

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2026 р.

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

Механізація вирощування кукурудзи з удосконаленням
культиватора для міжрядного обробітку

Виконав здобувач вищої освіти IV
курсу, групи АІ-23мб-1.1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Єфімов Вадим Олегович

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник роботи

професор, докт. техн. наук

_____ Василь САЛО

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

_____ доц. Юрій КУЛЄШКОВ

Кропивницький, 2026

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет Агротехнічний
Кафедра Сільськогосподарського машинобудування
Рівень вищої освіти I-й, бакалавр
Галузь знань Аграрні науки та продовольство
Спеціальність Агроінженерія
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма
Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« » 2026 року

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

Єфімова Вадима Олеговича
(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи (проекту) Механізація вирощування кукурудзи з
удосконаленням культиватора для міжрядного обробітку
- Керівник роботи (проекту) Сало Василь Михайлович
докт. техн. наук, професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- Строк подання роботи до захисту 01.06.2026р
- Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) Удосконалення технології вирощування кукурудзи
- Графічна частина 1. Технологічна карта – А1; Операційна технологічна
карта- А-1; 3 – Культиватор для міжрядного обробітку- А0; 4 – Секція – А-1;
5 – Деталювання – А2.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-5	Сало В.М.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Розробка заходів з удосконалення технології вирощування кукурудзи	01.03.25 – 15.03.25	
	Виконання технологічної частини роботи	16.03.25 – 05.04.25	
	Виконання інженерної частини роботи	06.04.25 – 25.04.25	
	Розробка та оформлення графічного матеріалу роботи	26.04.25 – 15.05.25	
	Оформлення пояснювальної записки	16.05.25 – 01.06.25	

Дата видачі завдання

« 03 » 03 2026 р.

Підпис керівника

_____ Сало В.М.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

« 03 » 03 2026 р.

Підпис здобувача

_____ Єфімов Вадим Олегович.
(прізвище та ініціали)

[illegible]

Зміст

№ п/п	Назва розділу, підрозділу	Стор.
1	Вступ	6
2	Аналіз типових технологій вирощування кукурудзи на зерно з визначенням шляхів їх удосконалення	8
3	Операційна технологія виконання міжрядного обробітку посівів кукурудзи	18
3.1	Призначення операції	18
3.2	Агротехнічні вимоги	19
3.3.	Обґрунтування складу машино – тракторного агрегату та розрахунок режимів його роботи.	19
3.4.	Розрахунок техніко-економічних показників роботи агрегату для міжрядного обробітку посівів	22
3.5	Підготовка агрегату до роботи	23
3.6	Підготовка поля та рух просапного агрегату в загілці	25
3.7	Контроль якості виконання технологічного процесу	27
3.8	Розроблення операційної технологічної карти для виконання міжрядного обробітку посівів кукурудзи	28
4.	Інженерна частина	30
4.1.	Стан питання про машину, що модернізується	30
4.2.	Розрахунок на міцність гряділя секції культиватора КРНВ-5,6	33
4.3.	Перевірка агрегату для міжрядного обробітку на поздовжню стійкість	38
5	Охорона праці	40
5.1.	Особливості умов праці при вирощуванні кукурудзи	40
5.2.	Заходи щодо покращення умов праці під час вирощування кукурудзи.	41
	Загальні висновки	43
	Література	44
	Додатки	46

Вступ

На сучасному етапі розвитку аграрного сектору значна увага приділяється вирощуванню зернових культур, серед яких провідну роль відіграє кукурудза. Вона широко використовується як у харчовій промисловості, так і в галузі кормовиробництва, забезпечуючи потреби тваринництва у повноцінних і якісних кормах.

Необхідність нарощування обсягів виробництва кукурудзи з метою формування науково обґрунтованої кормової бази є беззаперечною. Це підтверджується численними науковими дослідженнями, нормативними документами Міністерства агропромислового комплексу, а також вітчизняною та міжнародною практикою. Попри значний потенціал земельних ресурсів, сприятливі агрокліматичні умови та наявність районованих сортів і гібридів, рівень урожайності кукурудзи в Україні, як і площі її посівів, залишаються недостатніми.

Дослідження причин такої ситуації свідчить, що основними стримувальними чинниками є недостатній рівень матеріально-технічного забезпечення та невисока результативність упровадження сучасних технологій вирощування. У багатьох випадках ці фактори діють одночасно. Проблемними залишаються не лише якість виконання основного обробітку ґрунту і сівби, а й ефективна організація догляду за посівами.

У розвинених країнах світу для впровадження мінімальних технологій обробітку ґрунту до складу машинних комплексів включають високопродуктивні подрібнювачі рослинних решток. Водночас вітчизняні виробники сільськогосподарської техніки повільно здійснюють розробку та впровадження аналогічних машин у виробництво. До того ж техніка

					КРНВ 00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Єфімов В.О			ВСТУП	Літера	Аркуш	Аркушів
Перев.		Сало В.М.					6	
						ЦНТУ, гр. АІ -22мб1.12		
Н.контр.		Артеменко Д						
Затвер.		Васильковський						

іноземного виробництва часто є фінансово недоступною для малих і середніх господарств. Додатковим негативним чинником виступає зниження рівня професійної підготовки працівників аграрної галузі, що ускладнює не лише впровадження інноваційних рішень, а й належне виконання вже відпрацьованих технологічних процесів [1–4].

Для розв’язання зазначених проблем доцільно зосередити увагу на реалізації комплексу організаційних заходів, спрямованих на підвищення зацікавленості товаровиробників у вирощуванні кукурудзи та відновленні кормової бази тваринництва. На рівні сільськогосподарських підприємств необхідно вдосконалювати агротехнічні прийоми, орієнтовані на максимальне накопичення і раціональне використання ґрунтової вологи, поліпшення живлення рослин, ефективну боротьбу з бур’янами, формування оптимальної густоти стояння та забезпечення якісного догляду за посівами [5].

З метою підвищення ефективності виробництва кукурудзи проведено аналіз існуючих базових технологій її вирощування, а також розроблено пропозиції щодо їх удосконалення та модернізації технічного забезпечення процесів догляду за посівами.

					КРНВ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

2. Аналіз типових технологій вирощування кукурудзи на зерно з визначенням шляхів їх удосконалення

Кукурудза належить до найбільш продуктивних сільськогосподарських культур універсального призначення. Вона поєднує високі кормові властивості з важливим продовольчим значенням, що зумовлює її стратегічну роль у забезпеченні населення харчовими ресурсами та розвитку тваринництва [6,7].

У багатьох державах світу поряд із зростанням загальних обсягів виробництва спостерігається збільшення виробництва зерна кукурудзи в розрахунку на одного жителя. Зацікавленість у цій культурі зумовлена не лише її високою кормовою та зерновою цінністю, а й широкими можливостями використання в харчовій і переробній промисловості. Практично всі частини рослини — зерно, стебла, стрижні качанів, волоті — є цінною сировиною, з якої виготовляють сотні найменувань продукції виробничого та споживчого призначення. Саме тому кукурудзу часто характеризують як культуру з безвідходним використанням.

Протягом останніх років кукурудза посідає провідні позиції у світовому виробництві зерна, випередивши традиційних лідерів — пшеницю та рис. Найвищих показників урожайності та валових зборів досягли Сполучені Штати Америки, де площі під посівами становлять близько 27,7 млн га, а середня врожайність перевищує 78 ц/га.

В Україні, попри значний потенціал родючих ґрунтів, сприятливі агрокліматичні умови та наявність високопродуктивних районованих гібридів, рівень урожайності тривалий час залишався порівняно невисоким — у середньому близько 28 ц/га за останні десятиліття. Лише впродовж останніх років у окремих господарствах вдалося досягти показників 70–90 ц/га, що стало можливим завдяки впровадженню інтенсивних технологій вирощування, сучасних гібридів, систем удобрення та хімічного захисту рослин [8,9].

Серед основних чинників, які стримують реалізацію потенціалу врожайності, виділяють:

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

- порушення оптимальних строків сівби;
- недотримання рекомендованої густоти стояння рослин;
- недостатнє застосування мінеральних добрив;
- відмову від використання гербіцидів;
- запізнення зі збиранням урожаю.

Вагомим резервом підвищення продуктивності культури є впровадження інтенсивних технологій, що передбачають комплекс агротехнічних і організаційних заходів, узгоджених із біологічними особливостями кукурудзи та адаптованих до природно-кліматичних умов конкретних зон вирощування.

Попередники кукурудзи

У степовій зоні ефективність попередників визначається насамперед їхнім впливом на формування запасів продуктивної вологи в ґрунті. Багаторічні дослідження свідчать, що найбільше вологи у метровому шарі ґрунту накопичується після:

- озимої пшениці;
- кукурудзи.

Менші запаси спостерігаються після соняшнику, цукрових буряків, сорго та ячменю [10,11].

Сприятливий водний режим, сформований попередником, також позитивно впливає на фітосанітарний стан посівів, зокрема зменшує забур'яненість. Наприклад, озима пшениця, вирощена по чистому пару, завдяки інтенсивному куцjenню та щільному стеблостою істотно пригнічує розвиток пізніх ярих бур'янів (плоскуха, щиряця, мишій). Поодинокі сходи таких бур'янів формуються слабкими та не здатні утворити повноцінне насіння.

Натомість після озимої пшениці, розміщеної по непарових попередниках, посіви кукурудзи характеризуються підвищеною забур'яненістю.

Раціональні сівозмінні ланки включають:

- чорний пар — озима пшениця — кукурудза;
- горох — озима пшениця — кукурудза;

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

- зайнятий пар — озима пшениця — кукурудза;
- чорний пар — озима пшениця — кукурудза — кукурудза.

Для умов Лісостепу кращими попередниками є озима пшениця та зернобобові культури. У зоні Полісся ефективними вважаються удобрені озимі зернові, картопля, люпин на зерно, а також овочеві й кормові коренеплоди.

За внесення підвищених норм органічних добрив допускається повторне вирощування кукурудзи на одному полі.

Обробіток ґрунту.

