

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 соняшнику з удосконалення
культиватора для міжрядного обробітку»

Виконав здобувач вищої освіти __IV__ курсу,
групи АІ-22з-1
ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
_____ Войтенко Дар'я Вячеславівна
« _____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту
доцент, канд. техн. наук

_____ 2026 р.
« _____ » _____

Рецензент
доцент, канд. техн. наук

м. Кропивницький

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

Войтенко Дар'я Вячеславівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи (проекту) Механізація вирощування соняшнику з удосконалення культиватора для міжрядного обробітку

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 Метою роботи є підвищення ефективності міжрядного обробітку соняшнику шляхом удосконалення голчастого робочого органу культиватора УСМК-5,4.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються наступні задачі:

- проаналізувати сучасну технологію вирощування соняшнику;

- обґрунтувати склад машинно-тракторного агрегату для міжрядного обробітку;

- виконати технологічні та експлуатаційні розрахунки агрегату;

- провести аналіз існуючих конструкцій робочих органів;

- розробити удосконалену конструкцію голчастого робочого органу;

- виконати інженерні розрахунки на міцність і працездатність.

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

2. Операційна карта на міжрядний обробіток соняшнику – ф. А1. 3. Культиватор для

міжрядного обробітку УСМК-5,4 – ф. А1. 4. Секція – ф. А1. 4. Диск захисний – ф. А1. 5.

Деталювання – ф. А2.

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 _____

Дар'я ВОЙТЕНКО
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання підвищення ефективності механізації вирощування соняшнику шляхом удосконалення культиватора для міжрядного обробітку. Об'єктом дослідження є технологічний процес міжрядного обробітку посівів соняшнику, а предметом – конструкція та параметри голчастого робочого органу культиватора.

У роботі виконано аналіз біологічних особливостей соняшнику та сучасної технології його вирощування. Обґрунтовано необхідність якісного міжрядного обробітку як важливого елементу догляду за посівами, що впливає на формування врожаю.

У інженерній частині роботи запропоновано удосконалення секції культиватора, яке передбачає застосування голчастого робочого органу нової конструкції з попарним нахилом голок у протилежні боки, а також встановлення захисних дисків для запобігання загортанню рослин.

міжрядний обробіток, голчастий робочий орган, захисні диски

ABSTRACT

The qualification work addresses the issue of improving the efficiency of sunflower cultivation mechanization by upgrading a cultivator for inter-row tillage. The object of the study is the technological process of inter-row cultivation of sunflower crops, and the subject is the design and parameters of a needle-type working body of the cultivator.

The work includes an analysis of the biological characteristics of sunflower and modern cultivation technology. The necessity of high-quality inter-row tillage as an important element of crop care, which significantly affects yield formation, is substantiated.

In the engineering part of the work, an improved design of the cultivator section is proposed, which involves the use of a needle-type working body of a new design with paired needles inclined in opposite directions, as well as the installation of protective discs to prevent soil covering of plants.

inter-row tillage, needle-type working body, protective discs

ЗМІСТ

	Стор.
1. ВСТУП	5
2. АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ	7
2.1. Біологічні особливості соняшнику	7
2.2. Місце соняшнику в сівозміні	8
2.3. Система удобрення соняшнику	9
2.4. Обробіток ґрунту під соняшник	10
2.5. Сівба соняшнику	12
2.6. Догляд за посівами соняшнику	13
2.7. Збирання соняшнику	14
2.8. Висновки по розділу	15
3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ СОНЯШНИКУ	17
3.1. Агротехнічні вимоги до міжрядного обробітку	17
3.2. Вибір і обґрунтування складу машинно-тракторного агрегату	18
3.3. Розрахунок тягового опору агрегату	20
3.4. Розрахунок витрат палива	22
3.5. Розрахунок потреби в агрегатах і тривалості виконання роботи ..	27
3.6. Висновки по розділу	33
4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА	34
4.1. Аналіз конструкції культиватора УСМК-5,4	34
4.2. Аналіз існуючих робочих органів і засобів захисту рядка	36
4.3. Обґрунтування конструктивної схеми удосконаленої секції культиватора	38
4.4. Опис будови і принципу роботи удосконаленої секції культиватора	41
4.5. Розрахунок сил, що діють на робочий орган	42
4.6. Розрахунок на міцність елементів голчастого робочого органу ...	45
4.7. Висновки по розділу	51
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	52
5.1. Аналіз умов праці при виконанні міжрядного обробітку	52
5.2. Вимоги безпеки до машинно-тракторного агрегату	52
5.3. Заходи щодо покращення умов праці	53
5.4. Висновки по розділу	53
6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	56
Додатки	60

1. ВСТУП

Соняшник є однією з найбільш важливих технічних культур в агропромисловому комплексі України. Він займає значні площі посівів і є основною сировиною для виробництва рослинної олії, що має як внутрішнє споживання, так і значний експортний потенціал. Висока економічна ефективність вирощування соняшнику обумовлює постійне вдосконалення технологій його виробництва, зокрема за рахунок впровадження сучасних засобів механізації.

Одним із ключових факторів отримання високих урожаїв соняшнику є дотримання науково обґрунтованої технології вирощування, яка включає систему обробітку ґрунту, внесення добрив, сівбу, догляд за посівами та збирання врожаю. Особливе значення має своєчасний і якісний догляд за посівами, зокрема міжрядний обробіток ґрунту, який забезпечує знищення бур'янів, збереження вологи, покращення водно-повітряного режиму ґрунту та створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин.

У сучасних умовах господарювання підвищуються вимоги до якості виконання технологічних операцій, зниження енерговитрат, зменшення ущільнення ґрунту та мінімізації негативного впливу на довкілля. Це зумовлює необхідність удосконалення конструкцій сільськогосподарських машин, зокрема культиваторів для міжрядного обробітку.

Культиватори типу УСМК-5,4 широко застосовуються при вирощуванні просапних культур, у тому числі соняшнику. Вони забезпечують розпушування ґрунту, підрізання бур'янів та формування сприятливого агрофону. Однак традиційні робочі органи не завжди забезпечують достатню якість обробітку, особливо в умовах підвищеної забур'яненості або при утворенні ґрунтової кірки.

Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності міжрядного обробітку є застосування та вдосконалення голчастих робочих органів. Вони

					МВС 00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Войтенко				Механізація вирощування соняшнику з удосконалення культиватора для міжрядного обробітку	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.							5	60
						ЦНТУ, гр. АІ-22з-1		
Н. контр.								
Затв.								

дозволяють більш делікатно впливати на ґрунт, зменшують пошкодження культурних рослин, ефективно руйнують ґрунтову кірку та знищують ниткоподібні сходи бур'янів. Разом з тим, існуючі конструкції голчастих органів потребують подальшого вдосконалення з метою підвищення їх надійності, зменшення енерговитрат та покращення агротехнічних показників роботи.

Таким чином, удосконалення робочих органів культиваторів для міжрядного обробітку є актуальним завданням сучасного сільськогосподарського машинобудування.

Об'єктом дослідження є технологічний процес міжрядного обробітку посівів соняшнику.

Предметом дослідження є конструкція та параметри голчастого робочого органу культиватора.

Метою роботи є підвищення ефективності міжрядного обробітку соняшнику шляхом удосконалення голчастого робочого органу культиватора УСМК-5,4.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються наступні задачі:

- проаналізувати сучасну технологію вирощування соняшнику;
- обґрунтувати склад машинно-тракторного агрегату для міжрядного обробітку;
- виконати технологічні та експлуатаційні розрахунки агрегату;
- провести аналіз існуючих конструкцій робочих органів;
- розробити удосконалену конструкцію голчастого робочого органу;
- виконати інженерні розрахунки на міцність і працездатність.

Очікуваним результатом роботи є підвищення якості обробітку міжрядь, зниження енерговитрат та покращення умов росту рослин соняшнику.

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

2. АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ

2.1. Біологічні особливості соняшнику.

Соняшник (*Helianthus annuus* L.) є однорічною теплолюбною культурою родини Айстрові, яка характеризується високою продуктивністю та адаптивністю до різних ґрунтово-кліматичних умов. Біологічні особливості соняшнику визначають вимоги до умов вирощування та параметри виконання технологічних операцій, зокрема міжрядного обробітку.

Температурні вимоги.

Соняшник належить до теплолюбних культур. Насіння починає проростати при температурі ґрунту $+5...+6$ °С, але оптимальною для дружних сходів є температура $+10...+12$ °С. Оптимальна температура для росту і розвитку рослин становить $+20...+25$ °С.

Сходи витримують короткочасні заморозки до $-4...-6$ °С, що дозволяє проводити ранні строки сівби. Разом з тим, низькі температури на початкових фазах розвитку можуть уповільнювати ріст рослин.

Соняшник відноситься до посухостійких культур завдяки добре розвиненій кореневій системі. Коефіцієнт транспірації становить 450–570, що свідчить про відносно ефективне використання вологи. Найбільша потреба у волозі спостерігається в період: утворення кошика; цвітіння; наливу насіння. Недостатнє зволоження в ці фази призводить до значного зниження врожайності.

Коренева система. Соняшник формує потужну стрижневу кореневу систему, яка проникає в ґрунт на глибину 2–3 м; має добре розвинену бічну систему. Це забезпечує високу посухостійкість, здатність використовувати вологу з глибоких шарів ґрунту, ефективне засвоєння поживних речовин.

Міжрядний обробіток повинен забезпечувати розпушення без пошкодження коренів, особливо на глибині 5–8 см.

Найкращими для вирощування соняшнику є чорноземи середні та глибокі; структурні, добре аеровані ґрунти. Непридатні кислі ($\text{pH} < 5,5$), перезволожені, ущільнені ґрунти.

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

Соняшник є світлолюбною культурою короткого дня. Недостатнє освітлення знижує інтенсивність фотосинтезу, призводить до витягування рослин, зменшує врожайність. Тому важливо забезпечити рівномірні сходи, оптимальну густоту стояння.

Біологічні фази розвитку. Основні фази: проростання і сходи, формування листків, утворення кошика, цвітіння, налив і дозрівання насіння. Критично важливі фази: сходи – 4 листки – перший міжрядний обробіток; 6–8 листків – другий обробіток

Соняшник на початкових етапах росту повільно розвивається, слабо конкурує з бур'янами. Критичний період – перші 30–40 днів після сходів. Саме в цей період міжрядний обробіток є найбільш ефективним способом боротьби з бур'янами.

Біологічні особливості соняшнику визначають високі вимоги до якості міжрядного обробітку ґрунту. Необхідно забезпечити: ефективне знищення бур'янів у ранні фази розвитку; розпушення ґрунту без пошкодження кореневої системи; руйнування ґрунтової кірки; збереження вологості.

Ці вимоги обґрунтовують необхідність удосконалення робочих органів культиватора, зокрема застосування голчастих робочих органів.

2.2. Місце соняшнику в сівозміні.

Соняшник є важливою технічною культурою, яка пред'являє підвищені вимоги до попередників і умов вирощування. Правильне розміщення його в сівозміні є одним із визначальних факторів отримання високих і стабільних урожаїв.

Найкращими попередниками для соняшнику є культури, які рано звільняють поле; залишають після себе чисте від бур'янів поле; не висушують глибокі шари ґрунту. До таких культур відносяться озима пшениця, ячмінь, кукурудза на силос, зернобобові культури.

Небажані попередники: багаторічні трави (висушують ґрунт); цукрові буряки (значне виснаження ґрунту); культури, що мають спільні хвороби (ріпак).

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Соняшник не рекомендується повертати на попереднє поле раніше ніж через 7–8 років. Це обумовлено накопиченням збудників хвороб (фомоз, вівчок); виснаженням ґрунту; зростанням забур'яненості. Порушення сівозміни призводить до зниження врожайності на 20–40%.

Соняшник споживає значну кількість поживних речовин, висушує глибокі шари ґрунту, залишає після себе велику кількість рослинних решток. Разом з тим покращує структуру ґрунту за рахунок потужної кореневої системи, сприяє глибокому розпушенню ґрунту.

Оптимальна частка соняшнику: не більше 10–15% від загальної площі сівозміни. Для даного господарства (100 га) рекомендована площа під соняшник 10–15 га.

Правильне розміщення соняшнику в сівозміні забезпечує зменшення кількості міжрядних обробітків, зниження забур'яненості, покращення умов роботи культиватора. Це безпосередньо впливає на тяговий опір агрегату, витрати палива, якість обробітку.

