

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
зав. кафедрою СГМ
к.т.н., професор
_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ
“ _____ ” _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

«Механізація вирощування кукурудзи з удосконаленням сошника
просапної сівалки»

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,
групи AI-23мб-1.1
ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
_____ Гаращенко Євгеній Сергійович
« _____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту
доцент, канд. техн. наук

« _____ » _____ 2026 р.

Рецензент
доцент, канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет агротехнічний

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 20 «Аграрні науки та продовольство»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітньо-професійна програма «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2026 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

_____ *Гаращенко Євгеній Сергійович*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи (проекту) Механізація вирощування кукурудзи з удосконаленням сошника просапної сівалки

2. Керівник кваліфікаційної роботи (проекту) _____

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

3. Строк подання роботи до захисту _____

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи підвищення ефективності механізації вирощування кукурудзи шляхом удосконалення конструкції сошника просапної сівалки на основі зміни геометрії його носка.

Завдання: - виконати аналіз сучасної технології вирощування кукурудзи та визначити основні напрями її удосконалення;

обґрунтувати склад машинно-тракторного агрегату для виконання технологічних операцій;

розробити операційну технологію сівби кукурудзи;

провести аналіз конструкції сошника та обґрунтувати шляхи його удосконалення;

виконати інженерні розрахунки параметрів удосконаленого сошника.

5. Перелік графічного матеріалу 1. Технологічна карта вирощування кукурудзи – ф. А1.

2. Операційна карта сівби кукурудзи – ф. А1. 3. Універсальна просапна сівалка УПС-8 – ф. А1.

4. Сошник – ф. А2. 5. Колесо прикотуюче – ф. А2. 6. Деталювання – ф. А1.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	2	3
1	Складання технічного завдання на виконання роботи	до 10.04.2026 р.
2	Аналіз типової технології вирощування горох з визначенням шляхів її удосконалення	до 08.05.2026 р.
3	Підготовка та подання керівнику роботи: - операційної технології виконання заданої операції - інженерної частин - охорони праці - вступу та висновків	до 20.05.2026 р. до 20.05.2026 р. до 20.05.2026 р. до 25.05.2026 р.
4	Доопрацювання розділів з урахуванням зауважень	до 27.05.2026 р.
5	Подання робочого варіанту роботи керівнику	до 30.05.2026 р.
6	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень керівника. Одержання відгуку	до 10.06.2026 р.
7	Перевірка роботи на плагіат	за 10 днів до захисту
8	Проходження нормо-контролю	за 8 робочих днів до захисту
9	Подання роботи завідувачу кафедри на перевірку	за 6 робочих днів до захисту
10	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень завідувача кафедри. Допуск роботи до захисту	за 4 робочі дні до захисту
11	Рецензування кваліфікаційної роботи	за 3 робочі дні до захисту
12	Підготовка документів, що подаються до ЕК	за 2 робочі дні до захисту
13	Подання кваліфікаційної роботи та документів до ЕК	за день до захисту
14	Захист кваліфікаційної роботи	за графіком кафедри

Дата видачі завдання

«___» _____ 2026 р.

Підпис керівника _____

_____ (прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 2026 р.

Підпис здобувача _____

Свгеній ГАРАЩЕНКО
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

У роботі виконано аналіз біологічних особливостей кукурудзи та сучасної технології її вирощування. Обґрунтовано склад машинно-тракторного агрегату і визначено основні параметри його роботи. Розроблено операційну технологію сівби кукурудзи з урахуванням агротехнічних вимог.

Проведено аналіз конструкції сошника та встановлено недоліки його роботи, зокрема підвищений тяговий опір і нестабільність глибини загортання насіння. Запропоновано удосконалення сошника шляхом зміни геометрії його носка.

Виконано інженерні розрахунки сил, що діють на сошник, визначено тяговий опір, параметри притискного механізму та оцінено енергетичні витрати. Встановлено, що запропонована конструкція забезпечує зниження тягового опору приблизно на 25 %, покращення проникнення сошника в ґрунт та підвищення стабільності глибини сівби.

кукурудза, сошник, просапна сівалка, глибина сівби, геометрія носка

ABSTRACT

The paper analyzes the biological characteristics of corn and the modern technology of its cultivation. The composition of the machine-tractor unit is substantiated and the main parameters of its operation are determined. The operational technology of corn sowing is developed taking into account agrotechnical requirements.

The design of the opener is analyzed and the shortcomings of its operation are identified, in particular, increased traction resistance and instability of the depth of seed wrapping. It is proposed to improve the opener by changing the geometry of its toe.

Engineering calculations of the forces acting on the opener are performed, traction resistance, parameters of the clamping mechanism are determined and energy costs are estimated. It is established that the proposed design provides a decrease in traction resistance by approximately 25%, improved penetration of the opener into the soil and increased stability of the sowing depth.

corn, opener, row seeder, sowing depth, toe geometry

ЗМІСТ

	Стор.
1. ВСТУП	5
2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ	7
2.1. Біологічні особливості кукурудзи	7
2.2. Місце кукурудзи в сівозміні	9
2.3. Система удобрення кукурудзи	11
2.4. Обробіток ґрунту під кукурудзу	13
2.5. Підготовка насіння до сівби та сівба кукурудзи	15
2.6. Догляд за посівами кукурудзи	17
2.7. Збирання врожаю кукурудзи	18
2.8. Висновки по розділу	20
3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ СІВБИ КУКУРУДЗИ	21
3.1. Умови роботи	21
3.2. Агротехнічні вимоги до сівби кукурудзи	22
3.3. Комплектування і підготовка агрегату до роботи	24
3.4. Підготовка поля до роботи	26
3.5. Організація роботи агрегату в загінці	30
3.6. Контроль якості роботи	32
3.7. Висновки по розділу	33
4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА	35
4.1. Аналіз конструкції сошника та обґрунтування його удосконалення	35
4.2. Визначення сил, що діють на сошник	37
4.3. Визначення тягового опору сошника	38
4.4. Обґрунтування параметрів удосконаленого носка сошника	40
4.5. Розрахунок параметрів притискного механізму сошника	42
4.6. Оцінка енергетичних витрат та необхідної потужності	44
4.7. Розрахунок носка сошника на міцність	46
4.8. Висновки по розділу	47
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	50
5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів при вирощуванні кукурудзи	50
5.2. Вимоги безпеки під час виконання сівби кукурудзи	51
5.3. Висновки по розділу	52
6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	55
Додатки	60

1. ВСТУП

Кукурудза є однією з провідних сільськогосподарських культур світового землеробства, яка займає важливе місце в структурі посівних площ України. Вона використовується як високопродуктивна зернова, кормова та технічна культура, що має велике значення для забезпечення продовольчої безпеки, розвитку тваринництва та переробної промисловості. Завдяки високому потенціалу врожайності та універсальності використання кукурудза є стратегічною культурою для агропромислового комплексу.

Сівба кукурудзи є складним технологічним процесом, який повинен забезпечувати рівномірне розміщення насіння в рядку, стабільну глибину загортання та формування оптимального насіннєвого ложа. Від точності виконання цієї операції залежить дружність сходів, рівномірність розвитку рослин, ефективність використання поживних речовин і вологи, а також кінцева врожайність культури.

Одним із ключових елементів сівалок точного висіву, що безпосередньо впливає на якість виконання технологічного процесу сівби, є сошник. Саме сошник формує борозну, у яку укладається насіння, визначає умови контакту насіння з ґрунтом і впливає на стабільність глибини сівби. Конструктивні особливості сошника, зокрема геометрія його робочої частини, мають вирішальний вплив на енергетичні показники роботи агрегату, якість формування борозни та стійкість руху робочого органа.

Аналіз існуючих конструкцій сошників просапних сівалок показує, що вони не завжди забезпечують оптимальні умови формування насіннєвого ложа, особливо на ущільнених, пересушених або неоднорідних ґрунтах. Це призводить до збільшення тягового опору, нестабільності заглиблення сошника, порушення рівномірності розміщення насіння та погіршення якості сходів.

					МВК 00.000 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Гаращенко			Механізація вирощування кукурудзи з удосконаленням сошника просапної сівалки		Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.								5	60
							ЦНТУ, гр. АІ-23мб-1.1		
Н. контр.									
Затв.									

Однією з причин зазначених недоліків є недосконалість геометрії носка сошника. При нераціональній формі носка відбувається не розрізання, а ущільнення ґрунту перед робочим органом, що викликає збільшення опору переміщенню та погіршує умови формування борозни. Тому вдосконалення геометрії носка сошника є актуальним напрямом підвищення ефективності роботи сівалок точного висіву.

У даній кваліфікаційній роботі розглядається питання підвищення ефективності механізації вирощування кукурудзи шляхом удосконалення сошника просапної сівалки УПС-8, яка агрегується з трактором ПМЗ-80-40. Основна увага приділяється зміні геометрії носка сошника з метою зниження тягового опору, покращення проникнення в ґрунт і забезпечення стабільної глибини загортання насіння.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності механізації вирощування кукурудзи шляхом удосконалення конструкції сошника просапної сівалки на основі зміни геометрії його носка.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні завдання:

- виконати аналіз сучасної технології вирощування кукурудзи та визначити основні напрями її удосконалення;
- обґрунтувати склад машинно-тракторного агрегату для виконання технологічних операцій;
- розробити операційну технологію сівби кукурудзи;
- провести аналіз конструкції сошника та обґрунтувати шляхи його удосконалення;
- виконати інженерні розрахунки параметрів удосконаленого сошника.

Очікуваним результатом роботи є обґрунтування конструктивних змін сошника, які забезпечують покращення умов формування борозни, зниження енергетичних витрат та підвищення якості сівби кукурудзи.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ

2.1. Біологічні особливості кукурудзи.

Кукурудза є однорічною теплолюбною рослиною родини тонконогових, яка характеризується високим потенціалом продуктивності та значною реакцією на умови вирощування. Її господарське значення визначається універсальністю використання: зерно застосовується для продовольчих, кормових і технічних потреб, а зелена маса є цінною сировиною для силосування. Висока врожайність кукурудзи може бути реалізована лише за умови дотримання науково обґрунтованої технології вирощування, що враховує біологічні особливості культури.

Насіння кукурудзи починає проростати за температури ґрунту близько 8–10 °С, однак для одержання дружних і рівномірних сходів більш сприятливою є температура в межах 10–12 °С на глибині загортання. На початкових етапах розвитку рослини особливо чутливі до недостатнього теплового забезпечення, тому передчасна сівба в недостатньо прогрітий ґрунт може призвести до затримки появи сходів, зрідження посіву та зниження польової схожості. Разом з тим кукурудза негативно реагує і на надмірне пересихання верхнього шару ґрунту, оскільки це ускладнює набубнявіння насіння та погіршує умови формування проростка.

Для росту й розвитку кукурудзи важливе значення має вологозабезпечення. Найбільшу потребу у волозі рослини мають у період інтенсивного наростання вегетативної маси, викидання волоті, цвітіння та формування зерна. У цей час навіть короточасний дефіцит вологи може суттєво знизити продуктивність посівів. Водночас кукурудза порівняно ефективно використовує ґрунтову вологу завдяки добре розвиненій кореневій системі, яка за сприятливих умов проникає в ґрунт на значну глибину. Це дає змогу культурі певною мірою витримувати посушливі умови, проте лише за умови належної структури ґрунту та достатнього рівня його аерації.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Кукурудза належить до світлолюбних рослин короткого дня. Вона потребує доброго освітлення протягом усього періоду вегетації, особливо у фазах формування листової поверхні та генеративних органів. Загущення посівів, засміченість бур'янами й нерівномірне розміщення рослин у рядку погіршують світловий режим агроценозу, що негативно позначається на фотосинтетичній діяльності рослин і в кінцевому підсумку знижує врожайність.

За вимогами до ґрунтових умов кукурудза найкраще росте на родючих, структурних, достатньо аерованих ґрунтах із нейтральною або близькою до нейтральної реакцією ґрунтового розчину. Найбільш придатними є чорноземи, темно-сірі та сірі лісові ґрунти, забезпечені елементами живлення та вологою. Малоприсадибними для вирощування кукурудзи є важкі запливаючі ґрунти, схильні до ущільнення, а також кислі, перезволожені або надмірно засолені ділянки. Оскільки коренева система культури чутлива до ущільнення орного шару, важливого значення набуває якісний основний і передпосівний обробіток ґрунту.

Характерною біологічною особливістю кукурудзи є її підвищена потреба в елементах мінерального живлення. Для формування високого врожаю культура виносить із ґрунту значну кількість азоту, фосфору та калію. Особливо важливим є забезпечення рослин азотом у період інтенсивного росту, фосфором – у початковий період розвитку та під час формування генеративних органів, калієм для регулювання водного режиму, підвищення стійкості до посухи та покращення наливу зерна. Тому система удобрення кукурудзи повинна бути збалансованою і враховувати як біологічні потреби культури, так і рівень родючості конкретного поля.

