

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**Кошман Михайло Сергійович**

**УДК 631.331**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ  
ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОРґАНУ  
ЗЕРНОВОЇ СІВАЛКИ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання  
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело  
\_\_\_\_\_ Кошман М.С.

**Керівник роботи**

Куликівський В.Л.

кандидат технічних наук, доцент

**Житомир – 2024**

## АНОТАЦІЯ

**Кошман Михайло Сергійович. Обґрунтування основних параметрів робочого органу зернової сівалки. – кваліфікаційна робота на правах рукопису.**

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

Технологічна операція посіву має ключове значення для забезпечення високої врожайності та ефективності сільськогосподарського виробництва. Використання сучасних технологій, таких як прецизійне землеробство та автоматизація процесу, дозволяє значно підвищити точність та ефективність посіву. Це, в свою чергу, сприяє зменшенню витрат на ресурси та підвищенню доходів фермерів. Подальший розвиток та впровадження інноваційних технологій у процес посіву забезпечить сталий розвиток сільського господарства та підвищення його продуктивності.

В дипломному проєкті розроблений сошник, принцип роботи такого робочого органу полягає в тому, що передній відвал, рухаючись у ґрунті на глибині загортання насіння (1...4 см), ущільнює під собою ґрунт. Насіння хаотично, але приблизно рівномірно, з насіннепроводів розподіляється на ущільнену відвалом поверхню. Задній відвал розподіляє знятий переднім відвалом ґрунт і закриває ним розкидане насіння.

Таким чином, запропонований тип робочого органу дає змогу проводити розкидний посів і наблизити його до ідеального.

*Ключові слова:* посів, сівалка, сошник, робочий орган, ґрунту, насіння.

## ANNOTATION

*Mikhail Sergeevich Koshman. Substantiation of the main parameters of the working body of a grain seeder. – Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

The technological operation of sowing is key to ensuring high yields and efficiency in agricultural production. The use of modern technologies, such as precision farming and process automation, can significantly improve the accuracy and efficiency of sowing. This, in turn, helps to reduce input costs and increase farmers' incomes. Further development and implementation of innovative technologies in the sowing process will ensure sustainable development of agriculture and increase its productivity.

In the thesis project, a coulter was developed; the principle of operation of such a working body is that the front blade, moving in the soil at the depth of seed placement (1...4 cm), compacts the soil under it. The seeds are distributed chaotically, but approximately evenly, from the seed pipes to the surface compacted by the blade. The rear mouldboard distributes the soil removed by the front mouldboard and covers the scattered seeds.

Thus, the proposed type of working body makes it possible to carry out spreading sowing and bring it closer to the ideal.

*Keywords: sowing, seeder, coulter, working body, soil, seeds.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЗЕРНОВИХ СІВАЛОК ТА ЇХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ.....	7
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА РОБОЧОГО ОРГАНУ ЗЕРНОВОЇ СІВАЛКИ С-6М.....	15
РОЗДІЛ 3. ІНЖЕНЕРНИЙ РОЗРАХУНОК ДЕТАЛЕЙ УДОСКОНАЛЕНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ.....	19
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	26
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	27

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Технологічна операція посіву є ключовим етапом у сільськогосподарському виробництві, який безпосередньо впливає на врожайність, ефективність використання ресурсів та загальний успіх аграрної діяльності. Від якості та точності виконання цієї операції залежать майбутні результати врожаю, що робить посів однією з найважливіших складових агротехнічного процесу.

Точність посіву є одним з найважливіших факторів, що впливають на врожайність сільськогосподарських культур. Від рівномірного розподілу насіння залежить не тільки кількість, але й якість врожаю. Сучасні технології, такі як GPS-навігація та автоматизовані системи управління посівом, значно підвищують точність виконання цієї операції. Правильна глибина посіву є критичним фактором для успішного проростання насіння і подальшого росту рослин. Вона залежить від типу культури, структури ґрунту та кліматичних умов.

Правильна глибина посіву є критичним фактором для успішного проростання насіння і подальшого росту рослин. Вона залежить від типу культури, структури ґрунту та кліматичних умов.

Технологічна операція посіву має ключове значення для забезпечення високої врожайності та ефективності сільськогосподарського виробництва. Використання сучасних технологій, таких як прецизійне землеробство та автоматизація процесу, дозволяє значно підвищити точність та ефективність посіву. Це, в свою чергу, сприяє зменшенню витрат на ресурси та підвищенню доходів фермерів. Подальший розвиток та впровадження інноваційних технологій у процес посіву забезпечить сталий розвиток сільського господарства та підвищення його продуктивності.

**Метою** дипломного проєкту є підвищення ефективності технологічної операції посіву зернових культур.

**Завдання проєкту:**

1. Проаналізувати будову зернових сівалок та їх робочих органів;
2. Розробити робочий орган зернової сівалки С-6М;
3. Провести інженерний розрахунок деталей розробленого сошника.

**Об'єкт дослідження** є процес посіву зернових культур.

**Предмет дослідження** є закономірності зміни техніко-економічних та експлуатаційних параметрів зернової сівалки від конструктивних параметрів удосконаленого сошника.

