Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

«Допущено до захисту»
зав. кафедрою СГМ
к.т.н., професор
_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ
«___» _____2025 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

Механізація вирощування соняшників з удосконаленням просапного культиватора

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,
групи АІ-22мб-1
ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
_____ Лабун Віталій Сергійович
«____»_____2025 р.

Керівник проекту
доц., канд. техн. наук
_____ Віктор ДЕЙКУН
«_____» _____2025 р.

Рецензент
_____доц. **Яцун В.В.**

Кропивницький

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
				Документація загальна		
				Заново розроблена		
А4			МВС 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	44	
А1			МВС 00.001 ТЧ	Технологічна карта на		
				вирощування соняшників	1	
А1			МВС 00.002 ТЧ	Операційна карта		
				на міжрядний обробіток	1	
				Документація по		
				складальних одиницях		
				Заново розроблена		
А0			МВС 00.000 СК	Просапний культиватор	1	
*			МВС 00.050 СК	Апарат туковисівний	1	А2×3
				Документація по деталям		
				Заново розроблена		
А2			МВС 00.402	Лапа		
А4			МВС 00.601	Стояк	1	
А3			МВС 00.605	Вал туковисівного апарату	1	
А4			МВС 00.607	Пружина шнекова	1	

Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата	**МВС 00.000 ВР**		
Розробив		Лабун			**Відомість роботи**	Літера	Аркуш 3 / Аркушів 1
Перевірив		Дейкун					
Н. контр.		Мачок				**ЦНТУ гр. АІ-22мб-1**	
Затвердив		Васильковський					

ЗМІСТ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

1 Вступ 5

2 Аналіз типової технології вирощування соняшників та визначення шляхів її удосконалення 6

3 Операційна технологія виконання міжрядного обробітку при вирощуванні соняшників. 16

3.1. Умови роботи агрегату. 16

3.2. Агротехнічні вимоги. 16

3.3. Комплектування і підготовка агрегату до роботи. 19

3.4. Підготовка поля до проведення міжрядної культивації. 26

3.5. Організація роботи агрегату в загінці 27

3.6. Контроль якості роботи. 29

4 Інженерна частина 31

4.1. Обґрунтування модернізації. 31

4.2. Технологічний розрахунок. 36

4.3. Кінематичний розрахунок. 39

4.4. Силовий аналіз механізмів машини. 39

4.5. Розрахунок деталей та вузлів на міцність. 39

5 Охорона праці 40

6 Висновки 42

Список використаної літератури 43

Додатки. 44

1. ВСТУП

Одним із ключових завдань аграрних реформ в Україні є підвищення економічної ефективності вирощування сільськогосподарських культур, зокрема технічних. Їх виробництво є пріоритетним напрямом інтенсифікації аграрного сектору.

Технічні культури, зокрема соняшник, соя, ріпак і льон, відіграють важливу роль як джерело рослинної олії, що використовується в харчовій промисловості, у виробництві біопалива та в різних галузях промисловості. Розширення посівних площ та збільшення врожайності цих культур сприяє зростанню експортного потенціалу країни та покращенню її зовнішньо-торговельного балансу.

Для досягнення високої економічної ефективності вирощування технічних культур необхідне впровадження сучасних агротехнологій, використання сертифікованого насіння та мінеральних добрив, впровадження ефективних систем захисту рослин, а також оптимізація технологій обробітку ґрунту. Важливу роль відіграє розвиток науково-дослідної інфраструктури, залучення кваліфікованих спеціалістів у галузі аграрної науки та поширення інноваційних рішень серед сільськогосподарських підприємств.

Сучасні технології вирощування соняшнику включають низку інноваційних заходів, серед яких гібридизація, регіональна адаптація агротехніки, точне дозування добрив, ефективна система захисту рослин, використання сучасної сільськогосподарської техніки та дотримання технологічної дисципліни.

Дана кваліфікаційна робота присвячена удосконаленню технологічного процесу вирощування соняшнику шляхом використання просапного культиватора.

2. АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКІВ ТА ВИЗНАЧЕННЯМ ШЛЯХІВ ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

1. Біологічні особливості соняшнику.

Соняшник (Helianthus annuus L.) — однорічна яра олійна культура, яка належить до родини айстрових. Він характеризується добре розвиненою кореневою системою стрижневого типу, що здатна проникати в ґрунт на глибину до 2–3 метрів. Це забезпечує рослині високу посухостійкість і можливість ефективного засвоєння вологи та поживних речовин з нижніх шарів ґрунту.

Оптимальна температура для проростання насіння становить +8…+10 °C, а для активного росту та розвитку – +20…+25 °C. Соняшник добре переносить короткочасні весняні заморозки до -5 °C на ранніх фазах розвитку, але в період бутонізації та цвітіння чутливий до низьких температур, що може негативно вплинути на формування насіння.

Соняшник є світлолюбною культурою і потребує відкритих, добре освітлених ділянок. Недостатня освітленість призводить до витягування рослин і зниження врожайності. Він також є теплолюбним і належить до культур із високими вимогами до тепла протягом усього періоду вегетації.

Рослина характеризується значною пластичністю до умов вирощування, однак найвищі врожаї досягаються на родючих, структурних ґрунтах із нейтральною або слаболужною реакцією. Надмірна кислотність та ущільнення ґрунту негативно впливають на розвиток рослин.

Соняшник має тривалий вегетаційний період — від 90 до 140 днів залежно від сорту або гібриду, умов вирощування і клімату. Його характерною біологічною рисою є здатність до геліотропізму — повертання кошика в напрямку сонця, що сприяє кращому фотосинтезу.

Культура має високу потребу в елементах живлення, особливо в калії, фосфорі та азоті. Протягом вегетації соняшник засвоює значну кількість поживних речовин, тому важливим є баланс у системі удобрення.

2. Місце в сівозміні.

Соняшник займає важливе місце в польових сівозмінах завдяки високій економічній ефективності вирощування, широкому використанню насіння в харчовій і технічній промисловості, а також кормовому значенню побічної продукції. Проте культура має значні біологічні особливості, які обумовлюють певні обмеження щодо її повторного висівання на тому самому полі.

Соняшник є високопродуктивною, але досить вимогливою культурою до родючості ґрунтів та дотримання сівозмін. Його не рекомендується висівати частіше одного разу на 7–8 років на тій самій площі. Частіші повернення культури на поле сприяють накопиченню збудників хвороб (особливо фомозу, фомопсису, білої та сірої гнилі), шкідників, а також бур'янів-паразитів, зокрема вовчка соняшникового (Orobanche cumana).

Найкращими попередниками для соняшнику є зернобобові культури (горох, соя), озимі зернові (особливо пшениця), кукурудза, а також просапні культури, які не залишають великої кількості пожнивних залишків. Ці попередники забезпечують оптимальні умови для накопичення вологи, зменшення фітосанітарного навантаження та полегшують механічну обробку ґрунту.

Важливо, щоб у сівозміні з соняшником дотримувалися чергування культур з різною системою живлення, кореневою системою та обробітком ґрунту. Це сприяє збереженню структури ґрунту, підвищенню його родючості та ефективному використанню мінеральних добрив.

У структурі посівних площ господарства частка соняшнику не повинна перевищувати 12–15% для запобігання погіршенню фітосанітарного стану полів і виснаженню ґрунтів. Правильне чергування культур у сівозміні є важливою умовою одержання стабільного врожаю соняшнику високої якості.

3. Система удобрення.

Соняшник є високовибагливою до родючості ґрунту культурою, яка для формування високого врожаю потребує значної кількості поживних речовин. Для утворення 1 тони насіння з відповідною кількістю побічної продукції (стебел, листя, кошиків) рослини засвоюють в середньому: 50–60 кг азоту (N), 20–25 кг фосфору (P_2O_5), 100–120 кг калію (K_2O), а також значні обсяги кальцію, магнію, сірки та мікроелементів (бору, цинку, марганцю).

У системі удобрення соняшнику важливим є збалансоване внесення добрив з урахуванням типу ґрунтів, попередників, погодних умов та запланованої врожайності.

1. Органічні добрива.

Соняшник добре реагує на внесення органічних добрив. На чорноземах доцільно вносити 20–30 т/га перегною або гною. Водночас надмірне внесення свіжого гною без попереднього компостування не рекомендується через ризик ураження хворобами.

2. Мінеральні добрива.

Азотні добрива (N): вносять у помірних кількостях — 40–60 кг/га д. р. Надлишок азоту призводить до інтенсивного нарощування вегетативної маси, подовження вегетаційного періоду та підвищує ризик ураження фомозом і білою гниллю.

Фосфорні добрива (P_2O_5): важливі для розвитку кореневої системи і формування кошиків. Вносять 60–90 кг/га д. р., бажано — восени під основний обробіток.

Калійні добрива (K_2O): необхідні для стійкості до посухи та хвороб. Вносять 80–100 кг/га д. р., також під основний обробіток.

3. Мікродобрива.

Найважливішим мікроелементом для соняшнику є бор, який впливає на запилення, налив насіння та стійкість до хвороб. Бор вносять позакоренево у фазі 4–6 листків і на початку бутонізації в дозі 150–200 г/га в перерахунку на діючу речовину. Також корисні підживлення цинком і марганцем,

особливо на карбонатних і слабокислих ґрунтах.

4. Позакореневе підживлення.

У періоди критичного споживання поживних речовин (бутонізація, цвітіння) доцільно проводити позакореневі обробки комплексними водорозчинними добривами з мікроелементами.

Оптимально складена система удобрення з урахуванням особливостей ґрунту і клімату забезпечує належний розвиток соняшнику, підвищує його стійкість до несприятливих умов та дозволяє досягти високої врожайності з гарною якістю насіння.

4. Обробіток ґрунту.

Обробіток ґрунту під соняшник є надзвичайно важливим агротехнічним заходом, який забезпечує накопичення та збереження вологи, знищення бур'янів, покращення структури ґрунту та створення оптимальних умов для проростання насіння і розвитку кореневої системи. Оскільки соняшник має досить потужну кореневу систему, він добре засвоює поживні речовини з глибоких шарів ґрунту, але чутливий до ущільнення у посівному шарі.

Основні завдання обробітку ґрунту:

накопичення та збереження вологи;

знищення бур'янів, зокрема кореневищних і насіннєвих;

розпушення ущільнених шарів;

створення дрібногрудкуватої структури ґрунту для забезпечення дружних сходів;

закладення рослинних решток і добрив.

Система обробітку включає:

1. Лущення стерні

Проводиться одразу після збирання попередника (зазвичай це озимі злаки або зернобобові) на глибину 6-8 см для стимуляції проростання падалиці та бур'янів. Застосовують дискові лущильники (ЛДГ, ДЛ, БДТ).

2. Основний обробіток ґрунту

На чорноземах та суглинкових ґрунтах проводиться оранка на глибину 25–30 см плугами з передплужниками (ПЛН, ПНЯ).

У посушливих умовах або на еродованих схилах доцільно застосовувати плоскорізний обробіток або чизелювання на глибину 30-40 см для збереження вологи й недопущення ерозії.

Якщо попередником були просапні культури, допускається комбінований обробіток – лущення, чизелювання та дискування.