Раціональне розміщення соняшнику в сівозміні дозволяє знизити рівень забур'яненості, підвищити ефективність міжрядного обробітку, зменшити енерговитрати. Це створює передумови для ефективного використання культиватора УСМК-5,4 та реалізації переваг удосконаленого робочого органу.

2.3. Система удобрення соняшнику.

Раціональна система удобрення соняшнику є одним із ключових факторів формування високого врожаю та забезпечення ефективного використання ґрунтових ресурсів. Соняшник характеризується високим винесенням поживних речовин із ґрунту, що потребує науково обґрунтованого внесення органічних і мінеральних добрив.

Для формування 1 т насіння та відповідної кількості побічної продукції соняшник виносить: азоту (N) – 50–60 кг, фосфору (P_2O_5) – 20–25 кг, калію (K_2O) – 100–120 кг. Соняшник має підвищену потребу в калії, який підвищує посухостійкість, покращує налив насіння, збільшує вміст олії.

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Органічні добрива (гній) рекомендується вносити під попередник у нормі: 20–30 т/га. Їх дія: покращення структури ґрунту, підвищення вмісту гумусу, покращення водоутримуючої здатності.

Мінеральні добрива. Орієнтовні норми внесення: $N_{(60-90)}$, $P_{(60-90)}$, $K_{(60-120)}$. Способи внесення добрив. Основне внесення (під оранку) – фосфорні та калійні добрива, частково азотні. Передпосівне внесення – азотні добрива (культивация). Припосівне внесення – локальне внесення стартових доз ($N_{(10-20)}$, $P_{(10-20)}$).

Вплив удобрення на технологію вирощування. Внесення добрив визначає: кількість технологічних операцій; склад машинно-тракторних агрегатів; енергетичні витрати. Наприклад: внесення мінеральних добрив – розкидачі типу РУМ, внесення органіки – розкидачі гною.

Взаємозв'язок з міжрядним обробітком. Система удобрення безпосередньо впливає на міжрядний обробіток: при достатньому живленні рослини швидше розвиваються, краще пригнічують бур'яни. При надлишку азоту – збільшується забур'яненість, підвищується потреба в культивції. Тому міжрядний обробіток повинен ефективно знищувати бур'яни, не порушувати розміщення добрив у ґрунті.

Раціональна система удобрення забезпечує формування високого врожаю соняшнику, покращення агрофізичних властивостей ґрунту, оптимальні умови для міжрядного обробітку. Вона визначає параметри виконання технологічних операцій і впливає на ефективність роботи культиватора, що необхідно враховувати при його вдосконаленні.

2.4. Обробіток ґрунту під соняшник.

Обробіток ґрунту під соняшник є одним із найважливіших елементів технології вирощування, який визначає водний, повітряний та поживний режими ґрунту, а також рівень забур'яненості поля. Основною метою обробітку є створення оптимальних умов для проростання насіння, розвитку кореневої системи та формування врожаю.

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

Система обробітку ґрунту включає комплекс послідовних технологічних операцій, які виконуються в певній взаємозв'язаній послідовності.

Основний обробіток проводиться після збирання попередника і включає: луцання стерні з метою знищення падалиці та бур'янів, провокації сходів бур'янів, збереження вологи на глибину – 6–8 см. Агрегати – луцильники (ЛДГ, ЛДГ-10 та ін.). Оранка – основна операція обробітку, глибина – 25–30 см. Мета: накопичення вологи, знищення бур'янів, загортання рослинних решток, створення глибокого орного шару. Агрегати – плуги з передплужниками.

Передпосівний обробіток. Передпосівний обробіток спрямований на підготовку насіннєвого ложа. Ранньовесняне боронування виконується з метою закриття вологи, руйнування ґрунтової кірки на глибину 3–5 см.

Культивация виконується безпосередньо перед сівбою на глибину 5–8 см з метою вирівнювання поверхні, знищення бур'янів, формування посівного шару.

Якісний обробіток ґрунту повинен забезпечувати дрібногрудочкувату структуру ґрунту, відсутність брил і ущільнених шарів, рівномірну глибину обробітку, знищення не менше 90–95% бур'янів.

Соняшник має глибоку кореневу систему, тому необхідний глибокий основний обробіток, важливо уникати ущільнення ґрунту, потрібно забезпечити накопичення вологи.

Особливо важливо утворення ґрунтової кірки після опадів, що погіршує аерацію, ускладнює розвиток рослин, сприяє росту бур'янів.

Навіть при якісному основному обробітку бур'яни продовжують з'являтися, ґрунт ущільнюється, утворюється кірка. Тому міжрядний обробіток є обов'язковою операцією, продовженням системи обробітку ґрунту. Його задачі – розпушення міжрядь, знищення бур'янів, руйнування кірки, покращення водно-повітряного режиму.

Рациональна система обробітку ґрунту створює сприятливі умови для росту соняшнику, однак не забезпечує повного контролю бур'янів і структури ґрунту протягом вегетації. Це обґрунтовує необхідність проведення міжрядного

обробітку, який є важливою складовою технології та визначає ефективність використання культиватора УСМК-5,4.

2.5. Сівба соняшнику.

Сівба соняшнику є однією з найвідповідальніших технологічних операцій, від якої залежить рівномірність сходів, густота стояння рослин і, в кінцевому результаті, врожайність культури. Вона повинна виконуватись у стислі агротехнічні строки з дотриманням встановлених параметрів.

Строки сівби. Сівбу проводять при прогріванні ґрунту на глибині загортання насіння до $+10...+12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Оптимальні строки: кінець квітня – початок травня (для умов України). Порушення строків призводить до зрідження сходів, нерівномірного розвитку рослин, зниження врожайності.

Соняшник висівають пунктирним (точним) способом. Це забезпечує рівномірне розміщення рослин, оптимальну площу живлення, можливість ефективного міжрядного обробітку.

Ширина міжрядь. Стандартна ширина міжрядь - 70 см. Це ключовий параметр для всієї технології, оскільки визначає конструкцію сівалки, визначає робочу ширину культиватора, впливає на точність міжрядного обробітку.

Для культиватора УСМК-5,4 – агрегат повністю адаптований під міжряддя 70 см, забезпечує обробіток без пошкодження рослин.

Норма висіву залежить від зони вирощування і становить - 50–70 тис. рослин/га, або 4–6 кг/га насіння. Оптимальна густота забезпечує максимальне використання світла, зменшення конкуренції між рослинами, пригнічення бур'янів.

Глибина залежить від типу ґрунту: важкі ґрунти – 4–5 см, легкі ґрунти – 6 – 8 см, нерівномірна глибина призводить до нерівномірних сходів.

Сівба повинна забезпечувати: рівномірність розміщення насіння; відхилення від заданої глибини не більше ± 1 см; відхилення між насінинами в рядку не більше 20%; прямолінійність рядків.

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

Для сівби соняшнику використовують пневматичні сівалки точного висіву. Склад агрегату: трактор класу 1,4–2,0 та сівалка точного висіву. Якість сівби безпосередньо визначає ефективність міжрядного обробітку. Основні фактори: точність ширини міжрядь; прямолінійність рядків; рівномірність сходів. При порушенні збільшується ризик пошкодження рослин, погіршується якість культивування, зростають втрати врожаю. Тому культиватор (УСМК-5,4) повинен працювати точно по рядках, з мінімальним захисним шаром, із стабільною глибиною обробітку.

Сівба соняшнику формує геометрію розміщення рослин, яка визначає умови виконання міжрядного обробітку. Дотримання параметрів сівби є необхідною умовою ефективної роботи культиватора та реалізації переваг удосконаленого робочого органу.

2.6. Догляд за посівами соняшнику.

Догляд за посівами соняшнику є важливою складовою технології вирощування, спрямованою на створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин. Основною метою є знищення бур'янів, збереження вологи в ґрунті, покращення його структури та забезпечення сприятливого повітряного режиму.

Комплекс заходів догляду включає боронування посівів, міжрядний обробіток, захист рослин від шкідників і хвороб (за потреби).

Боронування посівів проводять до сходів – для знищення проростків бур'янів; після сходів – у фазі 2–3 листків. Мета – руйнування ґрунтової кірки, знищення ниткоподібних бур'янів, покращення аерації ґрунту.

Міжрядний обробіток ґрунту є основною операцією догляду за посівами соняшнику і виконується культиваторами типу УСМК-5,4. Зазвичай проводять 2–3 міжрядні культивування. Перша культивування – фаза: 2–4 листки, глибина 5–6 см. Друга культивування – фаза: 6–8 листків, глибина – 6–8 см, (за потреби) третя – глибина – 8–10 см.

Міжрядний обробіток повинен забезпечувати знищення не менше 90–95% бур'янів; розпушення ґрунту без вивертання вологих шарів; відсутність

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

пошкодження культурних рослин (не більше 2–3%); дотримання захисної зони біля рядка (8–12 см).

Основні задачі міжрядного обробітку: боротьба з бур'янами; руйнування ґрунтової кірки; збереження вологи; покращення повітрообміну; стимулювання розвитку кореневої системи.

Ефективність міжрядного обробітку залежить від типу робочих органів, швидкості руху агрегату, глибини обробітку, стану ґрунту, точності ведення агрегату.

Недоліки традиційних робочих органів. Звичайні лапи культиваторів мають ряд недоліків: недостатнє знищення дрібних бур'янів; утворення грудок; пошкодження рослин при малій захисній зоні; підвищений тяговий опір.

Переваги голчастих робочих органів. Голчасті робочі органи дозволяють ефективно руйнувати ґрунтову кірку, знищувати ниткоподібні бур'яни, зменшувати пошкодження рослин, працювати на менших глибинах, знижувати енерговитрати. Саме тому їх удосконалення є актуальним.

Міжрядний обробіток є центральною операцією всієї технології, і саме він визначає ефективність використання культиватора, впливає на врожайність, є об'єктом удосконалення в даній роботі.

Міжрядний обробіток є найбільш відповідальною операцією догляду за посівами соняшнику, яка визначає рівень забур'яненості, водний режим ґрунту та умови розвитку рослин. Підвищення ефективності цієї операції можливе за рахунок удосконалення робочих органів культиватора, що і є основною задачею даної кваліфікаційної роботи.

2.7. Збирання соняшнику.

Збирання соняшнику є завершальним етапом технології вирощування, від якого залежить збереження врожаю та його якості. Основною метою є мінімізація втрат насіння, забезпечення його чистоти та збереження товарних показників. Збирання проводять у фазі повної стиглості, коли вологість насіння становить 10–12%, кошики набувають бурого забарвлення, насіння легко відокремлюється.

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Запізнення зі збиранням призводить до осипання насіння, втрат врожаю, погіршення якості продукції.

Способи збирання. Основний спосіб – пряме комбайнування, яке виконується без попереднього скошування.

Агротехнічні вимоги. Збирання повинно забезпечувати втрати насіння не більше 2–3%, мінімальне дроблення насіння, чистоту зібраного продукту, мінімальні пошкодження рослинних залишків.

Для збирання використовують зернозбиральні комбайни, спеціальні жатки для соняшнику. Склад агрегату – комбайн і жатка для соняшнику. Соняшник має ряд особливостей: різна висота рослин; нерівномірність дозрівання; крихкість кошиків; можливість осипання насіння.

Це вимагає точного налаштування комбайна, оптимальної швидкості руху, правильного вибору жатки.

Якість збирання значною мірою залежить від рівномірності посіву, густоти стояння рослин, якості міжрядного обробітку. При якісному міжрядному обробітку менше бур'янів, краща вентиляція посівів, рівномірніше дозрівання, зниження втрат при збиранні.

Хоча збирання не є об'єктом удосконалення, воно опосередковано залежить від якості міжрядного обробітку, який впливає на розвиток рослин, визначає рівномірність досягання, знижує втрати врожаю.

Рациональна організація збирання соняшнику забезпечує мінімальні втрати та високу якість продукції. Ефективність цієї операції значною мірою залежить від якості виконання попередніх технологічних процесів, зокрема міжрядного обробітку.

2.8. Висновок по розділу.

Аналіз технології вирощування соняшнику показав, що вирішальне значення для формування високого врожаю мають умови виконання операцій догляду за посівами, зокрема міжрядного обробітку ґрунту.

Встановлено, що в період початкового розвитку рослин соняшник є малоконкурентним до бур'янів, що обумовлює необхідність проведення

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

своєчасних міжрядних культивацій. Якість їх виконання визначає водно-повітряний режим ґрунту, рівень забур'яненості та умови росту рослин.

Існуючі робочі органи культиваторів не завжди забезпечують необхідну якість обробітку, що обґрунтовує доцільність їх удосконалення. Перспективним напрямом є застосування голчастих робочих органів, які дозволяють підвищити ефективність знищення бур'янів і зменшити пошкодження культурних рослин.

Отримані результати аналізу є основою для розробки операційної технології міжрядного обробітку та виконання інженерних розрахунків у наступних розділах роботи

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ СОНЯШНИКУ

3.1. Агротехнічні вимоги до міжрядного обробітку.

Міжрядний обробіток соняшнику є однією з основних технологічних операцій догляду за посівами, яка визначає рівень забур'яненості, водний режим ґрунту та умови розвитку рослин. Якість виконання цієї операції безпосередньо впливає на врожайність культури.

Міжрядний обробіток повинен забезпечувати знищення бур'янів не менше 90–95%, розпушення верхнього шару ґрунту без вивертання вологих горизонтів, відсутність пошкодження культурних рослин (не більше 2–3%), дотримання захисної зони біля рядка 8–12 см, рівномірну глибину обробітку по всій ширині захвату.

Глибина міжрядного обробітку залежить від фази розвитку рослин: перша культивуація – 5–6 см, друга культивуація – 6–8 см, третя (за потреби) – 8–10 см. Перевищення глибини призводить до пошкодження кореневої системи, підвищення тягового опору, збільшення витрат палива.

Рекомендована швидкість руху агрегату – 6–10 км/год. При збільшенні швидкості покращується кришення ґрунту, зменшується якість ведення по рядках, зростає ризик пошкодження рослин.

Після проходу культиватора ґрунт повинен мати дрібногрудочкувату структуру, розмір грудок не більше 20–40 мм, відсутність ущільненого шару.

Проблема серійних органів: після обробітку можуть залишатися грудки до 80–120 мм, що не відповідає агровимогам

Робочі органи повинні забезпечувати повне підрізання бур'янів, працювати стабільно на заданій глибині, не забиватися рослинними рештками, мати мінімальний тяговий опір, не пошкоджувати культурні рослини.

Недоліки серійного голчастого органу. Згідно аналізу конструкцій великий крок між дисками (175–185 мм), нерівномірне розпушування, утворення великих грудок, необхідність встановлення під кутом атаки, що збільшує опір.

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

У запропонованому робочому органі голки розміщені попарно з нахилом вліво і вправо, зменшується крок обробітку, покращується кришення ґрунту, зменшуються енерговитрати. Це принципово важливо для підвищення якості обробітку, стабільності роботи культиватора, зниження тягового опору.

Агротехнічні вимоги визначають тип робочого органу, його геометричні параметри, крок розміщення, кут атаки, глибину роботи. Саме тому конструкція робочого органу є ключовим елементом удосконалення культиватора.

Аналіз агротехнічних вимог показав, що існуючі робочі органи не повністю забезпечують необхідну якість обробітку ґрунту. Це обґрунтовує доцільність використання удосконаленого голчастого робочого органу, який забезпечує більш рівномірне розпушування та зниження енерговитрат.

3.2. Вибір і обґрунтування складу машинно-тракторного агрегату.

Для виконання міжрядного обробітку соняшнику необхідно сформувати машинно-тракторний агрегат (МТА), який забезпечить виконання технологічної операції з дотриманням агротехнічних вимог при мінімальних енерговитратах.

Для виконання міжрядного обробітку обираємо трактор – ПМЗ-80-40 з такими основними характеристиками: потужність двигуна ≈ 80 к.с. (58,8 кВт), тяговий клас – 1,4, тип рушія: колісний. Даний трактор відповідає енергомісткості операції; широко застосовується для просапних культур; забезпечує роботу з культиваторами шириною до 5,4 м.

Для міжрядного обробітку обираємо – культиватор УСМК-5,4 з такими основними параметрами: ширина захвату – 5,4 м, кількість рядків – 8, міжряддя – 70 см. Даний культиватор повністю відповідає схемі сівби соняшнику.

Склад агрегату – ПМЗ-80-40 й УСМК-5,4. Робочу швидкість агрегату приймаємо – $V = 8$ км/год (в межах агротехнічних вимог 6–10 км/год).

Розрахунок продуктивності агрегату Теоретична продуктивність визначається

$$W_T = 0,1B \cdot V, \quad (3.1)$$

де B – ширина захвату, м;

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

V – швидкість руху агрегату, км/год.

$$W_T = 0,1 \cdot 5,4 \cdot 8 = 4,32 \text{ га/год.}$$

Робоча продуктивність

$$W = W_T \cdot \tau, \quad (3.2)$$

де τ – коефіцієнт використання часу зміни, (приймаємо $\tau = 0,75$).

$$W = 4,32 \cdot 0,75 = 3,24 \text{ га/год.}$$

Змінна продуктивність

$$W_{зм} = W \cdot T, \quad (3.3)$$

де T – тривалість зміни, год.

$$W_{зм} = 3,24 \cdot 7 = 22,68 \text{ га/зміну.}$$

Кількість змін для обробітку 100 га

$$N_{зм} = \frac{F}{W_{зм}}, \quad (3.4)$$

де F – площа поля, га.

$$N_{зм} = \frac{100}{22,68} = 4,41 \approx 5 \text{ змін.}$$

Кількість агрегатів для виконання роботи в агротехнічний строк
(наприклад 3 дні)

$$n = \frac{N_{зм}}{D \cdot K_{зм}}, \quad (3.5)$$

де D – кількість днів виконання роботи;

$K_{зм}$ – коефіцієнт змінності, (приймаємо $K_{зм} = 1$).

$$n = \frac{5}{3} = 1,67 \approx 2 \text{ агрегати.}$$

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Для виконання міжрядного обробітку соняшнику на площі 100 га доцільно використовувати агрегат у складі трактора ПМЗ-80-40 та культиватора УСМК-5,4. Розрахунки показали, що змінна продуктивність становить – 22,68 га/зміну, для виконання роботи в оптимальні строки необхідно 2 агрегати. Обраний агрегат забезпечує виконання технологічної операції з дотриманням агротехнічних вимог та створює базу для подальшого удосконалення робочих органів.

3.3. Розрахунок тягового опору агрегату.

Тяговий опір агрегату є одним із основних параметрів, що визначає можливість ефективної роботи машинно-тракторного агрегату, вибір трактора та рівень енерговитрат при виконанні технологічної операції.

Загальний тяговий опір культиваторного агрегату при міжрядному обробітку визначається сумою опорів усіх робочих органів та додаткових опорів, пов'язаних із переміщенням машини по полю.

Загальний тяговий опір агрегату визначається за формулою

$$R = k \cdot B, \quad (3.6)$$

де R – загальний тяговий опір агрегату, Н;

k – питомий опір ґрунту, Н/м;

B – ширина захвату агрегату, м.

Визначення питомого опору. Питомий опір залежить від типу ґрунту, вологості, глибини обробітку, типу робочих органів.

Для міжрядного обробітку приймаємо

$$k = 1800 \dots 2500 \text{ Н/м.}$$

Приймаємо середнє значення

$$k = 2200 \text{ Н/м.}$$

Розрахунок тягового опору. Ширина захвату культиватора – $B=5,4$ м.

Тоді

$$R = 2200 \cdot 5,4 = 11880 \text{ Н.}$$

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

Отже, загальний тяговий опір агрегату становить

$$R = 11,88 \text{ кН.}$$

Перевірка відповідності трактора. Тягове зусилля трактора ПМЗ-80-40 на робочій передачі становить приблизно

$$R_{\text{тр}} = 14...16 \text{ кН.}$$

Оскільки

$$R < R_{\text{тр}}.$$

то обраний трактор забезпечує роботу агрегату з необхідним запасом тягового зусилля.

Уточнення з урахуванням типу робочого органу. Більш точно тяговий опір можна визначити через опір одного робочого органу

$$R = n \cdot r_1, \quad (3.7)$$

де n – кількість робочих органів;

r_1 – опір одного робочого органу, Н.

Для культиватора УСМК-5,4 – $n = 8$ рядків.

Приймаємо

$$r_1 = 1400 \text{ Н.}$$

Тоді

$$R = 8 \cdot 1400 = 11200 \text{ Н.}$$

Отримане значення узгоджується з попереднім розрахунком.

Згідно з конструкцією, голчастий робочий орган має наступні особливості: голки розміщені попарно з нахилом у протилежні сторони; зменшується крок між точками впливу на ґрунт; забезпечується більш рівномірне розпушування; зменшується необхідність заглиблення робочого органу. Це призводить до зменшення питомого опору. Приймаємо зменшення опору на $\Delta = 15\%$.

Тоді новий опір становить

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

$$R' = R \cdot (1 - 0,15)_1. \quad (3.8)$$

$$R' = 11880 \cdot 0,85 = 10098 \text{ Н.}$$

Після удосконалення тяговий опір зменшується приблизно на – 1,8 кН, зменшуються навантаження на трактор, знижується витрата палива, підвищується стабільність руху агрегату.

Розрахунок показав, що тяговий опір агрегату з культиватором УСМК-5,4 знаходиться в межах допустимих значень для трактора ПМЗ-80-40. Застосування удосконаленого голчастого робочого органу дозволяє зменшити тяговий опір приблизно на 15%, що підтверджує доцільність його використання та створює передумови для підвищення енергоефективності агрегату.

3.4. Розрахунок витрат палива.

Витрата палива є одним із основних експлуатаційних показників роботи машинно-тракторного агрегату. Вона характеризує енергоємність технологічної операції та безпосередньо впливає на собівартість механізованих робіт. Для міжрядного обробітку соняшнику визначення витрат палива має особливе значення, оскільки дана операція виконується у стислі агротехнічні строки і потребує раціонального використання енергетичних ресурсів.

У методичних рекомендаціях вказано, що коли нормативна витрата палива відсутня, її допускається визначати розрахунковим шляхом через потужність двигуна та годинну продуктивність агрегату. Також у пояснювальній записці формули слід подавати спочатку у загальному вигляді, а після цього підставляти числові значення і отримувати результат. Саме такого порядку дотримуємось у даному підрозділі.

Норму витрати палива на одиницю роботи визначаємо за формулою

$$g_{\text{п}} = \frac{N_{\text{ен}} \cdot q_{\text{е}} \cdot \xi}{W_{\text{год}}}, \quad (3.9)$$

де $g_{\text{п}}$ – питома витрата палива на одиницю роботи, кг/га;

$N_{\text{ен}}$ – номінальна ефективна потужність двигуна трактора, кВт;

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

q_e – питома витрата палива двигуном, кг/(кВт·год);

ξ – коефіцієнт використання потужності двигуна з урахуванням неповного завантаження, поворотів і зупинок;

$W_{\text{год}}$ – годинна продуктивність агрегату за змінним часом, га/год.

Для трактора ПМЗ-80-40 приймаємо номінальну ефективну потужність двигуна

$$N_{\text{ен}} = 58,8 \text{ кВт.}$$

Питому витрату палива для дизельного двигуна такого класу приймаємо

$$q_e = 0,24 \text{ кг/(кВт·год.)}$$

Коефіцієнт використання потужності двигуна враховує, що трактор під час роботи не весь час працює з повним навантаженням. При міжрядному обробітку частина потужності втрачається на поворотах, переїздах і коливаннях тягового опору. Для даної операції приймаємо

$$\xi = 0,80.$$

Годинна продуктивність агрегату була визначена в попередньому підрозділі і становить

$$W_{\text{год}} = 3,24 \text{ га/год.}$$

Підставляємо числові значення у формулу

$$g_{\text{п}} = \frac{58,8 \cdot 0,24 \cdot 0,80}{3,24} = 3,48 \text{ кг/га.}$$

Отже, питома витрата палива на міжрядний обробіток соняшнику становить

$$g_{\text{п}} = 3,48 \text{ кг/га.}$$

Для практичних розрахунків часто зручніше подавати витрату палива в літрах на гектар. Переведення з кілограмів у літри виконуємо через густину дизельного палива. Приймаємо густину дизельного палива

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$\rho=0,85 \text{ кг/л.}$$

Тоді витрата палива в літрах на гектар дорівнює

$$g_{\text{л}} = \frac{g_{\text{п}}}{\rho}, \quad (3.10)$$

де $g_{\text{л}}$ – витрата палива, л/га;

ρ – густина дизельного палива, кг/л.

Підставляємо значення

$$g_{\text{л}} = \frac{3,48}{0,85} = 4,09 \text{ л/га.}$$

Отже, витрата дизельного палива на 1 гектар міжрядного обробітку становить

$$g_{\text{л}} = 4,09 \text{ л/га.}$$

Далі визначимо загальну витрату палива на всю площу поля 100 га. Вона обчислюється за формулою

$$G_{\text{п}} = g_{\text{п}} \cdot F, \quad (3.11)$$

де $G_{\text{п}}$ – загальна витрата палива на виконання роботи, кг;

$g_{\text{л}}$ – питома витрата палива, кг/га;

F – площа поля, га.

Підставляємо числові значення

$$G_{\text{п}} = 3,48 \cdot 100 = 348 \text{ кг.}$$

У літрах це становитиме

$$G_{\text{л}} = g_{\text{л}} \cdot F, \quad (3.12)$$

де $G_{\text{л}}$ – загальна витрата палива, л.

$$G_{\text{л}} = 4,09 \cdot 100 = 409 \text{ л.}$$

Таким чином, для виконання міжрядного обробітку соняшнику на площі 100 га агрегатом у складі трактора ПМЗ-80-40 та культиватора УСМК-5,4 необхідно $G_{\text{п}} = 348$ кг, або $G_{\text{л}} = 409$ л палива.

Для повнішої оцінки доцільно визначити також годинну витрату палива. Вона може бути знайдена за формулою

$$G_{\text{год}} = N_{\text{ен}} \cdot g_{\text{с}} \cdot \xi, \quad (3.13)$$

де $G_{\text{год}}$ – годинна витрата палива, кг/год.

Підставляємо значення

$$G_{\text{год}} = 58,8 \cdot 0,24 \cdot 0,8 = 11,29 \text{ кг/год.}$$

У літрах за годину це дорівнює

$$G_{\text{год.л}} = \frac{11,29}{0,85} = 13,28 \text{ л/год.}$$

Отже, при роботі агрегату годинна витрата дизельного палива становить приблизно 13,3 л/год. Оскільки в попередньому підрозділі було встановлено, що застосування удосконаленого голчастого робочого органу дозволяє зменшити тяговий опір агрегату приблизно на 15%, можна очікувати відповідне зниження завантаження двигуна. Конструктивна ідея такого органу полягає у попарному нахилі голок у лівий і правий бік відносно площини дисків, що покращує технологічний процес розпушування і зменшує енерговитрати.

З урахуванням удосконалення уточнимо коефіцієнт використання потужності двигуна. Якщо для серійного органу було прийнято

$$\xi = 0,80$$

то для удосконаленого робочого органу приймемо

$$\xi = 0,68,$$

що приблизно відповідає зменшенню енергетичного навантаження на 15 %.

Тоді питома витрата палива для удосконаленого варіанта становитиме

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

$$g'_п = \frac{N_{ен} \cdot q_e \cdot \xi'}{W_{год}}, \quad (3.14)$$

де $g'_п$ – питома витрата палива для удосконаленого робочого органу, кг/га;

ξ' – уточнений коефіцієнт використання потужності двигуна.

Підставляємо значення

$$g'_п = \frac{58,8 \cdot 0,24 \cdot 0,68}{3,24} = 2,96 \text{ кг/га.}$$

У літрах на гектар це дорівнює

$$g'_л = \frac{2,96}{0,85} = 3,48 \text{ л/га.}$$

Тоді загальна витрата палива на 100 га становитиме

$$G'_п = 2,96 \cdot 100 = 296 \text{ кг/га.}$$

$$G'_л = 3,48 \cdot 100 = 348 \text{ л/га.}$$

Абсолютна економія палива в кілограмах дорівнює

$$\Delta G_п = 348 - 296 = 52 \text{ кг.}$$

Абсолютна економія в літрах дорівнює

$$\Delta G_л = 409 - 348 = 61 \text{ л.}$$

Відносна економія палива становить

$$\eta = \frac{G_л - G'_л}{G_л} \cdot 100, \quad (3.14)$$

де η – відносне зниження витрати палива, %.

$$\eta = \frac{409 - 348}{409} \cdot 100 = 14,9\%,$$

Отже, застосування удосконаленого голчастого робочого органу дає можливість знизити витрату палива приблизно на 15 %, що добре узгоджується з отриманим раніше зменшенням тягового опору агрегату.

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

У результаті проведених розрахунків встановлено, що для серійного варіанта агрегату витрата дизельного палива становить 4,09 л/га, а для удосконаленого – 3,48 л/га. Для площі 100 га це забезпечує економію близько 61 л палива. Отриманий результат свідчить про енергетичну доцільність застосування нового голчастого робочого органу, конструкція якого спрямована на покращення розпушування ґрунту та зниження енерговитрат.

Розрахунок показав, що витрата палива при міжрядному обробітку соняшнику агрегатом ПМЗ-80-40 + УСМК-5,4 становить 3,48 кг/га або 4,09 л/га. Для обробітку поля площею 100 га потрібно 348 кг або 409 л дизельного палива.

При використанні удосконаленого голчастого робочого органу витрата палива зменшується до 2,96 кг/га або 3,48 л/га. Загальна економія на площі 100 га становить 52 кг або 61 л палива. Це підтверджує доцільність модернізації культиватора та ефективність застосування запропонованої конструкції робочого органу.

3.5 Розрахунок потреби в агрегатах і тривалості виконання роботи.

Одним із важливих етапів розробки операційної технології є визначення кількості машинно-тракторних агрегатів, необхідних для виконання заданого обсягу робіт у встановлені агротехнічні строки. Правильне визначення потреби в агрегатах дає можливість своєчасно виконати міжрядний обробіток, уникнути запізнення з проведенням технологічної операції та забезпечити належну якість догляду за посівами соняшнику.

При складанні технологічної карти необхідно визначати обсяг робіт, тривалість їх виконання, коефіцієнт змінності, кількість агрегатів, число нормозмін, а також потребу в механізаторах і паливі. Для технологічних агрегатів, до яких належить культиваторний агрегат, обсяг робіт визначається через площу поля та кратність виконання операції.

У даній роботі розглядається міжрядний обробіток соняшнику на площі 100 га. Оскільки міжрядна культивація за технологією виконується двічі, то для

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

повного сезонного обсягу робіт необхідно врахувати кратність виконання операції.

Обсяг робіт визначаємо за формулою

$$\Omega = F \cdot k, \quad (3.15)$$

де Ω – загальний обсяг робіт, га;

F – площа посіву соняшнику, га;

k – кратність виконання операції.

Площа поля становить $F=100$ га. Для міжрядного обробітку приймаємо дворазове виконання операції, тобто $k=2$. Тоді загальний сезонний обсяг робіт дорівнює

$$\Omega = 100 \cdot 2 = 200 \text{ га.}$$

Отже, за вегетаційний період культиваторний агрегат повинен виконати 200 га міжрядного обробітку. Разом з тим, для кожної окремої культивації обсяг робіт становитиме

$$\Omega_1 = 100 \text{ га.}$$

тобто на перший і на другий міжрядний обробіток окремо припадає по 100 га.

У попередніх підрозділах було визначено, що робоча продуктивність агрегату за годину змінного часу становить $W_{\text{год}} = 3,24$ га/год. Тривалість зміни приймаємо відповідно до методичних рекомендацій – $T_{\text{зм}} = 7$ год. Тоді змінна продуктивність агрегату – $W_{\text{зм}} = 22,68$ га/зм. Отже, один агрегат за одну зміну може обробити 22,68 га.

Далі визначаємо число нормо-змін, необхідних для виконання одного міжрядного обробітку. Це число визначається діленням обсягу робіт на змінну продуктивність агрегату

$$N_{\text{зм}} = \frac{\Omega_1}{W_{\text{зм}}}, \quad (3.16)$$

де $N_{\text{зм}}$ – кількість нормо-змін;

Ω_1 – обсяг робіт для одного обробітку, га;

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

$W_{зм}$ – змінна продуктивність агрегату, га/зміну.

Підставляємо значення

$$N_{зм} = \frac{100}{22,68} = 4,41.$$

Отже, для виконання одного міжрядного обробітку необхідно 4,41 нормо-зміни, тобто фактично 5 змін. Для двох міжрядних обробітків загальна потреба в нормо-змінах становитиме

$$N_{зм}^{\Sigma} = \frac{200}{22,68} = 8,82.$$

Отже, на весь сезонний обсяг робіт необхідно 8,82 нормо-зміни, тобто практично 9 змін.

Наступним етапом є визначення кількості агрегатів, які потрібно залучити для виконання роботи в заданий агротехнічний строк. За рекомендаціями кількість агрегатів визначається за формулою

$$n_a = \frac{\Omega}{W_{зм} \cdot K_{зм} \cdot D_{тр}}, \quad (3.17)$$

де n_a – необхідна кількість агрегатів;

Ω – обсяг робіт, га;

$W_{зм}$ – змінна продуктивність одного агрегату, га/зміну;

$K_{зм}$ – коефіцієнт змінності;

$D_{тр}$ – агротехнічний строк виконання робіт, днів.

Для міжрядного обробітку соняшнику приймаємо однозмінну роботу, тобто

$$K_{зм} = 1.$$

Агротехнічний строк для проведення однієї міжрядної культивуації приймаємо

$$D_{тр} = 3 \text{ дні.}$$

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Це обумовлено тим, що міжрядний обробіток повинен бути виконаний у короткий строк, щоб не допустити переростання бур'янів та надмірного ущільнення ґрунту. Тоді для одного міжрядного обробітку кількість агрегатів становитиме

$$n_{a1} = \frac{100}{22,68 \cdot 1 \cdot 3} = 1,47.$$

Отже, для виконання одного міжрядного обробітку в триденний строк необхідно

$$n_{a1} = 2 \text{ агрегати.}$$

Округлення виконуємо у більший бік, оскільки частина агрегату фактично не може бути використана.

Для перевірки визначимо фактичну тривалість виконання роботи одним агрегатом. Вона розраховується за формулою

$$D_{\phi} = \frac{\Omega_1}{n_a \cdot W_{3M} \cdot K_{3M}}, \quad (3.18)$$

де D_{ϕ} – фактична тривалість роботи, днів;

Ω_1 – обсяг робіт, га;

n_a – кількість агрегатів;

W_{3M} – змінна продуктивність одного агрегату, га/зміну;

K_{3M} – коефіцієнт змінності.

Підставляємо значення для двох агрегатів

$$D_{\phi} = \frac{100}{2 \cdot 22,68 \cdot 1} = 2,20 \text{ дня.}$$

Отже, при використанні двох агрегатів міжрядний обробіток 100 га буде виконаний за 2,2 дня, що відповідає агротехнічним вимогам. Для повноти аналізу доцільно також визначити, скільки часу потрібно на виконання роботи одним агрегатом. У цьому випадку маємо

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$D_{\phi 1} = \frac{100}{1 \cdot 22,68 \cdot 1} = 4,41 \text{ дня.}$$

Отже, один агрегат не забезпечує виконання роботи у триденний строк. Це означає, що для своєчасного проведення одного міжрядного обробітку потрібно саме два агрегати.

Далі визначимо кількість механізаторів, необхідних для виконання роботи. За методичними рекомендаціями вона визначається як добуток кількості агрегатів, числа механізаторів на один агрегат і коефіцієнта змінності. Оскільки культиваторний агрегат обслуговується одним трактористом-машиністом, маємо

$$n_m = n_a \cdot m_m \cdot K_{zm}, \quad (3.19)$$

де n_m – кількість механізаторів, осіб;

m_m – кількість механізаторів на один агрегат.

Приймаємо

$$m_m = 1.$$

Тоді

$$n_m = 2 \cdot 1 \cdot 1 = 2.$$

Отже, для виконання міжрядного обробітку потрібно 2 механізatori.

Кількість допоміжних працівників у даній операції не передбачається, тому

$$n_d = 0.$$

Оцінімо також затрати праці на один гектар. Згідно з методичними рекомендаціями вони визначаються за формулою

$$Z_{\pi} = \frac{m_m + m_d}{W_{\text{год}}}, \quad (3.20)$$

де Z_{π} – затрати праці, люд.-год/га;

m_m – кількість механізаторів на один агрегат;

m_d – кількість допоміжних працівників на один агрегат;

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$W_{\text{год}}$ – годинна продуктивність агрегату, га/год.

Підставляємо значення

$$z_{\text{п}} = \frac{1+0}{3,24} = 0,31 \text{ люд.-год/га.}$$

Отже, затрати праці на міжрядний обробіток становлять 0,31 люд.-год/га.
Для площі 100 га загальні затрати праці дорівнюватимуть

$$z_{\text{заг}} = 0,31 \cdot 100 = 31 \text{ люд.-год.}$$

Для двох міжрядних обробітків

$$z_{\text{заг}}^{\Sigma} = 31 \cdot 2 = 62 \text{ люд.-год.}$$

Тобто за сезон на виконання двох міжрядних культивацій потрібно 62 люд.-год.

Для завершення розрахунку визначимо добову продуктивність одного агрегату. Вона дорівнює змінній продуктивності, помноженій на коефіцієнт змінності

$$W_{\text{д}} = W_{\text{зм}} \cdot K_{\text{зм}}, \quad (3.21)$$

де $W_{\text{д}}$ – добова продуктивність агрегату, га/добу.

Підставляємо значення

$$W_{\text{д}} = 22,68 \cdot 1 = 22,68 \text{ га/добу.}$$

Отже, два агрегати за добу забезпечать

$$W_{\text{д}}^{\Sigma} = 22,68 \cdot 2 = 45,36 \text{ га/добу.}$$

Цей результат узгоджується з попереднім визначенням фактичної тривалості виконання роботи 2,2 дня на площі 100 га.

Таким чином, проведені розрахунки показують, що при однозмінній роботі одного агрегату ПМЗ-80-40 + УСМК-5,4 для виконання міжрядного обробітку 100 га потрібно 4,41 зміни або 4,41 доби. Оскільки агротехнічний строк виконання операції прийнято 3 доби, необхідно залучити два агрегати. У такому

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

випадку фактична тривалість виконання роботи становитиме 2,2 доби, що повністю відповідає агротехнічним вимогам і забезпечує своєчасне виконання операції.

У результаті розрахунку встановлено, що при площі соняшнику 100 га і дворазовому міжрядному обробітку загальний сезонний обсяг робіт становить 200 га. Змінна продуктивність одного агрегату ПМЗ-80-40 + УСМК-5,4 дорівнює 22,68 га/зміну. Для виконання одного міжрядного обробітку на площі 100 га в агротехнічний строк 3 дні необхідно 2 агрегати. При цьому фактична тривалість роботи становитиме 2,2 дня, а потреба в механізаторах – 2 особи. Загальні затрати праці на один міжрядний обробіток становлять 31 люд.-год, а на два обробітки за сезон – 62 люд.-год.

3. 6. Висновки по розділу.

На основі аналізу агротехнічних вимог встановлено, що міжрядний обробіток повинен забезпечувати ефективне знищення бур'янів, розпушення ґрунту та збереження вологи при мінімальному пошкодженні культурних рослин. Виявлено, що якість виконання цієї операції значною мірою залежить від конструкції робочих органів культиватора. Обґрунтовано склад машинно-тракторного агрегату у складі трактора ПМЗ-80-40 та культиватора УСМК-5,4, який відповідає умовам виконання технологічної операції та забезпечує необхідну продуктивність.

У результаті розрахунків встановлено, що: робоча продуктивність агрегату становить – 3,24 га/год, а змінна – 22,68 га/зміну; тяговий опір агрегату знаходиться в межах допустимого для обраного трактора і становить близько 11–12 кН; витрата палива становить 3,48 кг/га або 4,09 л/га, а на площу 100 га – 409 л; при використанні удосконаленого голчастого робочого органу витрата палива зменшується приблизно на 15%, що забезпечує економію близько 60 л на 100 га; для виконання одного міжрядного обробітку у встановлений агротехнічний строк необхідно використовувати 2 агрегати; загальні затрати праці становлять 0,31 люд.-год/га.

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

4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1. Аналіз конструкції культиватора УСМК-5,4.

Культиватор УСМК-5,4 призначений для міжрядного обробітку просапних культур, зокрема соняшнику, кукурудзи та інших культур, що висіваються з міжряддям 70 см. Він забезпечує розпушування ґрунту, знищення бур'янів та покращення повітряного і водного режимів ґрунту.

Культиватор УСМК-5,4 є навісною сільськогосподарською машиною і складається з таких основних вузлів: рама; навісний пристрій; опорні колеса; секції робочих органів; механізми регулювання глибини; робочі органи (лапи, диски, підгортачі тощо), рис. 4.1.



Рисунок 4.1 – Загальний вигляд культиватора УСМК-5,4

Рама культиватора є зварною конструкцією, яка забезпечує жорсткість і служить основою для кріплення всіх інших вузлів. На рамі розміщені секції робочих органів, кількість яких відповідає числу оброблюваних міжрядь.

Кожна секція культиватора призначена для обробітку одного міжряддя і включає: стояк; кріплення робочих органів; робочі органи; регулювальні елементи. Секції встановлюються на рамі з можливістю регулювання відповідно до ширини міжрядь (рис. 4.2).

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

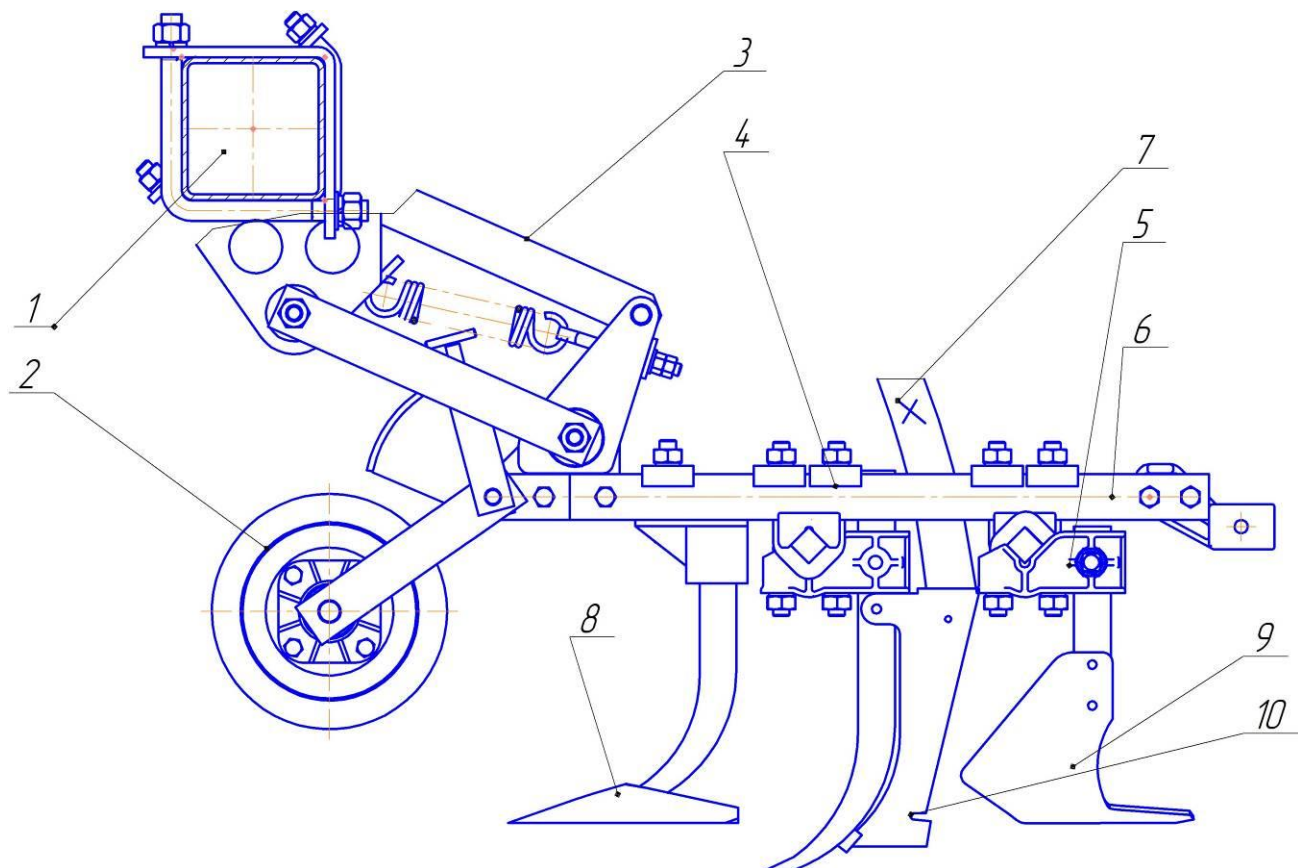


Рисунок 4.2 – Секція культиватора: 1 – брус-рама; 2 – колесо копіювальне; 3 – паралелограмний механізм підвіски робочих органів; 4 – хомут кріплення робочих органів; 5 – тримач робочих органів; 6 – рама секції; 7 – тукопровід; 8 – лапа стрілочаста; 9 – лапа однобічна; 10 – підживлюючий ніж

У серійному виконанні культиватор комплектується: стрілочастими лапами; плоскорізальними лапами; ротаційними або дисковими органами (в окремих комплектаціях).

Основним робочим органом є лапа, яка виконує підрізання бур'янів, розпушування ґрунту, часткове перемішування ґрунту.

При русі агрегату робочі органи заглиблюються в ґрунт на задану глибину і виконують його розпушування. Одночасно відбувається підрізання бур'янів і руйнування ґрунтової кірки.

Глибина обробітку регулюється положенням опорних коліс, кутом установки робочих органів. Культиватор має наступні переваги: універсальність застосування; можливість роботи з різними типами робочих органів; достатня ширина захвату; простота конструкції та обслуговування.

Недоліки серійної конструкції. Разом з тим, аналіз показує наявність ряду недоліків: недостатня якість розпушування верхнього шару ґрунту. Через конструкцію лап можливе утворення великих грудок; обмежена ефективність боротьби з дрібними бур'янами, лапи не забезпечують повного знищення ниткоподібних сходів. Підвищений тяговий опір, особливо при роботі на ущільнених ґрунтах, Пошкодження культурних рослин, при малій захисній зоні можливе підрізання кореневої системи.

Необхідність удосконалення. Виявлені недоліки свідчать про те, що підвищення ефективності роботи культиватора можливе за рахунок удосконалення робочих органів. Перспективним напрямом є використання голчастих робочих органів та захисних дисків, які забезпечують більш делікатну обробку ґрунту, покращують кришення ґрунту; зменшують пошкодження рослин; знижують енерговитрати.

Особливий інтерес становить конструкція голчастого робочого органу, в якій голки розміщені попарно з нахилом у різні боки, що дозволяє зменшити крок обробітку і підвищити якість розпушування ґрунту.

Аналіз конструкції культиватора УСМК-5,4 показав, що він у цілому відповідає вимогам міжрядного обробітку, однак має недоліки, пов'язані з конструкцією робочих органів. Це обґрунтовує доцільність їх удосконалення шляхом застосування голчастого робочого органу нової конструкції.

4.2. Аналіз існуючих робочих органів і засобів захисту рядка.

Ефективність міжрядного обробітку значною мірою визначається типом застосованих робочих органів та наявністю елементів, що забезпечують захист культурних рослин. При вирощуванні соняшнику особливого значення набуває поєднання якісного розпушування ґрунту із мінімальним пошкодженням рослин у рядку.

Робочі органи культиваторів для міжрядного обробітку можна поділити на такі основні групи:

- лапові робочі органи. До них відносяться стрілчасті, долотоподібні та плоскорізальні лапи, вони широко застосовуються у серійних культиваторах, зокрема УСМК-5,4;
- стрілчасті лапи забезпечують підрізання бур'янів по всій ширині захвату, однак мають значний тяговий опір і можуть викидати ґрунт у бік рядка, що призводить до часткового загортання рослин;
- плоскорізальні лапи працюють на меншій глибині та забезпечують зниження енерговитрат, проте їх ефективність у боротьбі з бур'янами нижча;
- ротаційні робочі органи. До цієї групи належать голчасті та дискові органи, які перекочуються по поверхні ґрунту;
- голчасті робочі органи забезпечують інтенсивне кришення ґрунту, руйнування ґрунтової кірки та знищення ниткоподібних сходів бур'янів. Разом з тим, серійні конструкції мають значний крок між голками, що знижує рівномірність обробітку.