На початкових фазах росту кукурудза розвивається порівняно повільно, унаслідок чого посіви в цей період мають низьку конкурентну здатність щодо бур'янів. Саме тому культура є дуже чутливою до забур'яненості поля, особливо в перші 30–40 діб після появи сходів. Це зумовлює необхідність ретельного дотримання системи основного та передпосівного обробітку ґрунту, а також своєчасного механічного й хімічного догляду за посівами.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Однією з важливих умов одержання дружних сходів є рівномірне загортання насіння на задану глибину. Для кукурудзи це має особливе значення, оскільки велике насіння потребує достатнього контакту з вологим шаром ґрунту, а нерівномірність глибини сівби призводить до неоднакових строків появи сходів, що в подальшому викликає нерівномірний розвиток рослин у межах рядка. У зв'язку з цим особливого значення набуває якість роботи висівних секцій просапної сівалки та конструкція сошника, який повинен забезпечувати стабільне формування борозни і створення належного насінневого ложа.

Отже, біологічні особливості кукурудзи свідчать про її високу вимогливість до тепла, умов мінерального живлення, структури ґрунту, чистоти поля від бур'янів і якості виконання сівби. Саме тому в системі механізації вирощування цієї культури вирішальне значення має правильний вибір технічних засобів і вдосконалення робочих органів машин, що безпосередньо впливають на якість виконання технологічних операцій.

2.2. Місце кукурудзи в сівозміні.

Рациональне розміщення кукурудзи в сівозміні є важливою умовою отримання високих і стабільних урожаїв, а також ефективного використання ґрунтових ресурсів і засобів механізації. Правильний вибір попередників сприяє покращенню фізичних властивостей ґрунту, зменшенню забур'яненості, накопиченню поживних речовин і вологи, що безпосередньо впливає на ефективність технології вирощування культури.

Кукурудза не є надмірно вибагливою до попередників, проте найкращі результати забезпечує її розміщення після культур, які залишають поле чистим від бур'янів і мають добре розвинену агротехніку вирощування. До таких попередників належать озимі зернові культури (пшениця, ячмінь), зернобобові (горох, соя), а також багаторічні трави після їх розорювання. Після цих культур ґрунт, як правило, має кращу структуру, достатній запас поживних речовин і нижчий рівень забур'яненості.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Розміщення кукурудзи після озимих зернових є найбільш поширеним і технологічно обґрунтованим варіантом. Це пов'язано з тим, що після їх збирання залишається достатній період для якісного основного обробітку ґрунту, накопичення вологи та підготовки поля до сівби. Крім того, після зернових культур поле має меншу засміченість багаторічними бур'янами, що полегшує догляд за посівами кукурудзи.

Допускається також вирощування кукурудзи після кукурудзи, однак такий варіант можливий лише за умови високого рівня агротехніки. При повторному вирощуванні культури зростає небезпека накопичення шкідників, збудників хвороб і рослинних решток, що може ускладнювати обробіток ґрунту та погіршувати умови сівби. У таких випадках необхідно передбачати посилений обробіток ґрунту, ефективну систему захисту рослин і застосування добрив.

Небажаними попередниками для кукурудзи є культури, які значно виснажують ґрунт і залишають його у незадовільному агрофізичному стані. До них належать соняшник, сорго та інші пізні просапні культури, після яких ґрунт може бути пересушеним і ущільненим. Це ускладнює передпосівну підготовку і негативно впливає на якість формування борозни сошником під час сівби.

Важливим фактором при розміщенні кукурудзи в сівозміні є її вплив на наступні культури. Завдяки значній кількості післяжнивних решток кукурудза може покращувати структуру ґрунту, однак при цьому необхідно враховувати їх рівномірне розподілення і якісне загортання. У разі недостатнього подрібнення і заробки решток вони можуть ускладнювати виконання наступних технологічних операцій, зокрема сівби.

З урахуванням агротехнічних вимог і виробничих умов господарства доцільно прийняти наступну схему розміщення кукурудзи в сівозміні: попередник – озима пшениця; наступна культура – ячмінь ярий або соя.

Такий варіант забезпечує: оптимальні строки проведення основного і передпосівного обробітку ґрунту; зниження забур'яненості посівів; ефективне використання вологи і поживних речовин; створення сприятливих умов для роботи машинно-тракторних агрегатів.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Отже, правильне розміщення кукурудзи в сівозміні є важливим елементом технології її вирощування, що забезпечує не лише підвищення врожайності, але й створює передумови для якісного виконання технологічних операцій, зокрема сівби, яка є об'єктом удосконалення в даній роботі.

2.3. Система удобрення кукурудзи.

Раціональна система удобрення є одним із ключових факторів формування високої врожайності кукурудзи та ефективного використання ґрунтових ресурсів. Вона повинна забезпечувати рослини необхідною кількістю поживних речовин у доступній формі протягом усього періоду вегетації з урахуванням біологічних особливостей культури, ґрунтово-кліматичних умов та запланованого рівня врожайності.

Кукурудза характеризується значним виносом поживних речовин із ґрунту. Для формування 1 т зерна з відповідною кількістю побічної продукції рослини в середньому споживають: азоту – 20–25 кг, фосфору – 8–12 кг, калію – 25–30 кг. При плановій урожайності 8–10 т/га потреба в основних елементах живлення є досить високою, що обумовлює необхідність застосування мінеральних і органічних добрив.

Азот відіграє вирішальну роль у формуванні вегетативної маси рослин і визначає інтенсивність ростових процесів. Найбільша потреба кукурудзи в азоті спостерігається у фазах інтенсивного росту – від утворення 5–7 листків до викидання волоті. Недостатнє забезпечення азотом у цей період призводить до зниження врожайності, тоді як його надлишок може спричинити вилягання рослин і затримку досягання.

Фосфор має особливе значення на початкових етапах розвитку кукурудзи, сприяючи формуванню кореневої системи та підвищенню енергії проростання насіння. За нестачі фосфору спостерігається уповільнення росту рослин, що негативно впливає на їх подальший розвиток.

Калій регулює водний режим рослин, підвищує їх стійкість до посухи та несприятливих умов, а також покращує процеси наливу зерна. Забезпеченість

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

калієм є важливою умовою формування повноцінного врожаю, особливо в умовах недостатнього зволоження.

Система удобрення кукурудзи передбачає поєднання органічних і мінеральних добрив. Органічні добрива (гній, компости) сприяють покращенню структури ґрунту, підвищенню його водоутримувальної здатності та активізації мікробіологічних процесів. Рекомендована норма внесення органічних добрив становить 20–40 т/га, які доцільно вносити під попередник або безпосередньо під кукурудзу.

Мінеральні добрива вносять з урахуванням агрохімічного стану ґрунту та запланованої врожайності. Для умов Степової зони України доцільно прийняти орієнтовну норму внесення: азот (N) – 90–120 кг/га; фосфор (P_2O_5) – 60–90 кг/га; калій (K_2O) – 60–90 кг/га.

Фосфорно-калійні добрива, як правило, вносять під основний обробіток ґрунту, що забезпечує їх рівномірне розміщення в орному шарі. Азотні добрива доцільно вносити частинами: основну дозу – під передпосівний обробіток, решту – у вигляді підживлення під час вегетації.

Ефективним елементом системи удобрення є локальне внесення стартових доз добрив під час сівби. Це забезпечує рослини доступними поживними речовинами на ранніх етапах розвитку. Зокрема, під час сівби можна вносити 10–15 кг/га діючої речовини фосфору у вигляді комплексних добрив.

Слід враховувати, що ефективність використання добрив значною мірою залежить від якості їх внесення. Нерівномірний розподіл добрив у ґрунті або відхилення від заданих норм призводять до зниження коефіцієнта їх використання та нерівномірності розвитку рослин. Тому важливе значення має правильне налаштування машин і дотримання технологічних параметрів при виконанні операцій внесення добрив.

Отже, система удобрення кукурудзи повинна бути збалансованою та адаптованою до конкретних умов вирощування. Вона забезпечує формування високого врожаю, покращує фізико-хімічні властивості ґрунту та створює

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

сприятливі умови для виконання наступних технологічних операцій, зокрема сівби, якість якої значною мірою визначається станом ґрунтового середовища.

2.4. Обробіток ґрунту під кукурудзу.

Система обробітку ґрунту під кукурудзу є важливим елементом технології її вирощування, який визначає фізичний стан орного шару, водний режим, ступінь забур'яненості та умови для якісного виконання наступних технологічних операцій, зокрема сівби. Від правильності вибору способу і глибини обробітку значною мірою залежить формування оптимального насінневого ложа та ефективність роботи посівних машин.

Основний обробіток ґрунту під кукурудзу, як правило, проводять після збирання попередника з метою розпушення орного шару, накопичення вологи, знищення бур'янів і заробки рослинних решток. У умовах Степової зони найбільш поширеним є полицевий обробіток – оранка на глибину 25–30 см. Така глибина забезпечує достатнє розпушення ґрунту, покращує аерацію і створює сприятливі умови для розвитку кореневої системи кукурудзи.

У разі значної кількості післяжнивних решток або ущільнення ґрунту доцільно застосовувати попереднє лущення стерні на глибину 6–10 см дисковими знаряддями. Це сприяє подрібненню і частковому загортанню решток, стимулює проростання падалиці та бур'янів, які знищуються під час основного обробітку. Така технологічна схема дозволяє зменшити забур'яненість поля та покращити якість оранки.

У сучасних умовах, з метою зниження енерговитрат, також застосовують мінімальні або комбіновані системи обробітку ґрунту. Однак їх використання повинно бути обґрунтованим з урахуванням типу ґрунту, рівня його ущільнення та кількості рослинних решток. Для кукурудзи, яка є чутливою до ущільнення ґрунту, особливо важливо забезпечити достатню глибину розпушення орного шару.

Передпосівний обробіток ґрунту спрямований на створення оптимальних умов для проростання насіння та роботи висівних апаратів. Він включає

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

вирівнювання поверхні поля, розпушення верхнього шару ґрунту та формування дрібногрудкуватої структури посівного шару. Основними операціями є ранньовесняне боронування для закриття вологи та культивування на глибину загортання насіння.

Передпосівну культивування проводять на глибину 5–8 см із одночасним вирівнюванням поверхні поля. Важливо забезпечити рівномірну глибину обробітку та відсутність великих грудок, оскільки це безпосередньо впливає на якість формування борозни сошником і рівномірність загортання насіння. Надмірно розпушений або, навпаки, ущільнений ґрунт погіршує умови роботи сошника і може призводити до нестабільності глибини сівби.

Однією з основних вимог до передпосівного обробітку є створення оптимального співвідношення між щільністю верхнього і нижнього шарів ґрунту. Верхній шар повинен бути розпушеним для забезпечення легкого проходження робочих органів сіялки, а нижній – помірно ущільненим, що забезпечує капілярний підйом вологи до насіння. Саме така структура сприяє формуванню якісного насінневого ложа.

Важливим показником стану ґрунту є його щільність. Для нормального розвитку кукурудзи щільність орного шару повинна знаходитися в межах 1,1–1,3 г/см³. При підвищеній щільності погіршується проникнення кореневої системи і збільшується тяговий опір робочих органів машин, у тому числі сошників. У разі надмірного розпушення зменшується капілярність ґрунту і погіршується забезпечення насіння вологою.

Якість обробітку ґрунту безпосередньо впливає на ефективність роботи просапної сіялки УПС-8. Нерівна поверхня поля, наявність великих грудок або рослинних решток можуть призводити до порушення глибини ходу сошника, відхилення від заданих параметрів сівби та зниження якості загортання насіння.

Отже, система обробітку ґрунту під кукурудзу повинна забезпечувати створення оптимального за щільністю і структурою посівного шару, мінімізацію забур'яненості та рівну поверхню поля. Це є необхідною передумовою для

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

якісної роботи сівалки та ефективного функціонування сошника, конструкція якого удосконалюється в даній роботі.

2.5. Підготовка насіння до сівби та сівба кукурудзи.

Якість насіння та правильна організація процесу сівби є визначальними факторами формування врожаю кукурудзи. Саме на цьому етапі закладаються умови для рівномірного розміщення рослин, дружності сходів і подальшого розвитку посіву. Тому підготовка насіння і виконання сівби повинні здійснюватися з дотриманням агротехнічних вимог і з урахуванням особливостей культури.

Для сівби використовують кондиційне насіння високопродуктивних гібридів, яке відповідає вимогам стандартів за схожістю, чистотою та вологістю. Насіння повинно мати лабораторну схожість не нижче 92–95 % і бути вирівняним за фракційним складом, що забезпечує точність роботи висівних апаратів просапних сівалок.

Перед сівбою насіння підлягає обов'язковій обробці (протруюванню) з метою захисту від збудників хвороб і шкідників. Для цього застосовують сучасні протруйники системної або контактної дії, які забезпечують захист рослин на початкових фазах розвитку. У ряді випадків також використовують інкрустацію або дражування насіння, що покращує його висівні властивості та забезпечує більш рівномірне висівання.