**Перелік публікацій за темою роботи:**

1. Міненко С. В., Курський О. О., Тимошук В. В., Дармограй М. М., **Кошман М. С.** Підвищення ефективності використання сільськогосподарської техніки. Сучасна концепція освітлення в птахівництві. Збірник тез X-ї всеукраїнської науково-практичної конференції *«Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»*. м. Житомир, 20 квітня 2024 року. Житомир : ЖАТФК. С. 54-56.
2. Куликівський В.Л., Кошман М.С. Аналіз технологій посіву зернових культур. Міжнародна науково-практична конференція молодих науковців, аспірантів і здобувачів вищої освіти *«Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки»*. м. Рівне, 9-10 травня 2024 року. Рівне : НУВГП. С.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практичний інтерес для аграрних підприємств України представляє удосконалений сошник для зернової сівалки.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 15 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 28 сторінок комп'ютерного тексту, містить 9 рисунків та 1 таблицю.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ЗЕРНОВИХ СІВАЛОК ТА ЇХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ

#### 1.1. Зернові сівалки: історія створення, сучасність та перспективи

Зернові сівалки є важливими механізмами у сільському господарстві, які забезпечують точне висівання насіння зернових культур. Їхня еволюція від простих ручних інструментів до високотехнологічних машин відображає розвиток аграрних технологій та потреби сучасного сільського господарства. У цьому розділі ми розглянемо історію створення зернових сівалок, їх сучасний стан та перспективи розвитку [1, 2, 3, 4].

Перші знаряддя для посіву насіння з'явилися ще в античні часи. Ці примітивні інструменти були розроблені для полегшення ручного посіву та забезпечення більш рівномірного розподілу насіння по полю. Одним з найдавніших прикладів є "седанка" – дерев'яний інструмент, який використовували стародавні єгиптяни та китайці [5].

У 18 столітті в Європі з'явилися перші механічні сівалки. У 1701 році Джетро Талл, англійський агроном, розробив першу механічну сівалку, яка використовувала принципи механіки для висівання насіння. Цей винахід значно підвищив ефективність посіву та зменшив витрати на працю [6-7].

У 19 столітті розвиток технологій та промислової революція сприяли вдосконаленню сівалок. З'явилися більш складні та ефективні моделі, які використовували парову та кінну тягу. У 1830-х роках Джон Дір, американський винахідник, створив сівалку з металевими плугами, що значно підвищило її продуктивність та довговічність [10-12].

Сучасні зернові сівалки представляють собою високотехнологічні машини, які використовують передові технології для забезпечення точного та ефективного посіву [6-9].

Прецизійне землеробство є одним з ключових напрямків розвитку сучасних зернових сівалок. Використання GPS, дронів та сенсорів дозволяє забезпечити високу точність посіву, зменшити витрати на насіння та добрива, а також мінімізувати негативний вплив на довкілля [1, 2, 3, 4, 6, 7].

Автоматизація та роботизація стають все більш важливими в сучасному сільському господарстві. Сучасні сівалки можуть бути оснащені автоматичними системами контролю та управління, що дозволяє зменшити потребу у ручній праці та підвищити ефективність виробництва [1, 2, 3, 4, 9, 10].

Розвиток інноваційних технологій, таких як використання штучного інтелекту та машинного навчання, відкриває нові можливості для підвищення ефективності зернових сівалок. Ці технології можуть використовуватися для аналізу великих обсягів даних та оптимізації агротехнічних процесів.

Підвищення екологічної стійкості є одним з головних напрямків розвитку сучасного сільського господарства. Впровадження технологій, що зменшують негативний вплив на ґрунт та довкілля, стає все більш важливим. Сучасні зернові сівалки можуть бути обладнані системами для мінімізації ерозії ґрунту та збереження його родючості.

Зміни клімату впливають на сільське господарство, і зернові сівалки повинні бути адаптовані до нових умов. Розробка сівалок, що можуть ефективно працювати в умовах змінного клімату, таких як посухи чи надмірні опади, є важливим напрямком досліджень та розвитку [10].

Зернові сівалки пройшли довгий шлях від простих ручних інструментів до високотехнологічних машин. Сучасні сівалки забезпечують високу точність та ефективність посіву, використовуючи передові технології та автоматизацію. Перспективи розвитку цієї галузі включають впровадження інноваційних технологій, підвищення екологічної стійкості та адаптацію до змін клімату. Подальший розвиток та вдосконалення зернових сівалок сприятиме підвищенню продуктивності сільського господарства та забезпеченню продовольчої безпеки.



Ринок зернових сівалок наразі демонструє значне зростання завдяки впровадженню новітніх технологій та підвищенню попиту на продукцію сільського господарства. У 2023 році глобальний ринок зернових сівалок був оцінений у 843,2 мільйони доларів США і прогнозується його зростання до 1198,6 мільйонів доларів США до 2030 року з середньорічним темпом зростання (CAGR) у 5,7%.

Ринок зернових сівалок складається з кількох великих гравців, які займають значну частку ринку, а також численних малих і середніх підприємств, які спеціалізуються на виробництві спеціалізованих машин. Основні компанії включають [4]:

**John Deere:** Один з найбільших виробників сільськогосподарської техніки у світі, пропонує широкий асортимент зернових сівалок з високим рівнем автоматизації та точності посіву.

**AGCO Corporation:** Виробник брендів, таких як Massey Ferguson і Fendt, пропонує інноваційні рішення для посіву зернових культур.

**CNH Industrial:** Виробник брендів Case IH та New Holland, спеціалізується на виробництві високоефективних сівалок з використанням передових технологій.

Сучасні виробники зернових сівалок впроваджують інноваційні технології, щоб задовольнити зростаючий попит на продуктивність та екологічну стійкість. Проведемо порівняльний аналіз провідних компаній, що виробляють зернові сівалки: John Deere, AGCO Corporation, CNH Industrial, і Kverneland Group.

John Deere є одним з найбільших виробників сільськогосподарської техніки у світі, з понад 180-річним досвідом. Компанія відома своєю інноваційністю та високоякісною продукцією.

**Особливості сівалок John Deere:**

**Технології:** John Deere активно впроваджує передові технології, такі як прецизійне землеробство, яке включає GPS-навігацію та автоматичне управління.

Продуктивність: Їхні сівалки забезпечують високий рівень точності посіву та ефективність у використанні насіння.

