{4M_{кр}}{(h \cdot l_p \cdot d)} = \frac{4 \cdot 0,394 \cdot 10^3}{1,5 \cdot 6 \cdot 6} = 29,2 \text{ МПа}, \quad (3.28)$$

де $M_{кр}$ – значення моменту, що передає шпонка, Н·м приймаємо $M_{кр} = M_{\delta}$

29,2 < 90 МПа – міцність на зминання достатня.

Розрахунок міцності шпонкового з'єднання на зріз за виразом:

$$\tau_{зр} = \frac{2M_{кр}}{(b \cdot l_p \cdot d)} = \frac{2 \cdot 0,394 \cdot 10^3}{2 \cdot 6 \cdot 5} = 10,94 \text{ МПа} \quad (3.29)$$

10,9 МПа < 54 МПа – міцність зріз достатня.

3.4. Висновки

1. Розроблено пневмо-механічна сівалка орієнтована на адресний висів насіння з використанням незалежного електроприводу та елементів автоматичного керування. Система поєднує кроковий двигун, електронний блок управління, оптичний сенсор та пневмоклапан, що забезпечує точне дозування та виштовхування насіння в точно визначене місце відповідно до карти завдання.

2. Проведені розрахунки дозволили визначитися з конструктивними та технологічними параметрами запропонованої сівалки

3. За результатами розрахунків обрано привід висівного диска (кроковий двигун NEMA17HS8401) з урахуванням розрахованих моментів інерції, прискорення та необхідної потужності, що підтверджує відповідність вимогам.

4. Розрахунками на міцність підтверджено надійність шпонкового з'єднання. 5. Об'єм бункера забезпечує можливість посіву 5 га кукурудзи без додаткового дозавправлення, що підвищує автономність роботи.

5. Таким чином, запропонована конструкція сівалки повністю відповідає вимогам сучасного точного землеробства. Вона забезпечує високу продуктивність, точність, енергоефективність і надійність, що робить її перспективною для впровадження в практику вирощування просапних культур в умовах українського агропромислового комплексу.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1. Аналіз стану з охорони праці в господарстві

Охорона праці в сільському господарстві займає важливе місце серед основних складових безпечного та ефективного виробничого процесу. У господарстві, де проводиться використання сучасної техніки, зокрема тракторів та просапних сівалок, охорона праці має бути інтегрована в усі етапи — від підготовки агрегатів до польових робіт до їх технічного обслуговування та ремонту.

Згідно з аналізом, охорона праці організована на основі вимог законодавства України, зокрема Закону «Про охорону праці», «Про колективні договори», Кодексу законів про працю, а також галузевих нормативних актів. У структурі господарства функціонує штатна одиниця відповідального за безпеку праці, який здійснює контроль за дотриманням норм, проводить інструктажі, організовує перевірки та навчання персоналу.

У господарстві діє план заходів з охорони праці, який охоплює:

- інструктажі працівників за видами робіт (вступний, первинний, повторний);
- забезпечення робочих місць засобами індивідуального захисту;
- планові медичні огляди;
- контроль за технічним станом машин і механізмів.

У результаті аналізу виявлено, що серед найтипівіших виробничих небезпек, що мають місце під час виконання польових робіт на просапних культурах, є:

- травмування рухомими частинами сівалки та приводів;
- можливість зіткнення з обертовими валами, ланцюгами, зірочками;
- пилове навантаження на дихальні шляхи механізаторів;
- вібрації та тривала статична поза при керуванні трактором;
- ризик перегріву елементів гідравліки або руйнування шлангів;

- шумове забруднення, яке перевищує допустимі норми;
- погане освітлення в майстернях у вечірній час;
- недостатнє інформування щодо дій у надзвичайних ситуаціях.



Рис. 4.1. План заходів з охорони праці в господарстві

Водночас у господарстві спостерігаються позитивні аспекти:

- наявність спеціального захищеного приміщення для зберігання сівалок;
- впроваджені засоби малої механізації для обслуговування сівалки, що знижує навантаження на працівників;
- систематичне оновлення інструкцій із охорони праці;
- ведення журналів обліку навчань та інструктажів;
- застосування табличок, плакатів і попереджувальних знаків у зонах ризику.