Система обробітку ґрунту безпосередньо впливає на процеси накопичення та збереження продуктивної вологи, що має вирішальне значення для формування врожаю кукурудзи. У разі застосування комплексної технології її вирощування роль основного обробітку істотно зростає, оскільки саме на цьому етапі створюються передумови для ефективного контролю бур'янів, зокрема багаторічних видів.

Після стерньових попередників доцільним є проведення луцення стерні на глибину 6–7 см із використанням луцильників типу ЛДГ-10, ЛДГ-15, ЛД-20 або важких дискових борін БДТ-7, БДТ-10. Виконувати цей прийом необхідно одночасно зі збиранням попередника або одразу після нього, що сприяє збереженню вологи та провокує проростання бур'янів для їх подальшого знищення [11,12] .

Недостатнє застосування як агротехнічних, так і хімічних методів боротьби призводить до щорічного зростання чисельності стійких до знищення видів, зокрема амброзії та осоту. Водночас рівень поширення злакових бур'янів залишається стабільно високим. Засміченість посівів може досягати 70–80 %, що за середнього ступеня забур'яненості зумовлює втрати врожаю на рівні 20–25 %.

На полях із високим рівнем засміченості, особливо кореневищними бур'янами (осот, берізка польова), ефективним заходом є дворазове луцення. У степовій зоні спочатку виконують обробіток дисковими знаряддями на глибину 8–10 см, а потім — плоскорізними культиваторами на 12–14 см. У Лісостепу та

					КРНВ 00.000.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на Поліссі рекомендується дискування у двох взаємно перпендикулярних напрямках на глибину 10–12 см із подальшим проведенням глибокої оранки.

У разі повторного розміщення кукурудзи на тому самому полі особливу увагу приділяють якісному подрібненню та загортанню рослинних решток. Основний обробіток у цьому випадку розпочинають із використання важких дискових борін, таких як БДТ-7 або БДТ-10, чи ґрунтообробних фрез із виконанням одного-двох проходів (уздовж, уперек або по діагоналі поля) з наступним заорюванням решток. Останнім часом для підвищення ефективності цієї операції застосовують спеціалізовані подрібнювачі рослинних залишків.

Глибоку оранку доцільно проводити плугами, обладнаними передплужниками, на глибину 27–30 см. Для максимального використання вологи суттєве значення мають заходи весняної підготовки ґрунту, зокрема боронування або вирівнювання зябу.

За умови застосування комплексної технології вирощування кукурудзи на зерно на вирівняних площах, незалежно від попередника та способу основного обробітку, восени (переважно у листопаді) виконують вирівнювальну культивуацію на глибину 8–10 см культиваторами КПС-4 у агрегаті з важкими зубовими боронами БЗТС-1,0 або середніми БЗСС-1,0. Такий прийом сприяє подрібненню грудок, частковому вирівнюванню поверхні поля та знищенню проростків багаторічних бур'янів.

Якщо через об'єктивні причини основний обробіток переноситься на весняний період, то в умовах Лісостепу та Полісся замість традиційної весняної оранки доцільніше провести дворазове дискування важкими боронами типу БДТ-7 на глибину 10–12 см у двох напрямках. Це дозволяє скоротити тривалість виконання польових робіт майже вдвічі та зменшити витрати пального на 35–40 % [12,13].

У степовій зоні фахівцями Інститут зернового господарства НААН було досліджено ефективність різних способів обробітку ґрунту під кукурудзу. Встановлено, що мілкий обробіток (12–14 см), а також застосування «нульової»

					КРНВ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

технології без належного контролю бур'янів призводять до істотного зниження врожайності через підвищення рівня забур'яненості посівів.

Удобрення.

У системі агротехнічних заходів, спрямованих на підвищення врожайності кукурудзи та раціональне використання ґрунтової вологи, вагоме місце належить науково обґрунтованому застосуванню органічних і мінеральних добрив. Навіть за умов недостатнього зволоження їх ефективність залишається відчутною.

За узагальненими результатами досліджень наукових установ степової зони встановлено, що удобрені посіви польових культур витрачають на формування врожаю зерна в середньому на 12–23 % менше води порівняно з неудобреними. Це свідчить про підвищення коефіцієнта водоспоживання під впливом добрив.

Кукурудза характеризується високою реакцією на внесення поживних речовин. У зоні Степу на чорноземних ґрунтах найбільший приріст урожаю забезпечує повне мінеральне удобрення у дозах N60–90P60K30–45. Загалом на кожен кілограм діючої речовини добрив культура формує приріст урожаю зерна і зеленої маси на 20–30 % вищий, ніж колосові зернові.

Для умов Лісостепу з метою отримання 60–80 ц/га зерна рекомендується застосовувати:

- за відсутності органічних добрив — N120–150P60–90K120–150;
- за внесення органіки під попередник або безпосередньо під кукурудзу — N90–120P60–90K90–120.

На Поліссі відповідні норми становлять:

- без органічних добрив — N150–180P120–150K150–180;
- за їх внесення — N120–150P90–120K120–150 [11-13].

З огляду на високу вартість мінеральних добрив та обмежені можливості їх широкого застосування в інтенсивних технологіях, особливого значення набувають органічні добрива. Вони є цінними не лише як джерело основних

					КРНВ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

елементів живлення, а й як постачальники мікроелементів, а також фактор покращення фізико-хімічних властивостей ґрунту. Органічна речовина сприяє формуванню сприятливого поживного та водного режимів, підвищує стійкість рослин до несприятливих погодних умов.

Оптимальні норми внесення органічних добрив становлять:

- у Лісостепу — 30–40 т/га;
- на Поліссі — 40–60 т/га.

Після розкидання органічні добрива необхідно негайно загортати в ґрунт. Доведено, що за сонячної та вітряної погоди з поверхні не заораного гною протягом першої доби може втрачатися до 20 % азоту.

Слід враховувати, що різні гібриди кукурудзи неоднаково реагують на рівень удобрення. Тому при доборі гібридів однієї групи стиглості доцільно віддавати перевагу тим, які забезпечують стабільно високі показники врожайності за оптимального живлення.

Ефективним технологічним прийомом є локальне внесення мінеральних добрив під час сівби. Зокрема, застосування гранульованого суперфосфату в рядки забезпечує додатковий приріст урожаю до 5 ц/га.

Передпосівний обробіток ґрунту

Навесні, з метою збереження вологи та запобігання її втратам у період досягнення ґрунтом фізичної стиглості, обов'язково проводять боронування і шлейфування зябу.

Передпосівна підготовка має на меті:

- остаточне вирівнювання поверхні поля;
- знищення сходів бур'янів;
- створення оптимальних умов для дружного проростання насіння за мінімальної глибини його загортання (що відповідає вимогам комплексної технології).

У степовій зоні після боронування здійснюють культивуацію на глибину 10–14 см із застосуванням просапних культиваторів, зокрема КПСП-4.

					КРНВ 00.000.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Передпосівну культивуацію виконують безпосередньо перед сівбою на глибину загортання насіння. Особливо ретельного розпушування та очищення від бур'янів потребують площі, де відбулася загибель озимих культур.

У Лісостепу, щоб уникнути пересихання верхнього шару ґрунту та забезпечити насіння вологою за неглибокого загортання, передпосівний обробіток проводять одночасно з початком сівби. Для цього застосовують комбіновані агрегати типу УСМК-5,4А або УСМК-5,4Б у поєднанні з легкими зубовими боронами та шлейф-рейками [14].

Підбір гібридів.

Одним із ключових чинників, що дають змогу зменшити негативний вплив посушливих умов на врожайність кукурудзи, є правильний добір гібридів та раціональне формування їх структури в господарстві. Для сівби слід використовувати гібриди, максимально пристосовані до конкретних ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування.

Станом на початок 2000-х років до Державний реєстр сортів рослин України було внесено понад 200 гібридів кукурудзи різних груп стиглості, з яких приблизно половину становили ранньостиглі та середньостиглі форми. Наявність широкого спектра біотипів створює передумови для зниження ризику збігу критичного періоду розвитку культури з фазами повітряної та ґрунтової посухи, коли потреба рослин у волозі є максимальною.

У виробничих умовах при вирощуванні кукурудзи на зерно доцільно висівати кілька гібридів різних груп стиглості, що дозволяє оптимізувати використання природних ресурсів і зменшити виробничі ризики.

Для умов Степу (з урахуванням підвищеної ймовірності посухи) рекомендується така структура:

- середньоранні — близько 30 %;
- середньостиглі — 50–55 %;
- середньопізні та пізньостиглі — 15–20 %.

У Лісостепу доцільним є співвідношення:

- ранньостиглі — 30–40 %;

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

- середньоранні — 50–60 %;
- середньостиглі — близько 10 %.

Створення сучасних ранньостиглих гібридів із високим рівнем потенційної врожайності, що не поступаються продуктивністю більш пізнім формам, дозволило переглянути традиційні підходи до співвідношення груп стиглості у структурі посівів [6,10,11,13] .

Для Лісостепу та Полісся перевагу надають гібридам, які характеризуються підвищеною холодостійкістю, стійкістю до вилягання, здатністю формувати врожай за підвищеної густоти стояння рослин, а також толерантністю до основних хвороб і шкідників. За умов застосування сучасних технологій середньостиглі гібриди досягають практично в ті самі строки, що й середньоранні за традиційної системи вирощування, а середньоранні — як ранньостиглі.

Строки сівби

З метою збереження вологи та недопущення пересушування ґрунту операції з внесення гербіцидів, їх загортання, передпосівної культивуації та сівби необхідно виконувати з мінімальними часовими інтервалами.

Сівбу проводять просапними сівалками типу EGC-8. EGC-12 або СУПН-8, обладнаними райборінками ОР-07 для післяпосівного вирівнювання поверхні поля. Оптимальна ширина міжрядь становить 70 см [11,13,14].

У степовій зоні до посіву приступають за умови встановлення стабільної середньодобової температури ґрунту на глибині 10 см на рівні 8–10 °С. Остаточні календарні строки визначаються безпосередньо в господарстві з урахуванням погодних умов, стану ґрунту та біологічних особливостей обраних гібридів. Першочергово висівають менш забур'янені ділянки та поля з легшим механічним складом ґрунту.