3. Весняний обробіток

Ранньовесняне боронування проводять для закриття вологи важкими або середніми зубовими боронами (БЗТС, ЗБП).

Передпосівна культивація виконується на глибину загортання насіння (5-6 см), забезпечуючи вирівняну поверхню і дрібногрудкувату структуру. Застосовуються культиватори КПС-4, КШУ-8, з одночасним боронуванням або коткуванням.

Усі операції проводяться з урахуванням структури ґрунту, вологості, засміченості бур'янами, схилу поля та погодних умов. Особливу увагу приділяють протиерозійному напрямку обробітку – обробіток поперек схилів, щілювання, збереження пожнивних решток.

Комплексний підхід до обробітку ґрунту дозволяє створити сприятливі умови для розвитку соняшнику, що є запорукою високої врожайності та якості продукції.

5. Підготовка насіння соняшнику до сівби

Підготовка насіння соняшнику до сівби – це важливий етап, який впливає на майбутній урожай. Вона включає кілька кроків, спрямованих на покращення схожості, енергії проростання, захисту від хвороб і шкідників.

Основні етапи підготовки насіння соняшнику:

Калібрування

Мета: Відбір повноцінного, однорідного за розміром і масою насіння.

Спосіб: Використання калібраторів, сита, аеродинамічних сепараторів.

Результат: Краща рівномірність сівби та одночасне проростання.

Протруювання

Мета: Захист від ґрунтових і насіннєвих інфекцій (фузаріоз, пліснява, бактеріоз), шкідників.

Засоби: Протруйники (фунгіциди (тебуконазол, металаксил), інсектициди (імідаклоприд, тіаметоксам), іноді стимулятори росту).

Застосування: Обробка проводиться заздалегідь (не пізніше ніж за 2–3 дні до посіву), у спеціальних протруювальних машинах.

Інокуляція (не завжди застосовується)

Застосовується рідко для соняшнику, але можливе оброблення біопрепаратами (бактеріальні інокулянти), що покращують мікробіологічний фон ґрунту.

Прогрівання (за потреби)

Застосовується для власного насіння.

Спосіб: Природне прогрівання на сонці 1–2 дні або штучне (в сушарках, але не вище 35–40 °C).

Мета: Зниження вологості, активація фізіологічних процесів.

Знезараження (для збереження в домашніх умовах)

Якщо насіння власне, можна використати:

Марганцівку (розчин 1%) – замочування на 15–20 хв.

Перекис водню або біологічні препарати.

Стимуляція росту (опціонально)

Препарати: Гумати, амінокислоти, мікроелементи (бор, цинк).

Мета: Підвищення енергії проростання та стійкості до стресу.

*Рекомендації***:**

Для комерційного вирощування краще купувати **серт**ифіковане насіння, вже підготовлене до сівби (протруєне, іноді навіть з добавками стимуляторів).

При використанні власного насіння обов’язково потрібно провести повний цикл підготовки.

Підготовка насіння до сівби

Відповідність агротехнічним нормам: Необхідно впевнитися, що всі підготовчі роботи завершені, а насіння повністю відповідає рекомендаціям фахівців із агрономії.

Застосування добрив: Під час посіву доцільно вносити стартові добрива, щоб забезпечити молоді рослини необхідними елементами живлення на початкових етапах росту.

Комплексна підготовка насіння соняшнику — це сукупність технологічних дій, які сприяють формуванню дружних і міцних сходів, підвищують стійкість до хвороб і стресових факторів, а також створюють умови для досягнення високої врожайності.

6. Посів соняшнику та догляд за посівами

Правильний і своєчасний посів є однією з головних умов отримання високого врожаю соняшнику. Основна мета – забезпечити рівномірні, дружні сходи та оптимальну густоту рослин.

Час посіву

Соняшник висівають у ранні строки, коли ґрунт на глибині 10 см прогріється до +8…+10 °С. Ранній посів сприяє кращому використанню ґрунтової вологи, випереджає розвиток бур’янів та зменшує ураження хворобами й шкідниками.

Спосіб і глибина посіву

Посів здійснюється широкорядним способом із міжряддям 70 см. Глибина загортання насіння залежить від механічного складу ґрунту та вологості:

на легких ґрунтах – 6–8 см;

на середніх і важких – 4–6 см.

Для посіву використовують пневматичні сівалки точного висіву (наприклад, СПЧ-6М, УПС-8), які забезпечують точне дозування насіння і рівномірне розміщення в рядку.

Норма висіву

Залежно від зони вирощування та сорту (гібриду) – від 45 до 65 тис. насінин/га. На Півдні – 45–50 тис./га, у Лісостепу – 55–60 тис./га.

Догляд за посівами

Боронування до сходів – легке боронування упоперек напрямку сівби, через 3–5 днів після посіву. Знищує ґрунтову кірку і сходи бур'янів.

Боронування по сходах – у фазі 2–3 справжніх листків при висоті рослин 10–12 см, коли соняшник стійкий до механічного пошкодження. Знищує до 80% бур'янів у ранній фазі.

Міжрядні обробітки – проводяться культиваторами (КРН-5,6 або УСМК-5,4) у фазах 4–6 та 8–10 листків. Глибина розпушування – 6–10 см. Мета – знищення бур'янів, покращення аерації ґрунту і збереження вологи.

Хімічний захист – застосування гербіцидів (ґрунтових і страхових), фунгіцидів та інсектицидів відповідно до фази розвитку культури та рівня зараження. У системі захисту перевага надається сучасним гібридам, стійким до гербіцидів (наприклад, під технологію Clearfield®).

Підживлення – мінеральними добривами при потребі (по вегетації – у фазі 6–8 листків або в період бутонізації).

7. Збирання врожаю.

Збирання врожаю соняшнику – завершальний і один із найвідповідальніших етапів у вирощуванні культури. Від його організації та своєчасного проведення залежить не лише кількість, а й якість отриманого насіння.

Строки збирання

Оптимальний строк збирання соняшнику настає тоді, коли:

кошики мають жовто-буре або буре забарвлення,

листя майже повністю опало або засохло,

вологість насіння становить 12–15%.

Запізнення зі збиранням сприяє:

самосіву (втрати насіння),

ураженню хворобами (особливо білою та сірою гнилями),

пошкодженню птахами та шкідниками.

Ранній збір при високій вологості призводить до:

потреби в додатковому підсушуванні насіння,

механічних пошкоджень при обмолоті.

Спосіб збирання

Основним способом збирання є пряме комбайнування. Для цього використовують зернозбиральні комбайни (наприклад, CLAAS Lexion, John Deere, Case IH, або вітчизняні СК-5, Нива, Дон-1500), оснащені спеціальними жатками для соняшнику (типу ПЗС-8, ПЗС-12, Sunfloro, Zaffrani та ін.).

Комбайн одночасно зрізає кошики, обмолочує, очищає насіння й транспортує його в бункер.

Агротехнічні вимоги:

Висота зрізу – 10–25 см від поверхні ґрунту (залишаються пеньки).

Швидкість руху комбайна – 4–6 км/год.

Втрати насіння не повинні перевищувати 3–5%.

Досушування і зберігання

При збиранні з вологістю понад 12% насіння підлягає досушуванню до 7-8% на активованих вентустановках або сушарках типу С-30, ДСП-32.

Після очищення та досушування насіння зберігають у сухих, провітрюваних приміщеннях при температурі не вище 10-12 °С і вологості не більше 8%.

Після детального аналізу технологічної карти з вирощування соняшнику та відповідно до завдання кваліфікаційної роботи, для міжрядного обробітку посівів обрано просапний культиватор. Його конструкцію та принцип роботи буде розглянуто в інженерній частині дослідження.

З метою усунення недоліків у роботі туковисівного апарата, встановленого на культиваторі, запропоновано конструктивне вдосконалення – використання на валу шнеків пружин зі зворотною навивкою. Такі пружини

матимуть збільшений крок, зменшений діаметр і будуть безпосередньо навиті на вал висівного апарата. Це рішення дозволить ефективніше подрібнювати грудочки мінеральних добрив, покращити їх підготовку до внесення та забезпечити більш рівномірне висівання. Як результат, підвищиться ефективність використання гранульованих мінеральних добрив під час підживлення культур у процесі міжрядного обробітку.

Запропоноване технічне вдосконалення сприятиме оптимізації технологічного процесу вирощування соняшнику, забезпечить підвищення врожайності та покращить економічні показники господарства.

Розрахунки, що стосуються виконання операції міжрядного обробітку за допомогою модернізованого агрегату, наведено в розділі 3 даної записки.

Оновлену технологічну та операційну карти представлено у графічній частині роботи.

3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОНЯШНИКІВ

3.1 Умови роботи агрегату

Польові роботи виконуються на важких ґрунтах із питомим опором 1,8 кН/м. Рельєф поля має підйом, що становить 3%. Загальна площа ділянки для обробітку – 70 гектарів. Ширина міжрядь становить 70 см.

Комплектація машино-тракторного агрегату підбирається таким чином, щоб забезпечити необхідну якість виконання робіт, досягти максимальної продуктивності, повноцінно використати потужність техніки та мінімізувати витрати на одиницю виконаної операції.

3.2. Агротехнічні вимоги.

Агротехнічні вимоги до вирощування соняшнику

Для забезпечення високих урожаїв соняшнику необхідно дотримуватись ряду агротехнічних вимог, які охоплюють усі етапи вирощування – від вибору попередників до збору врожаю. Соняшник вимогливий до умов вирощування, тому порушення технології негативно позначається на його продуктивності.

1. Вибір попередників:

Соняшник слід висівати після культур, які залишають поле чистим від бур’янів і добре структурованим, збагаченим на поживні речовини. Найкращими попередниками є зернові колосові (крім кукурудзи), зернобобові, просапні культури. Не рекомендується сіяти соняшник частіше, ніж раз на 5-7 років на одному полі, щоб уникнути накопичення хвороб і шкідників, а також виснаження ґрунту.

2. Обробіток ґрунту:

Система обробітку ґрунту повинна забезпечити накопичення і збереження вологи, знищення бур’янів, покращення структури ґрунту. Після

збирання попередника проводиться лущення стерні, зяблева оранка (на глибину 25-30 см). Навесні виконують боронування для закриття вологи та передпосівну культивацію на глибину загортання насіння (6-8 см).

3. Посів:

Сівбу проводять за температури ґрунту не нижче +8...+10 °С. Насіння загортають на глибину 6–8 см, на легких ґрунтах – до 10 см. Оптимальна густота стояння рослин становить 45–60 тис. шт./га, залежно від зони вирощування та гібриду.

4. Удобрення:

Соняшник добре реагує на внесення органічних і мінеральних добрив. Під основний обробіток ґрунту вносять фосфорно-калійні добрива. Азотні добрива вносять частково під передпосівну культивацію, частково – у підживлення. Орієнтовні дози добрив: N60-90, P60-90, K60-90 кг д.р./га. На бідних ґрунтах доцільне використання мікродобрив (бор, цинк, магній).

5. Захист рослин:

Важливим є захист від бур’янів, шкідників і хвороб. Проти бур’янів використовують гербіциди суцільної дії до посіву та ґрунтові гербіциди після сівби. В період вегетації – страхові гербіциди залежно від фази розвитку культури. Для контролю шкідників і хвороб застосовують інсектициди та фунгіциди відповідно до фітосанітарного стану посівів.