Таким чином, загальний рівень організації охорони праці в господарстві оцінюється як задовільний, проте потребує подальшого вдосконалення в напрямку підвищення культури безпеки, інвестицій у сучасні засоби індивідуального захисту та автоматизації контролю ризиків.

4.2. Заходи по поліпшенню умов праці в господарстві

З метою зниження виробничого травматизму, поліпшення загального мікроклімату та підвищення рівня безпеки при виконанні польових робіт на просапних культурах, у господарстві доцільно впровадити такі заходи:

Модернізація інструментів і робочих місць:

- оснащення майстерень та ділянок з обслуговування сівалок сучасними домкратами, стійками, електроінструментом;
- впровадження ергономічних крісел для трактористів;
- покращення вентиляції у зонах зберігання та обслуговування техніки.

Розширення системи навчання та інформування персоналу:

- проведення практичних занять з евакуації та першої допомоги;
- розробка візуальних інструкцій (плакатів, схем, QR-кодів на агрегатах) з алгоритмами дій у разі небезпеки;
- щоквартальні семінари з оновлення знань щодо змін у трудовому законодавстві.

Забезпечення сучасними ЗІЗ:

- закупівля захисних масок із вугільними фільтрами для роботи на пильних ділянках;
- використання засобів захисту слуху при роботі з шумними агрегатами;
- надання сезонного одягу з високою видимістю.



Рис. 4.2. Використання засобів індивідуального захисту

Організаційні заходи:

- впровадження графіка ротації працівників для запобігання перенапруженню;
- регулярна діагностика технічного стану сівалок і тракторів перед початком сезону;
- визначення чітких зон відповідальності між підрозділами.

Комплексне впровадження цих заходів дозволить не тільки покращити умови праці, але й підвищити загальну ефективність роботи господарства.

4.3. Інструкція з охорони праці під час виконання посіву просапних культур

Перед початком посівних робіт персонал повинен пройти інструктаж і перевірку знань щодо безпечного використання тракторів та сівалок. Усі

працівники зобов'язані знати правила взаємодії з технікою та надавати першу допомогу у випадку травм.

Підготовка до роботи

1. Переконалися в справності всіх агрегатів, перевірити герметичність гідросистем.
2. Провести змащення вузлів, натяг ременів і ланцюгів.
3. Перевірити цілісність сошників, шлангів і гідроеlementів.
4. Очистити робочі поверхні від залишків попередніх матеріалів.

Під час роботи

1. Перебувати в тракторі лише із зачиненими дверима, використовуючи ремені безпеки.
2. Не залишати кабіну при ввімкненому приводі сівалки.
3. Заборонено виконувати будь-яке технічне обслуговування без попереднього вимкнення двигуна та приводу агрегату.
4. Дотримуватися рекомендованої швидкості посіву, не перевищувати тягову межу трактора.
5. При виявленні стороннього предмета — негайно зупинити машину та перевірити стан робочих органів.

Після завершення роботи

1. Виконати зняття залишків матеріалу з бункера.
2. Провести візуальний контроль технічного стану сівалки.
3. Зберігати агрегат у спеціально відведеному місці, на опорах.

Забороняється

1. Працювати в несправному одязі, без ЗІЗ.
2. Знаходитися поблизу механізму обертання при піднятій рамі.
3. Виконувати посів за недостатньої освітленості чи за погодніх умов, що не відповідають інструкції.

Дотримання даної інструкції забезпечує безпеку життя працівників, попереджає травмування та сприяє ефективному виконанню агротехнічних завдань.

4.4. Захист навколишнього середовища при експлуатації розробленої сівалки точного висіву

Розроблена сівалка точного висіву має низку переваг не лише в агротехнічному, а й в екологічному аспекті.