У Лісостепу за комплексної технології вирощування рекомендується розпочинати сівбу на 1,5–2 тижні раніше традиційно прийнятих середньобогаторічних строків. Водночас орієнтуються не лише на календарні

					КРНВ 00.000.ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дати, а й на стабільне підвищення температури ґрунту на глибині 5 см щонайменше до 6–7 °С. Зазвичай такі умови формуються в середині квітня (15–20 числа).

Глибина загортання насіння

Параметри загортання насіння визначають з урахуванням вологості верхнього шару ґрунту, його температури та механічного складу.

За оптимального зволоження в умовах Степу насіння загортають на 5–6 см, а у разі підсихання верхнього шару глибину збільшують до 6–8 см.

У Лісостепу глибина сівби коливається від 2–3 до 4 см, а за нестачі вологи її збільшують до 4–5 см [11,13,14].

Слід враховувати, що за неглибокого висіву у вологий ґрунт створюються більш сприятливі температурні умови для проростання насіння. Це забезпечує ефективніше використання поживних речовин ендосперму та сприяє інтенсивнішому росту й розвитку сходів у ранньовесняний період.

Догляд за посівами

Застосування інтенсивних технологій вирощування кукурудзи базується на раціональному поєднанні механічних прийомів обробітку ґрунту з використанням гербіцидів. Досходові та післясходові боронування, а також міжрядні культивації виконують не лише для знищення бур'янів, а й з метою створення сприятливих умов для росту й розвитку рослин. Ці операції сприяють руйнуванню ґрунтової кірки, усуненню тріщин, поліпшенню водного та повітряного режимів, що особливо важливо на важких і суглинкових ґрунтах.

У разі значної засміченості посівів, коли механічні заходи не забезпечують належного ефекту, застосовують страхові гербіциди. Обприскування проводять у період, коли бур'яни перебувають у фазі 1–3 листків, а рослини кукурудзи мають не більше шести листків, що дозволяє ефективно знищити небажану рослинність без пригнічення культури.

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

Інтенсивна технологія також передбачає комплекс заходів щодо захисту посівів від шкідників і хвороб упродовж вегетаційного періоду. Це забезпечує збереження потенціалу врожайності та підвищує стабільність виробництва.

Збирання зерна здійснюють зернозбиральними комбайнами, обладнаними спеціальними кукурудзяними приставками, з одночасним обмолотом. Перевезення врожаю організовується вантажним автотранспортом із подальшим очищенням зерна на зерноочисних агрегатах типу ЗАВ-20 та транспортуванням на елеватор для тривалого зберігання або реалізації [13,14].

Узагальнена технологія вирощування кукурудзи на зерно представлена технологічною картою (ілюстративна частина роботи).

					КРНВ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

3. Операційна технологія виконання міжрядного обробітку посівів кукурудзи

3.1. Призначення операції

На початкових етапах розвитку кукурудза росте відносно повільно, тому виникає небезпека пригнічення культурних рослин бур'янами. Щоб уникнути цього, на ранніх стадіях розвитку посіви обробляють зубовими боронами. У цей період найбільш чутливі частини рослин кукурудзи ще знаходяться під поверхнею ґрунту, завдяки чому борони ефективно знищують бур'яни, не завдаючи шкоди культурним рослинам.

Після досягнення рослинами фази 5–6 листків з'являється ризик зрідження посівів, тому застосування боронування стає недоцільним. У цей період слід своєчасно виконувати щонайменше два-три міжрядні обробітки. Першу культивуацію проводять у фазі трьох–п'яти листків, другу — приблизно через два тижні після першої, а третю — коли рослини досягають висоти 60–70 см. Під час останнього міжрядного обробітку бур'яни, що залишилися в захисних зонах, присипаються ґрунтом за допомогою лап-відвальників. Терміни проведення цих операцій можуть коригуватися залежно від рівня забур'яненості поля, на якому вирощується культура.

Глибину культивації та ширину захисної смуги встановлюють з урахуванням засміченості поля бур'янами та ступеня розвитку кореневої системи рослин.

Для міжрядного обробітку застосовують культиватори-рослинопідживлювачі КРНВ-5,6 та їх модифікації. За потреби одночасно з культивацією виконують підживлення рослин мінеральними добривами, що сприяє кращому росту і розвитку культури.

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

3.2. Агротехнічні вимоги

Під час проведення міжрядного обробітку посівів необхідно дотримуватися таких агротехнічних вимог [3,6]:

- Розпушування ґрунту повинно здійснюватися на задану глибину без винесення на поверхню нижніх вологих шарів. Перше міжрядне розпушування виконують на глибину 10–12 см, а при наступних обробітках її зменшують до 4–7 см. Допустиме відхилення від встановленої глибини не повинно перевищувати ± 1 см.
- Під час обробітку бур'яни мають бути повністю підрізані або засипані шаром ґрунту.
- Необхідно суворо дотримуватися розмірів захисних смуг: під час першої культивуації вони повинні становити 10–15 см, а під час наступних — 15–25 см.
- Робочі органи сільськогосподарських машин не повинні пошкоджувати культурні рослини або засипати їх ґрунтом.
- Обробіток захисних зон слід максимально механізувати.
- Мінеральні добрива необхідно вносити рівномірно, на визначену глибину та на відповідній відстані від рядків залежно від фази розвитку рослин. Відхилення від встановленої норми внесення добрив допускається не більше ніж на 10%, а нерівномірність їх розподілу вздовж рядка не повинна перевищувати 15%.

3.3. Обґрунтування складу машино – тракторного агрегату та розрахунок режимів його роботи.

Традиційно міжрядний обробіток посівів кукурудзи здійснюють ґрунтообробним агрегатом, який складається з трактора МТЗ-80 та культиватора

КРНВ-5,6А. У господарствах наявна значна кількість різних марок тракторів, зокрема Т-150К, Т-70С, ЮМЗ-6Л та інші. Проте використання високопотужних тракторів для виконання міжрядного обробітку є недоцільним,

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

оскільки ширина захвату культиватора повинна відповідати ширині захвату посівного агрегату. Застосування культиваторів у зчіпці також неможливе, адже в такому випадку важко забезпечити дотримання необхідної ширини захисних смуг, що може призвести до пошкодження або підрізання культурних рослин.

У зв'язку з цим із наявного машинно-тракторного парку господарств для виконання даної технологічної операції найчастіше використовують трактори МТЗ-80 або ЮМЗ-6Л.

Для визначення більш ефективного агрегату, який застосовуватиметься під час міжрядного обробітку кукурудзи, висіяної сівалкою УПС-8, проведемо відповідні розрахунки.

Як вихідні умови приймемо, що ґрунти на полі важкі, максимальний ухил поверхні становить 3 %, а питомий опір ґрунту переміщенню культиватора знаходиться в межах 0,7–1,6 кН/м. Для подальших розрахунків приймаємо значення 1,5 кН/м [13,15].

Для виконання необхідних обчислень розглянемо два агрегати: трактор МТЗ-80 з культиватором КРНВ-5,6А та трактор ЮМЗ-6Л з тим самим культиватором.

Робоча швидкість руху агрегатів, за якої можливе виконання міжрядного обробітку, перебуває в межах 7–9 км/год. На основі технічних характеристик тракторів визначаємо передачі, що забезпечують таку швидкість руху, а також відповідне тягове зусилля на гаку.

Так, трактор МТЗ-80 забезпечує швидкість руху 8,9 км/год на четвертій передачі, при цьому тягове зусилля на гаку становить 14 кН.

Трактор ЮМЗ-6Л здатний працювати зі швидкістю 9,0 км/год на другій передачі, забезпечуючи тягове зусилля на гаку 12,5 кН.

Далі визначимо величину тягового зусилля з урахуванням ухилу поверхні поля.

$$P_{\text{гак}} = P_{\text{ном.гак}} - G_{\text{тр}} \cdot j \quad (3.1)$$

де $P_{\text{ном.гак}}$ - тягове зусилля трактора на гаку на відповідних передачах;

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

$G_{тр.}$ – маса трактора;

J – величина підйому ($j = 0,03$).

$$P_{зак.}^{MTЗ} = 14,0 - 31,05 \cdot 0,03 = 13,1 \text{кН}$$

$$P_{зак.}^{IOMЗ} = 12,5 - 34,3 \cdot 0,03 = 11,47 \text{кН}$$

Далі розрахуємо тяговий опір самого культиватора

$$R_k = (K + R_i) \cdot B_k \cdot n \quad (3.2)$$

де K - питомий опір міжрядного культиватора [15] , кН./м;

R_i – додатковий тяговий опір культиватора на подолання підйому, кН./м;

$$R_i = (G_r / B_k) \cdot i \quad (3.3)$$

де G_r – маса просапного культиватора;

B_k – конструкційна ширина захвату;

i - коефіцієнт, що враховує величину підйому.

$$R_i = (13,0 / 5,6) \cdot 0,03 = 0,07 \text{кН} / \text{м}$$

n – кількість культиваторів в агрегаті. Для міжрядного обробітку використовують тільки навісні одно машинні агрегати.

$$R_k = (1,5 + 0,07) \cdot 5,6 \cdot 1 = 8,8 \text{кН}$$

Коефіцієнт використання тягового зусилля трактора розраховують, як

$$K_{m.з.} = R_k / P_{зак} \quad (3.4)$$

де, R_k – тяговий опір просапного культиватора;

$P_{зак}$ – тягове зусилля на гаку відповідного трактора з урахуванням величини підйому

$$K_{m.з.}^{MTЗ} = 8,8 / 13,1 = 0,67$$

$$K_{m.з.}^{IOMЗ} = 8,8 / 11,47 = 0,76$$

Очевидно, що тягове зусилля обох тракторів використовується не повністю тому, що КРНВ-5,6А є просапним культиватором і ширина його

					КРНВ 00.000.ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

захвату не може перевищувати ширину захвату сівалки УПС-8, якою здійснюють сівбу кукурудзи у вибраному варіанті.