6. Догляд за посівами:

Включає боронування до сходів та після сходів (за сприятливих умов), міжрядний обробіток (розпушування) просапним культиватором. Такі заходи сприяють збереженню вологи, знищенню бур’янів та поліпшенню аерації ґрунту.

7. Збирання врожаю:

Збирання проводять у фазі повної стиглості, коли вологість насіння становить 10-12%. Затримка збирання призводить до втрат урожаю через осипання насіння та пошкодження кошиків птахами.

Агротехнічні вимоги до міжрядного обробітку.

Міжрядний обробіток є важливим елементом догляду за просапними культурами, зокрема соняшником, і має велике значення для забезпечення нормального росту й розвитку рослин. Основними завданнями міжрядного обробітку є збереження вологи, знищення бур'янів, покращення повітрообміну в прикореневій зоні, руйнування ґрунтової кірки та запобігання утворенню ущільненого шару.

1. Кількість обробітків:

Залежно від ступеня забур'яненості поля, погодних умов і типу ґрунту проводять 2–3 міжрядних обробітки. Перший обробіток здійснюють у фазі 2–4 справжніх листків у рослин, коли бур'яни перебувають у фазі білої ниточки.

2. Глибина обробітку:

Глибина обробітку змінюється залежно від етапу розвитку культури:

перший міжрядний обробіток – на глибину 4-6 см;

другий – на 6-8 см;

третій – на 8-10 см, іноді з підгортанням, якщо дозволяє стан ґрунту.

3. Агротехнічні умови:

Обробіток слід проводити в оптимальні строки, не допускаючи переростання бур'янів. Робочі органи культиватора повинні працювати чітко в міжряддях, не пошкоджуючи кореневу систему та надземну частину рослин. При недостатній ширині міжрядь або високій густоті посіву необхідно використовувати агрегати з підвищеною точністю.

4. Тип техніки:

Застосовують просапні культиватори з можливістю одночасного підживлення мінеральними добривами. Такі агрегати обладнують пружинними стрільчастими лапами, щитками для захисту рослин та прикочувальними котками.

5. Ефективність:

Своєчасне проведення міжрядних обробітків дозволяє знизити витрати на гербіциди, зменшити кількість бур'янів у посівах, забезпечити доступ кисню до кореневої системи, покращити структуру ґрунту й створити сприятливі умови для росту соняшнику.

3.3. Комплектування і підготовка агрегату до роботи.

Правильний підбір складу машинно-тракторного агрегату (МТА) для виконання агротехнічних операцій є ключовим чинником досягнення високої ефективності у сільськогосподарському виробництві. Раціонально скомплектований агрегат дає змогу повною мірою реалізувати його технічні можливості, підвищити продуктивність праці та зменшити витрати ресурсів.

На основі аналізу технологічної карти з вирощування соняшнику та з урахуванням виробничих умов, для виконання міжрядного обробітку обрано агрегат, що складається з трактора МТЗ-80 та просапного культиватора.

Агрегат виконуватиме роботу з агротехнічною швидкістю, що знаходиться в межах 4-7 км/год.

Оптимальний вибір робочої передачі визначається з урахуванням конкретних умов виконання агротехнічної операції, технічних параметрів агрегату та потреби в досягненні максимальної ефективності при мінімальних витратах палива. Під час визначення відповідної передачі та зусилля на гаку враховуються такі ключові чинники: характер виконуваної операції, маса або тяговий опір агрегату, тип трансмісії та технічні характеристики трактора.

$V^{III}_{т}$=7,24 км/год $P^{III}_{н.гак}$=14,0 кН

$V^{IV}_{т}$=8,90 км/год $P^{IV}_{н.гак}$=14,0 кН

Зважаючи на величини підйому рельєфу, тягове зусилля трактора при 3-й та 4-й передачах буде відповідно змінюватися, що слід враховувати при виборі робочого режиму агрегату:

$$P_{гак}=P_{н.гаку}-G_т i \qquad (3.1)$$

тут $P_{н.гаку}$ – показники тягового зусилля трактора на третьому й четвертому діапазонах передач;

$G_т$ – власна маса трактора, кН;

і – рівень ухилу місцевості.

Тоді, $P^{III}_{гак}=14,0-36,4\cdot 0,03=12,9$ кН

$P^{IV}_{гак}=14,0-36,4\cdot 0,03=12,9$ кН.

Максимально допустима ширина захвату агрегату на передачах 3 та 4:

$$B_{max}=\frac{P_{гак}}{K+R_i} \qquad (3.2)$$

Тут К – грунтовий опір, кН/м,

R_i – додаткове тягове навантаження при русі вгору, кН/м.

Додаткове тягове навантаження буде:

$$R_1=\frac{G_м}{B_к}\cdot i \qquad (3.3)$$

тут $G_м$ – маса просапного культиватора;

$B_к$ – передбачена технічна ширина робочого захвату просапного культиватора;

$$R_1=\frac{13,0}{5,6}\cdot 0,03=0,069 \text{ кН/м}$$

$$B^{III}_{max}=\frac{13,0}{1,8+0,069}=6,96 \text{ м}$$

$$B^{IV}_{max} = \frac{13,0}{1,8 + 0,069} = 6,96 \text{ м}$$

Склад агрегату за кількістю культиваторів

$$n = \frac{B_{max}}{B} \quad (3.4)$$

$$n^{III} = \frac{6,96}{5,6} = 1,2$$

$$n^{IV} = \frac{6,96}{5,6} = 1,2$$

На передачах 3 та 4 застосовуємо агрегат із одним культиватором.

Визначаємо силу, необхідну для переміщення агрегату в робочих умовах

$$R_a=(K+R_i)B_кR_к, \text{ кН} \quad (3.5)$$

$$R^{III}_a=(1,8+0,069)\cdot5,6\cdot1=10,46 \text{ кН}.$$

$$R^{IV}_a=(1,8+0,69)\cdot5,6\cdot1=10,46 \text{ кН}.$$

Розраховуємо коефіцієнт ефективності використання тягового зусилля трактора:

$$\eta_{тз} = \frac{R_a}{P_{гак}} \quad (3.6)$$

$$\eta^{III}_{тз} = \frac{10,46}{12,9} = 0,81$$

$$\eta^{IV}_{тз} = \frac{10,46}{12,9} = 0,81$$

Встановлюємо рівень змінної продуктивності:

$$W_{зм}=0,1\cdot B_p V_p T_p \qquad (3.7)$$

тут B_p – загальна ширина обробки при використанні трактора з просапним культиватором,

$$B_p = B_к \beta$$

тут $B_к$ – ширина робочого захвату агрегату,

β – показник використання ширини захвату агрегату:

$$B_p = 5,6\cdot 1,0 = 5,6 \text{ м.}$$

V_p – робоча швидкість агрегату при переміщенні;

$$V_p = V_m\left(1-\frac{\delta}{100}\right)$$

де V_m – теоретично визначена швидкість агрегату;

δ – відносна величина буксування,

$$V_p = V_m\left(1-\frac{\delta}{100}\right) \qquad (3.8)$$

$$V_p^{III} = 7,24\cdot\left(1-\frac{12}{100}\right) = 6,37 \text{ км/год}.$$

$$V_p^{IV} = 8,9\cdot\left(1-\frac{12}{100}\right) = 7,38 \text{ км/год}.$$

$T_р$ – робочий час чистий;

$$T_р=T_{зм}\tau \qquad (3.9)$$

тут $T_{зм}$ – час фактичної роботи;

τ – коефіцієнт ефективного використання змінного часу;

$$T_р=7\cdot0,8=5,6 \text{ год.}$$

$$W^{III}_{зм}=0,1\cdot5,6\cdot6,37\cdot5,6=19,9 \text{ га/зм.}$$

$$W^{III}_{зм}=0,1\cdot5,6\cdot7,83\cdot5,6=24,5 \text{ га/зм}$$

Для обчислення витрат палива використовуємо формулу

$$Q_{га}=\frac{Q_{зм}}{W_{зм}} \qquad (3.10)$$

тут $Q_{зм}$ – загальні витрати пального за 1-ну зміну:

$$Q_{зм}=Q_рT_р+Q_хt_х+Q_зt_з \text{ , кг/год.;} \qquad (3.11)'$$

тут $Q_р$, $Q_х$, $Q_з$ – витрати пального за годину роботи двигуна трактора у робочому та холостому режимах;

$t_к$, $t_з$ – час активної роботи і зупинок двигуна трактора.

Для розрахунків приймаємо $t_к=t_з$ і матимемо:

$$t_х=t_з=\frac{T_{зм}-T_р}{2} \qquad (3.12)$$

$$t_х=t_з=\frac{7-5,6}{2}=0,7 \text{ год}$$

Коли $\eta^{III}_{тз}$=0,79 (передача 3-я), то маємо: $Q_р$=15,4 кг/год.; $Q_х$=9,7 кг/год.; $Q_з$=1,9 кг/год.

Коли $\eta^{IV}_{тз}$=0,79 (передача 4-а) то маємо: $Q_р$=16,7 кг/год.; $Q_х$=11,4 кг/год.; $Q_з$=2,6 кг/год.

$$Q^{IV}_{га} = \frac{15,4 \cdot 5,6 + 9,7 \cdot 0,7 + 1,9 \cdot 0,7}{19,9} = 4,07 \ \text{кг/га}$$

$$Q^{III}_{га} = \frac{16,7 \cdot 5,6 + 11,4 \cdot 0,7 + 1,9 \cdot 0,7}{24,5} = 4,2 \ \text{кг/га}$$

З проведених розрахунків випливає, що агрегат у складі трактора МТЗ-80 та просапного культиватора забезпечує вищу продуктивність і менші витрати палива на 4-й передачі порівняно з 3-ю. У разі раптового збільшення опору доцільно переключитись на третю передачу. Отже, найбільш ефективною є робота агрегату на 4-й передачі.

На четвертій передачі можливе збільшення тягового зусилля, що дає змогу трактору ефективніше долати опір ґрунту та робочих органів. Якщо трактор на четвертій передачі здатен забезпечити необхідне тягове зусилля при вищій швидкості руху, це сприятиме раціональному використанню тягових ресурсів, підвищенню ефективності роботи та зниженню витрат палива на одиницю оброблюваної площі.

Крім того, вища швидкість на четвертій передачі дозволяє збільшити продуктивність, оскільки трактор швидше переміщується між рядами, виконуючи міжрядний обробіток.

Таким чином, для виконання міжрядної обробки доцільно використовувати четверту передачу як основну, а в разі необхідності — перемикатися на третю передачу як резервну.

Підготовка трактора МТЗ-80 до роботи з просапним культиватором

Підготовка трактора МТЗ-80 до роботи з просапним культиватором включає комплекс технічних та регулювальних заходів, які забезпечують

надійну, безпечну та ефективну роботу агрегату під час міжрядного обробітку.

1. Зовнішній огляд і технічна перевірка трактора

Перевіряють загальний стан трактора, відсутність витоків технічних рідин, пошкоджень, зношення елементів.

Контролюють рівень палива, масла в двигуні, гідросистемі, охолоджувальної рідини.

Перевіряють тиск у шинах відповідно до рекомендованих норм.