При її використанні мінімізується негативний вплив на довкілля завдяки:

- **Точному дозуванню насіння і добрив:** Використання прецизійних висівних апаратів знижує ймовірність надлишкового внесення добрив, що попереджає забруднення ґрунтових вод та зменшує ризик засолення ґрунтів.
- **Зменшенню кількості проходів техніки:** за рахунок точності та ширини захвату сівалки скорочується кількість обробок поля, зменшується ущільнення ґрунту, що сприяє покращенню аерації, водопроникності та відновленню біологічної активності.
- **Зменшенню викидів парникових газів:** менше використання пального завдяки оптимізованим траєкторіям руху трактора та відсутності перекриттів дозволяє знизити викиди CO₂ та CO.
- **Зменшенню забруднення повітря:** сівалка обладнана пилозахисними елементами, що знижує запилення під час посіву, особливо при внесенні мікродобрив.
- **Збереженню біорізноманіття:** точне висівання дозволяє мінімізувати використання гербіцидів і створювати міжряддя для природного формування захисних рослинних смуг.
- **Використанню екологічних матеріалів:** у конструкції сівалки застосовано зносостійкі матеріали та фарби, які не містять важких металів або токсичних компонентів, а також ущільнювачі без вмісту ПВХ.



Рис. 4.3. Захист навколишнього середовища

Загалом сівалка точного висіву є прикладом сучасної агротехнічної розробки, яка відповідає не лише технологічним, а й екологічним вимогам сталого розвитку. Завдяки високій точності дозування насіння та добрив, вона забезпечує ефективне використання ресурсів і зменшує втрати матеріалів, що, в свою чергу, мінімізує забруднення ґрунтів і вод. Використання такої техніки сприяє збереженню родючості землі, підтриманню біорізноманіття, зниженню рівня викидів парникових газів та оптимізації енерговитрат при роботі на полях. Крім того, конструктивні елементи сівалки виготовлені з екологічно безпечних і довговічних матеріалів, що подовжує термін її експлуатації та знижує навантаження на навколишнє середовище впродовж усього життєвого циклу виробу. Такий підхід повністю відповідає принципам ресурсозбереження, циркулярної економіки та раціонального землекористування в умовах сучасного сільського господарства.

4.5. Висновки

Розділ охоплює всебічний аналіз стану охорони праці та впливу розробленої сівалки на довкілля. Було встановлено: у господарстві створені базові умови для дотримання вимог охорони праці, однак потребується їх подальше вдосконалення.

Запропоновано конкретні організаційні, технічні й освітні заходи для поліпшення безпеки праці персоналу.

Розроблена інструкція з охорони праці при посіві просапних культур передбачає запобігання ризикам на всіх етапах експлуатації агрегату.

Сівалка точного висіву відповідає сучасним вимогам екологічної безпеки: зменшує забруднення, економить ресурси, сприяє збереженню ґрунтів і біорізноманіття.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

5.1. Розрахунок економічних показників проекту

На сучасному етапі розвитку аграрного виробництва особливого значення набуває підвищення точності виконання технологічних операцій, зокрема сівби просапних культур. Високі вимоги до якості сівби обумовлені необхідністю забезпечення рівномірного розміщення насіння у рядку, дотримання заданої глибини та інтервалів, що безпосередньо впливає на схожість, енергію росту та майбутню врожайність культур.

В умовах зростання вартості матеріально-технічних ресурсів, обмеженості трудових ресурсів та необхідності мінімізації витрат, перед сільським господарством постає завдання переходу на сучасні технології точного землеробства. Одним із ключових елементів такого підходу є впровадження високоефективних сівалок точного висіву, які здатні забезпечити не лише агротехнічну якість операцій, а й зменшити перевитрати насіння, пального, а також знизити вплив людського фактора.

Запропонована в межах даного проекту сівалка точного висіву розроблена з урахуванням вимог енергоефективності, універсальності та адаптації до різних умов польових робіт. Проведення техніко-економічного розрахунку дозволяє обґрунтувати доцільність впровадження нової конструкції в господарську діяльність, оцінити рівень економії ресурсів, термін окупності проекту та очікувану рентабельність.