Сівбу кукурудзи проводять у період, коли температура ґрунту на глибині загортання насіння досягає 10–12 °С. Дотримання оптимальних строків сівби забезпечує швидке проростання насіння, дружні сходи та ефективне використання вологи. Запізнення із сівбою призводить до пересихання верхнього шару ґрунту, тоді як надто рання сівба у холодний ґрунт уповільнює проростання і може спричинити зрідження посівів.

Для висіву кукурудзи застосовують сівалки точного висіву, зокрема просапну сівалку УПС-8, яка забезпечує висів насіння з заданим інтервалом між рослинами. У складі машинно-тракторного агрегату використовується трактор

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

ПМЗ-80-40, що забезпечує необхідну тягову потужність і стабільність руху агрегату під час роботи.

Основними параметрами сівби є ширина міжрядь, норма висіву, глибина загортання насіння та швидкість руху агрегату.

Ширина міжрядь для кукурудзи, як правило, становить 70 см, що забезпечує оптимальні умови для розвитку рослин і можливість механізованого догляду за посівами. Норма висіву визначається залежно від гібриду, умов вирощування та запланованої густоти стояння рослин і становить у середньому 60–80 тис. насінин на 1 га.

Глибина загортання насіння є одним із найважливіших параметрів сівби і залежить від вологості та структури ґрунту. На важких і вологих ґрунтах насіння загортають на глибину 4–5 см, а на легких і більш сухих – 6–8 см. Забезпечення однакової глибини загортання є необхідною умовою отримання дружних сходів і рівномірного розвитку рослин.

Швидкість руху агрегату під час сівби повинна забезпечувати якісну роботу висівних апаратів і становить, як правило, 6–8 км/год. Перевищення оптимальної швидкості може призводити до порушення рівномірності висіву, пропусків і двійників.

Особливе значення в процесі сівби має робота сошника, який формує борозну для укладання насіння. Сошник повинен забезпечувати стабільну глибину ходу, рівномірну форму борозни та щільний контакт насіння з ґрунтом. Недосконалість конструкції сошника або невідповідність його параметрів умовам роботи призводить до порушення глибини загортання, нерівномірного розміщення насіння і зниження якості сходів.

Важливим показником якості сівби є рівномірність розміщення насіння в рядку та відсутність пропусків і двійників. Це досягається шляхом правильного налаштування висівного апарата, дотримання оптимальної швидкості руху та забезпечення стабільної роботи сошника.

Отже, підготовка насіння і виконання сівби кукурудзи повинні здійснюватися з урахуванням агротехнічних вимог і технологічних параметрів.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Особливу роль у забезпеченні якості сівби відіграє конструкція сошника, від якої залежить формування борозни і стабільність глибини загортання насіння, що обґрунтовує доцільність його удосконалення в даній роботі.

2.6. Догляд за посівами кукурудзи.

Догляд за посівами кукурудзи є важливим етапом технології її вирощування, спрямованим на створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин, знищення бур'янів, збереження вологи в ґрунті та забезпечення ефективного використання поживних речовин. Своєчасне і якісне виконання заходів догляду дозволяє реалізувати потенціал культури та значно підвищити врожайність. На початкових етапах розвитку кукурудза росте повільно і має низьку конкурентну здатність щодо бур'янів, тому особливо важливим є забезпечення чистоти посівів у перші 30–40 діб після появи сходів. У цей період бур'яни можуть істотно пригнічувати культурні рослини, знижуючи їх продуктивність.

Система догляду за посівами кукурудзи включає комплекс механічних і хімічних заходів. До механічних заходів належать боронування посівів, міжрядний обробіток ґрунту та підгортання рослин.

Досходове боронування проводять через 3–5 днів після сівби з метою руйнування ґрунтової кірки та знищення проростків бур'янів. Після появи сходів можливе післясходове боронування у фазі 2–3 листків кукурудзи, яке проводять обережно, щоб не пошкодити рослини. Основним агротехнічним прийомом догляду за посівами є міжрядний обробіток ґрунту, який виконують просапними культиваторами. Перший міжрядний обробіток проводять на глибину 6–8 см, другий – на 8–10 см, а при необхідності виконують третій обробіток на глибину до 10–12 см. Міжрядний обробіток забезпечує розпушення ґрунту, покращує його аерацію, зменшує випаровування вологи та ефективно знищує бур'яни.

У процесі міжрядного обробітку можливе підживлення рослин мінеральними добривами, що підвищує ефективність використання поживних речовин і сприяє інтенсивному росту кукурудзи.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Хімічний захист посівів передбачає застосування гербіцидів для боротьби з бур'янами. Залежно від видового складу бур'янів і фази розвитку культури використовують ґрунтові або післясходові гербіциди. Використання гербіцидів дозволяє значно знизити трудомісткість догляду та підвищити ефективність контролю забур'яненості.

Окрім боротьби з бур'янами, система догляду за посівами включає заходи захисту рослин від шкідників і хвороб. Найбільш поширеними шкідниками кукурудзи є дротяники, стебловий метелик та інші, які можуть пошкоджувати рослини на різних етапах розвитку. Для їх контролю застосовують інсектициди та агротехнічні заходи.

Важливим елементом догляду є контроль густоти стояння рослин. У разі нерівномірних сходів або значного зрідження посіву можуть виникати втрати врожаю. Це ще раз підтверджує важливість якісного виконання сівби та стабільної роботи сошника, який забезпечує рівномірне загортання насіння.

Якість міжрядного обробітку значною мірою залежить від правильного налаштування робочих органів культиватора, дотримання глибини обробітку та швидкості руху агрегату. Порушення технологічних параметрів може призводити до пошкодження рослин, нерівномірного обробітку та зниження ефективності заходів догляду.

Отже, система догляду за посівами кукурудзи повинна бути комплексною і своєчасною. Вона забезпечує створення оптимальних умов для росту рослин, зменшення впливу бур'янів, шкідників і хвороб та сприяє формуванню високого врожаю. Водночас ефективність заходів догляду значною мірою залежить від якості виконання попередніх технологічних операцій, зокрема сівби, що ще раз підкреслює важливість удосконалення конструкції сошника.

2.7. Збирання врожаю кукурудзи.

Збирання кукурудзи є завершальним етапом технології її вирощування, який має вирішальний вплив на збереження врожаю та його якісні показники.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Основною метою цієї операції є своєчасне і повне збирання зерна або зеленої маси з мінімальними втратами та витратами ресурсів.

Залежно від напрямку використання кукурудзу збирають на зерно або на силос. У даній роботі розглядається збирання кукурудзи на зерно, яке є найбільш поширеним напрямом її використання.

Оптимальні строки збирання кукурудзи на зерно визначаються фазою стиглості та вологістю зерна. Збирання доцільно розпочинати при досягненні фізіологічної стиглості, коли вологість зерна становить 20–30 %. Надмірно раннє збирання призводить до підвищених витрат на досушування зерна, тоді як запізнення може спричинити втрати врожаю внаслідок осипання, ураження шкідниками та несприятливих погодних умов.

Для збирання кукурудзи на зерно застосовують зернозбиральні комбайни, обладнані спеціальними кукурудзяними жатками. Комбайн виконує зрізання стебел, відокремлення качанів, їх обмолот та очищення зерна. Важливим є правильне налаштування робочих органів комбайна, зокрема частоти обертання молотильного барабана та зазорів між робочими елементами, що дозволяє мінімізувати пошкодження зерна та зменшити втрати.

Швидкість руху агрегату під час збирання повинна відповідати пропускній здатності комбайна і забезпечувати якісне виконання технологічного процесу. Занадто висока швидкість може призводити до втрат зерна, тоді як надто низька знижує продуктивність агрегату.

Важливим елементом технології є організація транспортування зерна від комбайна до місць зберігання або первинної обробки. Для цього використовують транспортні засоби, які повинні забезпечувати безперебійне вивезення продукції з поля. Злагоджена робота збиральних і транспортних засобів дозволяє зменшити простої техніки і підвищити загальну ефективність процесу.

Після збирання зерно підлягає очищенню та сушінню до кондиційної вологості, що забезпечує його тривале зберігання без втрат якості. Особливу увагу приділяють своєчасному виконанню цих операцій, оскільки вологе зерно швидко псується і втрачає свої споживчі властивості.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Отже, збирання кукурудзи є складним технологічним процесом, який потребує чіткої організації, правильного вибору технічних засобів і дотримання технологічних параметрів. Якість виконання цієї операції значною мірою залежить від стану посівів, який формується на попередніх етапах технології, зокрема під час сівби.

2.8. Висновки по розділу.

У розділі проведено аналіз технології вирощування кукурудзи та визначено основні фактори, що впливають на формування врожаю і ефективність механізованих процесів.

Встановлено, що кукурудза є високопродуктивною культурою, яка характеризується підвищеними вимогами до теплового режиму, вологозабезпечення, структури ґрунту та рівня мінерального живлення. Її біологічні особливості обумовлюють необхідність чіткого дотримання агротехнічних вимог на всіх етапах вирощування.

Обґрунтовано доцільність розміщення кукурудзи в сівозміні після озимих зернових культур, що забезпечує сприятливі умови для обробітку ґрунту, зменшення забур'яненості та ефективного використання ресурсів.

Визначено, що система удобрення повинна бути збалансованою за основними елементами живлення і враховувати потреби культури протягом усього періоду вегетації. Забезпечення рослин поживними речовинами є важливою умовою формування високого врожаю.

Аналіз технології вирощування кукурудзи показав, що одним із ключових факторів підвищення ефективності виробництва є забезпечення високої якості сівби. Це, у свою чергу, обумовлює необхідність удосконалення робочих органів посівних машин, зокрема сошника, що формує борозну та визначає умови розміщення насіння в ґрунті.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ СІВБИ КУКУРУДЗИ

3.1. Умови роботи.

Операція сівби кукурудзи виконується в умовах Степової зони України, зокрема Кіровоградської області, яка характеризується помірно континентальним кліматом, недостатнім зволоженням та значною мінливістю погодних умов у весняний період. Ці фактори істотно впливають на строки виконання сівби, стан ґрунту та якість роботи машинно-тракторних агрегатів.

Для виконання технологічної операції приймається поле площею $F=150$ га. Поле має рівнинний рельєф із незначним ухилом (до 2°), що дозволяє ефективно використовувати широкозахватні агрегати та забезпечує рівномірний рух сівалки без значних коливань по глибині.

Ґрунтовий покрив представлений чорноземами звичайними середньосуглинковими, які характеризуються достатньою родючістю, проте мають схильність до ущільнення при недостатньому обробітку. Щільність орного шару після передпосівного обробітку становить приблизно $1,1\text{--}1,3$ г/см³, що відповідає оптимальним умовам для проростання насіння кукурудзи.

Вологість ґрунту в період сівби є нестабільною і залежить від кількості опадів у весняний період. Як правило, у верхньому шарі ґрунту вона знаходиться на рівні 60–70 % від найменшої вологості, що потребує дотримання оптимальної глибини загортання насіння для забезпечення контакту з вологим шаром.

Попередником кукурудзи є озима пшениця. Після її збирання проведено лущення стерні та основний обробіток ґрунту – оранку на глибину 25–27 см. Перед сівбою виконано ранньовесняне боронування та передпосівну культивуацію на глибину 6–8 см, що забезпечило вирівнювання поверхню поля та дрібногрудкувату структуру посівного шару.

Для виконання сівби використовується машинно-тракторний агрегат у складі: трактор ПМЗ-80-40; просапна сівалка точного висіву УПС-8. Сівалка УПС-8 має ширину захвату 5,6 м (8 рядків із міжряддям 70 см) і забезпечує точний висів насіння кукурудзи з заданою нормою та інтервалом між рослинами.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Робоча швидкість агрегату приймається в межах **6–8 км/год**, що забезпечує оптимальне поєднання продуктивності та якості сівби. При цьому важливо забезпечити рівномірність руху агрегату без різких змін швидкості, оскільки це впливає на точність висіву і стабільність глибини ходу сошника.

Довжина гону на полі становить орієнтовно 800–1000 м, що забезпечує ефективну організацію роботи агрегату з мінімальними втратами часу на повороти.

Умови роботи характеризуються наявністю незначної кількості післяжнивних решток попередника, які можуть впливати на роботу сошника. У разі недостатнього подрібнення або нерівномірного розподілення решток можливе їх накопичення перед робочими органами сівалки, що призводить до порушення глибини загортання насіння.

Особливу увагу слід приділяти забезпеченню стабільної глибини ходу сошника, оскільки саме цей параметр визначає рівномірність загортання насіння. Умови роботи, зокрема щільність і вологість ґрунту, безпосередньо впливають на тяговий опір сошника та його здатність підтримувати задану глибину.