Згідно з аналізом конструкцій, відстань між дисками становить 175...185 мм, що призводить до утворення грудок розміром до 80–120 мм, тоді як агротехнічні вимоги обмежують цей показник 20–40 мм.

Комбіновані робочі органи поєднують лапові та ротаційні елементи. Вони забезпечують більш повний обробіток ґрунту, однак ускладнюють конструкцію агрегату і підвищують його масу.

Аналіз засобів захисту рядка. При міжрядному обробітку важливим є забезпечення захисту рослин від загортання ґрунтом та механічного пошкодження. Для цього застосовують спеціальні захисні пристрої, серед яких найбільш поширеними є: щитки (пластини); захисні диски; напрямні елементи.

Щитки (захисні пластини) встановлюються поблизу робочих органів і обмежують переміщення ґрунту у напрямку рядка. Недоліками щитків є: накопичення ґрунту і рослинних решток; нестабільність роботи на вологих ґрунтах; недостатня ефективність при високих швидкостях.

Більш ефективним засобом є застосування захисних дисків. Захисні диски встановлюються з обох боків рядка і виконують функцію обмеження потоку

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

грунту. Під час руху агрегату диски перекочуються по поверхні ґрунту, відводячи розпушений ґрунт від рядка рослин. Основні переваги захисних дисків: забезпечують стабільну захисну зону; зменшують загортання рослин; не забиваються ґрунтом; працюють ефективно на підвищених швидкостях; покращують якість обробітку поблизу рядка. Застосування захисних дисків особливо важливе при використанні активних або ротаційних робочих органів, які інтенсивно переміщують ґрунт.

Аналіз показує, що традиційні лапові робочі органи без додаткових захисних елементів не забезпечують необхідної якості обробітку в зоні рядка. Вони можуть призводити до загортання рослин, особливо при збільшенні швидкості руху агрегату. Голчасті робочі органи, у свою чергу, забезпечують кращу структуру ґрунту і зниження енерговитрат, але також потребують застосування засобів захисту рядка. Захисні диски є найбільш ефективним рішенням, оскільки вони поєднують простоту конструкції з високою ефективністю роботи.

На основі проведеного аналізу доцільно застосувати комбіноване рішення, яке включає: удосконалений голчастий робочий орган; захисні диски для обмеження переміщення ґрунту. Таке поєднання дозволяє покращити якість розпушування ґрунту, зменшити розміри грудок, знизити тяговий опір, забезпечити надійний захист рослин.

Аналіз існуючих робочих органів показав, що жоден із них окремо не забезпечує повного виконання агротехнічних вимог міжрядного обробітку. Найбільш ефективним є поєднання голчастого робочого органу з захисними дисками, що дозволяє одночасно покращити якість обробітку ґрунту і зменшити пошкодження рослин.

4.3. Обґрунтування конструктивної схеми удосконаленої секції культиватора.

Підвищення ефективності міжрядного обробітку соняшнику можливе за рахунок удосконалення робочих органів культиватора та впровадження додаткових елементів, що забезпечують дотримання агротехнічних вимог. На

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

основі проведеного аналізу конструкції культиватора УСМК-5,4 та існуючих робочих органів встановлено, що основними напрямками удосконалення є покращення якості розпушування ґрунту та зменшення пошкодження рослин у рядку.

Суть запропонованого удосконалення полягає у модернізації робочої секції культиватора шляхом: заміни серійних робочих органів на удосконалений голчастий робочий орган; встановлення захисних дисків для обмеження переміщення ґрунту у напрямку рядка, рис. 4.3.

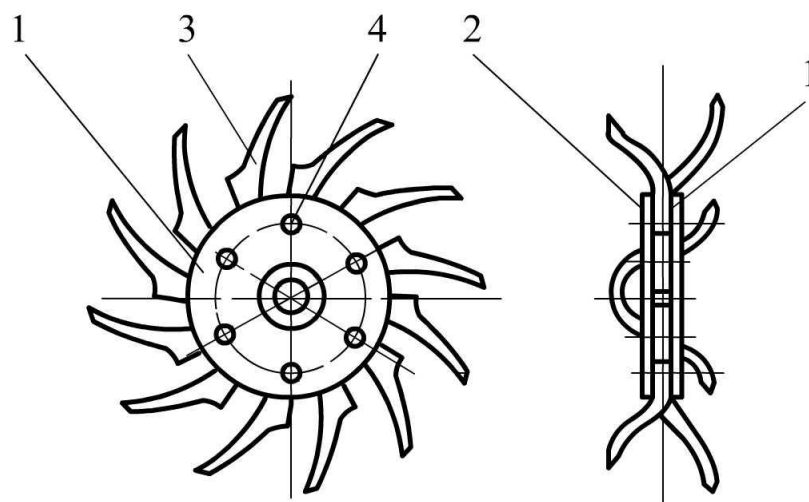


Рисунок 4.3 – Запропоноване удосконалення голчастого робочого орган а: 1, 2 – диски кріплення голок; 3 – змінені голки; 4 – заклепки кріплення голок

Таке конструктивне рішення дозволяє одночасно вирішити дві основні задачі: покращення структури ґрунту в міжрядді та забезпечення захисту рослин від загортання.

В основу удосконалення покладено конструкцію голчастого робочого органу, в якій: робочий орган складається з двох дисків; між дисками закріплені голки; голки розміщені попарно; кожна пара голок нахилена у протилежні боки відносно вертикальної площини диска.

Таке розміщення голок забезпечує зменшення кроку обробітку, більш рівномірне розпушування ґрунту, покращення кришення ґрунтових грудок, зниження енерговитрат за рахунок зменшення опору руху.

Конструктивні особливості даного органу підтверджують, що він забезпечує обробіток більшої площі при меншій кількості робочих елементів та підвищує ефективність розпушування ґрунту.

Захисні диски встановлюються по обидві сторони рядка рослин і закріплюються на секції культиватора за допомогою спеціальних кронштейнів.

Основні особливості конструкції: диски мають сферичну або плоску форму; встановлюються під кутом до напрямку руху; можуть регулюватися по висоті та положенню відносно рядка; працюють у режимі перекочування. При роботі диски відводять розпушений ґрунт у бік міжряддя, не допускаючи його переміщення в зону розміщення рослин.

Схема взаємодії елементів секції. Удосконалена секція культиватора включає такі елементи: стояк секції; кронштейн кріплення робочого органу; голчастий робочий орган; захисні диски; механізми регулювання. При русі агрегату голчастий робочий орган виконує розпушування ґрунту та руйнування кірки. Ґрунт, що переміщується робочим органом, спрямовується у бік. Захисні диски обмежують цей потік і не допускають його потрапляння в рядок, рис. 4.4.

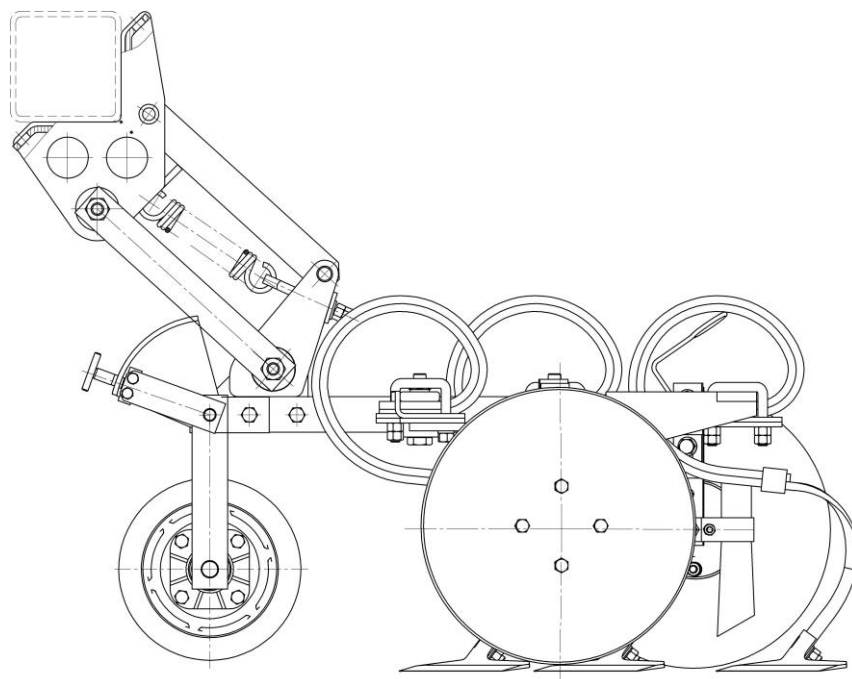


Рисунок 4.4 – Запропоноване удосконалення секції із захисними дисками

Таким чином забезпечується чітке розділення зон: зона активного обробітку; зона розміщення рослин.

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

Запропонована конструкція має наступні переваги: підвищення якості розпушування ґрунту; зменшення розмірів ґрунтових грудок; ефективніше знищення бур'янів; зниження тягового опору агрегату; зменшення витрат палива; зниження пошкодження культурних рослин; стабільне дотримання захисної зони.

Удосконалена конструкція дозволяє працювати на більших швидкостях без погіршення якості; зменшити навантаження на трактор; підвищити продуктивність агрегату; зменшити експлуатаційні витрати.

Обґрунтовано конструктивну схему удосконаленої секції культиватора УСМК-5,4, яка передбачає використання голчастого робочого органу нової конструкції та захисних дисків. Запропоноване рішення дозволяє підвищити якість міжрядного обробітку, зменшити енерговитрати та забезпечити надійний захист рослин сояшнику.

4.4. Опис будови і принципу роботи удосконаленої секції культиватора.

Удосконалена секція культиватора УСМК-5,4 призначена для виконання міжрядного обробітку сояшнику з підвищеною якістю розпушування ґрунту та зменшеним пошкодженням рослин у рядку. Конструкція секції базується на серійному виконанні, але доповнена удосконаленим голчастим робочим органом і захисними дисками.

При русі агрегату секція культиватора взаємодіє з ґрунтом і виконує технологічний процес міжрядного обробітку. Голчастий робочий орган заглиблюється в ґрунт на задану глибину і, перекочуючись по поверхні, здійснює його розпушування. Криволінійні голки проникають у верхній шар ґрунту, руйнують його структуру, подрібнюють грудки та підрізають бур'яни. Завдяки попарному нахилу голок у протилежні боки створюється більш рівномірний розподіл зусиль, що забезпечує зменшення кроку обробітку, більш інтенсивне кришення ґрунту, зниження нерівномірності розпушування, зменшення тягового опору.

Під час роботи частина ґрунту переміщується у напрямку рядка рослин. Для запобігання цьому використовуються захисні диски.

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

Захисні диски перекочуються по поверхні ґрунту та виконують функцію бар'єра, який обмежує переміщення розпушеного ґрунту. Вони відводять ґрунт у бік міжряддя і не допускають його потрапляння в зону розміщення рослин. Таким чином, забезпечується збереження рослин від загортання, дотримання захисної зони, покращення умов росту рослин.

Конструкція секції передбачає можливість регулювання: глибини обробітку – шляхом зміни положення опорних елементів; положення голчастого органу – відносно поверхні ґрунту; положення захисних дисків – по висоті та відстані до рядка.

Це дозволяє адаптувати роботу секції до різних умов: типу ґрунту; фази розвитку рослин; ступеня забур'яненості.

На легких ґрунтах робочий орган працює на більшій глибині, забезпечуючи ефективне розпушування. На важких ґрунтах глибина зменшується для запобігання підвищенню тягового опору. При ранніх фазах розвитку рослин захисні диски встановлюються ближче до рядка для максимального захисту. У пізніших фазах їх положення може бути змінено.

Переваги роботи удосконаленої секції. Удосконалена секція забезпечує: більш рівномірне розпушування ґрунту; ефективне руйнування ґрунтової кірки; знищення дрібних бур'янів; зменшення енерговитрат; зниження пошкодження рослин; підвищення якості міжрядного обробітку.

Розроблена конструкція удосконаленої секції культиватора УСМК-5,4 забезпечує поєднання ефективного розпушування ґрунту та надійного захисту рослин. Використання голчастого робочого органу нової конструкції разом із захисними дисками дозволяє підвищити якість виконання технологічної операції та зменшити енерговитрати.

4.5. Розрахунок сил, що діють на робочий орган.

Для забезпечення надійної роботи удосконаленого голчастого робочого органу необхідно визначити сили, що діють на нього під час взаємодії з ґрунтом.

Це дає можливість обґрунтувати конструктивні параметри, оцінити навантаження на вузли та виконати подальші розрахунки на міцність. Під час роботи на голчастий робочий орган діють сили опору ґрунту, які можна умовно розкласти на дві складові: горизонтальна складова, спрямована проти руху агрегату; вертикальна складова, яка або заглиблює, або виштовхує робочий орган із ґрунту. Крім того, на робочий орган діють: сила ваги конструкції; реакції ґрунту; сили тертя в підшипниковому вузлі.

Основною для розрахунку є сила опору ґрунту. Визначення сили опору одного робочого органу виконуємо за формулою

$$P = k \cdot b \cdot h, \quad (4.1)$$

де P – сила опору одного робочого органу, Н;

k – питомий опір ґрунту, Н/м²;

b – ширина захвату робочого органу, м;

h – глибина обробітку, м.

Прийняття вихідних даних. Для умов міжрядного обробітку приймаємо питомий опір ґрунту

$$k = 30000 \text{ Н/м}^2.$$

ширина захвату одного робочого органу (відповідає одному міжряддю)

$$b = 0,7 \text{ м.}$$

глибина обробітку

$$h = 0,06 \text{ м.}$$

Розрахунок сили опору

$$P = 30000 \cdot 0,7 \cdot 0,06 = 1260 \text{ Н.}$$

Отже, сила опору ґрунту для одного робочого органу становить – 1260 Н.

Розкладання сили на складові. Сила опору діє під кутом до горизонту.

Приймаємо кут прикладання сили

$$\alpha = 20^\circ.$$

Горизонтальна складова визначається

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$P_x = P \cdot \cos \alpha, \quad (4.2)$$

де P_x – горизонтальна складова сили, Н.

$$P_x = 1260 \cdot \cos 20^\circ = 1184 \text{ Н.}$$

Вертикальна складова

$$P_y = P \cdot \sin \alpha, \quad (4.3)$$

де P_y – вертикальна складова сили, Н.

$$P_y = 1260 \cdot \sin 20^\circ = 428 \text{ Н.}$$

Врахування особливостей голчастого органу/ Удосконалений голчастий робочий орган має конструктивні особливості: перекочування по поверхні ґрунту; попарне розміщення голок; зменшення площі контакту з ґрунтом. Це призводить до зменшення сили опору порівняно з традиційними лапами.

Приймаємо зменшення сили опору

$$\Delta = 15\%.$$

Тоді уточнене значення сили

$$P' = P \cdot (1 - 0,15), \quad (4.4)$$

$$P' = 1260 \cdot (1 - 0,15) = 1071 \text{ Н.}$$

Навантаження на вісь робочого органу. Сила, що діє на вісь, визначається як рівнодіюча сил

$$R = \sqrt{P_x^2 + P_y^2}. \quad (4.5)$$

Підставляємо значення

$$R = \sqrt{1184^2 + 428^2} = 1259 \text{ Н.}$$

З урахуванням удосконалення

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$R' = 1259 \cdot 0,85 = 1070 \text{ Н.}$$

Навантаження на підшипниковий вузол. Оскільки робочий орган обертається, навантаження на підшипник визначається як радіальне

$$R_{\pi} = R'.$$

$$R_{\pi} = 1070 \text{ Н.}$$

Це значення використовується для підбору підшипників.

Отримані значення показують, що сила опору одного робочого органу становить близько – 1,1–1,3 кН; горизонтальна складова є основною і визначає тяговий опір; вертикальна складова впливає на заглиблення органу; удосконалена конструкція знижує навантаження приблизно на 15%. Розрахунок сил, що діють на голчастий робочий орган, показав, що основне навантаження формується за рахунок опору ґрунту. Отримані значення сил дозволяють виконати подальші розрахунки на міцність елементів конструкції. Застосування удосконаленого робочого органу дозволяє зменшити сили взаємодії з ґрунтом, що знижує навантаження на вузли культиватора та підвищує його надійність.

4.6. Розрахунок на міцність елементів голчастого робочого органу.

Однією з основних умов працездатності удосконаленого голчастого робочого органу є забезпечення достатньої міцності його елементів при дії робочих навантажень. Під час міжрядного обробітку найбільших навантажень зазнають вісь робочого органу та голки, які безпосередньо взаємодіють із ґрунтом. Тому в даному підрозділі доцільно виконати перевірочний розрахунок цих елементів на міцність.

У попередньому підрозділі було встановлено, що розрахункова сила, яка діє на один удосконалений робочий орган, становить $P'=1071 \text{ Н}$. Це значення приймаємо як основне робоче навантаження для подальших розрахунків.

Вісь голчастого робочого органу сприймає навантаження від реакції ґрунту, яке передається через диски та підшипникові опори. Для спрощеного інженерного розрахунку вісь можна розглядати як балку, навантажену зосередженою силою в середній частині.

Максимальний згинальний момент для такої схеми визначається за формулою

$$M = \frac{P' \cdot l}{4}, \quad (4.6)$$

де M – згинальний момент, Н·м;

P' – розрахункова сила, що діє на вісь, Н;

l – відстань між опорами осі, м.

Приймаємо відстань між опорами

$$l = 0,18 \text{ м.}$$

Тоді згинальний момент становитиме

$$M = \frac{1071 \cdot 0,18}{4} = 48,20 \text{ Н·м.}$$

Для круглого перерізу осі момент опору при згині визначається за формулою

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32}, \quad (4.7)$$

де W – момент опору перерізу, м³;

d – діаметр осі, м.

Приймаємо діаметр осі

$$d = 0,03 \text{ м.}$$

Тоді момент опору дорівнює

$$W = \frac{3,14 \cdot (0,03)^3}{32} = 2,65 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Напруження згину визначається за формулою

$$\sigma = \frac{M}{W}, \quad (4.7)$$

де σ – напруження згину, Па.

Підставляємо числові значення

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

$$\sigma = \frac{48,20}{2,65 \cdot 10^{-6}} = 18,19 \text{ МПа.}$$

Отже, напруження згину в осі становить – 18,19 МПа.

Для виготовлення осі доцільно застосувати сталь 45, для якої допустиме напруження при згині можна прийняти

$$[\sigma] = 160 \text{ МПа.}$$

Умова міцності має вигляд

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

Порівнюємо значення

$$18,19 < 160,$$

отже, умова міцності виконується, а вісь робочого органу має достатній запас міцності.

Визначення коефіцієнта запасу міцності для осі. Коефіцієнт запасу міцності визначається за формулою

$$n = \frac{[\sigma]}{\sigma}, \quad (4.8)$$

де n – коефіцієнт запасу міцності.

Підставляємо значення

$$n = \frac{160}{18,19} = 8,80.$$

Отже, коефіцієнт запасу міцності осі становить – 8,8, що є достатнім для умов роботи культиватора.

Розрахунок голки робочого органу на згин. Голки є найбільш навантаженими елементами, оскільки безпосередньо контактують із ґрунтом. У спрощеній схемі голку можна розглядати як консольний стрижень, до вільного кінця якого прикладена сила опору ґрунту.

Оскільки загальна сила на робочий орган розподіляється між окремими голками, приймемо, що одночасно основне навантаження сприймають дві голки. Тоді навантаження на одну голку дорівнює

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$P_r = \frac{P'}{2}, \quad (4.9)$$

де P_r – сила, що діє на одну голку, Н.

$$P_r = \frac{1071}{2} = 535,5 \text{ Н.}$$

Максимальний згинальний момент у місці закріплення голки визначається за формулою

$$M_r = P_r \cdot l_r, \quad (4.10)$$

де M_r – згинальний момент у голці, Н·м;

l_r – довжина вильоту голки, м.

Приймаємо довжину робочої частини голки

$$l_r = 0,12 \text{ м.}$$

Тоді

$$M_r = 535,5 \cdot 0,12 = 64,26 \text{ Н·м.}$$

Голка має круглий переріз. Момент опору круглого перерізу визначається за формулою

$$W_r = \frac{\pi \cdot d_r^3}{32}, \quad (4.11)$$

де W_r – момент опору перерізу голки, м³/32;

d_r – діаметр голки, м.

Приймаємо діаметр голки

$$d_r = 0,016 \text{ м.}$$

Тоді

$$W_r = \frac{3,14 \cdot 0,016^3}{32} = 4,02 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3.$$

Напруження згину в голці дорівнює

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

$$\sigma_r = \frac{M_r}{W_r}, \quad (4.12)$$

де σ_r – напруження згину в голці, Па.

Підставляємо значення

$$\sigma_r = \frac{64,26}{4,02 \cdot 10^{-7}} = 159,85 \text{ МПа.}$$

Отже, напруження згину в голці становить – 159,85 МПа.

Для виготовлення голок доцільно використовувати пружинну або леговану конструкційну сталь з допустимим напруженням

$$[\sigma_r] = 280 \text{ МПа.}$$

Перевіряємо умову міцності

$$\sigma_r \leq [\sigma_r].$$

$$159,85 < 280.$$

Отже, умова міцності для голки також виконується.

Коефіцієнт запасу міцності для голки. Коефіцієнт запасу міцності для голки визначаємо за формулою

$$n_r = \frac{[\sigma_r]}{\sigma_r}, \quad (4.13)$$

де n_r – коефіцієнт запасу міцності голки.

Підставляємо значення

$$n_r = \frac{280}{159,85} = 1,75.$$

Отже, коефіцієнт запасу міцності голки становить – 1,75, що можна вважати допустимим для умов роботи при змінних навантаженнях, однак цей елемент є більш відповідальним і потребує якісного вибору матеріалу та термообробки.

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

Перевірка пальця або болта кріплення голки на зріз. Оскільки голки кріпляться до дисків болтовим або пальцевим з'єднанням, доцільно виконати перевірку кріпильного елемента на зріз. Напруження зрізу визначається за формулою

$$\tau = \frac{P_r}{A}, \quad (4.14)$$

де τ – напруження зрізу, Па;

P_r – сила, що діє на голку, Н;

A – площа поперечного перерізу болта, м².

Площа поперечного перерізу круглого болта визначається за формулою

$$A = \frac{\pi \cdot d_6^2}{4}, \quad (4.15)$$

де d_6 – діаметр болта, м.

Приймаємо діаметр кріпильного болта

$$d_6 = 0,012 \text{ м.}$$

Тоді площа перерізу становить

$$A = \frac{3,14 \cdot 0,012^2}{4} = 1,13 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Напруження зрізу дорівнює

$$\tau = \frac{535,5}{1,13 \cdot 10^{-4}} = 4,74 \text{ МПа.}$$

Для сталевого болта допустиме напруження зрізу можна прийняти

$$[\tau] = 80 \text{ МПа.}$$

Оскільки

$$4,74 < 80$$

умова міцності кріпильного елемента на зріз виконується.

Проведений розрахунок показує, що найбільш відповідальним елементом конструкції є голка робочого органу, оскільки вона безпосередньо сприймає

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

навантаження від ґрунту і працює в умовах змінного згину. Вісь робочого органу має значний запас міцності, а напруження в кріпильних елементах є невеликими.

Отримані результати свідчать про те, що запропонована конструкція може бути реалізована без додаткового збільшення перерізів осі та елементів кріплення. Разом з тим, для голок доцільно передбачити застосування високоміцної сталі та зміцнення робочої поверхні.

У результаті розрахунку на міцність встановлено, що напруження згину в осі голчастого робочого органу становить – 18,19 МПа, що значно менше допустимого значення 160 МПа. Коефіцієнт запасу міцності осі дорівнює – 8,8.

Напруження згину в голці становить 159,85 МПа, що не перевищує допустиме значення 280 МПа. Коефіцієнт запасу міцності голки дорівнює – 1,75. Напруження зрізу в елементах кріплення становить – 4,74 МПа, що також є допустимим. Отже, удосконалений голчастий робочий орган має достатню міцність для роботи в складі секції культиватора УСМК-5,4 і може бути рекомендований до застосування в міжрядному обробітку соняшнику.

4.7. Висновки по розділу.