3.4. Розрахунок техніко-економічних показників роботи агрегату для міжрядного обробітку посівів

Розрахуємо змінну продуктивність ґрунтообробного агрегату

$$W_{зм} = 0,1 B_p V_p T_p, \quad (3.5)$$

де B_p – робоча ширина захвату просапного агрегату

$$B_p = B_k \beta \quad (3.6)$$

B_k – конструкційна ширина захвату обраного агрегату

β – коефіцієнт, який характеризує використання конструкційної ширини агрегату ($\beta = 0,98 \dots 1,0$)

$$B_k = 5,6 \text{ м} \quad B_p = 5,6 \cdot 1 = 5,6 \text{ м}$$

V_p – робоча швидкість просапного агрегату, км/год.

$$V_p = V_m (1 - (q/100)) \quad (3.6)$$

де V_m – теоретична швидкість просапного агрегату;

q – коефіцієнт пробуксовування коліс трактора ($q = 8\%$)

$$V_p^{MTЗ} = 8,9(1 - (8/100)) = 8,1 \text{ км/год.},$$

$$V_p^{ЮМЗ} = 9(1 - (8/100)) = 8,28 \text{ км/год.},$$

T_p – робочий час зміни $T_p = T_{зм} \cdot \tau$

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

τ – коефіцієнт використання робочого часу зміни, згідно [15] ($\tau = 0,76$)

$$T_p = 7 \cdot 0,86 = 6,02 \text{ год.}$$

$$W_{зм}^{MTЗ} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 8,1 \cdot 6,02 = 27,3 \text{ га/зм}$$

$$W_{зм}^{ЮМЗ} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 8,28 \cdot 6,02 = 27,91 \text{ га/зм}$$

					КРНВ 00.000.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Далі визначимо витрати палива в кг/га [15]

$$Q_k = \frac{Q_{зм}}{W_{зм}}, \quad (3.7)$$

де $Q_{зм}$ – загальні витрати палива за зміну, кг

$$Q_{зм} = Q_p T_p + Q_x t_x + Q_z t_z, \quad (3.8)$$

де Q_p ; Q_x ; Q_z – годинні витрати палива трактором за час робочих і холостих ходів та при зупинках з працюючим двигуном відповідно

для трактора МТЗ $Q_p^{МТЗ} = 16$ кг/год; $Q_x = 11$ кг /год; $Q_z = 2,6$ кг /год,

для трактора ЮМЗ $Q_p^{ЮМЗ} = 15,4$ кг/год; $Q_x = 9,7$ кг /год; $Q_z = 1,9$ кг /год

де t_x і t_z – час, що затрачають на холості ходи та на зупинки з працюючим двигуном трактора, год

$$\text{прийнято вважати, що } t_x = t_z = \frac{T_{зм} - T_p}{2} \quad t_x = t_z = \frac{7 - 6,02}{2} = 0,49 \quad (3.9)$$

$$\text{тоді} \quad Q_{га}^{МТЗ} = \frac{16 \cdot 6,02 + 11 \cdot 0,49 + 2,6 \cdot 0,49}{27,3} = 3,77 \text{ кг/га,}$$

$$\text{а} \quad Q_{га}^{ЮМЗ} = \frac{15,4 \cdot 6,02 + 9,7 \cdot 0,49 + 1,9 \cdot 0,49}{27,91} = 3,52 \text{ кг/га}$$

Як видно з розрахунків, за показником витрат палива, трактором ЮМЗ – 6Л більш економічно вигідно проводити міжрядний обробіток посівів кукурудзи.

3.5. Підготовка агрегату до роботи

Ширина захвату агрегату, що використовується для догляду за посівами, повинна відповідати або бути кратною, і обов'язково меншою, ширині захвату

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

посівного агрегату. Машини та знаряддя, які застосовують для обробітку просапних культур, мають бути оснащені комплектом робочих органів і пристроїв, що забезпечують виконання всіх технологічних операцій, пов'язаних із доглядом за рослинами.

Підготовка агрегату до роботи передбачає перевірку технічного стану трактора і культиватора з подальшим усуненням виявлених несправностей. Крім того, проводять установа робочих органів культиватора та регулювання коліс трактора відповідно до умов виконання робіт. Залежно від виду міжрядного обробітку встановлюють необхідний тип лап. Перед монтажем робочих органів культиватор розміщують на спеціальному майданчику згідно із заданою шириною міжрядь. Під опорні котки секцій просапного культиватора підкладають дерев'яні підставки, товщина яких дорівнює запланованій глибині обробітку, зменшеній на 1,5–2 см, щоб урахувати прогрузування коліс у ґрунт.

Для точного розташування робочих органів відповідно до ширини міжрядь застосовують спеціальні розмічувальні дошки. Розміщення рядків позначають за допомогою натягнутого шнура, який слугує орієнтиром під час встановлення лап у міжряддях. У сформованих таким способом міжряддях лапи культиватора розміщують так, щоб забезпечити необхідну захисну зону та перекриття робочих органів, яке має становити не менше 15–20 мм. Якщо передбачено підживлення рослин, замість розпушувальних долотоподібних або односторонніх полільних лап встановлюють спеціальні підживлювальні ножі.

Важливою умовою правильної підготовки просапного агрегату є забезпечення такого руху коліс трактора і культиватора, за якого вони не пошкоджуватимуть культурні рослини. Для цього необхідно дотримуватися захисної зони — відстані від краю робочого органу до центра рядка рослин. У просапних тракторах ширину колії регулюють таким чином, щоб забезпечити максимально можливі захисні зони. Їх збереження залежить від прямолінійності посівних рядків, справності рульового механізму трактора, технічного стану культиватора, а також професійної підготовки тракториста. Під час виконання робіт з догляду за просапними культурами також враховують вертикальну і

					КРНВ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

горизонтальну прохідність трактора. Вертикальна прохідність визначається особливостями вирощуваної культури (висотою рослин), а з урахуванням горизонтальної прохідності слід використовувати трактор із регульованою шириною колії.

3.6. Підготовка поля та рух просапного агрегату в загінці

Підготовка поля до виконання міжрядного обробітку включає такі операції: огляд ділянки для визначення виду обробітку та строків його проведення; встановлення величини захисної зони; вибір напрямку руху агрегату; розмічення поворотних смуг.

Тип міжрядного обробітку та терміни виконання робіт визначає агроном з урахуванням стану ґрунту і розвитку рослин. Розмір захисної зони залежить від фази розвитку рослин культури, стану ґрунту, прямолінійності посівних рядків, технічного стану культиватора, а також способу його руху між рядками. Під час першого міжрядного обробітку захисна зона, як правило, менша, ніж під час наступних.

Ширина поворотних смуг визначається складом агрегату та способом виконання поворотів. Орієнтовну величину поворотних смуг при петльових поворотах розраховують за відповідною формулою.

$$E = 3R_{\min} + L_a \quad (3.10)$$

де $R_{\min}$ – мінімальний радіус повороту просапного агрегату, м;

L_a – кінематична довжина просапного агрегату, м;

$$R_{\min} = 3,6 \text{ м. [15]}$$

$$L_a = L_{\text{тр}} + L_3 + L_{\text{м}} \quad (3.11)$$

$L_{\text{тр}}$ – кінематична довжина трактора ЮМЗ-6Л, м ;

L_3 – кінематична довжина зчіпки, м;

					КРНВ 00.000.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

L_m – кінематична довжина культиватора КРНВ-5,6, м.

В даному випадку агрегат не має зчіпки, то згідно [15]

$$L_a = L_{тр} + L_m$$

$$L_a = 0,94 + 1 = 1,94 \text{ м.}$$

$$E = 3 \cdot 3,6 + 1,94 = 12,74 \text{ м.}$$

Розрахункову ширину поворотної смуги приводимо до значення кратного ширині захвату агрегату, так, щоб при її обробітку просапний агрегат проходив ціле число разів.

$$E = k B_p ,$$

$$\text{де } k = \frac{E}{B_p}$$

та заокруглюємо до цілого числа

$$k = \frac{12,74}{5,6} = 2,27 = 3$$

$$E = 3 \cdot 5,6 = 16,8 \text{ м.}$$

Розрахуємо довжину виїзду агрегату, м:

для агрегатів з начіпними машинами

$$l = 0,2 L_a$$

$$l = 0,2 \cdot 1,94 = 0,39 \text{ м}$$

Довжина робочого ходу визначається, як:

$$L_p = L - 2E \quad (3.12)$$

$$L_p = 800 - 2 \cdot 16,8 = 766,4 \text{ м}$$

Поворотні смуги по краях загінок повинні бути відмічені контрольними борознами

Розбивання поля на загінки.

Доцільно оптимальну ширину загінки вибирати кратною ширині захвату просапного агрегату

$$C = \frac{10^4 \cdot (2 \dots 3) \cdot W_{зм}}{L}, \quad (3.13)$$

					КРНВ 00.000.ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $W_{зм}$ - змінна продуктивність, га/ зм. (з попередніх розрахунків $W_{зм} = 27,91$ га/зм);

L - повна довжина загінки, м, (800м);

(2...3) – рекомендована тривалість роботи агрегату в загінці, зм.

$$C = \frac{10^4 \cdot (2...3) \cdot 27,91}{800} = 697,7 \text{ м},$$

$$C_{опт} = k \cdot B_p$$

$$k = \frac{C}{B_p}$$

$$k = \frac{697,7}{5,6} = 124,6$$

отже оптимальна ширина загінки становить $C_{опт} = 125 \cdot 5,6 = 700$ м.

Тоді розрахуємо кількість загінок

$$n_3 = \frac{10^4 F}{L \cdot C_{опт}}. \quad (3.13)$$

де F – загальна площа поля, га (з вихідних даних $F = 56$ га),

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot 56}{800 \cdot 700} = 1.$$

Поле можна не розбивати на загінки так як воно має невелику площу і міжрядний обробіток можна завершити за 1 – 2 дні.

3.7. Контроль якості виконання технологічного процесу

Перевірку якості виконання робіт здійснюють у такій послідовності [3,6]:

1. Після першого проходу агрегату, проїхавши приблизно 20–30 м, його необхідно зупинити та провести оцінку якості виконаного обробітку.

					КРНВ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

2. Глибину обробітку ґрунту вимірюють у кожному міжрядді щонайменше у двох точках. Якщо середня глибина відхиляється від встановленого значення більш ніж на 2 см під час роботи розпушувальними лапами, чи більш ніж на 1 см при застосуванні стрічастими або плоскорізальних лап, необхідно виконати регулювання глибини обробітку.
3. Особливу увагу приділяють перевірці якості розпушення ґрунту у місцях проходження коліс або гусениць трактора. У разі недостатнього розпушення робочі органи, що працюють по сліду ходових коліс, додатково заглиблюють.
4. У процесі роботи контролюють ширину захисної зони, виконуючи вимірювання у п'яти точках на кожному рядку в межах ширини захвату агрегату. Якщо за результатами вимірювань спостерігається збільшення захисної зони, необхідно відрегулювати розташування робочих органів. У випадку зменшення цієї зони їх перестановку виконують лише тоді, коли виникає небезпека пошкодження культурних рослин.
5. Після завершення кожного гону обов'язково очищають стійки та лапи просапного культиватора від ґрунту і бур'янів що налипають на них.

3.8. Розроблення операційної технологічної карти для виконання міжрядного обробітку посівів кукурудзи

В операційній технологічній карті відображають основні параметри виконання технологічного процесу, зокрема: умови роботи та агротехнічні вимоги, порядок підготовки агрегату і поля до роботи, спосіб руху агрегату та швидкісний режим, його продуктивність і витрати палива, а також порядок контролю показників якості виконання операції.

Крім того, у карті визначаються додаткові техніко-економічні показники: тривалість одного робочого циклу, робоча довжина загінки, технічна продуктивність агрегату за цикл, кількість циклів протягом зміни та загальні витрати палива за зміну.

Для визначення тривалості одного циклу користуються формулою [15]

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

$$T_{\text{ц}} = \frac{12L_p}{10^2 \cdot g_p} + 2t, \quad (3.14)$$

З урахуванням результатів попередніх розрахунків

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot 766,4}{100 \cdot 8,29} + 2 \cdot 0,8 = 12,69 \text{ хв} \approx 0,21 \text{ год}$$

Розрахуємо технічну продуктивність за один цикл, га/ц

$$W_{\text{ц}} = 0,1B_p \cdot v_p \cdot T_{\text{ц}} \cdot \tau \quad (3.15)$$

Також використавши значення B_p , v_p , $T_{\text{ц}}$, τ з попередніх розрахунків отримаємо

$$W_{\text{ц}} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 8,28 \cdot 0,21 \cdot 0,86 = 0,83 \text{ га/ц}$$

Кількість циклів за зміну становить

$$n_{\text{ц}} = \frac{W_{\text{зм}}}{W_{\text{ц}}} = \frac{27,91}{0,83} = 33,6 \text{ ц / зм.} \quad (3.16)$$

Витрати палива за зміну розраховані вище і становлять $Q_{\text{зм}} = 92,8 \text{ кг/зм}$

На основі проведених розрахунків заповнюємо операційну карту, яка представлена в ілюстраційних матеріалах до роботи (додаток 2)

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

4. Інженерна частина

4.1. Стан питання про машину, що модернізується

4.1.1. Особливості конструкції просапного культиватора КРНВ-5,6

Начіпні культиватори-рослинопідживлювачі КРНВ-5,6 [16] (рис. 4.1) призначені для міжрядного обробітку ґрунту та, за умови оснащення відповідними робочими органами, можуть виконувати суцільний поверхневий обробіток. Вони застосовуються для підживлення посівів кукурудзи, соняшнику та інших просапних культур із міжряддям 45–70 см. Туковисівні апарати дають можливість вносити від 50 до 250 кг/га добрив. Культиватор оснащується підгортачами, борозноутворюючими корпусами та захисними дисками і агрегатується з тракторами класу 1,4.

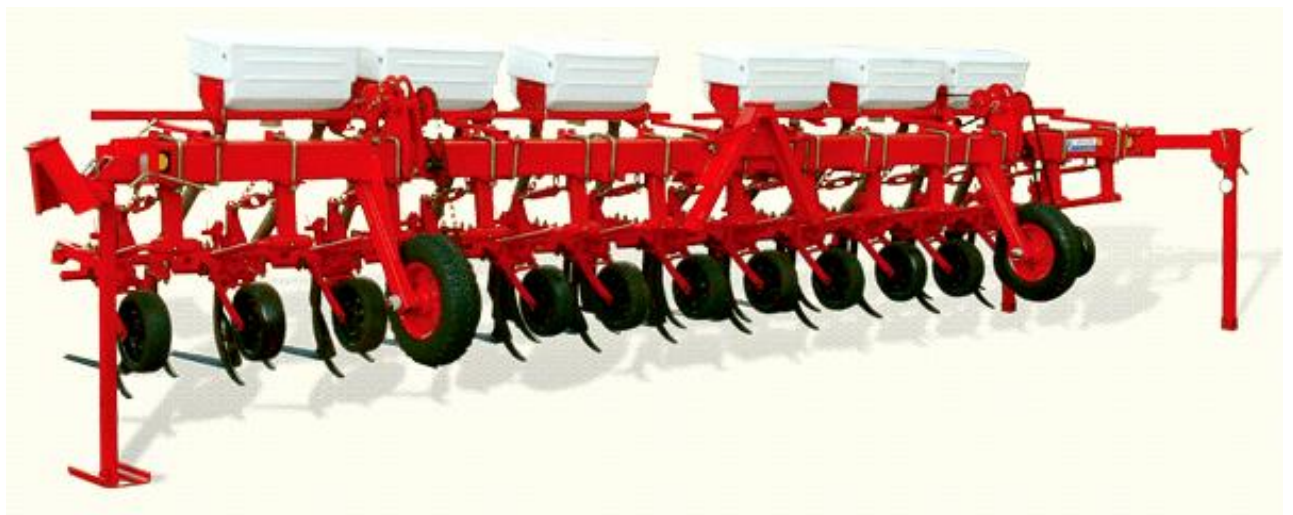


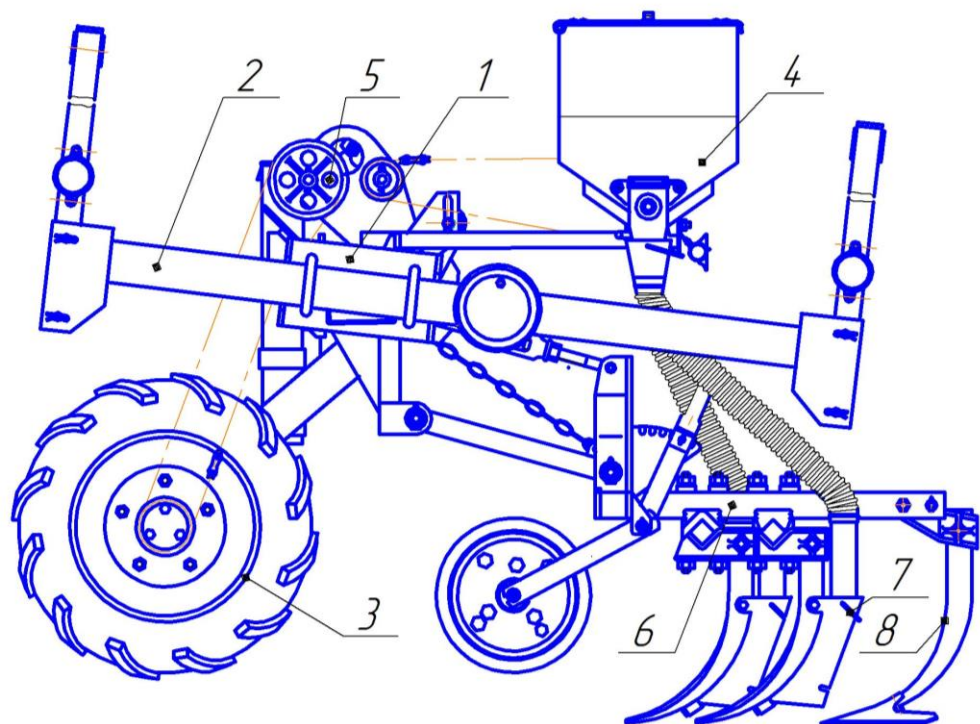
Рис.4.1. Просапний культиватор КРНВ 5,6 (02)

Наявність транспортного пристрою дозволяє переміщати агрегат по дорогах загального користування, при цьому ширина машини складає 2,5 м. Опорно-приводні колеса із пневматичними шинами та гумові катки забезпечують самоочищення культиватора від вологого ґрунту. Передбачено використання культиватора для суцільного обробітку ґрунту з лапами-бритвами. Норма внесення добрив регулюється механізмом передач із натяжними роликками, а обертання від опорно-приводних коліс через редуктор передається на вал туковисівного апарата. КРНВ-5,6 відноситься до начіпних ґрунтообробних знарядь.

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

Міжрядний та передпосівний обробіток ґрунту забезпечує формування дрібно-грудкуватого поверхневого шару для покращення інфільтрації та аерації, а нижній шар залишається ущільненим із збереженою капілярною системою, що сприяє надходженню вологи до насіння та кореневої системи рослин. Крім того, при виконанні цих видів обробітку культиватор забезпечує одночасну боротьбу з бур'янами. Машина використовується в усіх регіонах вирощування високостеблових та подібних за біологічними властивостями культур.

Культиватор складається з рами, націпного пристрою та робочих секцій із змінними робочими органами (рис. 4.2).



1 – рама; 2 – транспортний пристрій; 3 – опорно-привідні колеса;
4 – туковисівний апарат; 5 – механізм зміни передаточних відношень;
6 – секція; 7 – підживлювальний ніж; 8 – полільна лапа.

Рис. 4.2. Схема просапного культиватора КРНВ-5,6

Рама виконана у вигляді зварної конструкції з поперечного бруса розміром 140 × 140 × 7 мм, з привареним замком автозчіпки. Транспортний пристрій дозволяє зменшити ширину агрегату до 2,5 м під час руху дорогами

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

загального користування. Він складається з двох опор, з'єднаних штирями з поперечним брусом, на яких встановлюються світловідбивачі для позначення габаритів машини в темну пору доби. Опорні колеса діаметром 510 мм з пневматичними шинами (тиск 0,3 МПа) виконують транспортну функцію при переведенні агрегату в транспортний стан.

Сниця виготовлена із бруса із шарнірно закріпленим укороченим замком для приєднання до автозчепу трактора. В робочому положенні вона вставляється в брус рами, що зменшує габарити культиватора.

Робочі секції кріпляться до рами за передніми кронштейнами та складаються з підвіски з копіювальним колесом і гряділя, на якому за допомогою тримачів призми із накладками квадратних стержнів монтуються робочі органи. Підвіска є паралелограмним чотириланковим механізмом із переднім і заднім кронштейнами та верхньою й нижньою ланками, на якій змонтоване копіювальне колесо з механізмом групового регулювання глибини обробітку. Гряділь кріпиться до заднього кронштейна підвіски двома болтами, а для регулювання його положення передбачено упорний гвинт на фланці.

Культиватор може бути оснащений додатковими робочими органами у вигляді пружинних роторів-розпушувачів. Лапи з пружними елементами складаються з двох спарених плоскорізальних лап і долотоподібної лапи, з'єднаних пружними ланками. На глибині 6–8 см вони замінюються звичайними стрічастими лапами. До рами кріпляться чотири туковисівні апарати АТП-2, які подають мінеральні добрива в прикореневу зону рослин одночасно з міжрядним обробітком. Недоліком цих апаратів є нерівномірне розподілення туків по довжині рядка.

Аналіз конструкції показує, що культиватор має просту будову, жорсткі стійки лап, забезпечує дотримання заданих глибин обробітку та дозволяє вносити гранульовані і, за необхідності, рідкі добрива. Машина може оснащуватися різними додатковими робочими органами та пристосуваннями. Проте деякі елементи конструкції потребують удосконалення для підвищення

					КРНВ 00.000.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

надійності та якості технологічного процесу. Існуючі шарніри паралелограмної підвіски мають низьку довговічність, контактні поверхні швидко зношуються, що призводить до поперечних коливань секцій і необхідності збільшення захисних зон, а з часом – заміни секції.

На цій основі пропонується нова конструкція ґрунтообробної секції із оригінальним шарнірним з'єднанням тяг паралелограмної підвіски з кронштейном рами та поздовжнім брусом секції. Передбачається, що така модернізація підвищить надійність машини та технологічного процесу, забезпечить стабільну якість обробітку на максимальних швидкостях та зменшить час щоденного технічного обслуговування.

4.2. Розрахунок на міцність ґряділя секції культиватора КРНВ-5,6

На рис. 4.3. а,б приведена схема прикладення зусиль для розрахунків.

ґряділь складається з двох штаб 10х45 мм, скріплених по кінцях з проміжком між штабами 26 мм,. На ґряділі закріплюються тримачі з робочими органами, які в процесі роботи передають зусилля на ґряділь. Для практичних цілей виконаємо орієнтовний розрахунок на міцність з урахуванням наступних припущень;

- підвіска секції має достатню стійкість і жорсткість і ґряділь можна представити як балку жорстко закріплену в точці О;
- при сталому рухові система є зрівноваженою, тобто

$$\sum M_2 = M_{2.0} - M_1 - M_2 + M_3 - M_4 + M_5 - M_6 + M_7 + M_8 = 0 \quad (4.1)$$

Так як $M_3 = M_6$ і $M_4 = M_5$ але мають різні знаки, то вони взаємно урівноважуються,

Тому

$$\sum M_2 = M_{2.0} - M_1 - M_2 + M_7 + M_8 = 0 \quad (4.2)$$

$$M_{2.0} = M_1 + M_2 - M_7 - M_8 \quad (4.3)$$

					КРНВ 00.000.ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

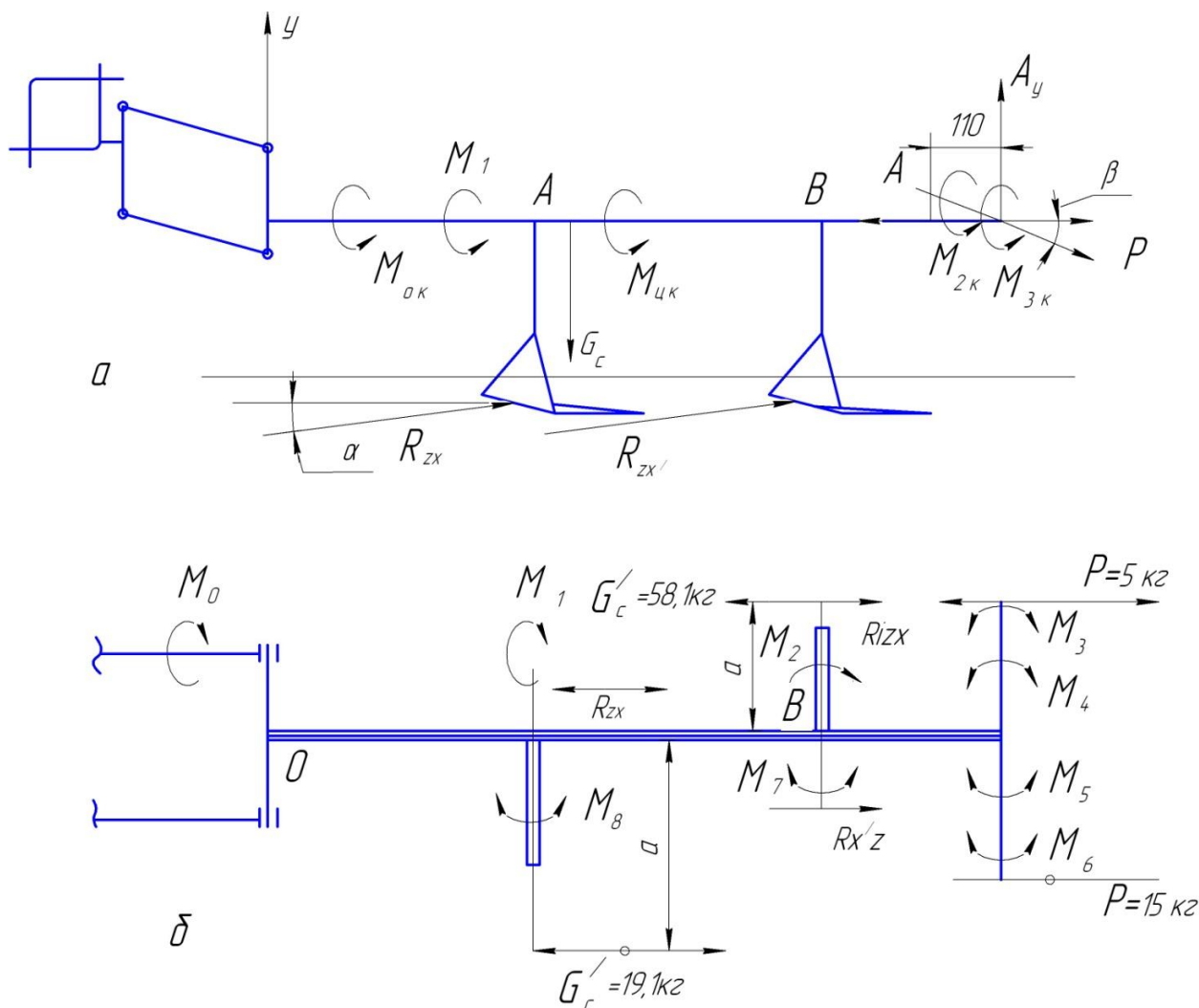


Рис. 4.3. Схема прикладення зусиль для розрахунку гряділя на міцність:

а – вигляд збоку; б- вигляд зверху.

Розглянемо зусилля, які діють в горизонтальній площині і побудуємо епюру моментів. На ділянці АВ ми маємо згинаючий момент [17].

З урахуванням значення плечей взятих з креслення гряділя

$$M_{AB} = R'_{zx} (a - b) = 13 \cdot (34 - 11) = 300 \text{ кН} \cdot \text{см} \quad (4.4)$$

Обертання спрямоване за часовою стрілкою тому згинаючий момент має знак – і ординати розміщуємо під віссю абсцис.

На ділянці А,

$$M_A = R_{zx} (a - b) = 26 \cdot (34 - 11) = 600 \text{ кН} \cdot \text{см} \quad (4.5)$$

Отриманий момент має знак +.

Зусилля в вертикальній площині (рис.4.3 та рис.4.4) після приведення сил $A_y; A_{y1}; G_c'; G_c''$ до центру гряділя будуть виражатися наступними моментами.

$$M_a = A_{yz} AC = A_{yz} \cdot \ell = (A_y + A_{y1}) \cdot \ell = 2 \cdot 21,6 \cdot 83 = 3590 \text{ кг} \cdot \text{см}$$

$$\ell = \ell_2 + \ell_3 = 45 + 38 = 83 \text{ см} \quad (4.6)$$

$$M_0 = A_{y\text{сум}} (\ell + \ell_1) - G_c \cdot \ell_1 = 2 \cdot 21,6 (83 + 25) - 77,2 \cdot 25 = 4660 - 1930 = 2730 \text{ кг} \cdot \text{см} \quad (4.7)$$

Із епюр (рис.4.4) сумарний М становить

$$M_{\text{сум}} = \sqrt{M_\ell^2 + M_z^2} = \sqrt{3390^2 + 300^2} = 3600 \text{ кг} \cdot \text{см} \quad (4.8)$$

Для поперечного перетину гряділя

$$I_y = \frac{h\delta^3}{12}; \quad (4.9)$$

$$W_y = \frac{I_y}{Y_{\max}} = \frac{\frac{h\delta^3}{12}}{\frac{\delta}{2}} = \frac{h\delta^3}{6} \quad (4.10)$$

в горизонтальній площині згин характеризується як

$$I_y = 2 \left(\frac{h\delta^3}{12} + F \cdot \eta^2 \right) \quad (4.11)$$

$$W_y = \frac{2 \cdot \left(\frac{h\delta^3}{12} + F \cdot \eta^2 \right)}{\eta + \frac{\delta}{2}} \quad (4.12)$$

$$W_y = \frac{2 \cdot \left(\frac{4,5 \cdot 1,0^3}{12} + 4,5 \cdot 1,8^2 \right)}{1,8 + 0,5} = 16,2 \text{ см}^3$$

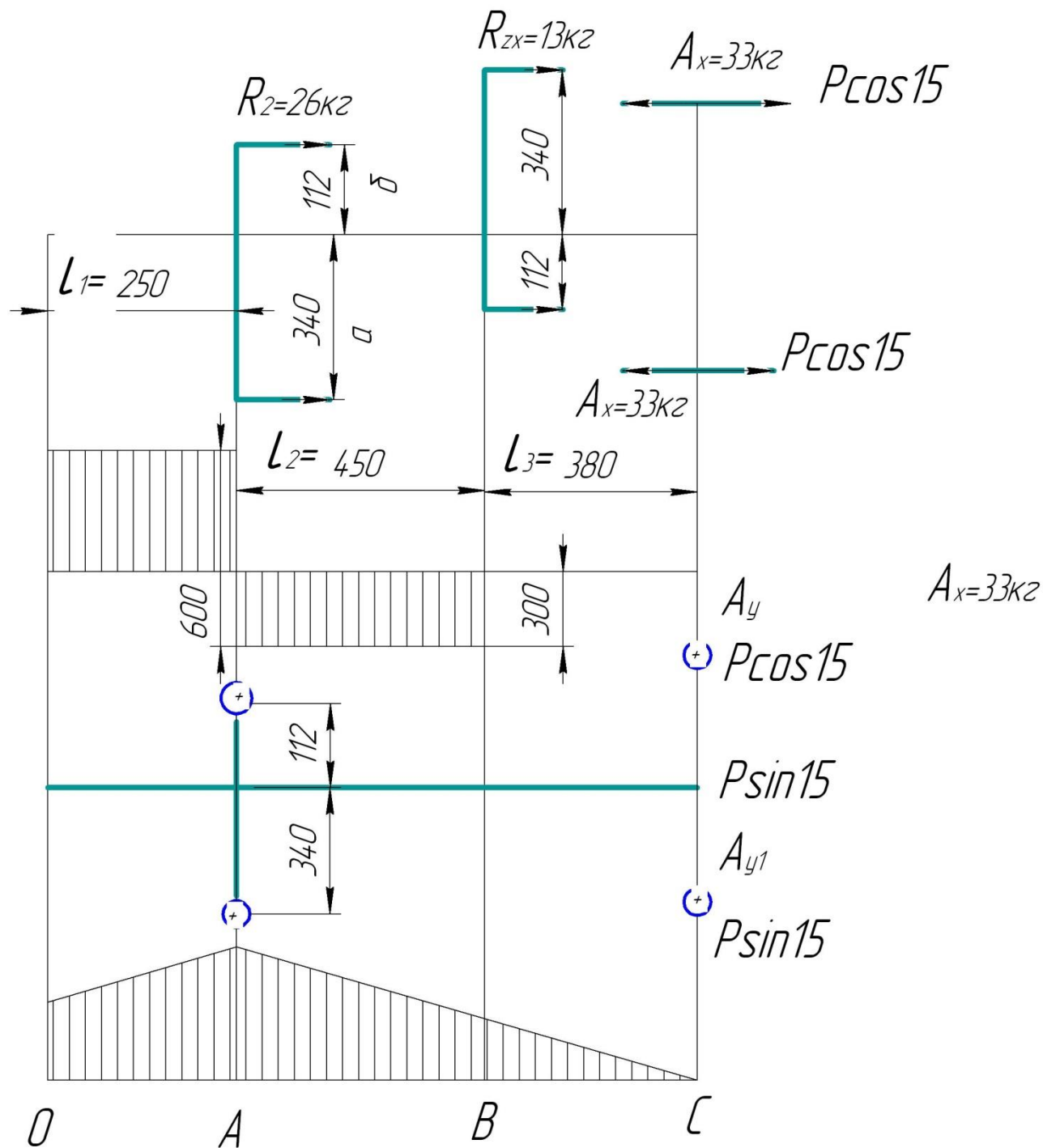


Рис. 4.4. Розрахункова схема та епюри до розрахунку гряділя на міцність.

Згин в вертикальній площині має наступні характеристики

$$I_x = \frac{\omega h^3}{12} \quad (4.13)$$

$$W_x = \frac{2I_x}{\frac{h}{2}} = \frac{\frac{2bh^3}{12}}{\frac{h}{2}} = \frac{bh^2}{3} \quad (4.14)$$

$$W_x = \frac{1,0 \cdot 4,5^2}{3} = 7,0 \text{ см}^3$$

$$W_p = W_y + W_x = 16,2 + 7 = 23,2 \text{ см}^3 \quad (4.15)$$

Рівняння міцності має наступний вигляд:

$$G = \frac{M_{зг}}{W_p} \leq [G] \quad (4.16)$$

$$G = \frac{3600}{23,2} = 155 \text{ кг / см}$$

$$155 < 2000$$

Аналіз сил показує, що скручування гряділя не відбувається, так як моменти діючих сил взаємно урівноважуються. Отже гряділь культиватора КРН-5,6А при роботі з плоскорізальними лапами на глибині до 10 см має достатню міцність.

Запас міцності на згин розрахуємо зі співвідношення

$$n_{зг} = \frac{[G]}{G_{\max}} = \frac{2000}{155} = 12,9 \approx 13 \quad (4.17)$$

Досить високий запас міцності не буде зайвим при тимчасовому подоланні підвищеного опору в результаті різної твердості ґрунту та можливих включень, які можуть знаходитися в ньому.

					КРНВ 00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

4.3. Перевірка агрегату для міжрядного обробітку на поздовжню стійкість

При комплектуванні навісних сільськогосподарських агрегатів необхідно виконувати перевірку поздовжньої стійкості агрегату.

Для навісних агрегатів з колісними тракторами (рис. 4.5.) [18,19] критерієм поздовжньої стійкості є коефіцієнт використання запасу поздовжньої стійкості трактора χ_n .

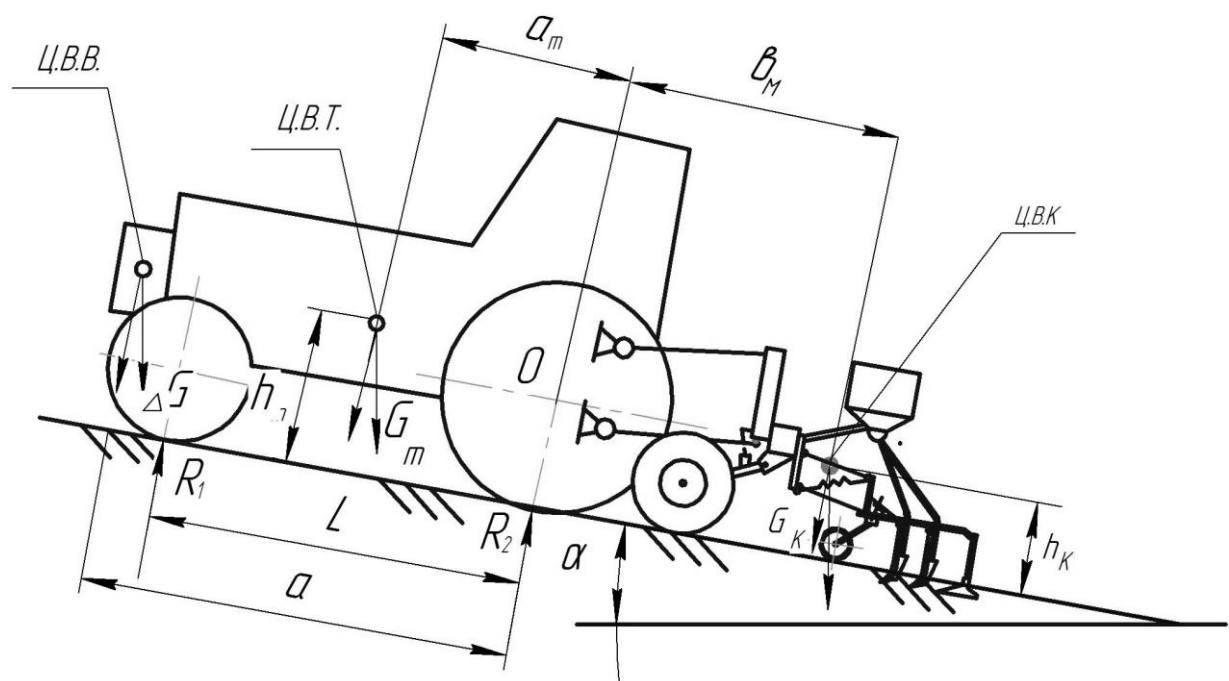


Рис. 4.5. Схема для розрахунку стійкості руху агрегату в складі колісного трактора, з навісним культиватором для міжрядного обробітку

$$\chi_n = \frac{M_m}{M_{\lim}}, \quad (4.18)$$

де

$$M_m = G_m \cdot e, \quad (4.19)$$

а

$$M_{\lim} = G_m \cdot a \quad (4.20)$$

тоді

$$\chi_n = \frac{G_m \cdot b}{G_m \cdot a} \quad (4.21)$$

де G_T – експлуатаційна маса трактора;

a - поздовжній коефіцієнт центру ваги трактора відносно вісі задніх ведучих коліс;

G_M – маса просапного культиватора;

B – відстань від центра ваги піднятого в транспортне положення культиватора до вісі ведучих коліс трактора.

$$\chi_n = \frac{1335 \cdot 0,821}{3160 \cdot 0,965} = 0,36$$

Отже поздовжня стійкість агрегату забезпечена, так як

$$\chi_n \leq 0,4$$

$$0,36 \leq 0,4.$$

Розрахуємо навантаження на колеса трактора в статичному положенні.