2. Підготовка навісної системи

Оглядають задню трьохточкову навісну систему, перевіряють справність підйомного механізму.

Змащують шарнірні з’єднання при необхідності.

Регулюють розтяжки та стабілізатори для забезпечення стійкого положення культиватора під час роботи.

3. Агрегатування з просапним культиватором

Культиватор приєднується до навісної системи трактора згідно з інструкцією.

Перевіряється надійність з’єднань усіх кріпильних елементів.

З’єднуються та перевіряються гідравлічні шланги, якщо культиватор має гідропривід.

4. Регулювання культиватора

Встановлюється потрібна ширина міжрядь згідно з параметрами посіву.

Налаштовується глибина обробітку (зазвичай 6–10 см для міжрядної культивації).

Перевіряється правильність положення робочих органів (лап, стояків), їх справність та зношення.

Здійснюється вирівнювання рами культиватора по горизонталі для забезпечення рівномірної обробки.

5. Пробний запуск і регулювання

Двигун трактора запускають, перевіряють його роботу на холостому ходу та під навантаженням.

Виконують пробний прохід на полі для оцінки якості культивації.

За потреби регулюють глибину, положення лап або швидкість руху.

6. Вибір режиму роботи

Для міжрядного обробітку доцільно використовувати III або IV передачу (залежно від опору ґрунту).

Обирається оптимальна швидкість руху (переважно 5–7 км/год).

Контролюється навантаження на двигун і робочі органи.

Після виконання зазначених дій трактор МТЗ-80 вважається повністю підготовленим до роботи з просапним культиватором. Така підготовка гарантує стабільну роботу агрегату, якісний обробіток міжрядь і раціональне використання пального.

3.4. Підготовка поля до проведення міжрядної культивації

Міжрядна культивація є важливим агротехнічним прийомом, що сприяє покращенню аерації ґрунту, знищенню бур’янів і збереженню вологи. Для досягнення максимальної ефективності необхідно забезпечити належну підготовку поля.

1. Оцінка стану поля

Оглядається поверхня поля на наявність перешкод: каміння, рослинних решток, гребенів після сівби або попередньої обробки.

Визначається стан сходів культури, висота та фаза розвитку рослин (культивація проводиться після формування міжрядь і до змикання рядів).

Аналізується ступінь забур’яненості – особливо важливо враховувати фази росту бур’янів для вибору часу культивації.

2. Вирівнювання поверхні

У разі необхідності проводиться передкультиваційне вирівнювання, щоб уникнути нерівномірної глибини обробки.

Перевіряється рівномірність розміщення рядків культури – від цього залежить точність проходження агрегату.

3. Вологість ґрунту

Проводиться оцінка вологості ґрунту:

Занадто вологий ґрунт може налипати на лапи культиватора, руйнувати структуру.

Занадто сухий – погано обробляється і підвищує навантаження на агрегат.

4. Маркування контрольних ділянок (за потреби)

У разі великої площі або складних умов проводиться розмітка контрольних рядів для точного ведення агрегату по міжряддях (особливо актуально для перших проходів).

5. Перевірка доступності

Забезпечується вільний заїзд техніки на поле.

За потреби – прокладаються технологічні колії або доріжки для зручного руху трактора.

6. Уточнення параметрів роботи

Визначаються ширина міжрядь, глибина обробітку, вимоги до швидкості культивації – ці дані необхідні для налаштування просапного культиватора.

Комплексна підготовка поля до міжрядної культивації забезпечує якісне виконання технологічного процесу, мінімізує пошкодження культурних рослин і сприяє ефективному знищенню бур’янів. Від цього етапу залежить результативність усієї механізованої обробки.

3.5. Організація роботи агрегату в загінці.

Організація роботи агрегату для міжрядного обробітку в загінці

Раціональна організація роботи агрегату в загінці є важливою умовою ефективного міжрядного обробітку, що забезпечує високу якість агротехнічної операції, зменшення витрат часу та пального, а також збереження культурних рослин.

1. Визначення параметрів загінки

Загінка – це частина поля, яку обробляють у першочерговому порядку, зазвичай уздовж коротшого боку ділянки.

Її ширина визначається з урахуванням:

- ширини захвату агрегату,
- радіуса повороту трактора з просапним культиватором,
- необхідної кількості проходів для розвороту (зазвичай 2–3).

Загінка повинна забезпечувати зручність розвороту агрегату та уникнення пошкодження рослин у крайніх рядках.

2. Планування маршруту руху

Рух агрегату в загінці організовується маятниковим способом:

- перший прохід здійснюється вздовж краю загінки.
- наступні — в зворотному напрямку, із зміщенням на ширину захвату.

Уникають холостих пробігів і накладання слідів.

Заздалегідь визначається послідовність проходів по основній частині поля (після обробки загінки).

3. Налаштування агрегату перед початком роботи

- встановлюється потрібна **глибина культивації** (6–10 см).
- робочі органи культиватора регулюються так, щоб вони точно входили в міжряддя, не пошкоджуючи рослини.
- контролюється відповідність ширини міжрядь між налаштуванням культиватора та фактичними посівами.

4. Виконання робіт у загінці

Трактор з агрегатом заходить на поле через технічну колію або вільну ділянку.

Починає обробку із зовнішнього краю загінки, поступово переміщуючись до внутрішньої частини.

На поворотах обов’язково зменшують швидкість для точнішого входження в наступне міжряддя.

5. Організація праці та контролю

Оператор повинен дотримуватись постійної швидкості руху (5-7 км/год) та контролювати якість обробки.

Регулярно перевіряється:

- рівномірність глибини культивації;
- стан робочих органів;
- відсутність пошкодження рослин;
- рівномірність міжрядь після проходу.

Правильна організація роботи агрегату в загінці є запорукою якісного міжрядного обробітку. Чітке планування траєкторії руху, правильне регулювання культиватора та дотримання техніки обробки дозволяють зменшити простої, уникнути перевитрати пального та зберегти посіви в належному стані.

3.6. Контроль якості роботи

Контроль якості міжрядної культивації є ключовим етапом, що впливає на ефективність обробітку, збереження рослин, боротьбу з бур'янами та подальшу врожайність.

1. Основні показники якості обробітку:

- *глибина культивації* – повинна відповідати агротехнічним вимогам (зазвичай 6–10 см).
- *точність обробки міжрядь* – збереження прямолінійності руху агрегату без пошкодження рослин.
- *якість подрібнення і розпушування ґрунту* – відсутність грудок і ущільнених зон.
- *знищення бур'янів* – мінімум 85-90% бур'янів у міжряддях повинні бути зруйновані.
- *вирівнювання поверхні ґрунту* – після проходу агрегату не повинно залишатися борозен, валків або гребенів.

2. Візуальна оцінка під час роботи:

Проводиться огляд поля після кожного проходу агрегату.

Звертається увага на:

- пошкодження культурних рослин (не допускається понад 2–3%),
- залишки бур’янів**,**
- відхилення від прямолінійності руху (зміщення міжряддя).

3. Вимірювання та контроль параметрів:

- глибина культивації перевіряється щупом або лінійкою в декількох точках.
- ширина міжрядь має відповідати встановленій нормі згідно з шириною сівби.
- перевіряється однорідність обробки на контрольних ділянках.

4. Вимоги до стану агрегату:

- робочі органи не повинні бути зношеними або пошкодженими.
- культиватор має бути налаштований горизонтально по ширині і довжині.
- усі з'єднання повинні бути надійно закріплені.

5. Документування та фіксація результатів:

Фіксується:

- дата і час обробітку,
- номер ділянки/поля,
- тип агрегату,
- кількість проходів,
- зауваження щодо якості.

За необхідності складається акт огляду якості робіт.

Регулярний контроль якості міжрядної культивації дозволяє своєчасно виявити відхилення, скоригувати налаштування агрегату та забезпечити збереження посівів і оптимальні умови для росту рослин.

4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1. Обґрунтування модернізації.

Обробіток міжрядь посівів соняшнику є важливим елементом агротехніки при вирощуванні цієї культури. Ця операція сприяє знищенню бур'янів, покращенню аерації та структури ґрунту, збереженню оптимального рівня вологості, що загалом створює сприятливі умови для росту і розвитку рослин.

Для виконання цього агроприйому доцільно обрати просапний культиватор, який, на нашу думку, є ефективним та обґрунтованим вибором з урахуванням вимог технології вирощування соняшнику.

Просапний культиватор призначений для догляду за посівами просапних культур, висіяних із міжряддям 60 або 70 см. За його допомогою здійснюється міжрядний обробіток полільними лапами у двох напрямках на глибину від 6-ти до 10-ти см, а також глибше розпушування ґрунту долотоподібними зубами на глибину від 10-ти до 16-ти см.

Крім того, культиватор дозволяє:

- вносити мінеральні добрива на глибину до 16 см,
- здійснювати підгортання,
- нарізати поливні борозни з одночасним внесенням добрив,
- проводити обробіток рядків голчатими дисками та лапами-відвалами,
- а також виконувати передпосівне розпушування ґрунту на глибину до 12 см [9].

Просапний культиватор агрегатується з тракторами тягового класу 1,4–2,0 т, такими як: МТЗ-80/82, ЮМЗ-6АЛ/6АМ, Т-70С. Тип зчеплення – начіпний у робочому режимі та напівначіпний під час транспортування.

Просапний культиватор (рис. 4.1) – це начіпна сільськогосподарська машина, що складається з бруса, на якому встановлено:

- замок автозчіпки,
- два опорні колеса,

- секції робочих органів,
- транспортний механізм.

Рис. 4.1. Просапний культиватор

Туковисівний пристрій просапного культиватора (рис. 4.2), включає в себе туковисівний апарат типу АТП-2, привідний механізм, тукопроводи та загортаючі робочі органи (підживлюючі ножі). Основним призначенням пристрою є дозоване подавання, транспортування та внесення гранульованих і пилоподібних мінеральних добрив у ґрунт на задану глибину під час виконання культиватором міжрядного обробітку.

Конструктивно туковисівний пристрій складається з туковисівних апаратів АТП-2, встановлених на кронштейнах, з'єднувальних валиків, що забезпечують передавання обертального моменту від одного апарата до іншого, а також механізмів передач з натяжними роликами, які передають обертання від опорного колеса безпосередньо на вал туковисівного апарата.

Добрива з висівного апарата надходять у тукопроводи, далі – в раструб підживлюючого ножа, після чого загортаються в ґрунт.