Таким чином, економічна ефективність є вирішальним критерієм доцільності впровадження технічного удосконалення, що стане запорукою підвищення продуктивності праці та загального рівня рентабельності аграрного виробництва.

Економічну ефективність від впровадження сівалки точного координатного висіву просапних культур СТПК-6 визначимо за загальноприйнятими методиками [27] з використанням порівняльного аналізу для базового ЮМЗ-8040+СПС-6 (додаток В) та проектного ЮМЗ-8040

+ СТПК-6 (додаток А) варіантів. Для проведення розрахунків приймемо вихідні дані наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані базового і удосконаленого варіантів

Показники	Позн.	Базовий	Проектний
Склад машино-тракторного агрегату	-	ЮМЗ-8040 + СПК-6	ЮМЗ-8040 + СТПК-6
Агротехнологічна операція	-	Посів просапних культур	Посів просапних культур
Площа посіву сівалкою протягом року, га	S	140	140
Маса сівалки, кг	m_c	575	492
Ширина захвату сівалки, м	B_p	4,2	4,2
Вартість сівалки, грн	B	127000	124600
Кількість посівних секцій, шт	nc	6	6
Робоча швидкість агрегату, км/год	V_p	7,5	8
Годинна тарифна ставка, грн	C	122	122
Витрати пального на посів одного гектара, кг/га	$B_{z_{пмм}}$	5,8	5,3
Витрати ПММ на всю площу посіву, кг	$B_{z_{пмм}}$	812	742
Кількість працівників що обслуговують машину, люд	N	1	1
Тривалість зміни, год	T	10	10

Розрахунок розпочинаємо зниження експлуатаційних витрат для двох варіантів за формулою:

$$E_c = (BP_1 - BP_2) \cdot Z_a \quad (5.1)$$

де E_c – економічний ефект, грн;

Z_a – завантаження агрегату для посіву протягом року, год/рік.

BP_1 та BP_2 – відповідно приведені витрати для проектного та базового варіанту сівалок, грн

Приведені витрати складаються з витрат на експлуатацію:

$$BP = EB \quad (5.2)$$

де EB – витрати на експлуатацію агрегата, грн/га;

Продуктивність посівного агрегату:

$$W_\tau = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau \quad (5.3)$$

де τ – коеф. ефективності використання часу зміни, 0,85;

Витрати на експлуатацію агрегата:

$$EB = BO + A + TP + BP + I, \quad (5.4)$$

де: BO – оплата праці працівникам, грн;

A – амортизація, грн;

TR - поточний ремонт та техогляди, грн;

BP – енергоресурси, грн;

I – інші витрати, грн.

Оплата праці працівників:

$$BO = FO + 0,23 \cdot FO, \quad (5.5)$$

де: FO – фонд оплати праці, грн. (за рік);

Фонд оплати праці:

$$FO = T \cdot N \cdot Z_A \cdot C, \quad (5.6)$$

де: N – чисельність працівників, чол;

Z_A – завантаженість агрегату, днів/рік.

C – тарифна ставка, грн/год.

T – тривалість зміни, год;

Амортизаційні відрахування на експлуатацію визначаємо за формулою:

$$A = \frac{B_m \cdot \alpha \cdot T \cdot D}{100 \cdot D \cdot Z_k \cdot T} \quad (5.7)$$

де: B_m – вартість агрегату балансова, грн;

α – норма відрахувань амортизація, 15%.

T – тривалість зміни, год.

D – завантаженість на посіві протягом року, год/рік;

Z_k – кількість змін, приймаємо одну;

T – тривалість зміни, год.

Витрати поточний ремонт та ТО:

$$T = \frac{B_m \cdot p \cdot T \cdot D}{100 \cdot D \cdot Z_k \cdot T} \quad (5.8)$$

де: p – відрахування на ремонти та ТО, $p=10\%$.

Витрати на енергоресурси:

$$BP = Bz_{пмм} \cdot Ц, \quad \text{грн} \quad (5.9)$$

де $Bz_{пмм}$ – витрати ПММ на всю площу посіву, кг;

$Ц$ – вартість ПММ грн/кг, приймаємо 49,5 грн/кг.

Інші витрати:

$$IB = \frac{B_{on} + A + T + B_{pec}}{100} \cdot 5, \quad (5.10)$$

Для визначення терміну окупності додаткових капітальних вкладень по проекту, в роках, скористаємося наступною формулою:

$$T = \frac{K}{E_c}, \quad (5.11)$$

де: E_c - річний економічний ефект, грн.

K – капіталовкладення

Результати економічного розрахунку за приведеною методикою по двом варіантам для аналізу ефективності зведемо в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Економічні показники проекту

Показник	Один.	Базовий варіант	Проектний варіант	Різниця (проект - базовий)
Машино-тракторний агрегат	-	ЮМЗ-8040 + SPC-6	ЮМЗ-8040 + СТПК-6	-
Агротехнічна операція	-	Посів просапних культур	Посів просапних культур	-
Площа обробки	га	140	140	0
Балансова вартість агрегату	грн	127000	124600	-2400
Витрати пального	кг/га	5,8	5,3	-0,5
Ціна пального	грн/кг	49,5	49,5	0,0
Вартість пального	грн/га	287,1	262,3	-24,8
Оплата праці з нарах,	грн/га	8,7	8,7	-
Амортизація	грн/га	136,1	133,5	-2,6
Поточний ремонт	грн/га	90,7	89,0	-1,7
Інші витрати	грн/га	45,4	44,5	-0,9
Загальні витрати	грн/га	568,0	538,1	-29,9
Річний економічний ефект з га	грн/га	29,9		
Річний економічний ефект загальний	грн	4185,0		
Капітальні витрати	грн	-2400		
Термін окупності	років	0,6		

5.2. Висновки

У результаті техніко-економічного обґрунтування встановлено, що впровадження сівалки точного висіву СТПК-6 дозволяє знизити витрати пального, зменшити витрати на ремонт та експлуатацію, а також забезпечує економію вже на етапі придбання.

Річний економічний ефект становить 4200 грн, а термін окупності лише 0,6 року, що свідчить про високу ефективність проєкту та доцільність впровадження нової техніки у виробництво.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У кваліфікаційній роботі було всебічно проаналізовано актуальні питання підвищення ефективності посіву просапних культур та обґрунтовано доцільність впровадження новітніх рішень у конструкцію сівалок точного висіву. Проведений аналіз технологій, висівних апаратів та конструктивних рішень дозволив розробити вдосконалену сівалку з адресним висівом насіння, яка забезпечує точне розміщення кожної насінини в заданих координатах поля. Реалізація такого підходу дозволяє зменшити витрати посівного матеріалу, підвищити рівномірність сходів, оптимізувати агротехнічні процеси та забезпечити зростання врожайності.

2. Розроблена конструкція сівалки враховує сучасні вимоги точного землеробства, включаючи використання електронного керування, пневматичної подачі насіння та GPS-навігації. Висівний апарат забезпечує високу надійність і точність дозування, що підтверджено розрахунками основних параметрів.

3. Окрім технічної реалізації, у роботі розглянуто питання охорони праці під час експлуатації машино-тракторного агрегату, а також надано техніко-економічне обґрунтування ефективності впровадження запропонованої конструкції у виробничу практику.