Екологічна стійкість: John Deere впроваджує екологічні рішення для зменшення викидів і збереження ґрунтів.

Недоліки сівалок John Deere: висока вартість техніки, що може бути недоступною для дрібних фермерів.

AGCO Corporation володіє такими відомими брендами, як Massey Ferguson і Fendt. Компанія спеціалізується на виробництві широкого спектру сільськогосподарської техніки.

Особливості сівалок AGCO Corporation:

Інновації: AGCO впроваджує сучасні технології автоматизації та прецизійного землеробства.

Продуктивність: Їхні сівалки відомі своєю надійністю та довговічністю.

Підтримка клієнтів: AGCO надає розширену підтримку та обслуговування для своїх клієнтів.

Недоліки сівалок AGCO Corporation: обмежена доступність деяких моделей у певних регіонах.

CNH Industrial, власник брендів Case IH та New Holland, є ще одним провідним виробником сільськогосподарської техніки.

Особливості:

Технології: CNH Industrial активно використовує технології автоматизації та аналізу даних для підвищення ефективності посіву.

Широкий асортимент: Продукція компанії включає різні моделі сівалок для задоволення потреб різних типів господарств.

Інноваційні рішення: Case IH і New Holland постійно впроваджують нові технології для підвищення продуктивності та зниження витрат.

Недоліки сівалок AGCO Corporation: деякі користувачі відзначають високу складність технічного обслуговування.

Kverneland Group, частина корпорації Kubota, є відомим виробником сільськогосподарської техніки з багатим історичним досвідом.

Особливості сівалок Kverneland Group:

Інновації: Kverneland постійно вдосконалює свої продукти, впроваджуючи нові технології для покращення продуктивності.

Ефективність: Їхні сівалки відомі високою точністю посіву та зручністю у використанні.

Міжнародна присутність: Компанія має широкий ринок збуту по всьому світу.

Недоліки сівалок Kverneland Group: деякі моделі можуть бути не доступні у певних регіонах через обмежену дистрибуцію.

Усі розглянуті компанії пропонують високоякісні зернові сівалки з використанням сучасних технологій. John Deere вирізняється високим рівнем автоматизації та екологічної стійкості, але має високу вартість. AGCO Corporation та CNH Industrial пропонують надійні та інноваційні рішення за середню вартість. Kverneland Group, завдяки своїй міжнародній присутності та інноваційності, є чудовим вибором для фермерів у різних регіонах. Вибір конкретної компанії залежить від індивідуальних потреб господарства, наявності підтримки та бюджету [13].

Перспективи розвитку ринку зернових сівалок:

Інноваційні технології: Подальший розвиток технологій, таких як штучний інтелект та машинне навчання, дозволить значно підвищити ефективність посіву та зменшити витрати на обслуговування обладнання.

Екологічна стійкість: Підвищення вимог до екологічної стійкості сільського господарства стимулює впровадження технологій, що мінімізують негативний вплив на довкілля та сприяють збереженню ґрунтів.

Розширення ринків: Зростання попиту на зернові культури у країнах, що розвиваються, відкриває нові можливості для виробників сільськогосподарської

техніки. Розширення ринків у Африці, Азії та Південній Америці сприятиме зростанню продажів зернових сівалок.

Ринок зернових сівалок демонструє стабільне зростання завдяки впровадженню новітніх технологій, зростанню попиту на продовольство та підвищенню екологічної свідомості. Основні регіони, такі як Північна Америка, Європа, Азія та Південна Америка, відіграють ключову роль у розвитку цього ринку. Подальший розвиток технологій та розширення ринків у країнах, що розвиваються, забезпечить сталий розвиток ринку зернових сівалок у майбутньому.

## **1.2. Робочі органи сівалок**

Сівалки – це складні агротехнічні машини, призначені для висівання насіння різних сільськогосподарських культур. Важливою складовою сівалок є робочі органи, які здійснюють процес посіву, забезпечуючи рівномірність розподілу насіння в ґрунті, оптимальну глибину заробки та належний контакт насіння з ґрунтом. У цьому розділі розглянемо будову, принцип дії та особливості різних типів робочих органів сівалок [1, 2, 9-14].

Робочі органи сівалок поділяються на кілька основних типів залежно від їх функціонального призначення:

- засоби дозування насіння;
- висівні апарати;
- сошники;
- засоби для закриття насіннєвих борозен.
- системи управління та контролю посівного процесу;

Кожен з цих типів робочих органів має свої особливості та виконує важливі функції у процесі висівання насіння.

В даному дипломному проєкті пропонується удосконалити сошник сівалки, тому проведемо аналіз сошників, які найбільше використовуються.

Сошники є одним із ключових компонентів зернових сівалок, які визначають якість і точність посіву. Вони забезпечують правильне розташування насіння в ґрунті, що впливає на врожайність і ефективність агротехнічних заходів. У цій статті ми розглянемо різні типи сошників, їх особливості та порівняємо ефективність їх роботи [10-14].

Основні типи сошників зернових сівалок:

- однодисковий сошник (рис. 1.1);
- дводисковий сошник (рис. 1.2);
- анкерний сошник (рис. 1.3);



Рис. 1.1. Однодисковий сошник.



Рис. 1.2. Дводисковий сошник

Таблиця 1.1 – Порівняльний аналіз сошників зернових сівалок [1-11].

Сошники	Особливості	Переваги	Недоліки
Однострижковий сошник	Однострижкові сошники складаються з одного диска, який встановлений під кутом до напрямку руху. Вони підходять для роботи на важких ґрунтах і в умовах високої вологості.	Висока точність посіву. Ефективність при роботі на важких ґрунтах. Здатність проникати крізь рослинні залишки.	Можливість утворення ущільненого шару під поверхнею ґрунту. Вищі вимоги до обслуговування.
Двострижковий сошник	Двострижкові сошники використовують два диска, які утворюють V-подібну борозну. Це забезпечує рівномірне розташування насіння та зменшує ризик ущільнення ґрунту.	Рівномірний розподіл насіння. Зменшення ризику ущільнення ґрунту. Кращий контакт насіння з ґрунтом.	Складніша конструкція, що може вимагати частішого обслуговування. Можливість забивання рослинними залишками.
Анкерний сошник	Анкерні сошники мають лопатоподібну форму, яка дозволяє створювати глибокі борозни для посіву. Вони ефективні на важких та кам'янистих ґрунтах.	Висока продуктивність на важких і кам'янистих ґрунтах. Стійкість до зносу.	Підвищене енергоспоживання. Можливість ушкодження ґрунтової структури.

### Висновки по розділу

Технологічна операція посіву має ключове значення для забезпечення високої врожайності та ефективності сільськогосподарського виробництва. Використання сучасних технологій, таких як прецизійне землеробство та автоматизація процесу, дозволяє значно підвищити точність та ефективність посіву. Це, в свою чергу, сприяє зменшенню витрат на ресурси та підвищенню доходів фермерів. Подальший розвиток та впровадження інноваційних технологій у процес посіву забезпечить сталий розвиток сільського господарства та підвищення його продуктивності.

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРОБКА РОБОЧОГО ОРГАНУ ЗЕРНОВОЇ СІВАЛКИ С-6М

#### 2.1 Обґрунтування модернізації

Досвід показує, що для одержання високих урожаїв зернових необхідно переходити до якісно нових технологій, які унеможливають появу нерівномірних сходів, нерівномірність подальшого розвитку рослин і неодноразність їхнього дозрівання. Ґрунт має бути підготовлений і посів проведений таким чином, щоб насіння лягало на щільне насінневе ложе за рівномірного його розміщення по глибині й уздовж рядка і було закрито пухким ґрунтом із поверхні. Капілярний рух вологи з нижніх горизонтів сприяє швидкому набуханню і проростанню насіння.

Якість посіву визначається як дотриманням нормативів норм висіву, так і глибиною загортання насіння. Останній показник визначається типом робочого органа сівалки та якістю підготовки ґрунту до посіву.

Найбільшого поширення в зернових сівалках набули дводискові сошники. Застосовувані в господарствах дискові сошники не утворюють щільного ложа для насіння, а глибина загортання коливається від 0 до 10 см (за норми 3...4 см). Сталість глибини вони забезпечують на ґрунтах, які добре підготовлені до сівби та мають однорідний склад. Однак, на практиці такі умови рідкісні. Тому кращими є анкерні, кільовидні або полозовидні сошники, хоча працюють вони в умовах нашої республіки вкрай нестійко через обволікання рослинними рештками, нагортання ґрунту тощо.

ННЦ «ІМЕСГ» запропоновано котковий сошник, який видавлює каточком посівну борозенку зі щільним ложем, куди вкладають насіння, яке зверху закривають пухким ґрунтом. Ці сівалки гідно оцінили виробничники, але через низку причин сівалки СЗУ-3,6 на коткові вже не переробляються. На малюнку 4.1 представлено технологічну схему роботи коткової сівалки.

Хороші відгуки про каткову сівалку пояснюються тим, що її робочі органи забезпечують закладення насіння близьке до ідеального.

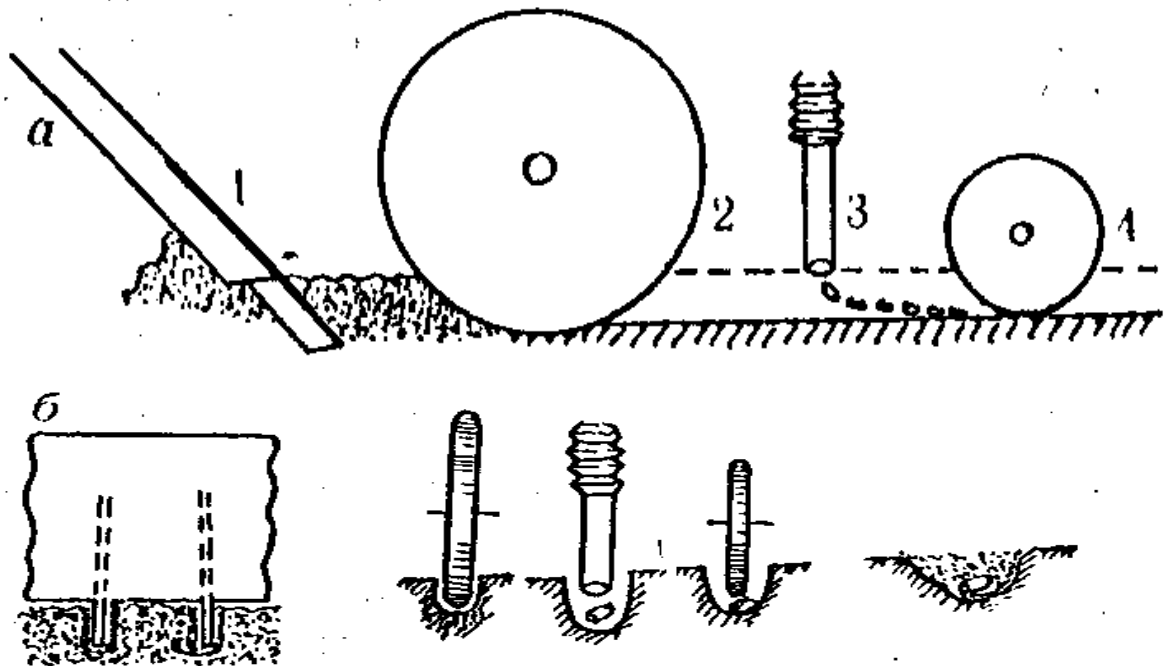


Рис. 2.1. Технологічна схема роботи каткової сівалки: (а – вид збоку, б – вид ззаду): 1 – вирівнювальний пристрій; 2 – бороздоутворювальний коток; 3 – горловина насіннепроводу; 4 – каточок, що притискає насіння до дна борозенки.