Отже, прийняті умови роботи характеризуються типовими для Степової зони параметрами та є достатньо складними з точки зору забезпечення стабільної якості сівби. Це обумовлює необхідність удосконалення конструкції сошника, зокрема геометрії його носка, для підвищення ефективності роботи агрегату.

3.2. Агротехнічні вимоги до сівби кукурудзи.

Агротехнічні вимоги до сівби кукурудзи визначають сукупність параметрів і показників, які повинні бути забезпечені під час виконання технологічної операції для створення оптимальних умов росту і розвитку рослин. Дотримання цих вимог є обов'язковою умовою отримання рівномірних сходів і високої врожайності.

Однією з основних вимог є проведення сівби в оптимальні строки. Сівбу кукурудзи необхідно розпочинати при прогріванні ґрунту на глибині загортання насіння до температури 10–12 °С. За таких умов забезпечується швидке

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

проростання насіння і формування дружних сходів. Відхилення від оптимальних строків призводить до погіршення польової схожості та нерівномірності розвитку рослин.

Важливим показником є глибина загортання насіння, яка повинна бути стабільною по всій площі поля. Для умов Степової зони приймаємо: на середніх ґрунтах – $h=5-6$ см, допустиме відхилення – ± 1 см. Нерівномірність глибини загортання призводить до неоднакових строків появи сходів, що негативно впливає на врожайність. Ширина міжрядь для кукурудзи встановлюється – $b=70$ см. Це забезпечує оптимальні умови освітлення, живлення рослин і можливість механізованого догляду.

Норма висіву визначається залежно від густоти стояння рослин і становить – $N=60-80$ тис. насінин/га. Для розрахунків приймаємо – $N=70$ тис. насінин/га. Допустимі відхилення: пропуски – не більше 5 %, двійники – не більше 3 %. Рівномірність висіву є одним із найважливіших показників якості роботи сівалки. Відхилення від заданої норми призводить до зрідження або загущення посівів.

Швидкість руху агрегату повинна забезпечувати якісну роботу висівного апарата – $V=6-8$ км/год. Для подальших розрахунків приймаємо – $V=7$ км/год. Перевищення швидкості призводить до збільшення пропусків, порушення рівномірності висіву, нестабільної глибини ходу сошника.

Якість формування борозни є критично важливою вимогою. Сошник повинен: формувати рівну борозну; забезпечувати однакову глибину по всій довжині рядка; не допускати осипання стінок борозни до укладання насіння.

Контакт насіння з ґрунтом повинен бути щільним, але без надмірного ущільнення. Це забезпечує швидке поглинання вологи, рівномірне проростання.

Допустимі показники якості сівби – відхилення глибини загортання: не більше ± 1 см, відхилення міжнасіннєвої відстані: не більше ± 20 %, пошкодження насіння: не більше 1 %.

Особливе значення має стабільність ходу сошника. Він повинен витримувати задану глибину, не “виштовхуватись” на поверхню, не

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

заглиблюватися надмірно. Ці вимоги особливо актуальні при зміні щільності та вологості ґрунту, що характерно для умов Степової зони.

Отже, агротехнічні вимоги до сівби кукурудзи визначають жорсткі обмеження щодо параметрів виконання операції. Найбільш критичними з них є стабільність глибини загортання насіння та рівномірність його розміщення. Саме ці показники значною мірою залежать від конструкції сошника, що обґрунтовує необхідність його удосконалення.

3.3. Комплектування і підготовка агрегату до роботи.

Комплектування машинно-тракторного агрегату (МТА) для виконання сівби кукурудзи здійснюється з урахуванням агротехнічних вимог, умов роботи, розмірів поля та необхідності забезпечення високої якості виконання технологічної операції. Основними критеріями при виборі агрегату є відповідність потужності трактора, ширини захвату сільськогосподарської машини, продуктивності та економічності роботи.

Обґрунтування вибору трактора. Трактор ПМЗ-80-40 належить до універсально-просапних тракторів середнього тягового класу та характеризується достатньою потужністю для агрегування із сівалками точного висіву. Його експлуатаційні показники дозволяють ефективно виконувати посівні роботи при оптимальній швидкості руху та з мінімальними витратами палива.

Основні переваги використання даного трактора: достатня потужність для роботи з 8-рядною сівалкою; хороша маневреність; можливість роботи на швидкостях 6–8 км/год; універсальність використання в господарстві.

Обґрунтування вибору сівалки. Просапна сівалка УПС-8 призначена для точного висіву насіння просапних культур, зокрема кукурудзи. Вона забезпечує: рівномірний висів насіння; дотримання заданої глибини загортання; можливість внесення мінеральних добрив; роботу з міжряддям 70 см.

Основні параметри сівалки: кількість рядків – 8; ширина захвату – $B=5,6$ м; робоча швидкість – до 8 км/год.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Сівалка обладнана сошниками, які формують борозну для укладання насіння. Саме їх робота значною мірою визначає якість сівби, що є об'єктом удосконалення в даній роботі.

Підготовка агрегату до сівби включає комплекс заходів, спрямованих на забезпечення його справної роботи та відповідності агротехнічним вимогам.

Підготовка трактора. Перед початком роботи необхідно: перевірити технічний стан двигуна, трансмісії та ходової частини; відрегулювати тиск у шинах; перевірити роботу гідравлічної системи; забезпечити необхідний рівень паливно-мастильних матеріалів.

Підготовка сівалки. Сівалка УПС-8 перед роботою підлягає ретельному огляду і налаштуванню: перевіряється стан висівних апаратів; встановлюється норма висіву відповідно до агротехнічних вимог; регулюється глибина загортання насіння; перевіряється стан сошників і їх заглиблення; налаштовуються загортачі та прикочувальні колеса.

Особливу увагу приділяють стану сошника: перевіряється знос робочої частини; контролюється симетричність і правильність встановлення; забезпечується однакова глибина ходу всіх сошників.

Налаштування норми висіву. Норма висіву встановлюється відповідно до заданої густоти стояння рослин. Для прийнятих умов: $N=70$ тис. насінин/га. Налаштування здійснюється шляхом підбору передавальних відношень механізму висіву та перевіряється контрольним висівом.

Регулювання глибини загортання. Глибина загортання встановлюється в межах - $h=5-6$ см. Регулювання виконується зміною положення опорних коліс і сошників. Важливо забезпечити однакову глибину по всій ширині захвату.

Перевірка роботи агрегату. Перед початком основної роботи виконують пробний прохід агрегату: перевіряють рівномірність висіву; контролюють глибину загортання; оцінюють якість формування борозни; при необхідності виконують додаткові регулювання.

Правильне комплектування і налаштування машинно-тракторного агрегату є необхідною умовою забезпечення якісної сівби кукурудзи. Особливе значення

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

має робота сошника, який формує борозну і визначає умови розміщення насіння в ґрунті. Це підтверджує доцільність удосконалення його конструкції з метою підвищення ефективності роботи агрегату.

3.4. Підготовка поля до роботи.

Якість сівби кукурудзи значною мірою залежить не лише від технічного стану агрегату та правильності його налаштування, але й від належної підготовки поля до роботи. Підготовка поля повинна забезпечувати безперешкодний рух машинно-тракторного агрегату, стабільну глибину ходу сошників, зменшення непродуктивних витрат часу та дотримання встановлених агротехнічних вимог.

Перед початком сівби поле необхідно оглянути з метою оцінки його стану, наявності перешкод, вирівняності поверхні та якості передпосівного обробітку. Особлива увага приділяється наявності великих грудок, рослинних решток, каміння, локальних ущільнень і нерівностей рельєфу, оскільки ці фактори можуть порушувати рівномірність ходу сошників і якість загортання насіння.

Для прийнятих умов поле має площу 100 га, рівнинний рельєф та незначний ухил, що створює сприятливі умови для роботи просапної сівалки УПС-8. Довжина гонів повинна бути максимально можливою, оскільки це зменшує втрати часу на повороти та сприяє підвищенню продуктивності агрегату. З урахуванням конфігурації поля доцільно організувати рух агрегату вздовж довшої сторони.

Підготовка поля до сівби передбачає виконання таких основних заходів: остаточне вирівнювання поверхні поля; усунення перешкод для руху агрегату; відбиття поворотних смуг; вибір напрямку руху агрегату; розбивку поля на загінки.

Поверхня поля повинна бути вирівняною, без різких мікронерівностей, що дає змогу підтримувати стабільну глибину сівби по всій ширині захвату. Наявність гребенів, западин або ущільнених ділянок призводить до коливання положення сошників відносно поверхні ґрунту, унаслідок чого погіршується рівномірність загортання насіння.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Важливим елементом підготовки поля є виділення **поворотних смуг**, необхідних для розвороту агрегату в кінці гону. Ширину поворотної смуги приймають з урахуванням кінематичних параметрів агрегату та способу руху. Для агрегату ПМЗ-80-40 + УПС-8 поворотна смуга повинна забезпечувати вільне виконання повороту без пошкодження засіяної частини поля.

Напрямок сівби вибирають з урахуванням конфігурації поля, рельєфу та вимог до подальшого догляду за посівами. На рівнинних ділянках доцільно здійснювати сівбу вздовж довгої сторони поля, що забезпечує зменшення кількості поворотів і підвищення коефіцієнта використання робочого часу. На полях із схилом напрямок руху агрегату бажано орієнтувати впоперек схилу або по контурах місцевості для зменшення ерозійних процесів.

Перед початком роботи необхідно також перевірити стан маркерних ліній або орієнтирів, які забезпечують прямолінійність руху агрегату та дотримання встановленої ширини стикових міжрядь. Відхилення від прямолінійності сівби ускладнює проведення наступних міжрядних обробітків і може спричинити пошкодження рослин.

У процесі підготовки поля слід враховувати, що для якісної роботи сошника особливо важливими є однорідність щільності верхнього шару ґрунту та відсутність надмірної кількості рослинних решток у зоні сівби. Нерівномірність цих показників призводить до зміни тягового опору сошників і порушення стабільності їхнього ходу за глибиною.

Підготовка поля до виконання сівби кукурудзи передбачає не лише агротехнічні заходи, але й інженерні розрахунки, спрямовані на раціональну організацію роботи машинно-тракторного агрегату. Основними параметрами, що визначають ефективність роботи агрегату, є розміри поля, довжина гону, ширина захвату, а також параметри поворотних смуг.

Вихідні дані. Приймаємо: площа поля – $F=100$ га = 1 000 000 м², ширина захвату сівалки – $B=5,6$ м, довжина гону – $L=1000$ м, швидкість руху – $V=7$ км/год.

Визначення ширини поля.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Площа поля визначається за формулою

$$F = L \cdot C, \quad (3.1)$$

де C – ширина поля, м.

Звідси

$$C = \frac{F}{L}. \quad (3.2)$$

$$C = \frac{1000000}{1000} = 1000 \text{ м.}$$

Отже, поле умовно: довжина – 1000 м, ширина – 1000 м.

Кількість проходів агрегату визначається за формулою

$$n = \frac{C}{B}. \quad (3.3)$$

$$n = \frac{1000}{5,6} \approx 178,6 \text{ проходів.}$$

Ширина поворотної смуги залежить від радіуса повороту агрегату. Для колісного трактора радіус повороту – $R \approx 6-7$ м, приймаємо: $R = 7$. Ширина поворотної смуги

$$E = 3R. \quad (3.4)$$

$$E = 3 \cdot 7 = 21 \text{ м.}$$

Приймаємо

$$E = 21 \text{ м.}$$

Площа двох поворотних смуг

$$F_{\pi} = 2 \cdot C \cdot E. \quad (3.5)$$

$$F_{\pi} = 2 \cdot 1000 \cdot 21 = 42000 \text{ м}^2 = 4.2 \text{ га.}$$

Робоча площа

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$F_p = F - F_n. \quad (3.6)$$

$$F_p = 100 - 4,2 = 95,8 \text{ га}$$

Робоча довжина гону

$$L_p = L - 2E. \quad (3.7)$$

$$L_p = 100 - 42 = 58 \text{ м.}$$

Коефіцієнт використання площі

$$\eta = \frac{F_p}{F}. \quad (3.8)$$

$$\eta = \frac{95,8}{100} = 0,958.$$

Це дуже хороший показник при нормі $\eta = 0,92...0,96$.

Виконані розрахунки показують, що поле має раціональну форму (близьке до квадратного), втрати площі на поворотні смуги становлять 4,2 %, що є допустимим, коефіцієнт використання площі 0,958, що забезпечує високу ефективність роботи агрегату, довжина гону достатня для мінімізації втрат часу на повороти.

Разом з тим встановлено, що при такій кількості проходів (≈ 179) важливо забезпечити стабільність руху агрегату, точність стикових міжрядь, рівномірність глибини сівби по всій ширині захвату.

Ці вимоги безпосередньо залежать від роботи сошника, який повинен забезпечувати стабільне формування борозни незалежно від зміни умов руху агрегату.

Отже, підготовка поля до роботи є необхідною передумовою якісного виконання сівби кукурудзи. Вона забезпечує стабільні умови для руху агрегату, підвищує продуктивність роботи та створює передумови для рівномірного загортання насіння, що особливо важливо при оцінці роботи і вдосконаленні конструкції сошника.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

3.5. Організація роботи агрегату в загінці.

Організація роботи машинно-тракторного агрегату при сівбі кукурудзи повинна забезпечувати максимальну продуктивність, мінімальні втрати часу та дотримання агротехнічних вимог. Для цього необхідно визначити основні експлуатаційні показники агрегату, зокрема його продуктивність, тривалість виконання робіт і потребу в змінному часі.

Теоретична продуктивність визначається

$$W_T = \frac{BV}{10}. \quad (3.9)$$

де B – ширина захвату, м, ($B = 5,6$ м);

V – швидкість руху, ($V = 7$ км/год).

$$W_T = \frac{5,6 \cdot 7}{10} = 3,92 \text{ га/год.}$$

Експлуатаційна продуктивність. З урахуванням втрат часу вводиться коефіцієнт використання часу – приймаємо $\tau = 0,75$.

$$W_e = W_T \cdot \tau. \quad (3.10)$$

$$W_e = 3,92 \cdot 0,75 = 2,94 \text{ га/год.}$$

Змінна продуктивність

$$W_{зм} = W_e \cdot T_{зм}. \quad (3.11)$$

де $T_{зм}$ – час зміни, год ($T_{зм} = 7$ год).

$$W_{зм} = 2,94 \cdot 7 = 20,6 \text{ га/зміну.}$$

Кількість нормо-змін

$$N_{зм} = \frac{F}{W_{зм}}. \quad (3.12)$$

$$N_{зм} = \frac{100}{20,6} \approx 4,85.$$

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Приймаємо – $N_{3M} = 5$ змін.

Тривалість виконання робіт. При коефіцієнті змінності – $K_{3M} = 1$

$D = 5$ днів.

Кількість агрегатів

$$n = \frac{F}{W_{3M} \cdot D} \quad (3.13)$$

$$n = \frac{100}{20,6 \cdot 5} = 0,97 \approx 1.$$

Достатньо 1 агрегат.

Витрати палива. Приймаємо норму

$g = 6$ кг/га.

$$G = F \cdot g \quad (3.14)$$

$$G = 100 \cdot 6 = 600 \text{ кг}$$

Загальні витрати праці

$$Z = \frac{1}{W_e} \quad (3.15)$$

$$Z = \frac{1}{2,94} = 0,34 \text{ люд.-год/га.}$$

В результаті розрахунків встановлено: експлуатаційна продуктивність агрегату – 2.94 га/год; змінна продуктивність – 20.6 га/зміну; тривалість виконання робіт – 5 днів; необхідна кількість агрегатів – 1; витрати палива – 600 кг. Отримані результати свідчать, що агрегат ПМЗ-80-40 + УПС-8 забезпечує виконання сівби кукурудзи в оптимальні агротехнічні строки. Разом з тим встановлено, що ефективність роботи агрегату значною мірою залежить від: стабільності швидкості руху; рівномірності глибини сівби; якості формування борозни. Ці фактори безпосередньо пов'язані з роботою сошника, що обґрунтовує необхідність удосконалення його конструкції.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

3.6. Контроль якості роботи.

Контроль якості сівби кукурудзи є обов'язковим елементом технологічного процесу і проводиться з метою перевірки відповідності фактичних показників роботи машинно-тракторного агрегату встановленим агротехнічним вимогам. Своєчасний контроль дозволяє виявити відхилення в роботі агрегату та оперативно внести необхідні корективи в його налаштування.

Контроль якості сівби здійснюється безпосередньо в процесі роботи агрегату, а також після завершення окремих проходів. Основними показниками, які підлягають контролю, є глибина загортання насіння, рівномірність висіву, відсутність пропусків і двійників, прямолінійність рядків та якість загортання насіння ґрунтом.

Контроль глибини загортання насіння. Глибина загортання перевіряється шляхом вибіркового розкопування рядків у декількох місцях по ширині захвату агрегату. Вимірювання проводять лінійкою або спеціальними щупами.

Норматив: глибина – 5–6 см, допустиме відхилення – ± 1 см. При виявленні відхилень виконують регулювання положення сошників або опорних коліс сівалки.

Контроль рівномірності висіву. Рівномірність висіву оцінюється за відстанню між насінинами в рядку. Для цього на контрольній ділянці відмірюють певну довжину рядка (наприклад, 10 м) і визначають кількість висіяного насіння. Оцінюються такі показники: наявність пропусків; наявність двійників; середня відстань між насінинами. Допустимі значення: пропуски – не більше – 5 %; двійники – не більше – 3 %.

Контроль прямолінійності рядків. Прямолінійність рядків перевіряється візуально або за допомогою натягнутого шнура. Відхилення від прямолінійності ускладнює виконання міжрядного обробітку і може призводити до пошкодження рослин. Причинами відхилень можуть бути: неправильне налаштування маркерів; нерівномірний рух агрегату; неточне водіння трактора.

Контроль якості формування борозни. Особливу увагу приділяють оцінці роботи сошника, який формує борозну для укладання насіння. Контролю

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

підлягають: рівність дна борозни; відсутність осипання ґрунту до укладання насіння; стабільність глибини по всій довжині рядка. Порушення форми борозни призводить до нерівномірного загортання насіння та погіршення умов його проростання.

Контроль якості загортання насіння. Перевіряється ступінь закриття борозни та щільність контакту насіння з ґрунтом. Насіння повинно бути повністю покрите ґрунтом без утворення повітряних порожнин. Надмірне ущільнення або недостатнє загортання призводить до: затримки сходів; нерівномірного розвитку рослин.

Контроль пошкодження насіння. Пошкодження насіння визначається шляхом відбору проб і візуального огляду. Допустимий рівень не більше 1 %. Причинами пошкодження можуть бути: неправильне налаштування висівного апарата; надмірна швидкість руху агрегату.

Контроль якості сівби кукурудзи дозволяє забезпечити відповідність технологічного процесу встановленим агротехнічним вимогам і своєчасно виявити недоліки в роботі агрегату. Аналіз показників якості свідчить, що найбільш критичними параметрами є: стабільність глибини загортання насіння; рівномірність його розміщення; якість формування борозни.

Саме ці показники значною мірою залежать від роботи сошника, який є основним робочим органом сівалки. Недосконалість його конструкції може призводити до порушення технологічного процесу, що обґрунтовує необхідність його удосконалення.

3.7. Висновки по розділу.

У розділі розроблено операційну технологію виконання сівби кукурудзи та обґрунтовано параметри роботи машинно-тракторного агрегату в конкретних виробничих умовах.

Встановлено, що сівба кукурудзи виконується в умовах Степової зони на полі площею 100 га з використанням агрегату у складі трактора ПМЗ-80-40 та просапної сівалки УПС-8. Прийняті умови роботи характеризуються середньою

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

щільністю ґрунту, обмеженим вологозабезпеченням і наявністю післяжнивних решток, що впливає на якість виконання технологічної операції.

На підставі аналізу агротехнічних вимог встановлено, що найбільш важливими параметрами сівби кукурудзи є: глибина загортання насіння (5–6 см); рівномірність висіву; відсутність пропусків і двійників; стабільність формування борозни.

Виконано обґрунтування складу машинно-тракторного агрегату, який забезпечує виконання технологічної операції з необхідною якістю та продуктивністю. Визначено, що сівалка УПС-8 у поєднанні з трактором ПМЗ-80-40 відповідає умовам роботи та агротехнічним вимогам.

У результаті розрахунків встановлено: експлуатаційна продуктивність агрегату – 2,94 га/год; змінна продуктивність – 20,6 га/зміну; тривалість виконання сівби на площі 100 га – 5 змін; необхідна кількість агрегатів – 1; витрати палива – близько 600 кг.

Проведені розрахунки параметрів поля показали, що коефіцієнт використання площі становить 0,958, що відповідає раціональній організації роботи; втрати площі на поворотні смуги є незначними і не впливають суттєво на ефективність виконання операції. Аналіз організації роботи агрегату показав, що забезпечення високої продуктивності та якості сівби залежить від стабільності швидкості руху агрегату, рівномірності роботи висівних апаратів, точності дотримання глибини загортання насіння.

Встановлено, що контроль якості сівби є необхідною умовою дотримання агротехнічних вимог і дозволяє своєчасно виявляти відхилення в роботі агрегату. Узагальнення отриманих результатів показало, що найбільш критичним фактором, який впливає на якість сівби кукурудзи, є робота сошника. Саме він забезпечує формування борозни, визначає глибину загортання насіння та умови його контакту з ґрунтом. Таким чином, для підвищення ефективності виконання сівби кукурудзи доцільним є удосконалення конструкції сошника, зокрема зміна геометрії його носка, що дозволить зменшити тяговий опір, покращити умови формування борозни та забезпечити стабільність глибини сівби.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1. Аналіз конструкції сошника та обґрунтування його удосконалення.

Сошник є одним із основних робочих органів просапної сівалки, який виконує формування борозни, укладання насіння на задану глибину та створення умов для його контакту з ґрунтом. Якість роботи сошника безпосередньо впливає на рівномірність загортання насіння, дружність сходів і, як наслідок, на врожайність кукурудзи.

У просапній сівалці УПС-8 застосовується наральниковий (борозноутворювальний) сошник, який складається з робочого корпусу, носка та п'ятки. Носок сошника є передньою частиною робочого органа і першим контактує з ґрунтом, визначаючи характер його взаємодії з середовищем.

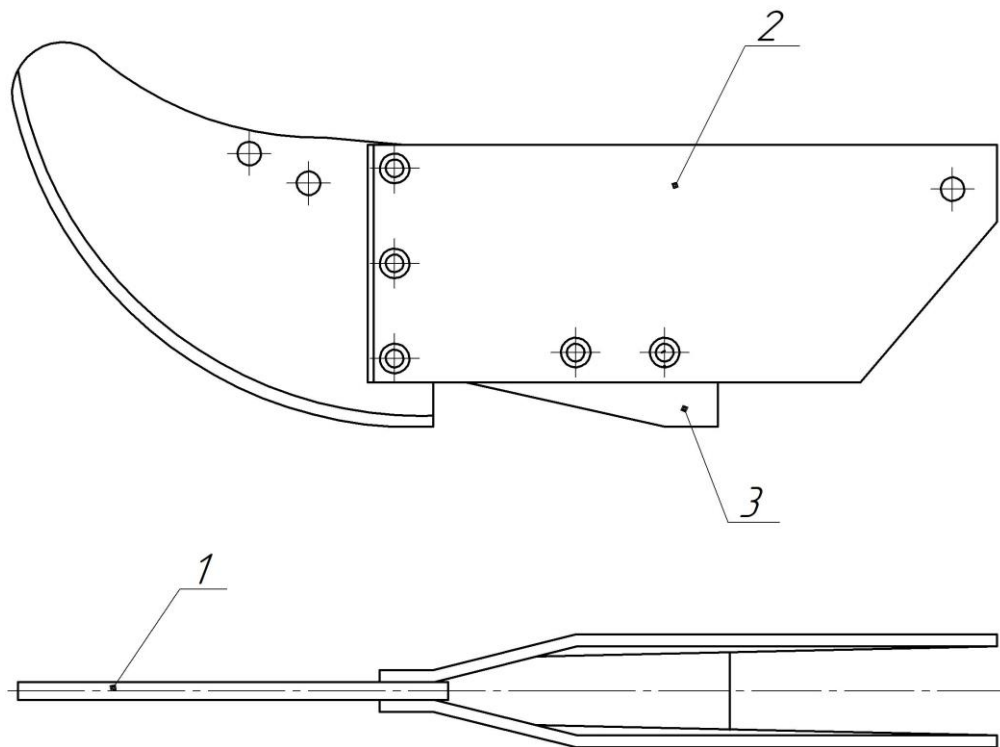


Рисунок 4.1 – Наральниковий сошник просапної сівалки УПС-8: 1 – носок, 2 – корпус, 3 – п'ятка

Аналіз конструкції існуючого сошника показує, що його робоча частина має відносно тупу форму та значний кут входження в ґрунт. У процесі роботи це призводить до того, що ґрунт не розрізається, а частково ущільнюється перед носком. Унаслідок цього зростає тяговий опір, виникає додаткова вертикальна

реакція ґрунту, яка прагне виштовхнути сошник на поверхню, що негативно впливає на стабільність глибини сівби.

Особливо помітно ці недоліки проявляються в умовах підвищеної щільності ґрунту або при недостатній вологості, що характерно для Степової зони. У таких умовах сошник працює нестабільно, спостерігаються коливання глибини загортання насіння, що призводить до нерівномірності сходів.

Крім того, недосконала форма носка сприяє збільшенню зони деформації ґрунту перед робочим органом, що підвищує енерговитрати на виконання технологічної операції. Це негативно впливає на ефективність роботи машинно-тракторного агрегату в цілому.

Аналіз умов роботи агрегату, виконаний у розділі 3, показав, що ґрунт має середню щільність і схильність до ущільнення; на полі присутні рослинні рештки; сівба виконується при змінних умовах вологості.

У таких умовах особливо важливо забезпечити легке проникнення сошника в ґрунт, стабільність його ходу по глибині, мінімальний тяговий опір, формування рівномірної борозни. Досягнення цих вимог можливе шляхом удосконалення геометрії носка сошника.

Основним напрямом удосконалення є зміна форми носка з тупої на клиноподібну. Така форма забезпечує розрізання ґрунту замість його ущільнення, що зменшує опір руху і покращує проникнення робочого органа в ґрунт.

Крім того, доцільно зменшити кут входження носка в ґрунт, що дозволяє знизити нормальну складову реакції ґрунту і, відповідно, силу, яка виштовхує сошник на поверхню. Це сприяє стабілізації глибини сівби.

Також важливим є зменшення радіуса заокруглення ріжучої кромки носка. Гостріша кромка забезпечує більш ефективне розрізання ґрунту і зменшення зони його деформації.

Таким чином, запропоноване удосконалення полягає у формуванні клиноподібного носка, зменшенні кута входження в ґрунт, зменшенні радіуса

притуплення ріжучої кромки, покращенні геометрії переходу носка до корпусу сошника.

Очікується, що такі конструктивні зміни дозволять зменшити тяговий опір сошника, підвищити стабільність глибини ходу, покращити якість формування борозни, забезпечити більш рівномірне загортання насіння.

Отже, аналіз конструкції сошника та умов його роботи показав доцільність удосконалення геометрії носка як ефективного засобу підвищення якості сівби кукурудзи.

4.2. Визначення сил, що діють на сошник.

У процесі руху сошника в ґрунті на нього діє система сил, що виникають унаслідок взаємодії робочого органа з деформованим ґрунтовим середовищем. Аналіз цих сил є необхідним для оцінки тягового опору та обґрунтування параметрів геометрії носка.

Розглянемо сошник як жорстке тіло, що переміщується в ґрунті зі швидкістю V . На робочу частину (передусім на носок) діють: R – рівнодійна реакції ґрунту; N – нормальна складова реакції ґрунту (перпендикулярно до робочої поверхні); T – сила тертя (дотично до поверхні контакту); P – тягове зусилля, прикладене з боку трактора; G – вага сошникової секції (з урахуванням притиску).

Рівнодійна R прикладена під кутом до напрямку руху і може бути розкладена на горизонтальну та вертикальну складові.

Сила тертя визначається за формулою

$$T = f \cdot N. \quad (4.1)$$

де f – коефіцієнт тертя ґрунту по сталі (приймаємо із рекомендованих значень $f = 0,4 \dots 0,6$ – $f = 0,5$).

Рівнодійна реакції ґрунту

$$R = \frac{N}{\cos \alpha}. \quad (4.2)$$

де α – кут входження носка в ґрунт.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Горизонтальна складова сили визначає тяговий опір сошника:

$$P = N \cdot \tan(\alpha) + fN. \quad (4.3)$$

Отже, тяговий опір залежить від кута входження носка α , нормальної реакції ґрунту N , коефіцієнта тертя f .

Вертикальна складова визначає стійкість ходу сошника

$$P_v = N - T \cdot \tan(\alpha). \quad (4.4)$$

При великому значенні α сошник “виштовхується”, а при малому α – сошник стабільніше заглиблюється.

Вплив геометрії носка. З отриманої залежності $P = N(\tan(\alpha) + f)$ випливає, що при зменшенні α зменшується $\tan\alpha$, знижується тяговий опір, зменшується вертикальна сила, що виштовхує сошник. При загостренні носка зменшується N (менша зона деформації ґрунту), зменшується загальний опір. Основні фактори, що визначають сили геометрія носка, щільність ґрунту глибина ходу.

В результаті аналізу встановлено, що тяговий опір сошника визначається сумою сил деформації ґрунту та сил тертя і залежить від кута входження носка в ґрунт, коефіцієнта тертя та нормальної реакції ґрунту. Зменшення кута входження та формування клиноподібного носка дозволяє: знизити нормальну реакцію ґрунту; зменшити тяговий опір; підвищити стабільність глибини ходу сошника.

4.3. Визначення тягового опору сошника.

Тяговий опір сошника є одним із основних показників, що характеризують енергоємність процесу сівби. Його величина визначає необхідну потужність машинно-тракторного агрегату, впливає на витрати палива та ефективність виконання технологічної операції. Тому визначення тягового опору сошника має важливе значення для обґрунтування доцільності удосконалення його конструкції.

У процесі роботи сошника тяговий опір формується внаслідок взаємодії робочої поверхні з ґрунтом і складається з опору різанню, опору деформації

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

грунту та сил тертя. Як було встановлено в попередньому підпункті, тяговий опір можна представити у вигляді залежності від нормальної реакції ґрунту, коефіцієнта тертя та кута входження носка в ґрунт.

Для інженерних розрахунків приймаємо, що тяговий опір одного сошника визначається за залежністю

$$P = N(\tan \alpha + f), \quad (4.5)$$

де P – тяговий опір сошника, Н;

N – нормальна реакція ґрунту, Н;

α – кут входження носка в ґрунт;

f – коефіцієнт тертя ґрунту по сталі.

Нормальна реакція ґрунту залежить від площі контакту сошника з ґрунтом та питомого опору ґрунту деформації. Для її оцінки використаємо спрощену залежність

$$N = q \cdot A, \quad (4.6)$$

де q – питомий опір ґрунту, Па;

A – площа контакту носка з ґрунтом, м².

Для умов Степової зони приймаємо питомий опір ґрунту: $q=40\,000$ Па, ширина робочої частини сошника – $b=0.04$ м, глибина ходу – $h=0,06$ м.

Площа контакту

$$A = b \cdot h. \quad (4.7)$$

$$A = 0,04 \cdot 0,06 = 0,0024 \text{ м}^2.$$

Тоді нормальна реакція

$$N = 40000 \cdot 0,0024 = 96 \text{ Н.}$$

Визначення тягового опору базового сошника. Для існуючої конструкції приймаємо: кут входження – $\alpha=35$, коефіцієнт тертя – $f=0,5$.

Підставляємо значення

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$P = 96(\tan 35^{\circ} + 0,5) = 115,2 \text{ Н.}$$

Визначення тягового опору удосконаленого сошника. Для удосконаленої конструкції приймаємо: кут входження: $\alpha = 22^{\circ}$

$$\tan 22^{\circ} \approx 0,40$$

$$P = 96(0,4 + 0,5) = 86,4 \text{ Н.}$$

Оцінка ефективності удосконалення

Зменшення тягового опору

$$\Delta P = 115,2 - 86,4 = 28,8 \text{ Н.}$$

Відносне зменшення

$$\delta = \frac{28,8}{115,2} \cdot 100\% = 25\%.$$

Отримані результати свідчать, що зміна геометрії носка сошника дозволяє знизити тяговий опір приблизно на 25 %. Це пояснюється зменшенням кута входження в ґрунт, що призводить до зниження нормальної складової реакції ґрунту і зменшення зони його деформації.

Зменшення тягового опору має важливі практичні наслідки: зниження навантаження на трактор; зменшення витрат палива; підвищення продуктивності агрегату; покращення стабільності руху сошника. Крім того, зменшення сил, що діють на сошник, сприяє більш стабільному утриманню заданої глибини сівби, що є критично важливим для кукурудзи. У результаті виконаних розрахунків встановлено, що тяговий опір сошника значною мірою залежить від геометрії його носка. Зменшення кута входження в ґрунт і формування клиноподібної робочої частини дозволяє знизити тяговий опір приблизно на 25 %, що підтверджує доцільність запропонованого удосконалення.

4.4. Обґрунтування параметрів удосконаленого носка сошника.

На основі виконаного аналізу силової взаємодії сошника з ґрунтом та результатів розрахунку тягового опору встановлено, що основним фактором,

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

який визначає ефективність роботи сошника, є геометрія його носка. Саме вона впливає на характер деформації ґрунту, величину нормальної реакції та сили тертя, а також на стабільність ходу робочого органу за глибиною.

У зв'язку з цим обґрунтування параметрів удосконаленого носка сошника полягає у визначенні таких геометричних характеристик, які забезпечують мінімальний тяговий опір, стійкий рух у ґрунті та формування якісної борозни.

Обґрунтування кута входження носка в ґрунт. Кут входження носка α є одним із основних параметрів, що визначає величину тягового опору. Зменшення кута α призводить до зменшення величини $\tan\alpha$, а отже і до зниження загального опору. Разом з тим надмірне зменшення кута може призвести до погіршення проникнення сошника в ґрунт і втрати його стійкості. Тому значення кута повинно бути компромісним.

З урахуванням умов роботи та результатів розрахунків приймаємо: кут входження носка – $\alpha=20^0\dots25^0$, для подальших розрахунків – $\alpha=22^0$. Таке значення забезпечує зменшення тягового опору, достатню здатність до заглиблення, стабільність руху сошника.

Обґрунтування форми носка. Існуюча конструкція має заокруглену (тупу) форму, що призводить до ущільнення ґрунту перед сошником. Для усунення цього недоліку доцільно застосувати клиноподібну форму носка. Клиноподібний носок забезпечує розрізання ґрунту, зменшення зони деформації, покращення проникнення в ґрунт, зниження енерговитрат.

Геометрично носок виконується у вигляді двогранного клина з симетричними гранями.

Обґрунтування кута клина. Кут при вершині клина 2β визначає інтенсивність розрізання ґрунту. При малому куті – зменшується опір, але знижується міцність, при великому куті – збільшується опір. З урахуванням властивостей ґрунту та умов роботи приймаємо кут клина із умови: $2\beta=30\dots40$ прийняте значення – $2\beta=36^0$. Це забезпечує оптимальне поєднання міцності носка і ефективності різання ґрунту.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Обґрунтування радіуса притуплення. Ріжуча кромка носка не може бути абсолютно гострою через вимоги міцності та зносостійкості. При великому радіусі зростає опір, при малому – зменшується ресурс. Приймаємо радіус притуплення із рекомендацій – $R=2\ldots 5$ мм, розрахункове значення – $R=3$ мм.

Обґрунтування товщини носка. Товщина робочої частини визначає жорсткість і зносостійкість елемента. Приймаємо товщину ріжучої частини – $\delta=2\ldots 4$ мм розрахункове значення $\delta=3$ мм.

Обґрунтування ширини робочої частини. Ширина носка визначає ширину борозни, яка формується сошником. Для кукурудзи – насіння велике, потрібне стабільне ложе. Приймаємо: ширина – $b=30\ldots 40$ мм, розрахункове значення – $b=40$ мм.

Конструктивні особливості удосконаленого носка. Удосконалений носок доцільно виконати змінним (знімним) із зносостійкої сталі та з можливістю наплавлення твердосплавного шару. Це дозволяє підвищити ресурс, зберігати геометрію, спростити ремонт.

У результаті обґрунтування встановлено раціональні параметри удосконаленого носка сошника: кут входження – 22° , кут клина – 36° , радіус притуплення – 3 мм, товщина кромки – 3 мм, ширина робочої частини – 40 мм. Запропонована геометрія забезпечує зменшення тягового опору, покращення проникнення в ґрунт, стабільність глибини сівби, формування якісної борозни.

4.5. Розрахунок параметрів притискного механізму сошника.

Стабільність глибини ходу сошника є однією з основних умов забезпечення якісної сівби кукурудзи. У процесі роботи на сошник діють сили, які прагнуть виштовхнути його з ґрунту, що може призводити до зменшення глибини загортання насіння. Для компенсації цих сил використовується притискний механізм, який створює додаткове вертикальне навантаження на сошник.

Метою розрахунку є визначення необхідної сили притиску, яка забезпечує стійкий рух сошника на заданій глибині. Умова стійкого ходу сошника. Для

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

забезпечення стабільної роботи сошника необхідно, щоб сила притиску перевищувала вертикальну складову сил, які діють на нього з боку ґрунту

$$Q \geq P_{\text{в}}. \quad (4.8)$$

де Q – сила притиску сошника, Н;

$P_{\text{в}}$ – вертикальна складова реакції ґрунту, Н.

Визначення вертикальної складової сили. Вертикальна складова сили визначається як різниця між нормальною реакцією ґрунту та складовою сили тертя

$$P_{\text{в}} = N - T \cdot \tan \alpha. \quad (4.9)$$

з урахуванням того, що

$$T = f \cdot N \quad (4.10)$$

одержимо

$$P_{\text{в}} = N(1 - f \cdot \tan \alpha). \quad (4.11)$$

Розрахунок для існуючого сошника. Приймаємо – $N = 96$ Н, $f = 0,5$, $\alpha = 35^\circ$, $\tan 35^\circ \approx 0,7$.

$$P_{\text{в}} = 96(1 - 0,5 \cdot 0,70) = 62,4 \text{ Н.}$$

Розрахунок для удосконаленого сошника. Приймаємо – $\alpha = 22^\circ$, $\tan 22^\circ \approx 0,4$.

$$P_{\text{в}} = 96(1 - 0,5 \cdot 0,40) = 76,8 \text{ Н.}$$

Визначення необхідної сили притиску. З урахуванням запасу стійкості – $k=1,2\dots1,4$ приймаємо коефіцієнт запасу – $k=1,3$.

Тоді

$$Q = k \cdot P_{\text{в}}. \quad (4.12)$$

Для удосконаленого сошника:

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$Q = 1,3 \cdot 76,8 = 99,84 \approx 100 \text{ Н.}$$

Отримане значення сили притиску показує, що для забезпечення стабільної глибини сівби необхідно створити вертикальне навантаження на сошник приблизно – 100 Н. При цьому важливо враховувати, що надмірний притиск збільшує тяговий опір, недостатній – призводить до нестабільної глибини.

Порівняння результатів показує, що після удосконалення геометрії носка вертикальна складова сили збільшується, що пов'язано зі зміною характеру взаємодії сошника з ґрунтом. Це потребує відповідного коригування сили притиску.

Визначено, що геометрія носка впливає не лише на тяговий опір, але й на вертикальні сили, правильний підбір сили притиску є необхідною умовою стабільної роботи сошника, удосконалення конструкції повинно супроводжуватись відповідним налаштуванням притискного механізму.

4.6. Оцінка енергетичних витрат та необхідної потужності.

Енергетична ефективність сівби визначається тяговим опором робочих органів і робочою швидкістю агрегату. Зменшення опору сошника безпосередньо знижує потребу в тяговому зусиллі та потужності, а також витрати палива. У цьому підпункті виконується оцінка потужності, необхідної для роботи сошників, і порівняння для існуючої та удосконаленої конструкцій.

Вихідні дані: кількість рядків (сошників) – $z=8$; швидкість руху – $V=7 \text{ км/год}=1,94 \text{ м/с}$, тяговий опір одного сошника – існуючий – $P_1=115,2 \text{ Н}$; удосконалений – $P_1=86,4 \text{ Н}$.

Сумарний тяговий опір сошників

$$P_{\Sigma} = z \cdot P. \quad (4.13)$$

Для існуючої конструкції

$$P_{\Sigma} = 8 \cdot 115,2 = 921,6 \text{ Н.}$$

Для удосконаленої конструкції

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$P_{\Sigma} = 8 \cdot 86,4 = 691,2 \text{ Н.}$$

Визначення потужності на подолання опору. Потужність визначається як добуток сили на швидкість

$$N = P \cdot V. \quad (4.14)$$

Для існуючого сошника

$$N_1 = 921,6 \cdot 1,94 = 1788 \text{ Вт} \approx 1,79 \text{ кВт.}$$

Для удосконаленого

$$N_2 = 691,2 \cdot 1,94 = 1341 \text{ Вт} \approx 1,34 \text{ кВт.}$$

Зменшення потужності

$$\Delta N = N_1 - N_2. \quad (4.15)$$

$$\Delta N = 1,79 - 1,34 = 0,45 \text{ кВт.}$$

Відносне зменшення

$$\delta = \frac{0,45}{1,79} \cdot 100\% = 25\%.$$

Аналіз отриманих результатів. Отримані значення свідчать, що зміна геометрії носка сошника дозволяє зменшити енергетичні витрати на роботу сошників приблизно на – 25 %. Це узгоджується з результатами розрахунку тягового опору (підпункт 4.3), що підтверджує коректність прийнятих припущень. Абсолютне значення потужності є відносно невеликим у загальному балансі агрегату, однак слід враховувати, що сошники працюють постійно протягом усього часу сівби, зменшення опору знижує навантаження на трактор, покращується стійкість швидкісного режиму, зменшуються питомі витрати палива. Зниження тягового опору також позитивно впливає на стабільність глибини сівби, оскільки зменшується вплив змін щільності ґрунту на поведінку сошника. Отримані результати підтверджують, що запропонована модернізація

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

не лише покращує якість сівби, але й має позитивний вплив на енергетичні показники роботи агрегату.

4.7. Розрахунок носка сошника на міцність.

У процесі роботи носок сошника сприймає значні навантаження з боку ґрунту. При русі в ґрунтовому середовищі на нього діє рівнодійна сила опору, яка створює згинальний момент у небезпечному перерізі біля місця переходу носка в корпус сошника. Тому при удосконаленні геометрії носка необхідно перевірити його міцність.

Розрахунок виконуємо для найбільш небезпечного перерізу, розташованого біля основи носка, де діє найбільший згинальний момент.

Схему навантаження приймаємо у вигляді консольно закріпленого елемента, до вільного кінця якого прикладена сила опору ґрунту P .

Для розрахунку приймаємо: сила опору удосконаленого носка – $P = 86,4$ Н, відстань від точки прикладання сили до небезпечного перерізу – $l = 0,08$ м, ширина перерізу носка – $b = 0,04$ м, товщина перерізу – $h = 0,01$ м.

Визначення згинального моменту. Згинальний момент у небезпечному перерізі визначається за формулою

$$M = P \cdot l. \quad (4.16)$$

Підставляємо числові значення

$$M = 86,4 \cdot 0,08 = 6,91 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент опору перерізу. Для прямокутного перерізу момент опору визначається

$$W = \frac{bh^2}{6}. \quad (4.17)$$

$$W = \frac{0,04 \cdot 0,01^2}{6} = 6,67 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3.$$

Напруження згину. Максимальне напруження згину

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$\sigma = \frac{M}{W}. \quad (4.18)$$

$$\sigma = \frac{6,91}{6,67 \cdot 10^{-7}} = 10,36 \cdot 10^6 \text{ Па} = 10,36 \text{ МПа}.$$

Перевірка умови міцності. Для виготовлення носка доцільно використовувати сталь 65Г або іншу зносостійку конструкційну сталь. Для такої сталі допустиме напруження при роботі на згин можна прийняти

$$[\sigma] = 250 \text{ МПа}.$$

Умова міцності має вигляд

$$\sigma \leq [\sigma].$$

$$10,36 \leq 250.$$

Умова виконується.

Коефіцієнт запасу міцності. Коефіцієнт запасу міцності

$$n = \frac{[\sigma]}{\sigma}. \quad (4.19)$$

$$n = \frac{250}{10,36} \approx 24,1.$$

Отримане значення свідчить про те, що носок має достатній запас міцності при сприйнятті згинального навантаження.

Розрахунок показав, що навіть при дії повного тягового опору на носок напруження згину є значно меншими за допустимі. Це означає, що запропонована зміна геометрії носка не призводить до зниження його міцності. Навпаки, удосконалена конструкція забезпечує зменшення тягового опору при збереженні достатньої несучої здатності. Отже, удосконалений носок сошника відповідає вимогам міцності та може бути рекомендований до використання в конструкції просапної сівалки.

4.8. Висновки по розділу.

У розділі виконано інженерне обґрунтування удосконалення сошника просапної сівалки на основі зміни геометрії його носка з метою підвищення якості сівки кукурудзи та зниження енергетичних витрат.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

У результаті аналізу конструкції встановлено, що існуючий наральниковий сошник має недосконалу форму носка, яка характеризується значним кутом входження в ґрунт і тупою ріжучою частиною. Це призводить до ущільнення ґрунту перед робочим органом, збільшення тягового опору та нестабільності глибини ходу сошника.

Виконаний аналіз сил, що діють на сошник, показав, що тяговий опір визначається нормальною реакцією ґрунту, коефіцієнтом тертя та кутом входження носка в ґрунт. Встановлено, що зменшення кута входження дозволяє знизити як горизонтальну, так і вертикальну складові сил, що діють на сошник.

У результаті розрахунків визначено тяговий опір одного сошника – для існуючої конструкції – 115,2 Н, для удосконаленої – 86,4 Н.

Встановлено, що зміна геометрії носка забезпечує зниження тягового опору приблизно на 25 %, що є суттєвим резервом підвищення ефективності роботи агрегату.

Обґрунтовано раціональні параметри удосконаленого носка – кут входження в ґрунт – 22° , кут клина – 36° ; радіус притуплення – 3 мм; товщина ріжучої кромки – 3 мм, ширина робочої частини – 40 мм.

Встановлено, що для забезпечення стійкого ходу сошника необхідна сила притиску становить близько 100 Н, що дозволяє підтримувати задану глибину сівби в умовах змінної щільності ґрунту.

Оцінка енергетичних витрат показала, що зменшення тягового опору призводить до зниження необхідної потужності на привід сошників приблизно на 25 %, що сприяє підвищенню економічності роботи машинно-тракторного агрегату.

Розрахунок на міцність показав, що удосконалений носок працює з достатнім запасом міцності, а максимальні напруження значно менші за допустимі. Це підтверджує працездатність запропонованої конструкції та можливість її практичного застосування.

Узагальнення отриманих результатів дозволяє зробити висновок, що зміна геометрії носка сошника є ефективним інженерним рішенням, яке забезпечує

зниження тягового опору, покращення проникнення в ґрунт, стабільність глибини загортання насіння, підвищення якості формування борозни, зменшення енерговитрат.

Отже, запропоноване удосконалення сошника є технічно обґрунтованим і доцільним для використання в конструкції просапної сівалки при вирощуванні кукурудзи.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів при вирощуванні кукурудзи.

Технологічний процес вирощування кукурудзи включає комплекс механізованих операцій: обробіток ґрунту, внесення добрив, сівбу, догляд за посівами та збирання врожаю. Кожна з цих операцій пов'язана з дією небезпечних і шкідливих виробничих факторів, таких як рухомі частини машин, підвищений рівень шуму і вібрації, пил, вплив хімічних речовин, а також несприятливі метеорологічні умови.

Під час виконання сівби кукурудзи агрегатом у складі трактора ПМЗ-80-40 та сівалки УПС-8 основними небезпечними факторами є: обертові та рухомі частини машин; можливість травмування під час агрегування і технічного обслуговування; вплив шуму і вібрації; запиленість повітря; небезпека наїзду або перекидання агрегату; фізичне навантаження на механізатора.

Організація безпечної роботи передбачає дотримання вимог чинних нормативних документів з охорони праці, проведення інструктажів, забезпечення працівників засобами індивідуального захисту та підтримання технічного стану машин у справному стані.

До виконання механізованих робіт допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, спеціальне навчання та інструктаж з охорони праці. Механізатор повинен мати відповідне посвідчення на право керування трактором і знати будову та правила експлуатації агрегату.

Перед початком роботи необхідно провести інструктаж з техніки безпеки, перевірити справність машини, наявність захисних кожухів, роботу сигналізації та освітлення. Забороняється експлуатація агрегату при наявності несправностей, які можуть призвести до аварійної ситуації або травмування працівників.

Під час роботи механізатор повинен дотримуватись встановленої швидкості руху, не допускати перебування сторонніх осіб у зоні роботи агрегату, контролювати роботу механізмів і своєчасно зупиняти агрегат при виникненні

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

несправностей, виконувати регулювальні роботи лише після повної зупинки двигуна.

Особливу увагу необхідно приділяти безпечному агрегуванню трактора із сівалкою. З'єднання машин повинно виконуватись на рівному майданчику при вимкненому двигуні. Забороняється перебування людей між трактором і причіпною машиною під час зчеплення.

В умовах підвищеної запиленості механізатор повинен використовувати засоби індивідуального захисту органів дихання, а також дотримуватись правил особистої гігієни.

5.2. Вимоги безпеки під час виконання сівби кукурудзи.

Сівба кукурудзи є механізованою технологічною операцією, що виконується із застосуванням машинно-тракторного агрегату у складі трактора ПМЗ-80-40 та просапної сівалки УПС-8. Безпечне виконання цієї операції вимагає суворого дотримання вимог охорони праці на всіх етапах роботи: перед початком, під час виконання та після завершення сівби.

Вимоги безпеки перед початком роботи. Перед виїздом у поле механізатор зобов'язаний пройти цільовий інструктаж з охорони праці, перевірити технічний стан трактора і сівалки, переконатися у справності гальмівної системи, рульового управління та освітлення, перевірити наявність і справність захисних кожухів на рухомих частинах сівалки, оглянути гідравлічні з'єднання на відсутність підтікання, перевірити надійність зчеплення трактора із сівалкою.

Особливу увагу необхідно приділити стану сошників і висівних апаратів. Забороняється робота з деформованими або пошкодженими робочими органами, оскільки це може призвести не лише до погіршення якості сівби, але й до виникнення аварійних ситуацій.

Перед початком роботи необхідно очистити агрегат від залишків ґрунту та рослинних решток, а також переконатися у відсутності сторонніх предметів у робочій зоні.

Забороняється виконувати регулювання або ремонт сівалки при працюючому двигуні, перебувати на сівалці під час руху агрегату, очищати робочі органи від ґрунту чи рослинних решток без повної зупинки агрегату, знаходитися стороннім особам у зоні роботи машини. Під час руху агрегату необхідно дотримуватись безпечної дистанції до інших машин і перешкод. Особливу обережність слід проявляти на поворотних смугах, де можливе зниження стійкості агрегату.

У процесі роботи може виникати необхідність у перевірці або очищенні сошників, висівних апаратів та інших елементів сівалки. Усі ці роботи повинні виконуватися лише за таких умов: двигун трактора повністю зупинений; агрегат поставлений на гальма; робочі органи опущені на ґрунт або зафіксовані. Очищення сошників від налиплого ґрунту слід виконувати спеціальними інструментами (скребками), а не руками, щоб уникнути травмування.

Після завершення сівби необхідно зупинити агрегат на рівному майданчику, вимкнути двигун трактора, очистити сівалку від ґрунту та рослинних решток, перевірити технічний стан робочих органів, виконати технічне обслуговування згідно з регламентом. Під час зберігання агрегату необхідно забезпечити його стійке положення та виключити можливість самовільного руху.

Механізатор повинен працювати в справному спецодязі та використовувати засоби індивідуального захисту: захисний одяг, рукавиці, при необхідності – респіратор і захисні окуляри.

5.3. Висновок по розділу.

Дотримання вимог безпеки під час виконання сівби кукурудзи дозволяє запобігти виробничому травматизму, забезпечити надійну роботу машинно-тракторного агрегату та створити безпечні умови праці для механізатора.

6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено актуальне інженерне завдання підвищення ефективності механізації вирощування кукурудзи шляхом удосконалення сошника просапної сівалки на основі зміни геометрії його носка.

У результаті аналізу технології вирощування кукурудзи встановлено, що ця культура характеризується високими вимогами до умов сівби, зокрема до глибини загортання насіння, рівномірності його розміщення та якості формування насіннєвого ложа. Визначено, що саме сівба є однією з найбільш відповідальних операцій, яка значною мірою впливає на формування врожаю.

Обґрунтовано склад машинно-тракторного агрегату для виконання сівби кукурудзи у складі трактора ПМЗ-80-40 та просапної сівалки УПС-8, який забезпечує виконання технологічної операції з необхідною якістю та продуктивністю.

У розділі операційної технології визначено основні параметри виконання сівби та виконано розрахунки організації роботи агрегату на площі 100 га. Встановлено, що змінна продуктивність агрегату становить 20,6 га/зміну; тривалість виконання робіт – 5 змін; коефіцієнт використання площі – 0,958; агрегат забезпечує виконання сівби в оптимальні агротехнічні строки.

У результаті аналізу конструкції сошника встановлено, що існуюча форма носка не забезпечує ефективної взаємодії з ґрунтом, що призводить до підвищення тягового опору та нестабільності глибини сівби.

Виконано інженерне обґрунтування удосконалення сошника, яке полягає у зміні геометрії носка шляхом зменшення кута входження в ґрунт до -22° , формування клиноподібної робочої частини з кутом -36° , зменшення радіуса притуплення ріжучої кромки до -3 мм, оптимізації ширини робочої частини до -40 мм.

У результаті розрахунків встановлено, що тяговий опір одного сошника зменшується з 115,2 Н до 86,4 Н, сумарне зниження становить близько 25 %, необхідна потужність на подолання опору сошників зменшується на 25 %, сила притиску для забезпечення стійкого ходу становить близько -100 Н.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Розрахунок на міцність показав, що удосконалений носок працює з достатнім запасом міцності, а максимальні напруження значно менші за допустимі, що підтверджує його надійність і працездатність.

Встановлено, що запропоноване удосконалення забезпечує зниження енерговитрат при виконанні сівби, покращення проникнення сошника в ґрунт, стабільність глибини загортання насіння, підвищення якості формування борозни, більш рівномірні сходи кукурудзи.

У розділі охорони праці розроблено заходи, спрямовані на забезпечення безпечних умов праці при виконанні механізованих робіт, що дозволяє знизити ризик виробничого травматизму.

Таким чином, поставлена мета роботи досягнута, а запропоноване удосконалення сошника просапної сівалки є технічно обґрунтованим, ефективним і може бути рекомендоване до впровадження у виробництво.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алдошин О.Б., Лузан О.Р. Аналіз основних типів сівалок для прямої сівби зернових культур / Збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих учених «Досягнення та перспективи галузі сільськогосподарського виробництва» (15-17 квітня 2015 року)». Кіровоград, 2015. С. 10-13.
2. Артеменко Д.Ю., Лузан П.Г., Лузан О.Р., Ковбаса В.П. Обґрунтування конструкції комбінованого наральника сошника просапної сівалки. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2025. Вип. 55. С. 121-133. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2025.55.121-133>.
3. Бондаренко М.Г. Демещук В.А. Комплектування і використання машино-тракторного парку в рослинництві: Підручник. Київ: Вища шк., 1995. 237 с.
4. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. За ред. Д.Г. Войтюка. Київ: Вища освіта, 2005. 464 с.
5. Гапоненко В.С. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: 6-е вид., перероб. і допов. Київ: Урожай, 1992. 448 с.
6. Загортаючі робочі органи для прямої сівби зернових культур [Текст]: монографія / В.М. Сало [та ін.]; Кіровогр. нац. техн. ун-т. Кіровоград: Лисенко, 2012.– 163 с.
7. Зінченко О.І. Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво: Підручник. За ред. О.І. Зінченка. Київ: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
8. Комаристов В.Ю., Петренко М.М., Косінов М.М. Сільськогосподарські машини. Київ: Урожай, 1996. 240 с.
9. Кошук О.Б., Лузан П.Г., Мося І.А. та ін. Сільськогосподарські і меліоративні машини. Київ: ПТО НАПН України, 2015. 291 с.
10. Лихочвор В.В. Рослинництво: технології вирощування сільськогосподарських культур. Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 808 с.
11. Лузан О.Р., Алдошин О.Б., Лузан П.Г. Аналіз використання зернових сівалок

з дисковими сошниками в енергоощадних технологіях / XXXI Міжнародна наук.-практ. конф. «Інноваційний потенціал світової науки - XXI сторіччя» 25.02.–1.03.2015 р.: інтелект-портал Nauka.zinet.info, 2015.– Режим доступу до інтелект-порталу <http://nauka.zinet.info/>.

12. Лузан О.Р., Артеменко Д.Ю., Лузан П.Г., Кісільов Р.В. Теоретичний аналіз роботи сошника прямої сівби з адаптивними вертикальними дисками. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2025. Вип. 55. С. 238-249. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2025.55.238-249>.

13. Лузан П.Г. Лузан О.Р., Грінчук А.Є. Проблеми прямої сівби зернових культур. Міжнародна науко-практична конференція «Вертикальний обробіток ґрунту та зрошування – шлях до рекордних врожаїв» 20 лютого 2018 року. Кропивницький: ЦНТУ. 2018.

14. Лузан П.Г. Перспективні шляхи розвитку конструкцій сівалок для енергоощадних технологій. «Інноваційні технології та інтенсифікація розвитку національного виробництва»: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, (Тернопіль 30 листопада 2017 р. Частина 1). Тернопіль: Крок, 2017.– С.66-68.

15. Лузан П.Г., Лузан О.Р. Екологічні аспекти вирощування зернових культур. Функціонування АПК на засадах раціонального природокористування: матеріали I Всеукр. наук.-практ. конф. (Полтава, 26 трав. 2017). Полтава: ПДАА, 2017.– С. 36-38.

16. Лузан П.Г., Лузан О.Р. Напрями вдосконалення технічного забезпечення для раціонального використання земельних ресурсів. Раціональне використання ресурсів в умовах екологічно стабільних територій: колективна монографія. Полтава: ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2018. С.28-36.

17. Лузан П.Г., Сало В.М. Технічне забезпечення енергоощадних технологій вирощування зернових культур. Modern scientific researches and developments: Theoretical value and practical results. Materials of International scientific and

practical conference. Volume 4. March, 15-18, 2016, Bratislava, Slovak Republic. С. 80–81.

18. Лузан П.Г., Сало В.М., Лузан О.Р. Тенденції розвитку сівалок для прямої сівби зернових культур. «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»: матеріали III Всеукр. наук.-практ. конф. (Житомир, 29-30 березня 2017 року). Житомир: ЖНАЕУ, 2017. С.33- 35.

19. Лузан П.Г., Сало В.М., Лузан О.Р. Удосконалення сошників сівалок для технологій мінімального обробітку ґрунту. The IX International Scientific and Practical Conference «Analysis of the problems of science and modern education», March 06 – 08, 2023, Prague, Czech Republic. С. 238-241. URL: <https://eu-conf.com/ua/events/analysis-of-the-problems-of-science-and-modern-education/>

20. Лузан П.Г., Сало В.М., Лузан О.Р. Обґрунтування поперечного перерізу стеблевідвода сошника для прямої сівби зернових культур. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць. Кіровоград: КНТУ, 2015. Вип. 45, ч.І. С. 185-191.

21. Лузан П.Г. Перспективні технології вирощування сільськогосподарських культур. Perspective trends in scientific research – 2015. Materials of International scientific and practical conference. Volume 2. October, 17-22, 2015, Bratislava, Slovak Republic. С.167-168.

22. Основи сталого розвитку аграрного сектора: Досвід та знання Франції, Чеської республіки, України. За заг. ред. Я. Сансебе, Т.М. Димань. Біла Церква: ТОВ «Офсет», 2010. 304 с.

23. Сало В., Лещенко С., Лузан П., Сало Л. Машини для сівби, садіння та догляду за посівами: навчальний посібник. Кропивницький: Видав. Лисенко В.Ф., 2022. 220 с.

24. Сало В., Лузан П. Дисковий та анкерний сошники для прямого висіву зернових культур. Пропозиція, 2016. Вип. №6 С. 158-163.

25. Сало В.М., Вовнянко Б.Г., Лещенко С.М., Лузан П.Г. Покращення якісних показників процесу сівби. Сільськогосподарські машини, 2024. Вип. 50, С. 113-119. DOI: <https://doi.org/10.36910/acm.vi50.1398>.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

26. Сало В.М., Лузан П.Г. Напрями вдосконалення технічного забезпечення новітніх технологій прямої сівби зернових культур. Техніка і технології АПК, №9(60), 2014. С. 14-17.

27. Сало В.М., Лузан П.Г., Вовнянко Б.Г. Технічне рішення покращення якості процесів сівби. The XXII International Scientific and Practical Conference «Methodology and organization of scientific research», June 03-05, 2024, Berlin, Germany. Р. 26-29. URL: <https://eu-conf.com/en/events/methodology-and-organization-of-scientific-research/>.

28. Сало В.М., Лузан П.Г., Лузан О.Р. Посівна секція до сівалок для прямої сівби. Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки. Кіровоград: КНТУ, 2015. С. 168-170.

29. Сало В.М. Шмат С.І., Лузан П.Г. Тенденції сталого розвитку сучасного сільськогосподарського машинобудування в Україні і за рубежом. Міжнародна науково-технічна Інтернет конференція «Задачі землеробської механіки в XXI сторіччі», 2-10 листопада 2011 г. Дослідницьке, Мелітополь, 2011. С. 61-65. URL: www.tsaa.org.ua.

30. Сало В.М., Лузан О.Р., Лузан П.Г. Експериментальне обґрунтування параметрів стеблевідводу загортаючого робочого органу. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глевах: ННЦ "ІМЕСГ", 2013. Вип. 97, Том. I. С. 195-203.

31. Сисолін П.В. Теорія, проектування та розрахунки посівних машин: Навч. посібник. Київ: ІСДО, 1994. 148 с.

32. Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 2. Машини для рільництва; за ред. М.І. Черновола. Київ: Урожай, 2002. 364 с.

33. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 1. Машини для рільництва; за ред. М.І. Черновола. Київ: Урожай, 2001. 382 с.

34. Черновол М.І. Забезпечення довговічності робочих органів загортаючих систем посівних машин / М.І. Черновол, В.М. Сало, Ю.В. Мачок, П.Г. Лузан, С.В. Мартиненко. Кіровоград: СПД ФО Лисенко В.Ф., 2012. 148 с.

35. Шмат С.І., Лузан П.Г. Ресурсозберігаючі технології вирощування сільськогосподарських культур. Механізація та електрифікація сільського господарства: Міжвідомчий тематичний наук. зб. Глеваха: ННЦ "ІМЕСГ", 2010. Вип. 94. С. 126-133.

36. Шмат С.І., Лузан П.Г., Сало В.М. Оригінальні способи і засоби обробітку ґрунту та сівби сільськогосподарських культур. Навчальний посібник для студентів технічних спеціальностей. Харків: Мачулін, 2018. 236 с.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

ДОДАТКИ

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60