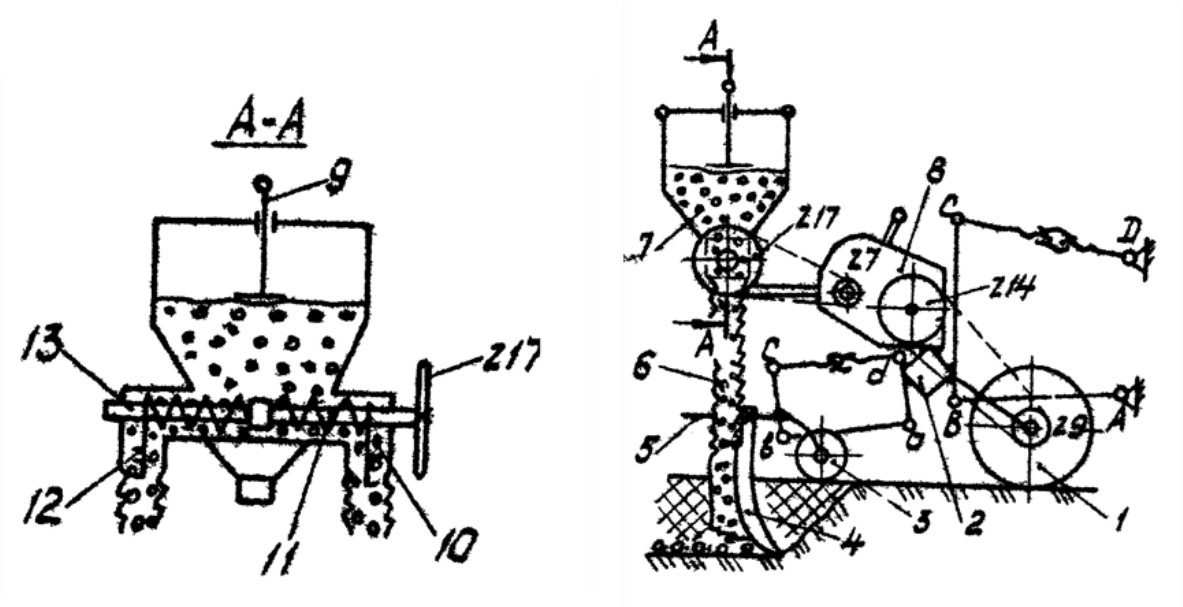

Рис. 4.2. Туковисівний пристрій просапного культиватора: АВСД – начіпка культиватора; abcd – чотирьохланковий механізм секції культиватора; 1 – опорно-приводне колесо; 2 – рама (брус) культиватора; 3 – копіруюче колесо секції; 4 – підживлювальний ніж; 5 – гряділь секції; 6 – тукопровід; 7 – бункер туковисівного апарата АТП-2; 8 – коробка (механізм) передач; 9 – покажчик рівня туків у бункері; 10 – лійка; 11 – висіваючий механізм; 12 – розсіювач; 13 – вал висіваючого механізму.

Висіваючий механізм 11 являє собою вал 13, на який встановлено спіральні пружини з лівою і правою навивкою, а також втулки для встановлення розсіювача 12.

Туковисівний апарат (рис. 4.3) призначений для внесення мінеральних добрив та їх сумішей у гранульованій, порошкоподібній або кристалічній формі.

Конструктивно апарат складається з кронштейна 4, до якого закріплюється бункер 1 із кришкою 9 та індикатором рівня добрив 5. На бокових стінках бункера встановлено лійки 3, оснащені металокерамічними втулками 13. У нижній частині бункера розміщується вал 12 з пружинними штангами 2. Всередині лійок, на втулках 13, закріплені розсіювачі 8, які забезпечують рівномірний розподіл добрив.

Для запобігання самовільному висипанню добрив з бункера, на його стінках шарнірно закріплено козирки 7, що частково перекривають зону висівного механізму. У днищі бункера передбачено два люки, які закриваються піддонами 6 та фіксуються замками. Кришка бункера у закритому положенні також фіксується замком 10.

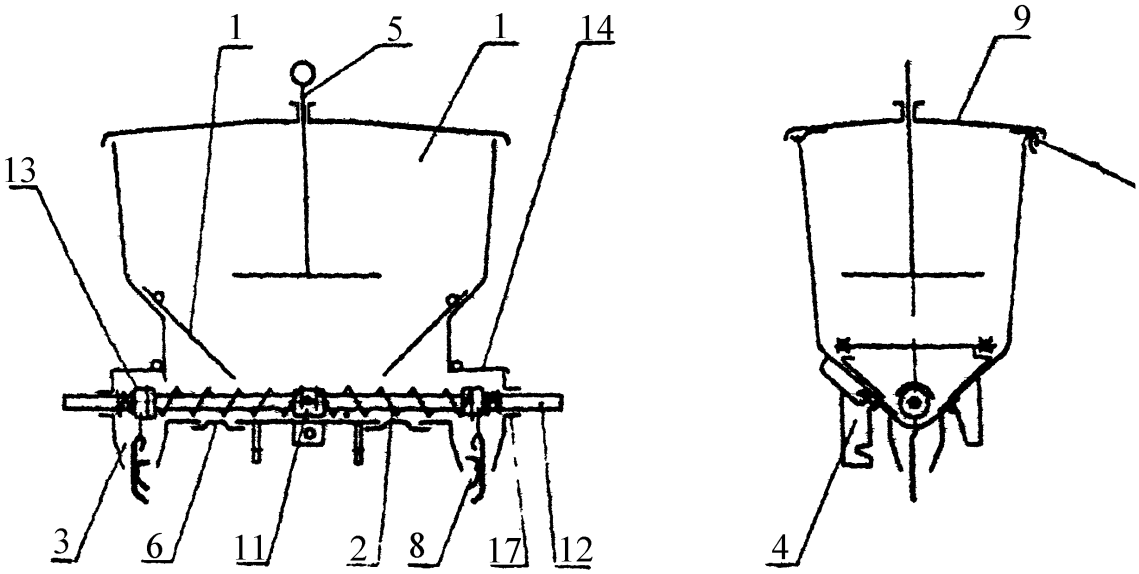

Рис. 4.3. Схема туковисівного апарата

Пружини 2, встановлені у висівному апараті, мають різну напрямленість навивки – праву та ліву. Це конструктивне рішення забезпечує транспортування добрив у протилежні сторони від центру до лійок під час обертання вала 12 в одному напрямку. Середні кінці пружин встановлюються в пази втулки 11, а зовнішні – фіксуються в отворах вала.

Для запобігання засміченню та забезпечення можливості очищення у разі забивання, лійки 3 у верхній частині обладнані знімними кришками 14. Після виходу з лійок добрива надходять до тукопроводів 10, по яких транспортуються до сошників 9. Глибина загортання добрив у ґрунт регулюється за допомогою натискної пружини 11 [5].

З метою покращення однорідності фракцій мінеральних добрив та усунення грудочок у конструкції туковисівного апарата в тукопроводах передбачено встановлення розсіювачів, розміщених у лійках апарата. Проте наявні конструктивні рішення не забезпечують повного вирішення зазначеної

проблеми, що негативно позначається на рівномірності висіву добрив і, відповідно, на якості агротехнічного процесу.

Для підвищення ефективності роботи туковисівного апарата запропоновано додаткове конструктивне вдосконалення — встановлення на валу шнеків пружин зі зворотною (зустрічною) навивкою (рис. 4.3). Такі пружини мають більший крок, менший діаметр витків і навиваються безпосередньо на вал висівного механізму. Запропонована конструкція забезпечує ефективне подрібнення грудочок мінеральних добрив та покращує підготовку матеріалу до внесення.

Принцип дії вдосконаленого висівного апарата полягає в тому, що при попаданні грудочок добрив на витки пружинних шнеків із протилежною навивкою, вони інтенсивно розтираються та подрібнюються. Вивантаження добрив здійснюється завдяки підвищеній активності одного з шнеків, що досягається завдяки відмінностям у кроці та діаметрі витків дроту, з якого виготовлено пружини. Це дозволяє досягти більш рівномірної подачі добрив у ґрунт, підвищує ефективність їх засвоєння рослинами та, як наслідок, сприяє зростанню врожайності.

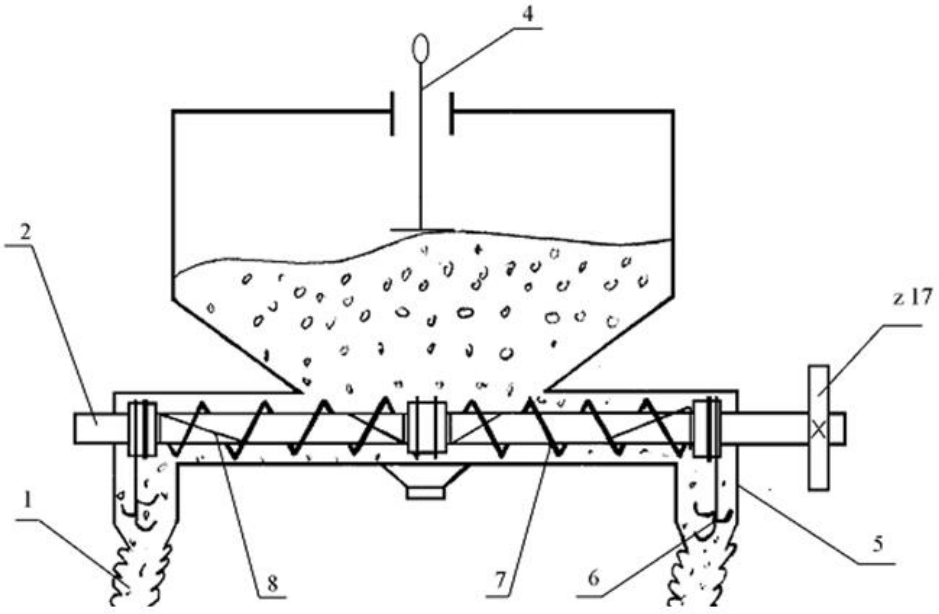

Рис. 4.4. Модернізованій туковисівний апарат

4.2. Технологічний розрахунок

Розрахунок туковисіваючого апарату

До основних технологічних характеристик шнекового туковисівного апарата належать такі параметри:

– діаметр витків шнекового елемента становить 50 мм;

– крок витків шнека дорівнює 25 мм;

– діаметр дозувального отвору складає 60 мм;

– довжина відкритої (дозуючої) частини шнека — 140 мм;

– довжина транспортуючої зони шнека — 120 мм.

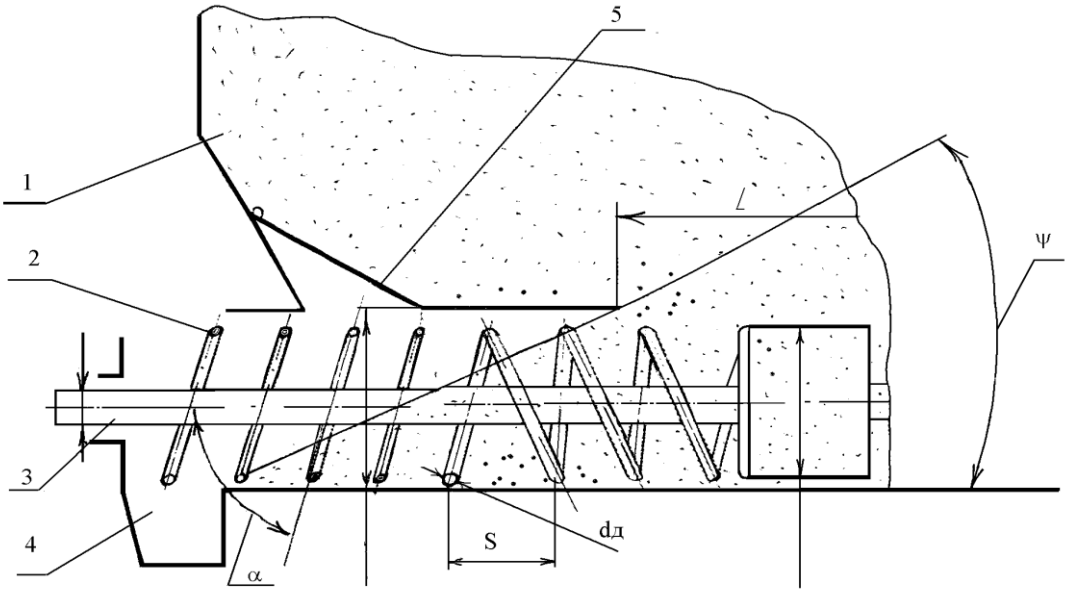

Рис. 4.5. Схема для вибору параметрів шнекового апарату: 1 – бункер; 2 – витки дроту; 3 – вал; 4 – лійка; 5 – відкритий козирок.