Відомо, що ідеальним посівом можна вважати такий посів, за якого насіння рівномірно укладається на щільне ложе, а закривається пухким шаром ґрунту.

Ущільнене ложе притягує капілярну вологу до насіння, що забезпечує його швидке проростання, а закриття зверху пухким шаром унеможлиблює випаровування вологи. Це особливо важливо в посушливі роки, коли насіння відчуває нестачу вологи для проростання.

Ці умови чи особливості враховані в катковій сівалці, проте в катковій сівалці, як і в інших, насіння вкладається в борозенку, де має не однакову площу живлення. Вважається, що найефективнішим може бути посів, за якого насіння рівномірно розподіляється по всій площі та має однакову (більшу) площу живлення.



При цьому в 5...7 разів підвищується кущистість, що дає змогу в стільки ж разів знизити норму посіву. На рис. 2.2 представлено варіанти формування посівного шару ґрунту.

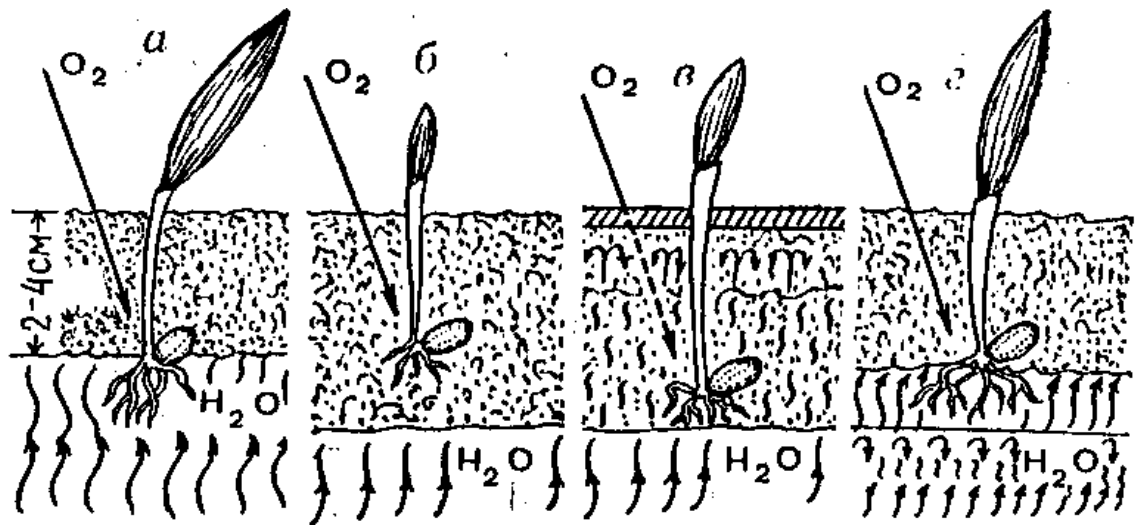


Рис. 2.2. Варіанти формування посівного шару ґрунту: *a* – передпосівний обробіток ґрунту на глибину загортання насіння або відновлення капілярного току вологи до насіння при утворенні посівної борозенки сошниками; *б* – передпосівний обробіток ґрунту на глибину 8...10 см та сівба в рихлий шар; *в* – те саме, що і *б*, плюс післяпосівне коткування; *г* – створення ущільненого шару на шляху руху пароподібної вологи на глибині загортання насіння.

У виробництво водство широко впроваджується інтенсивна технологія обробітку зернових культур, що базується на використанні високоврожайних, стійких до вилягання сортів, формуванні оптимальної густоти сівби, дробовому внесенні в період вегетації оптимальних доз добрив, застосуванні регуляторів росту та комплексної системи захисту рослин. Порівняно з традиційною інтенсивна технологія передбачає 6...7 додаткових проходів МТА по полю для забезпечення збалансованого живлення та захисту рослин. Тому, щоб не допустити переущільнення ґрунту та якісно виконувати весь комплекс робіт з догляду за посівами, необхідна постійна технологічна колія або маркерна лінія.

М. Ф. Гладкий і Д. Ф. Лихвар досліджували умови розвитку і значення в житті злаків нижнього вузла кушіння. Автори дійшли висновку, що достатня вологість ґрунту – одна з найважливіших умов, що впливають на утворення і

розвиток нижнього вузла кущіння. Для закладення нижнього вузла кущіння потрібна вища вологість ґрунту, ніж верхнього.

З урахуванням вище сказаного пропонується робочий орган сівалки, що складається з двох відвалів малюнок 4.3.