Для передніх коліс

$$R_1 = \frac{G_m \cdot a - G_M \cdot b}{L} = \frac{3160 \cdot 0,965 - 1335 \cdot 0,821}{2,37} = 824 \text{ кг} \quad (4.22)$$

Для задніх коліс

$$R_2 = G_m + G_M - R_1 = 3160 + 1335 - 824 = 3671 \text{ кг} \quad (4.23)$$

При рухові агрегату, для передніх коліс

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{G_m \cdot a - G_M \cdot b - G_{\text{т.обц}} \eta_k \cdot f}{L} = \\ &= \frac{3160 \cdot 0,965 - 1335 \cdot 0,821 - 4495 \cdot 0,73 \cdot 0,1}{2,37} = 685,8 \text{ кг} \end{aligned} \quad (4.24)$$

Для задніх коліс

$$R_2 = 3160 + 1335 - 658,8 = 3809,2 \text{ кг}$$

Стійкість ходу розглянутого агрегату у поздовжній площині достатня.

					КРНВ 00.000.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Охорона праці

5.1. Особливості умов праці при вирощуванні кукурудзи.

Неналежний технічний стан сільськогосподарської техніки, її зношування, порушення правил експлуатації, а також наявність конструктивних недоліків чи різноманітних несправностей можуть призводити до формування небезпечних і шкідливих умов праці для механізаторів. За таких обставин підвищується ризик виникнення виробничих травм під час виконання технологічних операцій.

Вагомий вплив на працездатність людини, рівень концентрації уваги та загальний функціональний стан організму має мікроклімат робочого середовища. Підвищена температура повітря здатна спричинити перегрівання організму, що супроводжується появою головного болю, загальної слабкості та швидкої втомлюваності. У результаті цього ефективність праці може зменшуватися приблизно на 10–15 % [20].

Складні умови праці також виникають за підвищеної відносної вологості повітря. Коли її рівень становить 70–90 %, виконання робіт значно ускладнюється, а продуктивність праці може знижуватися майже на третину. Додатковим негативним чинником є наявність значної кількості виробничого пилу у зоні роботи, який негативно впливає на органи дихання, легені та слизову оболонку очей.

Під час функціонування тракторів та інших сільськогосподарських машин утворюється виробничий шум. Його підвищений рівень викликає втому, погіршує чутливість слухових органів і несприятливо впливає на нервову систему людини. Крім того, інтенсивний шум ускладнює сприйняття звукових сигналів, заважає правильно оцінювати відстань і часові інтервали, погіршує розпізнавання кольорових сигналів. Усе це може призвести до зниження продуктивності праці на 5–12 % і підвищення ризику травматизму.

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

Подібну негативну дію на організм людини має і вібрація, що виникає під час роботи техніки. У разі тривалого впливу вібраційних коливань можливий розвиток професійного захворювання — вібраційної хвороби.

У процесі виконання польових робіт трактористи-машиністи зазнають впливу низки шкідливих факторів. Серед них — відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згоряння, а також пестициди і мінеральні добрива, що застосовуються у технологічному процесі. Токсичні речовини можуть проникати в організм через дихальні шляхи або через шкірні покриви. Окрім цього, на стан здоров'я працівників впливають фізіологічні навантаження, пов'язані з виконанням як динамічної, так і статичної роботи.

5.2. Заходи щодо покращення умов праці під час вирощування кукурудзи

З метою підвищення безпеки праці та створення сприятливих умов для працівників при вирощуванні кукурудзи на зерно доцільно впроваджувати комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на зниження впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що виникають у процесі виконання польових робіт.

Одним із важливих напрямів профілактики виробничого травматизму є проведення систематичного навчання працівників з питань охорони праці. Дотримання встановленої тривалості робочого часу також відіграє важливу роль у збереженні працездатності працівників. У звичайних умовах робочий день повинен становити 8 годин, тоді як у період збирання врожаю допускається його збільшення до 10 годин. Тривалість щорічної відпустки механізаторів має складати 24 календарні дні. Використання праці підлітків допускається лише на легких роботах за умови скороченого робочого дня тривалістю до 4 годин.

Для створення комфортних мікрокліматичних умов під час польових робіт у кабінах тракторів і комбайнів доцільно застосовувати системи

					КРНВ 00.000.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кондиціювання або обігріву повітря, що дозволяють підтримувати оптимальні показники температури та вологості.

З метою зменшення шкідливого впливу пилу необхідно використовувати вентиляційні системи. Якщо їх ефективність є недостатньою, працівники повинні користуватися засобами індивідуального захисту, зокрема спеціальним одягом, захисними окулярами та респіраторами.

Для захисту органів слуху від підвищеного рівня шуму слід застосовувати протишумові навушники або інші засоби індивідуального захисту. Зниження негативного впливу шуму та вібрацій досягається також завдяки впровадженню комплексу організаційно-технічних заходів, серед яких:

- раціональне чергування періодів праці та відпочинку, а також проведення регулярних медичних оглядів працівників;
- періодичний контроль рівня вібрації під час експлуатації техніки;
- своєчасне виконання планових і профілактичних ремонтів машин.

Під час роботи з токсичними речовинами обов'язковим є використання спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту. У разі застосування пестицидів тривалість робочої зміни рекомендується обмежувати до 4–6 годин.

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

Загальні висновки

Проведений аналіз типових технологій вирощування кукурудзи рекомендованих до впровадження в ґрунтово-кліматичній зоні Степу. На підставі проведеного аналізу запропоновані зміни до базової технології вирощування кукурудзи, які полягають у використанні тракторів ЮМЗ-6Л при виконанні операцій міжрядного обробітку посівів, що дозволило підвищити продуктивність праці, знизити затрати енергії та людської праці.

В технологічній частині роботи проведені всі необхідні розрахунки по вибору сільськогосподарського агрегату, його складу та режимів роботи. Розроблена операційна технологічна карта на проведення операції міжрядного обробітку сходів кукурудзи.

З метою забезпечення високої якості виконання технологічного процесу міжрядного обробітку в інженерній частині роботи виконана модернізація культиватора КРНВ-5,6А. Розроблена удосконалена конструкція робочої секції та комбінованої полільної лапи з пружним стояком. Запропоновані конструкційні зміни повинні підвищити інтенсивність подрібнення поверхневого шару ґрунту, надійність виконання технологічного процесу та його якість.

В розділі „Охорона праці” проведений аналіз можливих небезпечних явищ, які можуть мати місце при вирощуванні кукурудзи, запропоновані заходи щодо покращення умов праці під час вирощування даної культури

Передбачається, що в разі впровадження запропонованих змін підвищиться надійність , якість та продуктивність процесів міжрядного обробітку при вирощуванні кукурудзи, а також частково знизяться затрати пального на виконання даної операції.

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

Література

1. Кириченко В. В. Рослинництво. Київ : Урожай, 2019. 640 с.
2. Лавриненко О. М. Біологія та систематика зернових культур. Харків : Основа, 2018. 312 с.
3. Шевніков М. Я. Технології вирощування зернових культур. Полтава : ФОП Говоров, 2020. 420 с.
4. Примаєв І. Д. Землеробство. Київ : Центр учбової літератури, 2021. 480 с.
5. Довідник сільського інженера / В.Д. Гречкосій, О.М. Погорілець, І.І. Ревенко та ін.; за ред. В.Д. Гречкосія.– 2-е вид. Перероб. і доп.– К.: Урожай, 1991.– 400 с.
6. Рослинництво : підручник / за ред. В. В. Кириченка. — Київ : Аграрна наука, 2018. — 800 с.
7. Землеробство : підручник / за ред. П. І. Бойка. — Київ : Вища освіта, 2017. — 560 с.
8. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Стратегічні напрями розвитку аграрного сектору економіки України. — Київ, 2020. — Режим доступу: офіційний вебсайт.
9. Державна служба статистики України. Рослинництво України : статистичний збірник. — Київ, 2023. — 220 с.
10. Рослинництво : підручник / В. В. Лихочвор, В. Ф. Петриченко, П. В. Івашук та ін. ; за ред. В. В. Лихочвора. — Львів : НВФ «Українські технології», 2010. — 800 с.
11. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Кукурудза: технологія вирощування : монографія. – Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2017. – 312 с.
12. Землеробство : підручник / за ред. В. П. Гудзя. – Київ : Центр учбової літератури, 2014. – 464 с.
13. Машиновикористання в землеробстві : навч. посіб. / О. М. Царенко, М. П. Кобець, В. І. Мельник та ін. – Київ : Аграрна освіта, 2009. – 384 с.
14. Інтенсивні технології вирощування польових культур / за ред. М. Я. Бомби. – Київ : Урожай, 2001. – 320 с.
15. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсу «Механізація, електрифікація, автоматизація сільськогосподарського виробництва», розділ «Експлуатація Машино-тракторного парку» для студентів спеціальності - 7.130102 – «Агрономія»/Укл.: П.Г.Лузан, І.М.Осипов, В.М.Сало, С.М.Мороз. – Кіровоград. КДТУ, 1999.-44с.
16. В. Сало, С. Лещенко, П. Лузан, Л. Сало. Машини для сівби, садіння та догляду за посівами. Навчальний посібник.- Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф. 2022,-220с.; іл. ISBN 978-617-7813-62-9
17. Опір матеріалів / Г.С. Писаренко. К.: Вища школа, 1993. 655 с.
18. 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. К.: Урожай, 2001.-384с.

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

19. Проектування сільськогосподарських машин. Навчально-методичний посібник для виконання курсових проектів з розробки сільськогосподарської техніки при підготовці фахівців напряму «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва». Бендера І.М., Рудь А.В., Козій Я.В. та ін. – Кам'янець-подільський: ФОП Сисин О.В., 2010. – 640 с. ISBN 978-611-539-016-8
20. Цілинський В.П. Охорона праці в рослинництві.- К.: "Урожай", 1991.

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

ДОДАТКИ

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