Діаметр витків дроту повинен задовольняти умову

$$d_ш > d + d_д + 4d_г, \quad (3.1)$$

де d – зовнішній діаметр шнека, мм;

$d_д$ – діаметр дроту, мм;

$d_г$ – максимальний діаметр мінеральних добрив, мм

$$50>20+5+4\cdot5$$

$$50>45 \text{ мм.}$$

Визначимо крок витків шнека

$$S>d_д+2d_г \tag{3.2}$$

$$25>5+2\cdot5$$

$$25>15 \text{ мм}$$

Ключова умова для стабільного осьового переміщення добрив уздовж дна бункера шнековими витками

$$\alpha>\varphi$$

$$\alpha=90°-\text{arctg}(S/\pi d_ш) \tag{3.3}$$

тут α – величина кута нахилу одного витка дроту в напрямку руху по осі;

φ – величина кута тертя мінеральних добрив об поверхню дроту.

$$\alpha=90°-\text{arctg}(25/\pi\cdot50)=81°.$$

Вказана умова виконується.

Протяжність зони транспортування шнека

$$\ell_0 = Sn_1 > \frac{d_0}{tg\psi} \tag{3.4}$$

тут n_1 – кількість витків шнека, необхідна для переміщення туків від дозувального отвору до лійки;

ψ – величина кута перекриття;

$$\psi=\varepsilon+\alpha_c \qquad (3.5)$$

тут: ε – величина кута природного укосу мінеральних добрив;

α_c – кут найбільшого бокового нахилу агрегату.

$$\ell_0=25\cdot5=125 \text{ мм} > 60/\text{tg } \psi$$

Величина ℓ обирається з умови

$$Д<H_б\leq2Д \qquad (3.6)$$

Число туків, які висіватимуться за один оберт шнека, буде:

$$q_0 = 10^{-8}\cdot 25\pi S\gamma_т\mu\left(d_0^2 - d^2\right) \qquad (3.7)$$

де $\gamma_т$ – об'ємна маса міндобрив;

μ – коефіцієнт, який враховує відставання швидкості виносу міндобрив у лійку від швидкості витків шнека осьової

$$q_0=10^{-8}\cdot25\cdot\pi\cdot25\cdot0,68\cdot0,5\cdot(60^2-20^2)=0,021 \text{ кг/об.}$$

Межі зміни частоти обертання відповідно до заданих норм внесення добрив обчислюються за наступною формулою

$$n_{min\ ,max} = \frac{B_р V_м}{131\left(D^2 - d^2\right)t\gamma ck} Q_{min\ ,max} \qquad (3.8)$$

тут t – крок витка;

γ – об’ємна маса міндобрив[3];

c, k – коефіцієнти; c=1,0 $\rightarrow$ (α=0°); k – 0,3÷0,6;

$$n_{min} = \frac{5{,}6 \cdot 10 \cdot 50}{131 \cdot \left(60^2 - 20^2\right) \cdot 25 \cdot 0{,}68 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}3} = 1309 \text{ об/год} = 22 \text{ об/хв}$$

$$n_{max} = \frac{5{,}6 \cdot 10 \cdot 250}{131 \cdot \left(60^2 - 20^2\right) \cdot 25 \cdot 0{,}68 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}3} = 6598 \text{ об/год} = 100 \text{ об/хв}$$

Частота обертання шнекового вала коливатиметься в межах від 22 до 100 об/хв.

4.3. Кінематичний розрахунок наводимо в додатку А.

4.4. Силовий аналіз механізмів машини наводимо в додатку Б.

4.5. Розрахунок деталей та вузлів на міцність наводимо в додатку В.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Застосування просапних культиваторів у догляді за посівами соняшнику є ефективним методом механічної боротьби з бур'янами, а також способом розпушування ґрунту. Проте виконання таких робіт вимагає дотримання низки заходів охорони праці з метою запобігання травмам та збереження здоров'я працівників.

Основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

рухомі частини машини (фрези, робочі органи культиватора),

вібрація та шум під час роботи тракторного агрегату,

пил і викиди від двигуна внутрішнього згоряння,

ризик наїзду або перекидання машини на схилах або нерівностях поля.

Вимоги до працівників:

до роботи допускаються лише особи, що пройшли медичний огляд, навчання та інструктаж з охорони праці;

тракторист-машиніст повинен мати дійсне посвідчення та досвід роботи на даному агрегаті;

працівник повинен використовувати засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): спецодяг, рукавиці, захисні окуляри, навушники при підвищеному рівні шуму.

Вимоги до машини:

перед початком роботи проводиться ретельна перевірка технічного стану культиватора і трактора, зокрема: справність гідросистеми, з'єднувальних вузлів, органів управління;

культиватор повинен мати захисні кожухи на робочих органах;

забороняється працювати з несправним обладнанням.

Вимоги під час роботи:

агрегатування проводиться лише на рівному майданчику з дотриманням вимог безпеки;

забороняється перебування сторонніх осіб у радіусі 10 м від працюючого агрегату;

заборонено виконувати будь-яке регулювання чи обслуговування агрегату на ходу;

рух машини має бути плавним, без різких маневрів, особливо на схилах.

Вимоги після закінчення роботи:

агрегат зупиняється тільки на рівній поверхні, двигун глушиться;

робочі органи очищаються лише після повної зупинки та зняття тиску з гідросистеми;

проводиться щоденний технічний огляд, виявлені несправності усуваються до початку наступної зміни.

Додаткові заходи:

при роботі у жарку пору року забезпечити водний режим для працівників;

дотримуватися правил вогнебезпеки, зокрема при заправці пального;

в разі несприятливих погодних умов (дощ, туман, сильний вітер) – роботи припиняються

6. ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота спрямована на удосконалення конструкції просапного культиватора, який застосовується для міжрядного обробітку посівів соняшнику.

У результаті аналізу технології вирощування цієї сільськогосподарської культури було запропоновано внесення змін до існуючої технологічної карти вирощування соняшнику. Розроблено операційно-технологічну карту на виконання міжрядного обробітку, а також здійснено підбір та розрахунок машинно-тракторного агрегату для проведення відповідної агротехнічної операції.

З урахуванням агротехнічних вимог до міжрядного обробітку соняшнику запропоновано використання просапного культиватора з функцією одночасного внесення гранульованих мінеральних добрив.

З метою усунення недоліків у роботі туковисівного апарата, встановленого на культиваторі, розроблено конструктивне вдосконалення — встановлення на валу шнеків пружин зі зворотною навивкою. Такі пружини мають більший крок, менший діаметр та навиваються безпосередньо на вал висівного апарата. Це забезпечує подрібнення грудочок мінеральних добрив, покращення підготовки матеріалу до внесення, а також сприяє рівномірнішому висіву. У підсумку це підвищує ефективність застосування добрив під час підживлення рослин у процесі міжрядного обробітку.

Реалізація запропонованого технічного рішення дозволить підвищити ефективність технологічного процесу вирощування соняшнику, сприятиме зростанню урожайності та забезпечить економічну доцільність для сільськогосподарських підприємств.

Розраховано параметри шнекового апарату удосконаленої конструкції.

Конструкція модернізованого просапного культиватора, його технічні характеристики та здатність до якісного виконання міжрядного обробітку повністю відповідають вимогам чинних державних стандартів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агротехнічні вимоги та оцінка якості обробітку ґрунту: навч. посібник / М. С. Чернілевський, Ю. А. Білявський, Р. Б. Кропивницький, Л. І. Ворона. – вид. 2-ге, допов. – Житомир: вид-во «Житомирський національний агроекологічний університет», 2012. – 84 с.

2. ДСТУ 7329:2013 Грунтообробне устаткування. Культиватори просапні.

3. Жидецький В.Ц. Практикум з охорони праці. Львів : «Афіша», – 2000. – 349 с.

4. Культиватор начіпний для високостебельних культур КРНВ-5,6. Паспорт КРН 46.000 ПС. ОАТ «Червона Зірка». – 2000.

5. Культивація: нові можливості ґрунтообробітку / http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1111-kultyvatsiia-novi-mozhlyvosti-gruntoobrobitku.html.

6. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив : навчальний посібник / В. М. Сало, С. М. Лещенко та ін. Х. : Мачулін, 2016. 244 с.

7. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсів «Технологія механізованих робіт в рослинництві» та «Машиновикористання в рослинництві» для студентів спеціальностей 208 «Агроінженерія» та 133 «Галузеве машинобудування» / Укладачі: В. М. Сало, С. М. Лещенко, Д. І. Петренко, О. М. Васильковський, П. Г. Лузан. Кропивницький : ЦНТУ, 2018. 170 с.

8. Надикто В.Т., Кюрчев В.М., Кувачов В.П. Використання техніки в АПК : підручник. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 268 с.

9. О. Андрієнко, А. Андрієнко, І. Семеняка. Не такий страшний соняшник, як його малюють. – Газета «Агробізнес сьогодні». – №11(210) червень 2011. – agro-business.com.ua.

10. Огляд конструкцій та напрямки вдосконалення культиваторів рослинопідживлювачів / В.А. Дейкун, В.О. Кадров, С.М. Лещенко / Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Досягнення та перспективи галузі виробництва переробки і зберігання сільськогосподарської продукції». – 2019. – С. 47. http://www.kntu.kr.ua/?view=science&id=17.

11. Проектування технологічних процесів у рослинництві : навчальний посібник / С. М. Бондар, І. І. Мельник, В. Д. Гречкосій ; за ред. І. І. Мельника. Ніжин : АСПЕКТ Поліграф, 2005. 192 с.

12. Сисолін П.В. та ін. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. «Машині та обладн. с.-г. вир-ва» / За ред. М.І. Черновола. Кн. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.М, Сало, В.М. Кропівний; За ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.: іл.

13. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 1 : Машини для рільництва / П. В. Сисолін, В. М. Сало, В. М. Кропівний; За редакцією Черновола М. І. К. : Урожай, 2001. 382 с

14. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур з різним ресурсним забезпеченням / За ред. Д.І. Мазоренка, Г.Є. Мазнєва. Харків : ХНТУСГ, 2006. 725 с.

ДОДАТКИ

КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК

Привід туковисівних апаратів здійснюється від опорно-привідних коліс культиватора (рис. 1) через ланцюгові передачі та ланцюгову КЗП.