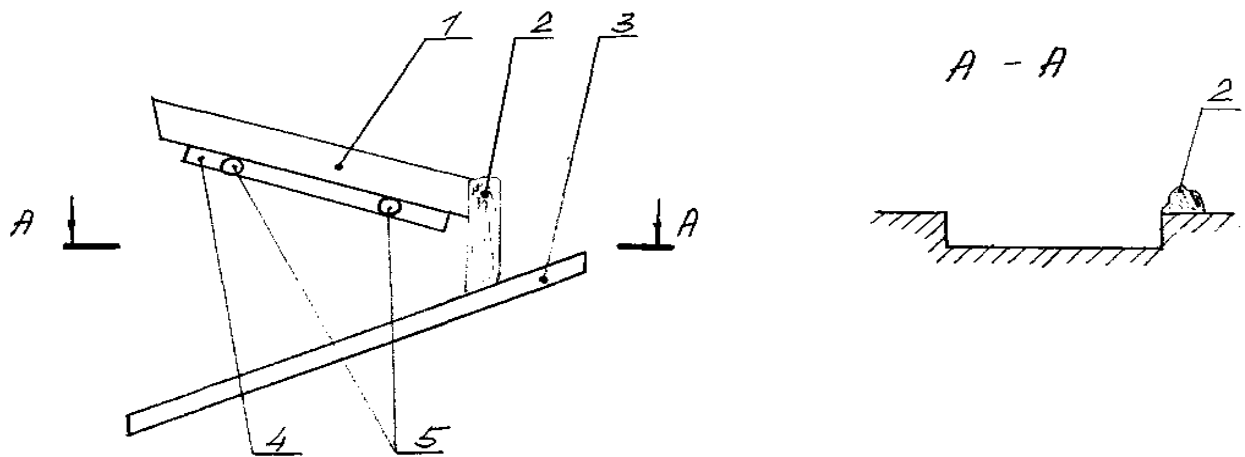


Рис. 2.3. Принципова схема робочого органу: (А – вид зверху): 1 – передній відвал; 2 – валик ґрунту; 3 – задній відвал; 4 – насіннерозподільний пристрій; 5 – насіннепроводи.

### Висновки по розділу

Принцип роботи такого робочого органу полягає в тому, що передній відвал 1, рухаючись у ґрунті на глибині загортання насіння (1...4 см), ущільнює під собою ґрунт. Насіння хаотично, але приблизно рівномірно, з насіннепроводів розподіляється на ущільнену відвалом поверхню. Задній відвал 3 розподіляє знятий переднім відвалом 1 ґрунт 2 і закриває ним розкидане насіння.

Таким чином, запропонований тип робочого органу дає змогу проводити розкидний посів і наблизити його до ідеального.

### РОЗДІЛ 3

## ІНЖЕНЕРНИЙ РОЗРАХУНОК ДЕТАЛЕЙ УДОСКОНАЛЕНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ

### 3.1 Визначення тягового опору, що діє на робочий орган

Пропонований робочий орган можна уявити як корпус плуга опір ( $R$ ) якого дорівнює:

$$R = 2 \cdot k_0 \cdot a \cdot b_k, \quad (3.1)$$

де  $k_0$  – питомий опір ґрунтів під час оранки ( $k_0 = 54 \text{ кН/м}^2$ ),  $\text{кН/м}^2$  ;

$a$  – глибина загортання насіння ( $a = 5 \text{ см}$ ), м;

$b_k$  – ширина захвату (цей робочий орган заміщає два серійних, тоді приймаємо  $b_k = 0,15 \text{ м}$ ), м.

$$R = 2 \cdot 54 \cdot 0,06 \cdot 0,15 = 972 \text{ Н}.$$

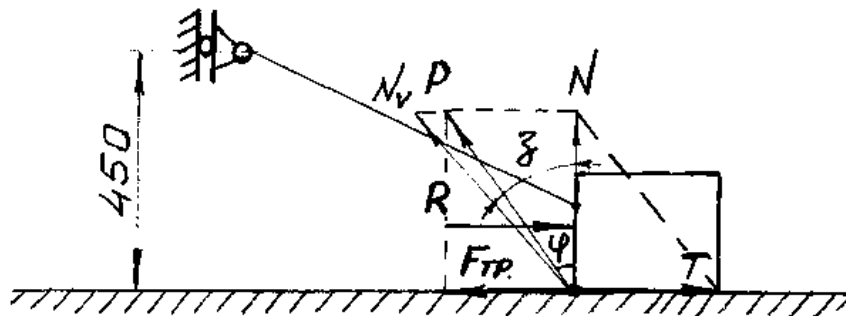


Рис. 3.1. Схема сил.

### 3.2 Розрахунок пальця підвіски робочого органу на вигин

Розрахуємо діаметр пальця і визначимо момент опору ( $W_z$ ) пальця:

$$W_z = \frac{\pi \cdot d_H^3}{32} (1 - c^4) \quad (3.2)$$

$$c = \frac{d_B}{d_H} = 0,5; \quad (3.3)$$

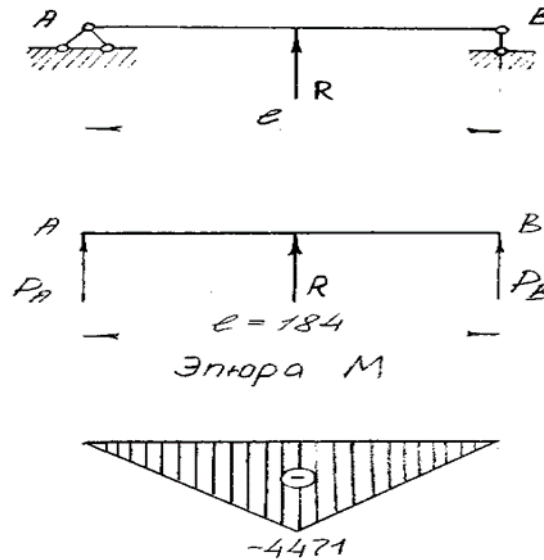


Рис. 3.2. Епюра згинального моменту

$$d_H = \sqrt[3]{\frac{W_z \cdot 32}{\pi (1 - c^4)}} \quad (3.4)$$

$$W_z = \frac{3,14 \cdot 4^3}{32} \cdot (1 - 0,5^4) = 5,88 \text{ см}^3$$

$$d_H = \sqrt[3]{\frac{5,88 \cdot 32}{3,14 \cdot (1 - 0,5^4)}} = 4,0 \text{ см}.$$

$$d_B = 4,0 \cdot 0,5 = 2,0 \text{ см}.$$

$$M_{изг} = -R \frac{l}{4} = -972 \cdot \frac{18,4}{4} = -4471,2 \text{ Нмм}$$

$$\sigma_{MAX} = \frac{M_{изг}}{W_z} = \frac{4471,2}{5,88} = 760 \text{ Н/см}^2 .$$

$\sigma_{MAX} \leq [\sigma]$  тобто  $760 \leq 10000 \text{ Н/см}^2$  . Умов овія міцності дотримується.