Таким чином, поставлені в роботі мета та завдання досягнуто, а результати мають практичну цінність для підвищення технологічного рівня посіву просапних культур у сільськогосподарських підприємствах України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Смаглий О. Ф., Дереча О. А., Рябчук П. О. та ін. Технології та технологічні проекти вирощування основних сільськогосподарських культур: навчальний посібник. – Житомир: Поліський національний університет, 2020. – 292 с.
2. Жук В.М. Облік витрат і калькулювання собівартості сільськогосподарської продукції Жук В.М., Мельничук Б.В., Панадій О.П. та інші. Видавництво: Національний науковий центр «Інститут аграрної економіки», 2017. – 144 с.
3. Сисолін П.В. Свірень М.О. Висівні апарати сівалок. – Кіровоград, 2004 р. – 160 стр.
4. Бойко А.І. Розробка пневмомеханічного апарата точного висіву з активною комірною спрямованою дією. Монографія / А.І. Бойко, П.С. Попик. – ТОВ «Видавничо-поліграфічний дім «ФОРМАТ», 2017. – 162 с.
5. Ахмеров Х.Х. Моделювання процесу пунктирного посіву насіння // Механізація та електрифікація сільського господарства. - 1981. - № 4. -С.6-9.
6. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д.Ішенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.; іл.
7. О.І. Григоренко. Рослинництво: Навчальний посібник (Частина II). Вид.: ВНАУ. 2019. – 200 с.
8. І. Ю. Думич. Ґрунтознавство та механіка ґрунтів. І. Ю. Думич, Н. І. Топилко. Вид. Львівської політехніки. – 2014. – 192 с.
9. Аверченко В.І. Ґрунтознавство: навч. пос. / В. І. Аверченко, Н. М. Самойленко. – Харків : Мачулін, 2018. –118 с.: іл
10. В.І. Марченко. Машини для сівби, садіння та догляду за посівами: навчальний посібник. В.І. Марченко, О.І. Григоренко, В.М. Григоренко Видавництво: КНТУ. – 2016. – 200 с.
11. Шведик М.С., Решетило О.М. Аналіз процесу заповнення насінням комірчин пневматичного висівного апарата // Інженерна академія України.

Волинське обласне відділення. Сільськогосподарські машини. Збірник наукових статей. Вип. 12. – Луцьк, 2004. – С. 191-199.

12. Сівалка точного висіву vesta-8-profi. https://elvorti.com/catalog/sivalki-prosapni/vesta-8-profi.html?WEB_FORM_ID=5&RESULT_ID=129896&formresult=addok&lang=ua &utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=DP_Search_Ukraine_%D0%A1%D1%96%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D0%BA%D0%B8_%D0%9A%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8&utm_term=vesta+8+profi&gad_source=1&gbraid=0AAAAADueTB1Qigdf6h3Ckv0c9TAL3uR4s&gclid=CjwKCAjwwqfABhBcEiwAZJjC3tuvsZtUgSfSKUSHQrt2xG77ZcgFnfTbqpitUWxQgBXPbeWERKlgDBoC49EQAvD_BwE

13. Пневматичний барабаний висівний апарат. Патент № 1605971

14. Пневматичний барабаний висівний апарат. Патент № 1607717

15. Seeder Aeromat <https://www.yumpu.com/de/document/view/10004469/aeromat-12-rhg-becker-landtechnik-gmbh-co-kg>

16. Сівалка Horsch Maestro 24.75 SW. <https://astra-group.ua/ru/catalogue/tehnika/sivalki/horsch-22.html>

17. Пасовий висівний апарат Патент 1605972

18. Сівалка Стенхей. <https://agro-smap.com.ua/p570651818-sivalka-ovocheva-stanhay.html>

19. Сівалка Kinze 3000. <http://globaltrade.com.ua/gt/m-443128/sevalki-tochnogo-vyseva-kinza-3000/>

20. Погорілий Л.В., Шведік Н.С. Обґрунтування параметрів пневматичного апарату точного посіву зернових культур // Техніка сільському господарстві. М. - 1993. - № 5-6. - С. 16-18.

21. Кобець А.С. Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин : практикум / Кобець А.С., Кобець О.М., Пугач А.М. – Дніпропетровськ : Вид-во “Свідлер А.Л.”, 2011. – 164 с.

22. Буренніков Ю. А., Немировський І. А., Козлов Л. Г. Гідравліка, гідрота пневмоприводи : навчальний посібник. — Вінниця: ВНТУ, 2012. — 188 с.

23. Кроковий двигун NEMA17 17HS8401 (48 мм).
<https://narazi.com.ua/product/shagovyj-dvigatel-nema17-17hs8401-48-mm/>
24. «Закон України «Про охорону праці». Закон введено в дію з дня опублікування – 24.11.1992 року N 2695-ХІІ)»
25. Запорожець О. І., Протоєрейський О. С., Франчук Г. М., Боровик І. М. Основи охорони праці. Підручник. – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 264 с.
26. Ткачук К. Н. Основи охорони праці: підручник. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний та ін. – К.: Основа, 2006. – 448 с.
27. Шпилько О.В. Методика визначення економічної ефективності технології та сільськогосподарської техніки / А.В. Шпилько, В.І. Драгай. – К.: ВНДІЕСГ, 1998. - 219 с.

ДОДАТКИ

Додаток А
Вихідні дані для розрахунку

Величина	Позн	Значення
1	2	3
Тип висівного апарату	-	Пневмо-механічний
Номінальне тягове зусилля трактора , в кН	P_H	14
Маса в спорядженому стані, кг	m_c	492
Кількість посівних секцій	n_c	6
Культура	-	кукурудза
Значення робочого тиску, МПа	P_p	0,1
Ширина захвату, м	B_p	4,2
Ширина міжрядь, м	$H_{між}$	0,5-0,7
Радіус висівного диска, м	R	0,08
Глибина посіву, см	h_n	3-10
Інтервал розміщення насіння в рядку, м	$H_{ряд}$	0,18
Значення абсолютної швидкості сівалки, м/с;	V_a	1,67
Значення довжини насіннепроводу, м	H_n	0,1
Значення перерізу насіннепроводу, м ²	S_c	0,003
Площа посіву, м ²	S_n	5*10 ⁴
Значення максимальної довжини насінини, мм	$l_{n \max}$	10

Додаток Б

Технічна характеристика крокового двигуна

Параметр	Значення
Тип двигуна	Кроковий (Step Motor)
Модель	NEMA 17HS8401
Кількість фаз	2
Крок/оберт	1.8° (200 кроків/оберт)
Напруга живлення	≈ 2.8 В
Струм фази	1.68 А
Опір фази	1.65 Ом
Індуктивність фази	2.8 мГн
Утримуючий момент	45 Н·см (≈ 4.5 кг·см)
Довжина корпусу	40 мм
Діаметр вала	5 мм (з фаскою)
Тип вала	Одиночний (Single Shaft)
Вага	≈ 280 г
Клас ізоляції	Клас В
Максимальна температура обмотки	80 °С
Рекомендований драйвер	A4988, DRV8825 або аналогічні
Застосування	3D-принтери, ЧПУ, роботи, автоматика

Додаток В
Загальний вигляд сівалки SPC-6



Технічна характеристика сівалки SPC-6

Параметр	Значення
Тип сівалки	Пневматична сівалка точного висіву
Модель	SPC-6
Призначення	Посів просапних культур (кукурудза, соняшник, буряк, соя тощо)
Кількість рядків (секцій)	6
Міжряддя	70 або 75 см (регулюється залежно від культури)
Ширина захвату	4,2 – 4,5 м
Тип висівного апарата	Пневматичний з центральним приводом
Привід висівних апаратів	Від опорно-привідних коліс
Ємність насінневих бункерів	6 × 25 л
Ємність тукових бункерів (якщо є)	Залежить від комплектації (зазвичай до 200 л на 6 рядків)
Глибина загортання насіння	Регульована, від 3 до 8 см
Робоча швидкість	6–8 км/год
Продуктивність	2,5–3 га/год
Необхідна потужність трактора	Від 40 к.с. (підходить, наприклад, ЮМЗ-8040, МТЗ-82 тощо)
Маса сівалки (суха)	Приблизно 575 кг
Агрегаткування	Навісна, категорія навішування – II
Особливості	Висока точність висіву, наявність системи регулювання глибини, можливість одночасного внесення добрив