Такий спосіб приводу забезпечує взаємозв'язок між швидкістю руху агрегату та нормою внесення добрив

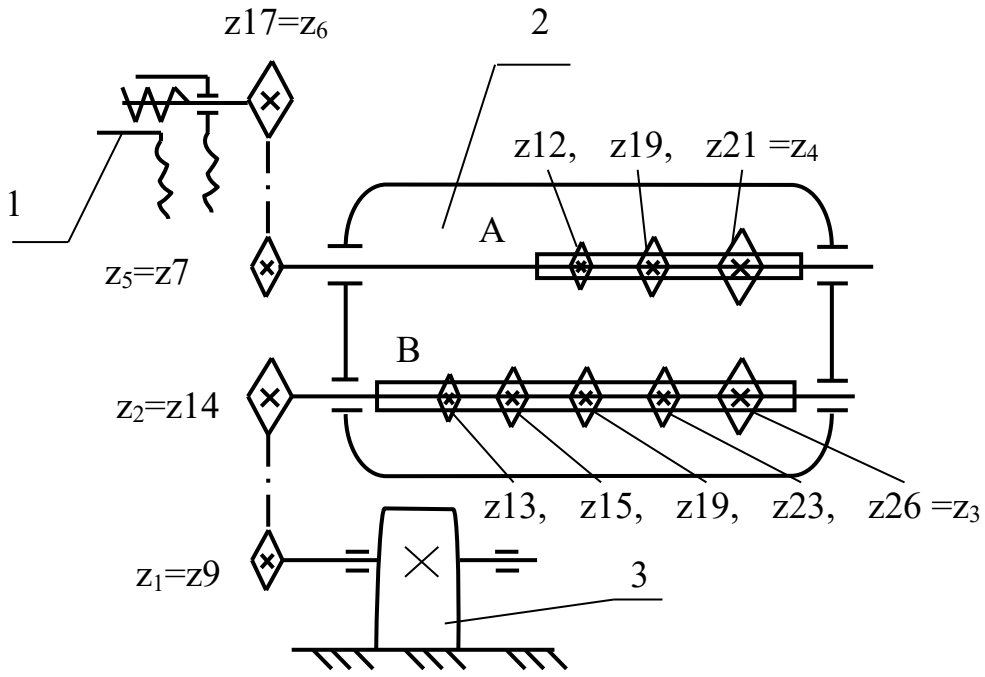

Рис. 1. Схема передач механізму приводу туковисівного апарата:
1 – туковисівний апарат; 2 – коробка передач; 3 – опорно-приводне колесо.

Коробка передач складається із двох шестигранних валів А і В, на яких встановлені блоки з трьох і п'яти ланцюгових зірочок. Обидва блоки можуть вільно переміщуватися вздовж валів.

Зміна передаточного числа здійснюється за допомогою рукоятки шляхом послаблення ланцюга для перестановки її на різні зірочки блоків.

Розрахунок передаточного відношення ведемо для внесення добрив під соняшник.

Згідно з агровимогами норма внесення добрив для даної культури складає 180 кг/га. При даній нормі внесення передаточне число повинно бути рівним u=0,290.

Визначаємо необхідні кількості зубів усіх зірочок за формулою

$$u_з=u_{лп1}\cdot u_{кзп}\cdot u_{лп2} \quad (1)$$

де: $u_{лп1}$, $u_{лп2}$ – передаточні відношення відповідно першої та другої ланцюгових передач;

$u_{кзп}$ – передаточне відношення коробки зміни передач.

$$u_{лп1}=\frac{z_5}{z_6} \quad (2)$$

$$u_{лп2}=\frac{z_1}{z_6} \quad (3)$$

$$u_{кзп}=\frac{z_3}{z_4} \quad (4)$$

Згідно рис. кількість зубів зірочок ланцюгових передач постійні і дорівнюють:

$z_1=9;\ z_2=14;\qquad z_5=7;\qquad z_6=17;$

Тоді

$$u_{лп1}=\frac{7}{17}=0{,}412$$

$$u_{лп2}=\frac{9}{14}=0{,}643$$

Для розрахунку передаточного відношення КЗП приймаємо, що:

$z_3=23;\qquad z_4=21.$

Тоді

$$u_{кзп}=\frac{23}{21}=1{,}095$$

Визначаємо загальне передаточне відношення механізму передач:

$u_з=0{,}412\cdot0{,}643\cdot1{,}095=0{,}290$

Розраховане передаточне відношення відповідає визначеному по агровимогам, тобто:

$u=u_з=0{,}290$

Тому для даної культури приймаємо такі значення кількості зубів усіх зірочок механізму передач:

z_1=9; z_2=14; z_3=23; z_4=21; z_5=7; z_6=17;

Визначаємо необхідне передаточне число привода туковисівного апарата АТП-2 для заданої норми висіву $Q_{зад}$ (гранульованої аміачної селітри) розраховуємо по формулі:

$$m = \frac{Q_{зд} t \pi D_к}{10000(1-\eta)m} \qquad (5)$$

де t – ширина міжряддя рослин, м;

$D_к$ – діаметр опорно-приводного колеса, $D_к$=0,4м;

η – коефіцієнт проковзування колеса, η=0,05…0,1;

m – маса висіяних добрив у вікно апарату АТП-2 за один оберт вала висівного механізму:

$$m = \frac{\gamma}{\gamma_{суп}} m_{суп} \qquad (6)$$

де $\gamma_{суп}$ – щільність гранульованого суперфосфату, кг/м^3, $\gamma_{суп}=1\cdot10^3$ кг/м^3;

γ – щільність висіяних добрив, кг/м^3, визначається по довідковим даним;

для гранульованої аміачної селітри γ=700 кг/м^3;

$m_{суп}$ – маса гранульованого суперфосфату, винесеного через вікно апарату за один оберт вала висівного механізму, $m_{суп}$=0,042 кг/об.

$$m = \frac{810}{1000} \cdot 0{,}042 = 0{,}024 \ \text{кг/об}$$

Норму висіву $Q_{табл}$ для обраного передаточного числа $i_{табл}$ приводу туковисівного апарату обчислюємо за формулою, отриманою із ф. 5 шляхом підстановок і перетворень, кг/га:

$$Q_{tтаб} = \frac{10000(1-\eta)m}{t\pi D_к} i_{табл} \qquad (7)$$

СИЛОВИЙ АНАЛІЗ МЕХАНІЗМІВ ЗНАРЯДДЯ

Визначаємо зусилля, які діють у ланках навісного механізму

Зусилля, які виникають при роботі навісного культиватора, можна знайти графічною побудовою силового многокутника.

На робочий орган культиватора діють сили: R_{zx} – рівнодіюча сил опору робочих органів; $G_м$ – вага машини; Q – реакція грунту на колесо (рис. 1).

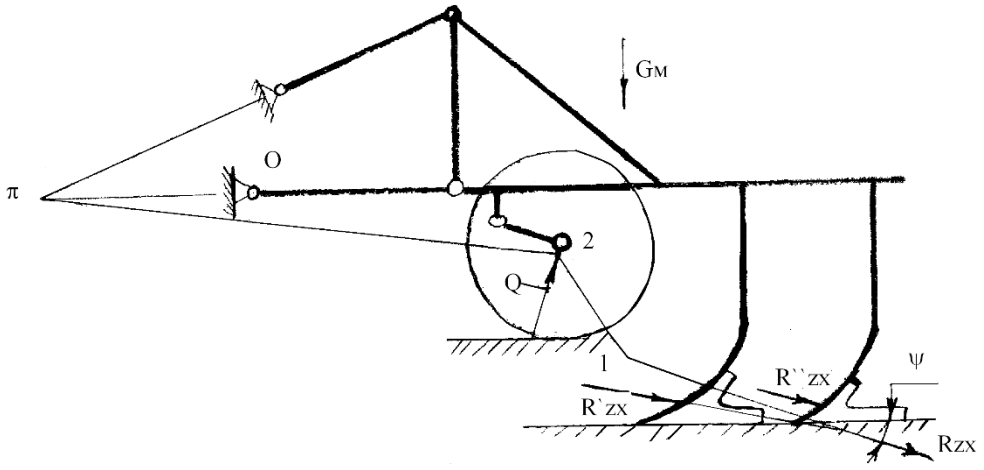

Рис. 1. Розрахункова схема навісного культиватора

Побудову силового многокутника починають із геометричного доданку сил $G_м$ і R_{zx}.

$G_м$ =8650 Н – вага культиватора

$$R_{zx}=R'_{zx}+R'_{zx}$$

R'_{zx} – сила опору лап першого ряду;

R'_{zx} – сила опору лап другого ряду.

Тягове зусилля культиватора

$$P_x=qB$$

q= 1200 Н/м – питомий опір грунту;

B= 5,4 м – ширина захвату культиватора.

$$P_x= 1200\cdot5,4=6480 \text{ Н}.$$

Горизонтальна складова грунту для лап першого ряду в 2 рази більша, ніж лап другого ряду.

$$R'_x = \frac{2}{3}P_x \qquad R''_x = \frac{1}{3}P_x$$

ψ =10° – кут нахилу рівнодіючої сили до горизонту.

$$R'_{zx} = \frac{\frac{2}{3}P_x}{\cos\varphi} = \frac{\frac{2}{3}\cdot 6480}{\cos 10°} = 4254 \text{ Н}$$

$$R''_{zx} = \frac{\frac{1}{3}P_x}{\cos\psi} = \frac{\frac{1}{3}\cdot 6480}{\cos 10°} = 2127 \text{ Н}$$

$$R_{zx}=4254+2127\approx 6580 \text{ Н}.$$

Через точку перетину векторів сил R_{zx} і $G_м$ проводимо пряму паралельну вектору сили R_1 – рівнодіючої сил R_{zx} і $G_м$ і точку перетину цієї прямої з напрямком сили Q з'єднуємо з полюсом π миттєвого центру обертання навісного пристрою Ця лінія визначає напрямок рівнодіючої сил P усіх сил (рис. 2).

Сили P і Q визначають з многокутника. Аналогічно визначають зусилля нижніх і верхніх тягах ($N_н$, $N_в$) гідравлічного навісного пристрою трактора.

$$P=\ell_p M=9{,}5\cdot 1000=9500 \text{ Н}$$

$$Q=\ell_Q M=9{,}1\cdot 1000=9100 \text{ Н}$$

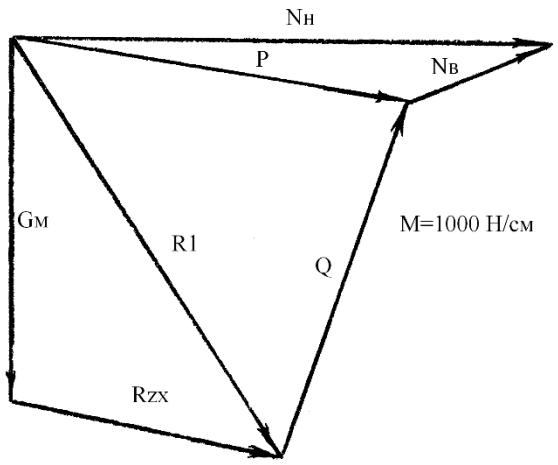

Рис. 2. Силовий многокутник сил, які діють у ланках навісного механізму.