### 3.3 Розрахунок зварного з'єднання повідця з переднім відвалом

Повідці з переднім відвалом з'єднуються зварюванням по периметру кутовими швами до пластини. Катет шва  $K=5$  мм.

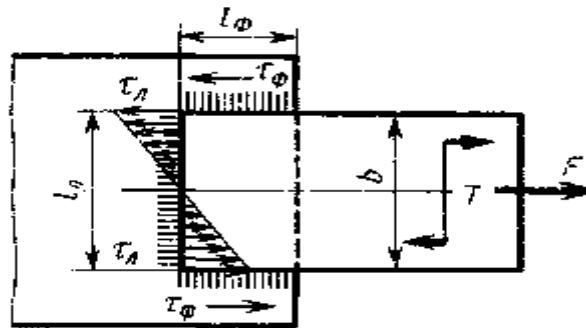


Рис. 3.3. Визначення напружень у швах.

$$Mu_{MAX} = 0,1939 \text{ кНм.}$$

Визначимо напругу в швах від дії цього моменту

$$\sigma_M = \frac{Mu_{MAX}}{W_{шв}}, \quad (3.4)$$

де  $W_{шв}$  – момент опору швів,  $\text{мм}^3$ .

$$W_{шв} = \frac{2 \cdot I_{шв}}{l + 2 \cdot K} \quad (3.5)$$

де  $I_{шв}$  – момент інерції периметрів швів, мм.

$$I_{шв} = 2 \left( \frac{K \cdot l^3}{12} + \frac{K^3 \cdot b}{12} + \frac{b \cdot K \cdot (l + K)}{2} \right)^2 \quad (3.6)$$

де  $I_{шв}$  – розрахунковий момент інерції швів, мм;

$b$  – довжина шва ( $b = 20$ мм за кресленнями), мм;

$l$  – довжина шва ( $l = 30$ мм за кресленнями), мм.

$$I_{шв} = 348,92 \cdot 10^4 \text{ мм}^4 .$$

$$W_{шв} = \frac{2 \cdot 348,92 \cdot 10^4}{30 + 2 \cdot 5} = 174,5 \text{ мм}^3 .$$

$$\sigma_M = \frac{193,9}{174,5} = 33,8 \text{ Н/мм}^2 .$$

Допустима напруга  $[\sigma_p]$  для виконання ручним зварюванням електродами Е-50  $[\sigma_p] = 0,6 \cdot [\sigma_p]$  ,

де  $[\sigma_p]$  – допустимі напруження даного металу Ст3 ( $\sigma_p = 144 \text{ Н/мм}^2$  ).

$$[\sigma_M] \leq [\sigma_p] \quad \text{тобто } 33,8 \leq 144 \text{ Н/мм}^2 .$$

Умова міцності дотримується.

### 3.4 Розрахунок різьбового з'єднання

Планка кріпиться двома гвинтами М12 до відвалу.

Під час його затягування виникає максимальна сила:

$$F = \frac{\pi \cdot d_i^2 \cdot G_T}{1,34} , \quad (3.7)$$

де  $d_i$  – внутрішній діаметр різьби ( $d_i = 10,5$ ), мм;

$G_T$  – межа плинності гвинта ( $G_T = 240$ ).  $H/мм^2$

$$F = \frac{3,14 \cdot 10,5^2 \cdot 240}{1,3 \cdot 4} = 15998H.$$

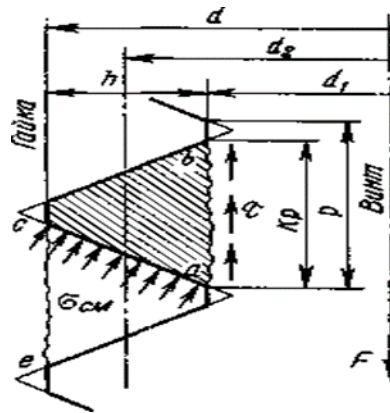


Рис. 3.4. Момент затягування різьбового з'єднання.

Момент затягування гвинта визначається за формулою:

$$T_{зат} = \frac{F \cdot d_2}{2 \cdot \operatorname{tg}(\psi + \rho)} + f \frac{d_m}{d_2}, \quad (3.8)$$

де  $d_m$  – середній діаметр опорної поверхні гайки ( $d_m = 30$ мм);

$f$  – коефіцієнт тертя в різьбі ( $f = t/\cos 30^\circ = 0,15/0,866 = 0,173$ , де  $t$  - коефіцієнт тертя сталі по сталі);

$\rho$  – приведений кут тертя ( $\rho = \operatorname{arctg} f = \operatorname{arctg} 0,173 = 9^\circ 50$ ), град

$$T_{зат} = 215686 \text{ Нмм.}$$

Необхідне зусилля на ключі під час затягування:

$$F_B = T_{зат} / l_i, \quad (3.9)$$

де  $l_i$  - довжина рукоятки стандартного ключа.

$$l_i = 1,5 \cdot d = 1,5 \cdot 30 = 45 \text{ мм.}$$

$$F_B = 215686 / 450 = 479,3 \text{ Н.}$$

Перевіримо витки гвинта і гайки на зріз і зминання рис. 3.4:

$$\sigma_{CM} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot (d^2 - d_i^2) \cdot Z \cdot K_M} \leq [\sigma_{CM}] \quad (3.10)$$

де  $Z$  - число витків на довжині згвинчування ( $Z = H/P$ , де  $H = 20 \text{ мм}$  – довжина згвинчування,  $P = 1 \text{ мм}$  - крок різьблення,  $Z = 20 \text{ шт.}$ , );

$d_1$ ,  $d_2$  – внутрішній діаметр різьби та середній діаметр різьби відповідно, мм;

$K_M$  – коефіцієнт нерівномірності навантаження по витках різьби з урахуванням пластичної деформації.

Для сталі 35,  $[\sigma_{CM}] = 0,8 G_T$ ,  $G_T = 320 \text{ Н/мм}^2$  тоді

$$\sigma_{CM} = 119 \text{ Н/мм}^2, [\sigma_{CM}] = 176 \text{ Н/мм}^2.$$

Умова  $119 \leq 176 \text{ Н/мм}^2$  показує, що різьбове з'єднання може надійно працювати на зминання.

Дотичне напруження зрізу різьби визначається за формулою:

- для гвинта

$$\tau_1 = \frac{F}{\pi \cdot d_i \cdot H \cdot R \cdot K_M} \leq [\tau_{CP}] \quad (3.11)$$

де  $R = 0,87$  - для метричної різьби;

$$\tau_1 = 75 \text{ Н/мм}^2.$$



Для гвинта виготовленого зі сталі 40  $[\tau_{CP}] = 0,3G_T = 96 \text{ Н/мм}^2$ , тоді  $96 > 75 \text{ Н/мм}^2$ .

-для гайки

$$\tau_2 = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot H \cdot R \cdot K_M} \leq [\tau_{CP}]. \quad (3.12)$$

$$\tau_2 = 69 \text{ Н/мм}^2.$$

Для гайки виготовленої зі сталі 40  $[\tau_{CP}] = 0,3 \cdot G_T = 96 \text{ Н/мм}^2$ , тоді  $96 > 69 \text{ Н/мм}^2$ , що свідчить про надійність з'єднання.

## ВИСНОВКИ

Технологічна операція посіву має ключове значення для забезпечення високої врожайності та ефективності сільськогосподарського виробництва. Використання сучасних технологій, таких як прецизійне землеробство та автоматизація процесу, дозволяє значно підвищити точність та ефективність посіву. Це, в свою чергу, сприяє зменшенню витрат на ресурси та підвищенню доходів фермерів. Подальший розвиток та впровадження інноваційних технологій у процес посіву забезпечить сталий розвиток сільського господарства та підвищення його продуктивності.

В дипломному проєкті розроблений сошник, принцип роботи такого робочого органу полягає в тому, що передній відвал, рухаючись у ґрунті на глибині загортання насіння (1...4 см), ущільнює під собою ґрунт. Насіння хаотично, але приблизно рівномірно, з насіннепроводів розподіляється на ущільнену відвалом поверхню. Задній відвал розподіляє знятий переднім відвалом ґрунт і закриває ним розкидане насіння.

Таким чином, запропонований тип робочого органу дає змогу проводити розкидний посів і наблизити його до ідеального.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойко А.І., Попик П.С. Розробка пневмомеханічного апарата точного висіву з активною коміркою спрямованої дії. Київ : Формат, 2017. 173 с.
2. Веселовська Н.Р., Шаргородський С.А., Руткевич В.С., Моторна О.О. Практикум з навчальної дисципліни Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування. Вінниця : Вінницький національний аграрний університет (ВНАУ), ТВОРИ, 2020. 355 с.
3. Василенко П.М. Основи аналітичних методів землеробської механіки. Київ: НАУ, 1998. 28 с.
4. Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. Машини сільськогосподарського виробництва. Навчальний посібник. Вид. 2-е, доопр. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя), 2005. 228 с.
5. Довжик М.Я., Зубко В.М. Машини та обладнання АПК. Конспект лекцій для студентів 2 курсу напряму підготовки 6.100101 «Енергетика та електротехнічні системи в агропромисловому комплексі» денної форми навчання. Суми: Сумський національний аграрний університет, 2011 р. 84 с.
6. Пришляк В.М., Яропуд В.М., Ковальчук О.В. Збірник інженерних задач і тестових завдань з розрахунку параметрів сільськогосподарських машин. Навчальне видання. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2010. 92 с.
7. Пришляк В.М., Яропуд В.М., Ковальчук О.В., Бабин І.А. Конструкція, розрахунок і виробництво сільськогосподарських машин. Навчальне видання. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2009. 72 с.
8. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.
9. Яцун С.С. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Київ : Мета, 2003. 448 с.

10. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку. Суми: Університетська книга, 2006. 480 с.
11. Войтюк Д.Г., Яцун С.С. та ін. Теорія сільськогосподарських машин. Київ : Аграрна освіта. 2006. 156 с.
12. Довбуш Т, А., Хомик Н.І., Довбуш А.Д. Методи проектування сільськогосподарських машин. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулю, ФОП Паляниця В. А., 2019. 72 с.
13. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук: 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.
14. Борак К. В. Наукові основи досягнення ефекту самозагострювання робочих органів ґрунтообробних машин. Сільськогосподарські машини. 2020. № 1. С. 18 – 40.
15. Тищенко С.С., Дубровін В.О., Теслюк В.В., Волянський М.С. Сільськогосподарські машини. Теорія і розрахунок робочих органів машин для поверхневого обробітку ґрунту. Київ: Видавничий центр Національного університета біоресурсів і природокористування України (НУБіП України); ЦП Компринт, 2015. 158 с.