У розділі виконано інженерне обґрунтування удосконалення культиватора УСМК-5,4 для міжрядного обробітку соняшнику. Проведений аналіз конструкції серійного культиватора показав, що при загальній відповідності агротехнічним вимогам він має ряд недоліків, пов'язаних із конструкцією робочих органів, зокрема недостатню якість розпушування ґрунту, підвищений тяговий опір та можливість пошкодження і загортання рослин. У результаті аналізу існуючих робочих органів встановлено, що найбільш перспективним є застосування голчастих робочих органів, які забезпечують інтенсивне кришення ґрунту та ефективне знищення бур'янів. Разом з тим, для забезпечення захисту рослин у рядку доцільно використовувати додаткові захисні елементи, зокрема диски.

На основі проведених досліджень обґрунтовано конструктивну схему удосконаленої секції культиватора, яка передбачає поєднання голчастого робочого органу нової конструкції з захисними дисками.

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналіз умов праці при виконанні міжрядного обробітку.

Міжрядний обробіток соняшнику виконується машинно-тракторними агрегатами в польових умовах і супроводжується дією ряду небезпечних і шкідливих виробничих факторів. До таких факторів належать механічні, фізичні, ергономічні та природно-кліматичні впливи, які можуть негативно впливати на здоров'я працівника.

Основними небезпечними факторами є: рухомі частини машин і механізмів; можливість наїзду або перекидання агрегату; підвищений рівень шуму і вібрації; пил і продукти згоряння палива; несприятливі погодні умови (висока температура, вітер, опади).

Особливу небезпеку становлять робочі органи культиватора, які обертаються або переміщуються відносно ґрунту, а також вузли передачі руху.

5.2. Вимоги безпеки до машинно-тракторного агрегату.

Агрегат у складі трактора ПМЗ-80-40 і культиватора УСМК-5,4 повинен відповідати вимогам безпеки при експлуатації.

Перед початком роботи необхідно перевірити справність гальмівної системи трактора, стан рульового керування, надійність кріплення культиватора, відсутність тріщин і деформацій у рамі, справність підшипникових вузлів, наявність і справність захисних кожухів.

Особливу увагу необхідно приділяти кріпленню голчастого робочого органу та стану голок; надійності кріплення захисних дисків.

Перед початком роботи механізатор зобов'язаний пройти інструктаж з охорони праці, перевірити технічний стан агрегату, переконатися у відсутності сторонніх осіб у зоні роботи, перевірити справність засобів сигналізації, одягнути спецодяг та засоби індивідуального захисту.

Не допускається робота при несправному агрегаті, відсутності захисних пристроїв, поганій видимості, сильному вітрі або зливі.

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Під час виконання міжрядного обробітку необхідно дотримуватись наступних правил: забороняється перебування сторонніх осіб у зоні роботи агрегату; забороняється регулювання або очищення робочих органів під час руху; не допускається перевищення допустимої швидкості руху; необхідно дотримуватись прямолінійності руху; при розворотах необхідно піднімати робочі органи.

Особливу увагу слід приділяти роботі з удосконаленими робочими органами: не допускати контакту з голками; контролювати стан захисних дисків; уникати роботи при надмірному засміченні рослинними рештками.

5.3. Заходи щодо покращення умов праці.

Для підвищення безпеки та покращення умов праці пропонується застосування удосконалених робочих органів із меншим тяговим опором, використання захисних дисків, що зменшують викид ґрунту, оптимізація режимів роботи агрегату, регулярне технічне обслуговування, використання сучасних засобів індивідуального захисту.

Застосування удосконаленої конструкції робочого органу дозволяє знизити вібраційні навантаження і стабілізувати роботу агрегату, що позитивно впливає на умови праці механізатора.

При роботі машинно-тракторного агрегату існує небезпека виникнення пожежі через витік палива, перегрів двигуна, наявність сухих рослинних решток. Для запобігання пожежам необхідно мати вогнегасник, контролювати стан паливної системи, регулярно очищати агрегат від рослинних решток, не допускати куріння поблизу техніки.

5.4. Висновок по розділу.

Дотримання вимог охорони праці при виконанні міжрядного обробітку соняшнику є необхідною умовою безпечної експлуатації машинно-тракторного агрегату. Запропоноване удосконалення конструкції культиватора не тільки підвищує ефективність технологічного процесу, але й сприяє покращенню умов праці та зниженню рівня виробничого травматизму.

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

6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено актуальне завдання підвищення ефективності механізованої технології вирощування соняшнику шляхом удосконалення культиватора для міжрядного обробітку.

У процесі виконання роботи проведено аналіз біологічних особливостей соняшнику та встановлено, що в початкові фази розвитку рослини є малоконкурентними щодо бур'янів, що обумовлює необхідність своєчасного і якісного міжрядного обробітку. Визначено, що саме ця операція значною мірою впливає на формування врожайності культури.

На основі аналізу технології вирощування обґрунтовано склад машинно-тракторного агрегату у складі трактора ПМЗ-80-40 та культиватора УСМК-5,4, який забезпечує виконання міжрядного обробітку з урахуванням агротехнічних вимог.

У результаті виконаних розрахунків встановлено, що робоча продуктивність агрегату становить 3,24 га/год, змінна продуктивність – 22,68 га/змін, а для обробітку площі 100 га необхідно використовувати два агрегати для дотримання агротехнічних строків.

Визначено, що тяговий опір агрегату знаходиться в межах допустимих значень для обраного трактора і становить близько 11–12 кН. Розрахунок витрат палива показав, що при серійному виконанні витрата становить 4,09 л/га, а на площу 100 га – 409 л.

У результаті інженерного аналізу встановлено недоліки серійної конструкції культиватора УСМК-5,4, основними з яких є недостатня якість розпушування ґрунту та можливість пошкодження рослин у рядку.

Запропоновано удосконалення робочої секції культиватора, яке полягає у застосуванні голчастого робочого органу нової конструкції з попарним нахилом голок у протилежні боки та встановленні захисних дисків для обмеження переміщення ґрунту в зону рядка. Таке рішення дозволяє покращити структуру ґрунту та забезпечити захист рослин.

Розрахунок сил, що діють на робочий орган, показав, що навантаження становить близько 1,0–1,3 кН на один орган. Встановлено, що застосування удосконаленої конструкції дозволяє зменшити тяговий опір приблизно на 15%.

Розрахунок на міцність показав, що всі елементи конструкції мають достатній запас міцності: коефіцієнт запасу для осі становить 8,8, для голок – 1,75, що забезпечує надійну роботу в умовах експлуатації.

Визначено, що використання удосконаленого робочого органу дозволяє знизити витрати палива до 3,48 л/га, що забезпечує економію близько 61 л на площі 100 га.

Таким чином, запропоноване удосконалення культиватора УСМК-5,4 забезпечує підвищення якості міжрядного обробітку, зниження енерговитрат, покращення умов росту рослин соняшнику та є технічно й економічно доцільним для впровадження у виробництво.

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Артиш В.І. Сучасний стан виробництва екологічно чистої продукції в країнах світу. Економіка АПК. 2005. № 3. С. 50-53.
2. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування і використання машино-тракторного парку в рослинництві: Підручник. Київ: Вища шк., 1995. 237 с.
3. Вирощування сояшнику за класичною технологією: веб-сайт. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/636-viroschuvannya-soyi-za-klasichnoyu-tehnologiyeyu> (дата звернення: 12.03.2026).
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. Голчастий робочий орган борони: пат. на корисну модель 23683 Україна: МПК А01В 19/00. №u200612085; заявл. 17.11.06; опубл. 11.06.07, Бюл. №8.
7. Голчастий робочий орган борони: пат. на корисну модель 34027 Україна: МПК А01В 19/00. № 200802063; заявл. 18.02.08; опубл. 25.07.08. Бюл. №14.
8. Гречкосій В.Д. Комплексна механізація виробництва зерна. Київ: Урожай, 1991. 213 с.
9. Гречкосій В.Д., Погорілець О.М., Ревенко І.І. Довідник сільського інженера; за ред. В.Д. Гречкосія. 2-е вид. перероб. і доп. Київ: Урожай, 1991. 400 с.
10. Єрмаков О.Ю. Організація сільськогосподарського виробництва. Навч. метод. посібник, 2-ге вид., доп. і перер. Київ: НАУ, 2007. 266 с.
11. Зінченко О.І. Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво: Підручник. За ред. О.І. Зінченка. Київ: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
12. Ільчук М.М., Зрібняк Л.Я., Мельник С.І. Організація і планування сільськогосподарського виробництва: Підручник. Київ: Вища освіта, 2013. 535с.
13. Комаристов В.Ю., Петренко М.М., Косінов М.М. Сільськогосподарські машини. Київ: Урожай, 1996. 240 с.

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

14. Кошук О.Б., Лузан П.Г., Мося І.А. та ін. Сільськогосподарські і меліоративні машини. Київ: ПІТО НАПН України, 2015. 291 с.
15. Культиватор КЛД-2.0. Компанія Пальміра Дніпро: веб-сайт. URL: <https://agrompk.com.ua/product/8111-kultivator-kld.html> (дата звернення 21.03.2026).
16. Культиватор КУН-3. АгроЯрд: веб-сайт. URL: <https://market.agroyard.ua/shop/hmelnikselmash/339-kultivator-kun-3> (дата звернення 20.04.2026).
17. Культиватор навісний КН-3,8. Білоцерківмаз: веб-сайт. URL: https://www.bcmaz.com.ua/catalog/kultivatory_kn_kp/kultivatory_navesnye_tipa_kn_3_8/ (дата звернення 21.04.2026).
18. Культиватор паровий начіпний КПН-8 (КПН-4). Уманьферммаш: веб-сайт. URL: <https://fermmash.in.ua/product/kultivator-parovoj-navesnoj-kpn-8-kpn-4/> (дата звернення 21.03.2026).
19. Культиватор широкозахватний напівначіпний КШН-5,6. Агровектор: веб-сайт. URL: https://agrovektor.com/ua/physical_product/2206-kultivator_shirokozahvatnyupoluna-vesnoy-kshn-56-rezident.html (дата звернення 21.03.2026).
20. Лихочвор В.В. Рослинництво: технології вирощування сільськогосподарських культур. Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 808 с.
21. Лузан П.Г., Лузан О.Р. Екологічні аспекти вирощування зернових культур. Функціонування АПК на засадах раціонального природокористування : матеріали І Всеукр. наук.-практ. конф. 26 трав. 2017 р. Полтава: ПДАА, 2017. С. 36-38.
22. 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.
23. 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.

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

24. 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.
25. 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.
26. Особливості росту і розвитку рослин кукурудзи. Singenta Україна: URL: <https://www.syngenta.ua/press-release/kukurudza/osoblivosti-rostu-i-rozvitku-roslini-kukurudzi>.
27. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин.: Підручник. Київ: Вища школа, 1993. 556 с.
28. Робочий орган культиватора: пат. на корисну модель 45407 Україна: МПК А01В 13/08. № 200905486; заявл. 01.06.09; опубл. 10.11.09. Бюл. №21.
29. 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.
30. Сало В.М. Шмат С.І., Лузан П.Г. Тенденції сталого розвитку сучасного сільськогосподарського машинобудування в Україні і за рубежом. Международная научно-техническая интернет конференция «Задачи земледельческой механики в XXI веке», 2-10 ноября 2011 г. Дослідницьке, Мелітополь, 2011. С. 61-65.
31. Сисолін П.В. та ін. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладнання с.-г. вир-ва» / За ред. М.І. Черновола. Кн. 1: Машини для рільництва; За ред. М.І. Черновола. Київ: Урожай, 2001. 384 с.
32. Технологія вирощування соняшнику: насіння, інокуляція, живлення та захист: веб-сайт. URL: <https://www.eridon.ua/tehnologiya-viroschuvannya-soyi-nasinnya-inoku-lyaciya-jivlennya-ta-zahist> (дата звернення: 12.04.2026).
33. ТОП-10 експортерів соняшнику із України: веб-сайт. URL: <https://latifundist.com/rating/top-10-eksporterov-soi-iz-ukrainy> (дата звернення: 12.04.2026).

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

34. Україна утримається у топ-10 світових виробників соняшнику: веб-сайт.
URL: <https://agroportal.ua/news/rastenievodstvo/ukrajina-utrimuyetsya-u-top-10-svitovih-virobnikiv-soji> (дата звернення: 12.04.2026).

35. 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.

36. Шмат С.І., Лузан П.Г., Колісник С.В. Ресурсозберігаючі технології вирощування сільськогосподарських культур. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць. Кіровоград: 2010, Вип. 23, С. 303-309.

ДОДАТКИ

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