РОЗРАХУНКИ ДЕТАЛЕЙ НА МІЦНІСТЬ

Розрахунок на міцність стояка культиваторної лапи

До стояків закріплюються лапи (рис. 1), які сприймають зусилля від опору оброблюваного шару грунту

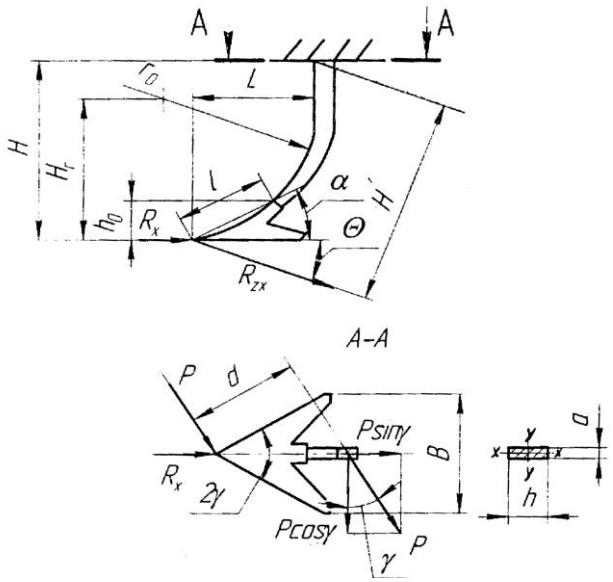

Рис. 1. Розрахункова схема стояка

Профіль стояка культиватора характеризується радіусом r_0 вильотом L та висотою H (рис. 2)

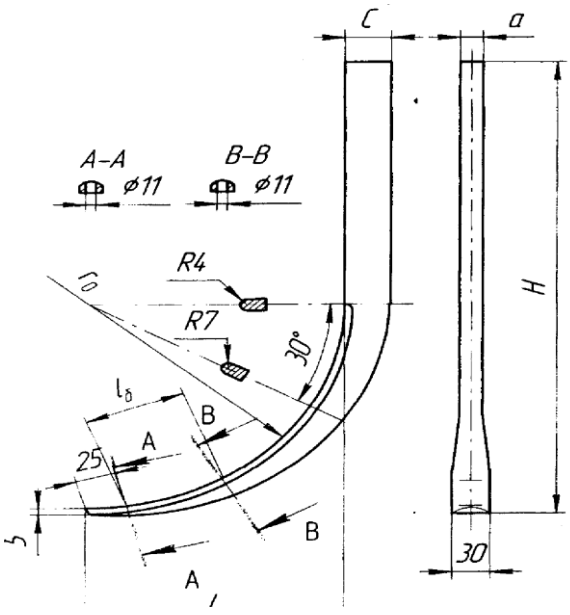

Рис. 2 Схема для побудови стояка лапи.

Значення радіуса r_0 визначаємо з виразу

$$r_0 = \frac{H_r - \ell \sin \alpha}{\cos \alpha} \quad (1)$$

$$H_r=2h_0;$$

h_0 – максимальна глибина ходу лапи, h_0=120 мм;

$$H_r=2\cdot 120=240 \text{ мм}$$

де ℓ – довжина прямої ділянки лапи (рис. 3);

α – кут піднімання лапи.

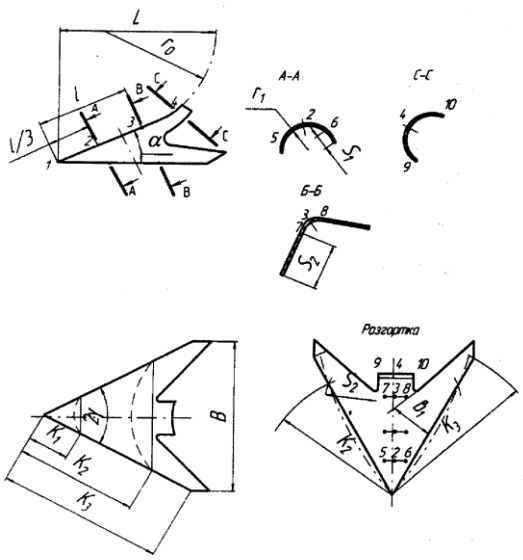

Рис. 3. Схема побудови проекцій стрілчастої лапи із хвостовиком та її розгортки.

Кут піднімання лапи α є похідним від значень кутів γ та β, який визначають із тригонометричних співвідношень:

$$\alpha=\text{arctg}(\sin\gamma\cdot\text{tg}\beta) \quad (2)$$

α=arctg(sin35°·tg18°)=40°

Довжину ℓ прямої ділянки лапи визначаємо за формулою

$$\ell = b_1 \frac{\sin \beta}{\cos \alpha} \quad (3)$$

де b_1 – ширина крила лапи;

β – кут кришення

$$\ell = 85 \cdot \frac{\sin 18}{\cos 40} = 96 \text{ мм}$$

Тоді

$$r_0 = \frac{240 - 96 \cdot \sin 40}{\cos 40} = 282 \text{ мм}$$

Виліт L розраховуємо за формулою

$$L=r_0(\ell\text{-}\sin\alpha)+\ell\cos\alpha \quad (4)$$

$$L=282\cdot(96\text{-}\sin40°)+96\cdot\cos40°=2{,}68\cdot10^4 \text{ мм}$$

Висоту стояка (відстань від опорної поверхні лапи до низу рами) знаходимо з умови запобігання забиванню культиваторів:

$$H=H_1+h_0 \quad (5)$$

де H_1 – відстань від низу рами до поверхні грунту, H_1=320 мм.

$$H=320+120=440 \text{ м.}$$

Проводимо **розрахунок** стояка лапи **на згин**.

Діюче на лапу зусилля R_{zx} при розрахунках перетину стояків слід подвоювати із-за нерівномірності навантажень , які прикладаються до лап.

Згинальний момент у небезпечному перетині А-А (рис. 4) дорівнює:

$$M_З=R_{zx}H' \quad (6)$$

де

$$R_{zx}=R_x/\cos\Theta=10^{-3}KB/\cos\Theta$$

К – питомий опір культиватора; К=1,7 кН/м;

Θ – кут нахилу рівнодіючої до горизонту, Θ=10°;

значення К, В, Н′ обираємо по таблицям.

Підставляючи значення R_{zx} у формулу (6), одержуємо:

$$M_З=2\cdot10^{-3}\cdot K\cdot B\cdot H'/\cos\Theta \quad (7)$$

$$M_З=2\cdot10^{-3}\cdot1{,}7\cdot330\cdot320/\cos10)=-427{,}9 \text{ Н·м}$$

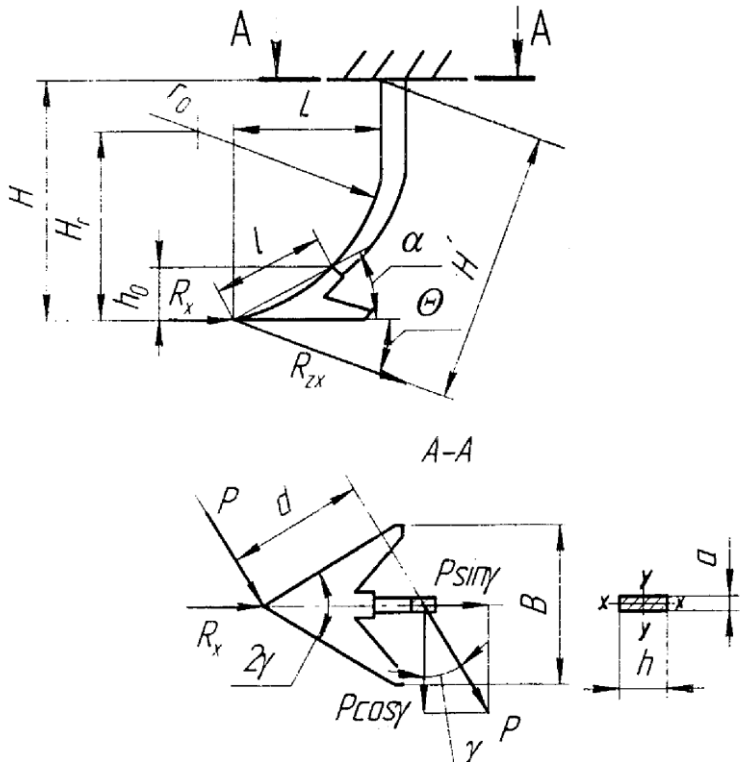

Рис. 4 Розрахункова схема стояка

Підбираємо перетин стояка за максимальним згинальним моментом шляхом обчислення необхідного моменту опору:

$$W = \frac{M_3}{[\sigma_{-1}]} \tag{8}$$

Оскільки стандартні стояки лап у перетині (рис. 5.18) мають прямокутну форму, то моменти опору відносно осей перетину будуть:

$$W_x = \frac{ha^2}{6} \qquad W_x = \frac{ah^2}{6}$$

$$W_x = \frac{16 \cdot 45^2}{6} = 5{,}4 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$$

$$W_y = \frac{45 \cdot 16^2}{6} = 1{,}92 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$$

Матеріал стояків приймаємо сталь Ст. 5 по ГОСТ 380-71 з характеристиками

$\sigma_в$=500…640 МПа, $\sigma_т$=290 МПа, $\tau_т$=170 МПа, σ_{-1}=(04…05)$\sigma_в$=28 кг/мм^2=280 МПа, τ_{-1}=(0,2…0,3)$\sigma_в$, ψ_σ=0, ψ_τ=0. [9].

Під час випадкових поворотів агрегату із заглибленими лапами у стояках виникають напруження від кручення та згину. Вони досягають значних величин і тому їх необхідно враховувати при розрахунках стояків на міцність.

Максимальне напруження виникає при навантажені, яке прикладене до кінця леза або носка залежно від розміщення стояка відносно лапи.

Крутний момент:

$$M_{кр}=Pd$$

де P – сила опору;

d – відстань від точки прикладання сили до центру перетину стояка (рис. 4)

$$P_{max}=R_x=10^{-3}KB=10^{-3}\cdot 1,7\cdot 330=0,561 \text{ Н}.$$

$$M_{кр}=0,561\cdot 0,180=100,98 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Визначаємо максимальні моменти від складових сили P:

$$M_x=PH\sin\gamma \qquad M_y=PH\cos\gamma \qquad (9)$$

$$M_x=0,561\cdot 320\sin 35=-76,867 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$$M_y=0,561\cdot 320\cos 35=162,23 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Визначаємо приведені моменти

$$M_{пр_x}=\sqrt{M_{кр}^2+M_x^2}=R_x\sqrt{d^2+H^2\sin^2\gamma}. \qquad (10)$$

$$M_{пр_y}=\sqrt{M_{кр}^2+M_y^2}=R_x\sqrt{d^2+H^2\cos^2\gamma}.$$

$$M_{прх}=\sqrt{100.98^2+(-76.867)^2}=126.907 \text{ Нм}.$$

$$M_{пру}=\sqrt{100.98^2+165.23^2}=193.644 \text{ Нм}.$$

Перетин стояка визначаємо за максимальним значенням приведеного моменту:

$$W=\frac{M_{пр_{max}}}{[\sigma_{-1}]} \qquad (11)$$

$$W=\frac{19364}{28}=691 \text{ мм}^3.$$

$$\frac{193.64}{280}=0.692 \quad .$$

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА