

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., доцент

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

« ____ » _____ 2024 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:**

**«Механізація вирощування кукурудзи з дослідженням та
вдосконаленням просапного культиватора»**

Виконав здобувач вищої освіти II курсу,

групи AI-22M3(1,4)

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Ковтун Олександр Олександрович

« ____ » _____ 2024 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

« ____ » _____ 2024 р.

Рецензент

професор, доктор техн. наук

_____ Алієв Ельчин Бахтияр огли

« ____ » _____ 2024 р.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет Агротехнічний
Кафедра Сільськогосподарського машинобудування
Рівень вищої освіти магістр
Галузь знань 20 «Аграрні науки та продовольство»
Спеціальність 208 «Агроінженерія»
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

«__» _____ 2023 року

**ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ
(МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ
ОСВІТИ**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту)

2. Керівник роботи (проекту)

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

3. Строк подання роботи до захисту _____

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) _____

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Дата видачі завдання

«___» _____ 20__ р.

Підпис керівника

_____ (прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 20__ р.

Підпис здобувача

_____ (прізвище та ініціали)

Зміст

1. Вступ.....	6
2. Технологічна частина	8
3. Наукова частина	38
4. Охорона праці	58
5. Економічна частина	60
6. Висновок	61
Список використаної літератури	63
Додатки.....	66

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Вступ

Україна є країною, що виробляє велику кількість продукції рослинництва і саме ця галузь народного господарства, навіть незважаючи на війну, є основною галуззю сільськогосподарського виробництва, у якій задіяна значна кількість працездатного населення та є бюджетонаповнюючою галуззю. Слід відмітити, що переважна більшість господарств вирощують зернові колосові культури, соняшник, ріпак, кукурудзу, сою тощо. Однією із важливих культур, яка забезпечує сталість врожаю і стабільні врожаї є така просапна культура як кукурудза, а її популярність серед інших культур в Центральній Україні знаходиться на високому рівні і в деякі роки посіви майже дорівнюють посівам соняшнику, що протягом останніх десятиріч займає лідируючі позиції в рослинництві Північного Степу та Лісостепу. Згідно зі статистикою, на початку 2000 років на теренах нашої держави площі посіву кукурудзи знаходилися на рівні 1 млн. 660 тис. га., тоді як у 2020 році кукурудзу вирощують на площі близько 5 млн. 400 тис. га, що підтверджує популярність цієї культури.

Проте, на різних етапах технології виробництва кукурудзи існують проблемні моменти, що приводять до підвищення вартості готової продукції, суттєвого зниження врожайності чи взагалі втраті врожаю. Таким чином, інтенсифікація технологічного процесу вирощування кукурудзи з ціллю підвищення стабільності врожаю та зниження загальної собівартості вирощеного врожаю дозволить суттєво поліпшити якість зібраного врожаю та розширить сфери збуту готової продукції.

Кукурудза є класичною просапною культурою, а тому під час її вирощування в полі проводиться кількарізова міжрядна обробка посівів рослин. Характерною особливістю рослинництва сьогодні є висока хімізація технологій, що є актуальним і для кукурудзи, а тому на етапі проведення

					ВКДК 00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка		
Розроб.	Ковтун						
Перевір.	Лещенко						
Реценз.							
Н. Контр.	Мачок						
Затверд.	Лещенко						
					Літ.	Арк.	Акрушів
						6	
					ЦНТУ, гр. АІ-22МЗ(1,4)		

догляду за посівами (міжрядного обробітку) сьогодні майже завжди потрібно вносити в міжряддя рослин засоби агрохімії, фінішну дозу мінеральних добрив, стимулятори рослин тощо. Нажаль, під час проведення операцій догляду за посівами, в тому числі і кукурудзи, питання внесення засобів агрохімії вивчено недостатньо. Такі операції в переважній більшій кількості випадків здійснюється класичними підживлюючими ножами під час роботи просапних культиваторів, що повністю не враховує необхідність розподілу матеріалу в міжрядді та орієнтації засобів агрохімії відносно кореневої системи культурних рослин. Тому існує нагальна проблема у вдосконаленні операцій міжрядного обробітку та пошуку можливості якісного внесення та розподілу добрив, стимуляторів росту, засобів захисту рослин по ширині міжряддя кукурудзи.

Отже, виходячи із наведеного метою даної роботи є інтенсифікація вирощування кукурудзи в господарських умовах з поліпшенням етапу міжрядного обробітку та дослідженням і вдосконаленням параметрів просапного культиватора.

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Технологічна частина

2.1. Кукурудза, існуюча технологія його виробництва в господарстві

Кукурудза є однією із найбільш широко вирощуваних культур в нашій державі та ще й найбільш врожайною серед культур, що виробляються в польових умовах. Вважається, що кукурудза прийшла до нас із Північної та Центральної Америки. Варто зазначити, що вирощування кукурудзи дуже швидко стало популярним в світі а сьогодні ця культура є третьою за виробництвом після пшениці та рису [2].

Потрібно окремо розділити, як і роблять більшість фахівців аграрної галузі [2, 3, 4, 5], продовольче, технічне, кормове та агротехнічне значення кукурудзи. Зупинимося коротко на кожному із наведених значень цієї культури.

У якості **продовольчого значення** кукурудзи можна відмітити, що зерно цієї культури є сировиною для виробництва понад 150 харчових і технічних продуктів. Дуже часто кукурудзяне борошно застосовується у кондитерській галузі, з цього борошна виготовляють різні пластівці, мюслі, тістечка, крупу, бісквіти, печиво, харчову повітряну кукурудзу, попкорн тощо. Зварені молоді зерна кукурудзи, що знаходяться на етапі молочної стиглості, законсервовують а потім із цієї кукурудзи готують різноманітні салати та інші страви. Молоду варену цукрову кукурудзу у стадії воскової стиглості вживають у їжу без додаткової обробки. До того ж кукурудза досить часто є сировиною для виробництва різних прохолодних напоїв, пива, крохмалю, меду, цукру та ін. [8].

У якості **технічного значення** кукурудзи відомо, що із зерен цієї культури виготовляють кукурудзяну олію, що володіє широкими рослинними якостями та цінними харчовими властивостями. Це пояснюється тим, що до складу кукурудзяної олії входить лецитин, який забезпечує зниження вміст холестерину в людській крові та є гарною профілактикою до розвитку атеросклерозу. Крім цього, кукурудза є сировиною для виробництва етилового

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

спирту, ряду органічних кислот, гліцерину та ін. З точки зору технічного значення цієї культури використовуються навіть стебла та стрижні початків кукурудзи, адже вони в кінцевому варіанті використовуються для виробництва паперу, целюлози, ацетону тощо [8].

Основне **кормове значення** кукурудзи є в тому, що харчова цінність цієї культури та її поживність перевищує всі зернові культури, що культивуються в нашій державі. Із поживної точки зору, в кожному кілограмі кукурудзи є близько 1,34 умовних кормових одиниць. Крім цього, є зручним те, що кукурудзу на корм худобі можна використовуватися як в качанах, так і після її переробки у вигляді дерті, висівок, кормового борошна. Останнім часом кукурудза слугує одним із базових компонентів різних концкормів, повноцінних кормових раціонів та комбікормів.

Слід виділити і той факт, що саме кукурудза це єдина основна силосна культура, на базі якої силосування і відбувається. Операції силосування цієї культури проводять тоді, коли качани досягають початкової воскової стиглості. В окремих господарствах реалізується і безпосереднє згодовування зеленої маси рослин худобі, за такого харчування поживність зеленого корму є порівняно низька і не перевищує 0,20 умовних кормових одиниць [8].

Щодо **агротехнічного значення** кукурудзи потрібно зазначити, що за умови якісно організованої технології вирощування цієї культури в полі, вірно підібраних засобів механізації та термінів проведення робіт, поле після збирання кукурудзи стає добре розпушеним, поверхня поля майже повністю чиста від бур'янів а на поверхні поля залишається значна кількість органічної речовини у вигляді рослинних решток цієї культури, що після подальших операцій швидко і ефективно засвоюється ґрунтовим середовищем. Якщо підходити ретельно до проектування сівозмін, то кукурудза є найкращим попередником для всього спектру ярих зернових, зернобобових культур [8].

Можна окремо відмітити, що у світі кукурудза вирощується на площах рівних 130...135 млн. га. Лідерами по вирощуванню кукурудзи досить

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тривалий час залишаються Сполучені Штати Америки, Бразилія і Індія. Якщо сконцентрувати увагу на Україні, як виробнику кукурудзи, то підтверджується, що максимальна кількість врожаю цієї культури збирають в Лісостеповій та північній частині Степової зони. За інформацією, що наведена вище, загалом з року в рік із певними змінами, але кукурудзу вирощують в Україні на площах більших за 5 млн. га., що дозволяє нашій державі входити в десятку лідируючих держав із виробництва кукурудзи.

Морфологія та біологічні властивості рослини кукурудза

Кукурудза є типовою однорічною злаковою культурою (рис. 1). За існуючою класифікацією кукурудза входить до другої групи хлібів. Корінь кукурудзи – мичкуватий, розгалужений має явні ознаки багаторушності. Варто відмітити, що кукурудза має розвинену кореневу систему із міцними корінцями, що можуть проникати в товщу ґрунту на глибину до 2,5 м. В деяких сортів цієї рослини часто розвиваються повітряні корені, що видно поверх ґрунту. Хоч коренева система рослини і є значно розгалуженою, найбільше продуктивного коріння кукурудзи зосереджується в ґрунтовому горизонті до 40 см [8]. Фази розвитку кукурудзи, із зазначенням критичних етапів формування рослин наведено на рис. 2.

Стебло рослини кукурудза (рис. 1) пряме та порівняно із іншими культурами – товсте. З точки зору заповнення рослин стебло кукурудзи виповнене а якщо культура вирощується на вологих ґрунтах часто зустрічається утворення відростків у вигляді пасинків. Безпосередньо у стеблі кукурудзи зосереджується до 5% цукру. Під час вегетації рослини на початкових етапах стеблова маса соковита та залежно від сорту на стеблі може сформуватися від двох до чотирьох початків.

Рослина кукурудза це перехреснозапильна культура, що є однодомною та повністю роздільностатевою. При вирощуванні культури в полі на рослинах формується чоловіче та жіноче суцвіття (рис. 1). Чоловіче суцвіття на рослині формується волоттю, що росте на верхівці стебла. Жіноче суцвіття формується

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

у вигляді качана, який вкритий обгорткою, а сам початок формується та розвивається біля основи стебла [6...8].

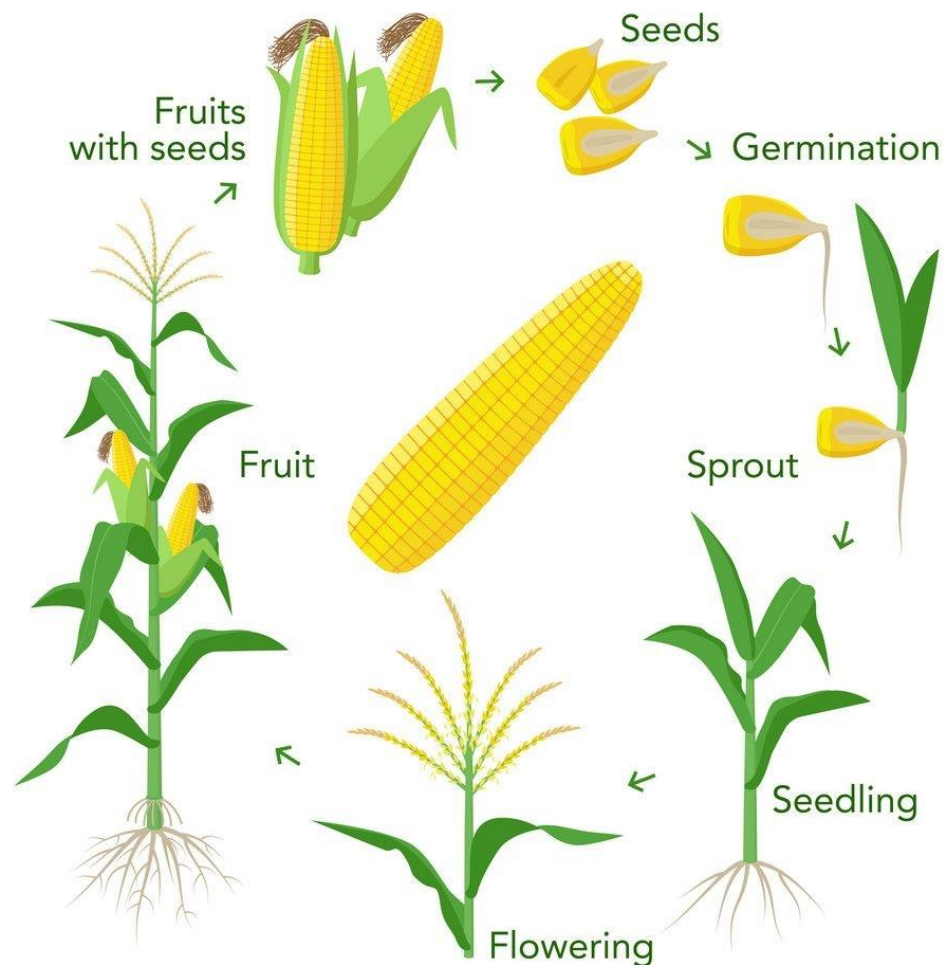


Рис. 1. Морфологія та біологічні особливості кукурудзи

Кукурудзу вирощують для отримання її плода у вигляді зернівки, які під час росту розвиваються на качанах. Кожна зернівка кукурудзи за будовою складається з ендосперму і зародка та вкрита щільною оболонкою (рис. 3). Безпосередньо форма зернівки є залежною від підвиду та сорту рослини. Відомо основні дев'ять підвидів кукурудзи. Найпоширенішими серед підвидів є зубоподібна, напівзубоподібна, розлуснута, цукрова, кремениста, крохмалиста. Незалежно від того до якого із підвидів належить кукурудза після її потрапляння в ґрунт вона сходить однією рослиною проростаючи одним корінцем. Приблизний вегетаційний період рослини кукурудза

становить близько 90...140 днів, що залежить від сорту, ґрунтових та кліматичних умов вирощування, вологості, тривалості дня та інших факторів.

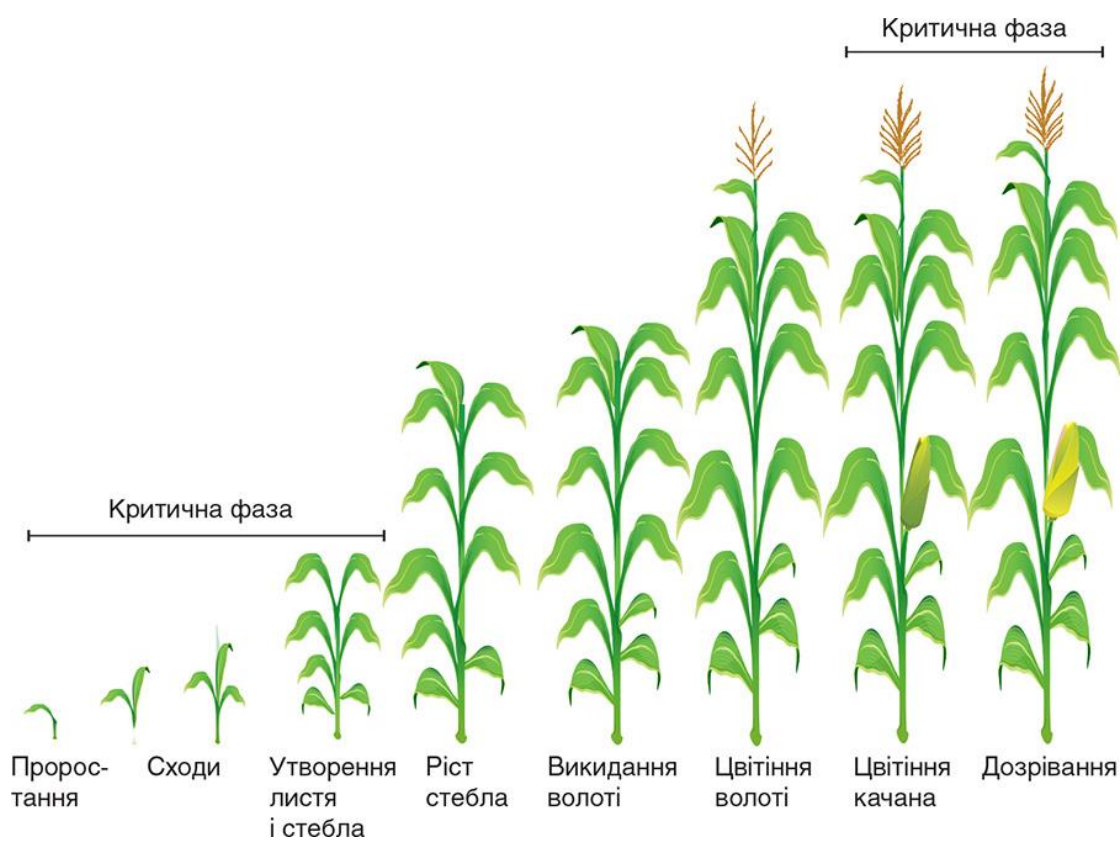


Рис. 2. Фази розвитку кукурудзи під час її вирощування в господарстві



Рис. 3. Будова зернівки кукурудзи

Під час проектування технологічного процесу вирощування кукурудзи потрібно пам'ятати, що ця культура дуже вимоглива до вологи, світла, температури, стану і родючості ґрунтів [8].

З точки зору температурного режиму вирощування кукурудзи, варто зазначити, що це теплолюбива рослина, насіння кукурудзи здатне почати сходити тільки після того, як температура досягає показників у діапазоні $+8...+12^{\circ}\text{C}$. Тривалі вивчення сприятливих до вирощування кукурудзи температур дозволили встановити, що найкраще кукурудза росте за температур близьких до $+25^{\circ}\text{C}$. Дуже погано кукурудза переживає зниження температури, і вже навіть за короткочасного зниження температури до $-2^{\circ}...-3^{\circ}\text{C}$ спостерігається поверхневе ушкодження рослин. Разом із тим, кукурудза порівняно непогано переживає підвищені температури та може легко переживати тимчасовий дефіцит вологи.

Кукурудза є дуже світлолюбивою культурою, на що не впливає навіть те, що ця рослина є рослиною короткого світлового дня. Особливістю її вирощування є те, що якщо посіви кукурудзи є густими, а в результаті подальшого росту рослини затіняють одна одну виникає висока ймовірність того, що качани взагалі можуть не сформуватися.

Щодо вимог кукурудзи до вологи, то вона є однією із посухостійких сільськогосподарських культур. Під час росту кукурудзи в полі спостерігається суттєве випаровування вологи через листову масу рослин і в найбільш продуктивні періоди росту таке випаровування може досягати 3...4 літри на добу. Хоч кукурудза і посухостійка рослина, втім найбільше вологи для формування врожаю потрібно на етапі формування волоті. Період формування волоті має загальну тривалість до 30 днів.

Кукурудза не є надто вимогливою культурою до типу ґрунту та здатна давати непогані врожаї на будь-яких ґрунтах за виключенням перезволожених і заболочених, надто кислих ґрунтах і солонцях. До найкращих ґрунтів для вирощування кукурудзи є всі без виключення типи чорноземів, сірих

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

опідзолених ґрунтів. Бажана реакція розчину ґрунту для найкращих умов вирощування повинна перебувати в діапазоні 6...7,2 рН.

Досить вагомим недоліком вирощування кукурудзи є суттєве зниження врожаю та висока ймовірність повної загибелі культурних рослин за умов високої забур'яненості полів. Тому найбільш доцільно вирощувати цю культуру на полях чистих від бур'янів в іншому випадку потрібно забезпечити ефективну боротьбу із бур'янами агрохімічними методами.

Базова технологія вирощування кукурудзи

Фермерське господарство, яке є базовим для роботи в різні роки вирощує кукурудзу на площах, що в середньому становлять близько 15% від усіх орних земель, що фактично дорівнює 240...250 га на рік. Особливістю господарства є те, що в ньому реалізують семипільну сівозміну, що має гарний вплив на родючість ґрунту і забезпечує природню боротьбу із карантинними шкідниками, бур'янами та хворобами. Ретельний огляд існуючої технології дозволяє підтвердити, що під час її проектування і впровадження використовувалася типова технологія вирощування кукурудзи в Степовій зоні України. Час початку окремих етапів робіт, терміни проведення операцій розраховувалися відповідно до агротехнічних вимог до означених робіт, виходячи із розрахунків та керуючись нормативними таблицями.

На етапі проектування операцій та підбору технічних засобів для здійснення робіт, зокрема на енергоємних операціях, максимально застосовувалися комбіновані широкозахватні агрегати та потужні енергетичні засоби. Під час комплектування агрегатів та обґрунтування складу потрібних сільськогосподарських машин і тракторів на технологічний процес вирощування кукурудзи забезпечували максимально допустиму швидкість виконання операцій, якнайвищу продуктивність та мінімальні затрати праці і матеріалів на проведені роботи за умови забезпечення якості робіт, що відповідають чинним агротехнічним вимогам. На етапі проектування

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

технологій дотримувалися принципу потоковості процесів, рядності та продуктивності [6].

Проектуючи технологічний процес вирощування кукурудзи потрібно вірно вибрати попередника, що дозволить реалізувати у господарстві заплановану сівозміну, створити умови для відновлення втрачених поживних речовин у ґрунті, забезпечити отримання стабільних врожаїв навіть при несприятливих погодних умов та окремих огріхах в технологічному процесі. Найкращими попередниками для кукурудзи є всі озимі та ярі зернові культури, зернобобові, картопля, цукровий буряк [7]. З практичного досвіду фермерів України [2, 7] відомо, що кукурудзу можна, за певних умов, вирощувати на одному полі протягом 5...8 років. За такого вирощування кукурудзи як монокультури слід забезпечити високі норми внесення мінеральних та органічних добрив і тільки вірно підібрана система удобрення за таких умов гарантує отримання врожаю.

Система основного обробітку ґрунту під кукурудзу

Обробіток ґрунту під час вирощування кукурудзи в базовому фермерському господарстві виконується у вигляді традиційного зяблевого обробітку, що проводиться в більшості випадків у вигляді класичної відвальної оранки. Операції основного обробітку перед своїм проведенням передбачають попереднє лушення стерні культури-попередника, та, за потреби – внесення добрив розкидним способом. Терміни початку та й взагалі виконання робіт залежать від попередника, з якого вирощувався на цьому полі, ґрунтових та кліматичних умов, забур'яненості полів та ін.

Стерню в господарстві лушать в більшості випадків лушильниками дисковими, наприклад такими як ЛДГ-10, ЛДГ-15. Операцію лушення стерні проводять із глибиною обробітку 6...8 см. У випадку підвищеного забур'янення полів бур'янами коренепаростковими слід операцію проводити із двократною повторюваністю. Перше лушення проводять лушильниками дисковими, тоді як для другого лушення доцільно збільшити глибину

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обробітку до 12...14 см та провести цю операцію лушпильниками лемішними, в господарстві це проводять агрегатом ППЛ-10-25.

По завершенню лущення, поле вистоюється близько 2-х тижнів. Цього часу достатньо для проростання більшості бур'янів. Операцію першого глибокого обробітку проводять класичними полицевими плугами ПЛН-9-35, ПЛН-7-35, ПЛН-6-35, ПЛН-5-35 та інших подібних за призначенням і конструкцією, агрегатуючи їх із відповідними за зусиллями енергетичними засобами та забезпечуючи глибину оранки на рівні не менше 25...27 см. Більш доцільно проводити гладку оранку, для чого використовуються оборотні плуги, для прикладу типу Lemken EurOpal або інших виробників.

Реалізація передпосівного обробітку ґрунту

Операції передпосівного обробітку ґрунту проводяться з метою створення дрібнокомкуватої структури поверхні поля, знищення бур'янів на ранній стадії їх розвитку, поліпшення водного та повітряного режимів тощо. Під час вирощування кукурудзи в більшості випадків проводять дво- чи триразовий поверхневий обробіток. Операцію першого поверхневого обробітку намагаються провести якомога раніше відразу після того, як ґрунт досягає фізичної стиглості, це дозволяє створити умови для зниження поверхневого випаровування вологи та знищити бур'яни, що знаходяться у стадії білої нитки.

Перший поверхневий обробіток під вирощування кукурудзи проводять у вигляді боронування. Для цих робіт використовують в господарствах середні та важкі зубові борони, зокрема БЗСС-1,0, БЗТС-1,0. Боронування зубовими боронами проводять впоперек чи під кутом до напрямку оранки, а вчасне проведення таких робіт дозволяє зруйнувати поверхневу кірку та капіляри, через яких інтенсивно волога випаровується, тобто фактично на цьому етапі відбувається закриття вологи.

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наступним етапом робіт є проведення, як правило, двох послідовних культивуацій, які часто поєднують із внесенням засобів агрохімії (добрив, гербіцидів, стимуляторів росту рослин тощо).

Першу суцільну культивуацію перед підготовкою до вирощування кукурудзи проводять десь через тиждень після проведення закриття вологи. Цю операцію проводять на глибину 10...12 см культиватором КПС-4 із засобом агрегування МТЗ-80. Вдруге культивують тим самим агрегатом приблизно за два тижні після першої культивації із глибиною обробітку 6...8 см.

Практикують і проведення передпосівної культивації аналогічними агрегатами в день сівби. Глибина таких робіт має бути на рівні 3...5 см. Дуже добре на подібних роботах зарекомендували себе комбіновані агрегати, серед яких «Європак-6000».

Існуюча система удобрення під час вирощування кукурудзи

Інтенсивна технологія вирощування кукурудзи, яка реалізується в господарстві передбачає внесення як органічних так і мінеральних добрив. Варто зазначити, що порівняно із технологіями вирощування інших зернових чи зернобобових культур, норми внесення добрив при вирощуванні кукурудзи є дещо вищими. Під час всіх етапів вирощування цієї рослини, розрізняють такі етапи удобрення: основне внесення, передпосівне внесення, припосівне внесення та підживлення рослин. Кожен із етапів внесення добрив проводиться під час виконання окремих видів польових робіт.

Основну норму добрив під час вирощування кукурудзи вносять методом розкидання їх по поверхні поля із наступним заорюванням під час проведення основного обробітку ґрунту. Такий розкидний спосіб найкраще підходить для внесення органіки, торф'яних та торфогнойових добрив, норма внесення яких коливається в межах 30...40 т/га. Якщо в господарстві є проблеми із виробництвом органічних добрив, то практикують замість

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

внесення органіки вирощування та заробку в ґрунт сидератів, для чого найкраще підходять бобові культури, деякі багаторічні трави, люпин тощо.

Дуже позитивно на врожайність кукурудзи впливає поєднання внесення органічних і мінеральних добрив. Норми внесення мінеральних добрив розраховуються за загальноприйнятою методикою виходячи із запланованого врожаю кукурудзи. В базовому господарстві під час вирощування кукурудзи реалізують внесення калійних добрив K_2O з орієнтовними нормами внесення 70...120 кг/га та фосфорних добрив із нормами 80...100 кг/га. На етапі передпосівного обробітку вносять азотні добрива, норми внесення яких забезпечують на рівні 80...140 кг/га. Під час проведення посівних робіт разом із насінням в рядки кукурудзи вносять фосфорні добрива, забезпечуючи при цьому норми 10...15 кг/га.

Якщо попередні операції системи удобрення якісно і в повному обсязі проведені, то підживлення під час міжрядного обробітку зводиться до мінімуму. В будь-якому випадку в базовому господарстві під час міжрядного обробітку на етапі, коли кукурудза має 5...6 листків проводять підживлення азотними добривами, норми внесення яких становлять близько 20% загальноприйнятих норм таких добрив.

Поле, на якому вирощується кукурудза здатне самостійно фермеру надавати інформацію про стан насичення рослин поживними речовинами. У випадку дефіциту в ґрунтовому розчині калію суттєво сповільнюється ріст культурних рослин а листова маса починає швидко жовтіти і сохнути. Якщо ж в ґрунті недостає азоту, то рослини кукурудзи стають дуже низькорослими, листки стають світло зеленими та дрібними. У випадку виникнення відповідних відхилень в рості рослин, під час догляду за посівами проводять підживлення тими речовинами, яких в ґрунті недостатньо.

Технологія сівби кукурудзи

Кукурудзу в господарстві сіють універсальною пневматичною сівалкою СУПН-8А в агрегаті з трактором МТЗ-82. Глибину загортання

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

насіння кукурудзи забезпечують на рівні 3...5 см. На етапі виконання посівних робіт варто якомога точніше розподілити насіння по довжині рядка, для забезпечення необхідних зон живлення рослин і уникнення перевитрат насіння. В базовому господарстві орієнтовні терміни посіву кукурудзи знаходяться в кінці квітня на початку травня. Крім того, в період початку посіву, ґрунт повинен прогрітися до +10...+12°C. Кукурудзу сіють пунктирним способом сівби а ширина міжрядь має дорівнювати 70 см. Приблизні норми висіву кукурудзи під час її вирощування на зерно дорівнює близько 25 кг/га, що складає 60...80 тис. насінин на гектар площі. Щоб поліпшити контакт ґрунту із насінням під час посіву проводять прикочування ґрунту, для чого використовують спеціальні прикочуючі котки.

Операції догляду за посівами кукурудзи

Операції по догляду за посівами кукурудзи на початковому етапі передбачають проведення одно чи кількарязового боронування посівів до появи сходів культурних рослин. Перше боронування легкими зубовими боронами типу ЗПБ-06 проводять через 6...8 діб після посівних робіт. Під час виконання досходового боронування операцію проводять в поперек до рядків та за чинними нормативами під час проведення таких робіт повинно знищуватися до 80% бур'янів, що знаходять на ранній стадії розвитку (стадія білої нитки).

Якщо виникає така потреба, і поверхнева кірка ускладнює розвиток рослин, проводять і одно чи дворазове післясходове боронування аналогічними легкими боронами.

Основними заходами по догляду за посівами кукурудзи є 2...3 міжрядні культивації, які в господарських умовах проводять культиваторами-рослинопідживлювачами. Для цих робіт в господарстві застосовують агрегат у складі трактора МТЗ-80 та культиватора-рослинопідживлювача УСМК-5,4В. Перший міжрядний обробіток кукурудзи проводять на глибину 8...10 см, а починають такі роботи тоді, коли рослини мають від 3 до 5 повноцінних

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

листки. На цьому етапі робіт на секції культиваторів встановлюють односторонні лапи бритви та стрільчасті лапи, за потреби можуть додаватися інші робочі органи. На етапах наступних міжрядних культивацій агрегат залишають той самий, набір робочих органів в більшості випадків доповнюють підживлюючими ножами, збільшують захисну зону рядків та знижують глибину обробітку до 6...8 см.

Варто відмітити, що під час другого і наступних операцій міжрядного обробітку кукурудзи практикують і підживлення рослин та внесення інших засобів агрохімії, гербіциди направленої дії, стимулятори росту тощо. Крім того, на цьому етапі робіт реалізують боротьбу із бур'янами агротехнічними методами. Для цього на секціях робочих органів додатково встановлюють різноманітні за конструкціями окучники, підгортачі та інші робочі органи, що можуть присипати бур'яни, які розміщені в рядку культурних рослин ґрунтом. В цьому випадку бур'яни, що ростуть в рядку культурних рослин присипані ґрунтом гинуть, а рослини кукурудзи в зоні присипання стебла утворюють нові корені, за рахунок чого поліпшується розвиток культурних рослин.

Якщо існує в цьому нагальна потреба та потрібно більш інтенсивно знищити бур'яни, щоб вони не заважали росту кукурудзи, на полі із її посівами реалізують обприскування. Такі роботи найкраще проводити, коли культурні рослини випустили 3...5 повноцінних листки. Для обробки методом обприскування кукурудзи найкраще застосовувати розчин Дисулам із нормою обприскування 0,5...0,6 л/га чи амінна сіль 2,4Д із нормами 0,7...1,2 кг/га. Цей же метод обприскування посівів кукурудзи застосовують для боротьби із шкідниками і хворобами.

Операції збирання кукурудзи

Збирання кукурудзи на зерно проводять після того, як рослини досягають повної фізичної стиглості. Найпоширенішим методом збирання кукурудзи на зерно залишається методи її прямого комбайнування зернозбиральними комбайнами, за умови, що вологість зерна кукурудзи не

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

перевищує 35...40%. Базове господарство для збирання кукурудзи використовує комбайн John Deere 9610, при цьому кукурудзу можуть збирати з поля як в початках, без їх обмолоту так і з повним обмолочуванням качанів.

Ретельний огляд існуючої технології вирощування кукурудзи в базовому господарстві дозволяє відмітити, що більшість окремих операцій технологічного процесу вирощування є типовими для регіону і конкретної культури. Проте є ряд проблемних етапів, вдосконалення яких дозволить поліпшити ефективність вирощування цієї культури та створить умови для отримання вищих врожаїв із мінімальними затратами на це ресурсів.

2.2. Інтенсифікація технології міжрядного обробітку ґрунту під час вирощування кукурудзи

Виходячи із існуючої технології вирощування кукурудзи стає очевидним, що однією із ланок технології, вдосконаливши яку можна інтенсифікувати процес вирощування та створити умови до потенційного збільшення врожаю є ланка міжрядного обробітку.

На етапі реалізації операції міжрядного обробітку відбувається знищення бур'янів у міжрядді рослин агротехнічними методами, руйнується поверхнева кірка, що сприяє зменшенню рівня випаровування вологи, розпушується ґрунт у міжрядді кукурудзи, що дозволяє поліпшити фракційний склад (зробити його дрібнокомкуватим) та водно-повітряний режим ґрунту, відбувається за потреби підживлення посівів та внесення інших необхідних засобів агрохімії. Згідно із чинними нормативами [8], під час проведення операцій міжрядного обробітку мають забезпечуватися ряд вимог. Серед таких вимог окремо виділимо такі:

- міжрядний обробіток ґрунту та фінішне підживлення кукурудзи повинно проводитися у конкретні терміни та на конкретних етапах розвитку рослин із врахуванням ґрунтово-кліматичних умов та якомога оперативніше (в межах одного поля);

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- обробіток ґрунту в міжряддях має бути повним, без пропусків а після проходження робочих органів має в міжрядді утворитися однорідна структура із дрібними грудочками, сама поверхня обробленої смуги повинна бути рівною а максимальні борозни чи гребені по траєкторії руху робочих органів не повинні бути більшими за 4 см.;
- нижні вологи горизонти ґрунту під час міжрядного обробітку на поверхню поля виноситися не повинні;
- пропуски і будь-які необроблені ділянки поля в зоні руху секції робочих органів, за виключенням захисної зони рядків культурних рослин, не допускаються.

Так як за вдосконаленою технологією міжрядного обробітку агрегат для його здійснення культиватор-рослинопідживлювач УСМК-5,4В для ефективної роботи слід забезпечити ще й наступні вимоги, що наведені в [9]:

- встановлені на секції робочі органи під час проведення міжрядного обробітку мають забезпечувати встановлену глибину операції із відхиленням від заданої не більше ± 1 см;
- всі бур'яни, що розміщуються в міжрядді кукурудзи мають бути повністю зрізаними, до уваги не приймається захисна зона рядка;
- у випадку відсутності потреби присипання рядка кукурудзи під час міжрядного обробітку, потрапляння часток ґрунту в захисну зону рядка не допускається;
- в зоні руху секції робочих органів поверхнева кірка ґрунту повинна бути повністю зруйнованою, за умови, що коренева система культурних рослин чи мамі рослини робочими органами, чи зрушенням цими органами ґрунтом не пошкоджуються;
- під час проведення робіт із догляду за посівами захисна зона рядка має забезпечуватися мінімально допустимою, керуючись єдиною умовою – культурні рослини та їх корені під час обробітку не повинні пошкоджуватися;

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- на етапі розстановки робочих органів на секції культиватора має бути забезпечене їх перекриття, що повинно забезпечуватися на рівні 2...3 см.

базова технологія передбачала в господарстві міжрядний обробіток проводити агрегатом до складу якого входить енергетичний засіб МТЗ-80 та культиватор КРН-4,2. Оскільки кукурудза відноситься до високостебельних культур та з ціллю поліпшення якісних показників обробітку міжрядну культивуацію на етапі вдосконалення пропонуємо реалізувати більш широкозахватним і продуктивним культиватором-рослинопідживлювачем УСМК-5,4В із тим-самим трактором МТЗ-80.

Проведемо технологічні розрахунки, які дозволяють обґрунтувати та оцінити технологічну ефективність проведення операцій догляду за посівами за базовою та за модернізованою технологіями та співставимо отримані результати. Прийmemo, що на етапі міжрядної культивуації допустимий діапазон швидкостей проведення робіт дорівнює 9...12 км/год [8...12].

Керуючись технічними даними енергетичного засобу МТЗ-80 [13...15] визначимо дійсні робочі передачі трактора, що відповідають бажаному швидкісному режиму роботи агрегату та прийmemo значення тягових зусиль, що трактор розвиває на обраній передачі. Так, трактор МТЗ-80 на IV робочій передачі може працювати із швидкістю $V_p = 8,9$ км/год та розвивати за такої швидкості тягове зусилля на гаку трактора $P_{ном.гак} = 14$ кН. При роботі цього ж трактора на V робочій передачі, робоча швидкість відповідно дорівнює $V_p = 10,54$ км/год, за умови, що тягове зусилля трактора становить $P_{ном.гак} = 11,5$ кН. Подальші розрахунки будемо проводити для цих наведених робочих передач енергетичного засобу.

Щоб розрахувати значення тягового зусилля енергетичного засобу враховуючи нерівності на полі можемо скористатися відомою залежністю [13]:

$$P_{гак} = P_{ном.гак} - G_{тр} \cdot i ,$$

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $P_{ном.зак.}$ – значення номінального тягового зусилля енергетичного засобу на обраній передачі, кН;

$G_{тр}$ – фактична сила ваги трактора, відомо [15], що для трактора МТЗ-80 вага становить $G_{тр} = 34,5$ кН;

i – значення у долях одиниці максимального кута нахилу поля, для розрахунків приймаємо $i = 0,03$.

Таким чином, підставивши цифрові дані отримаємо розрахункові значення тягового зусилля на робочих передачах трактора МТЗ-80:

$$P_{зак.}^{IV} = 14,0 - 34,5 \cdot 0,03 = 12,96 \text{ кН};$$

$$P_{зак.}^V = 11,5 - 34,5 \cdot 0,03 = 10,46 \text{ кН}.$$

Проведемо визначення тягового опору культиватора за умови того, що врахуємо значення його питомого опору і фактичної ширини захвату сільськогосподарського агрегату. Це можна зробити за формулою:

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

де K – довідникове значення питомого опору культиватора, приведеного на один метр його ширини захвату, кН/м.

За існуючими даними [14] для розрахунку можна прийняти, що питомий тяговий опір культиватора-рослинопідживлювача УСМК-5,4В дорівнює 1,5 кН/м, таким же чином за [14] встановимо, що питомий тяговий опір агрегату КРН-4,2 дорівнює 1,8 кН/м.

Слід відмітити, що питомий тяговий опір базового культиватора КРН-4,2, є вищим за питомий тяговий опір культиватора-рослинопідживлювача УСМК-5,4В. Це можна пояснити тим, що для досягнення аналогічних показників по якості роботи під час проведення міжрядного обробітку на культиватор, що використовується за базовою технологією вирощування кукурудзи потрібно встановлювати ще додаткові робочі органи, що загалом приводить до сумарного зростання тягового опору через збільшення елементів, що працюють в товщі ґрунту.

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знайдемо значення питомого опору враховуючи розрахункове значення швидкості руху агрегату під час міжрядного обробітку. Це проведемо за наступною формулою:

$$K_V = K[1 + \Pi(V_P - V_0)],$$

де Π – значення коефіцієнту приросту тягового опору, що приймається по відношенню до нульової швидкості руху просапного культиватора, за [12] приймемо $\Pi = 0,035$;

V_0 – встановлена нульова швидкість, відносно якої розраховується тяговий опір просапного культиватора, приймаємо $V_0 = 5$ км/год.

Отже, тоді для серійного агрегату для міжрядного обробітку кукурудзи на обраних робочих передачах маємо:

$$K_V^{IV\ KPH} = 1,8[1 + 0,035 \cdot (8,9 - 5)] = 2,04 \text{ кН};$$

$$K_V^{V\ KPH} = 1,8[1 + 0,035 \cdot (10,54 - 5)] = 2,15 \text{ кН}.$$

Аналогічним чином розрахуємо для вдосконаленої технології міжрядного обробітку культиватором УСМК-5,4В, отримаємо:

$$K_V^{IV\ USMK} = 1,5[1 + 0,035 \cdot (8,9 - 5)] = 1,7 \text{ кН};$$

$$K_V^{V\ USMK} = 1,5[1 + 0,035 \cdot (10,54 - 5)] = 1,79 \text{ кН}.$$

R_i – додатковий опір агрегату, що виникає під час робочого ходу скомплектованого агрегату для міжрядного обробітку на підйом, кН/м

$$R_i = (G_{\kappa} / B_{\kappa}) \cdot i,$$

де G_{κ} – вага просапного культиватора, що зазначена в його технічних характеристиках, так для культиватора КРН-4,2 – $G_{\kappa_{\delta}} = 7$ кН, для культиватора-рослинопідживлювача – $G_{\kappa_{\mu}} = 7,56$ кН [11, 14];

B_{κ} – фактична ширина захвату культиватора для міжрядного обробітку, за існуючими даними та відповідно до маркувань культиваторів для КРН-4,2 – $B_{\kappa} = 4,2$ м; для УСМК-5,4В – $B_{\kappa} = 5,4$ м.;

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

i – кут підйому на полі, де вирощується кукурудза, в долях від одиниці.

Після підстановки цифрових значень в останню формулу розрахуємо додатковий опір для базового та модернізованого агрегату, що використовуються для міжрядного обробітку кукурудзи:

$$R_i^{KPH} = \left(\frac{7}{4,2} \right) \cdot 0,03 = 0,05 \text{ кН/м};$$

$$R_i^{VCMK} = \left(\frac{7,56}{5,4} \right) \cdot 0,03 = 0,042 \text{ кН/м}.$$

n – фактична кількість культиваторів, що працюють в межах одного агрегату для міжрядного обробітку ґрунту. Так як потрібно проводити розвороти агрегату та ін. і за базовою і за модернізованою технологією кожен трактор буде працювати із одним культиватором.

Отже, тяговий опір агрегату за базовою технологією становить:

$$R_{\kappa}^{IV KPH} = (2,04 + 0,05) \cdot 4,2 \cdot 1 = 8,78 \text{ кН};$$

$$R_{\kappa}^{V KPH} = (2,15 + 0,05) \cdot 4,2 \cdot 1 = 9,24 \text{ кН}.$$

Та відповідно тяговий опір для агрегату, що працює за вдосконаленою технологією на кожній із робочих швидкостей дорівнює

$$R_{\kappa}^{IV VCMK} = (1,7 + 0,042) \cdot 5,4 \cdot 1 = 9,4 \text{ кН};$$

$$R_{\kappa}^{V VCMK} = (1,79 + 0,042) \cdot 5,4 \cdot 1 = 9,89 \text{ кН}.$$

Розрахуємо фактичний коефіцієнт використання тягового зусилля трактора із врахуванням знайденого раніше тягового опору на конкретних швидкостях роботи за відомою залежністю:

$$K_{т.з.} = \frac{R_{\kappa}}{P_{гак}},$$

де R_{κ} – розраховані вище значення тягового опору культиватора на конкретній робочій швидкості, кН;

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$P_{зак}$ – розраховане раніше тягове зусилля, що розвивається на гаку енергетичного засобу на кожній із встановленої робочої швидкості, враховуючи нерівності рельєфу на полі, де вирощується кукурудза, кН.

Після підстановки цифрових значень для базового агрегату:

$$K_{IV}^{KPH} \text{ м.з.} = \frac{8,78}{12,96} = 0,68;$$

$$K_{IV}^{УСМК} \text{ м.з.} = \frac{9,24}{10,46} = 0,88.$$

Аналогічно маємо для модернізованого агрегату

$$K_V^{KPH} \text{ м.з.} = \frac{9,4}{12,96} = 0,73;$$

$$K_V^{УСМК} \text{ м.з.} = \frac{9,89}{10,46} = 0,94.$$

Проведені розрахунки підтверджують, що найбільш повне завантаження двигуна енергетичного засобу можна досягти при роботі трактора МТЗ-80 на V робочій передачі у агрегаті із культиватором-рослинопідживлювачем УСМК-5,4В, що пропонується і впровадити в господарство під час вдосконалення технології міжрядного обробітку посівів кукурудзи. Інші варіанти скомплектованих агрегатів теж з точки зору завантаження двигуна трактора можуть працювати із достатніми показниками і такі режими роботи і скомплектовані агрегати можуть досить ефективно виконувати міжрядний обробіток просапних культур.

Щоб розрахувати значення змінної продуктивності агрегату, що проводить міжрядний обробіток потрібно скористатися формулою:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_p,$$

де B_p – фактична робоча ширина захвату відповідних культиваторів для міжрядного обробітку ґрунту, м;

V_p – прийнята швидкість роботи агрегату на етапі міжрядного обробітку ґрунту під час догляду за посівами кукурудзи, км/год;

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_p = V_m \cdot \left(1 - \left(\frac{q}{100}\right)\right),$$

де V_m – теоретична швидкість ґрунтообробного агрегату, що рухається на відповідній передачі енергетичного засобу, км/год;

q – коефіцієнт пробуксовування ведучих коліс енергетичного засобу, за [13] на етапі проведення догляду за посівами у вигляді міжрядної культивування трактором МТЗ-80 коефіцієнт пробуксовування дорівнює $q = 12\%$.

Підставивши цифрові значення маємо:

$$V_p^{MT3} = 10,54 \cdot \left(1 - \left(\frac{12}{100}\right)\right) = 9,27 \text{ км/год.};$$

T_p – робочий час проведення міжрядної культивування на полі із кукурудзою, год;

$$T_p = T_{зм} \cdot \tau,$$

де $T_{зм}$ – час, протягом якого триває одна зміна роботи, під час проведення в господарстві міжрядного обробітку, тривалість зміни роботи дорівнює $T_{зм} = 8$ год.;

τ – коефіцієнт, що вказує на ефективність використання змінного часу, для робіт із міжрядного обробітку кукурудзи [15], можна прийняти, що цей коефіцієнт становить $\tau = 0,83$.

$$T_p = 8 \cdot 0,83 = 6,64 \text{ год.};$$

Підстановка даних дозволяє розрахувати наступне:

$$W_{зм}^{KPH} = 0,1 \cdot 4,2 \cdot 9,27 \cdot 6,64 = 25,85 \text{ га/зм.}$$

$$W_{зм}^{УСМК} = 0,1 \cdot 5,4 \cdot 9,27 \cdot 6,64 = 33,24 \text{ га/зм.}$$

Знайдемо витрати пального на операцію міжрядного обробітку за відомою формулою:

$$Q_k = \frac{Q_{зм}}{W_{зм}},$$

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $Q_{зм}$ – змінні витрати палива під час проведення міжрядного обробітку посівів кукурудзи, кг;

$$Q_{зм} = Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot t_x + Q_z \cdot t_z,$$

де Q_p – витрати пального трактором МТЗ-80 під час його роботи на операції міжрядного обробітку ґрунту, за [15] ці витрати дорівнюють $Q_p^{MTЗ} = 15,4$ кг/год;

Q_x – фактичні годинні витрати пального при здійсненні холостих проходів агрегату для міжрядного обробітку, $Q_x = 9,7$ кг/год;

Q_z – фактичні годинні витрати пального, що будуть при зупинці скомплектованого агрегату для міжрядного обробітку із працюючим двигуном трактора МТЗ-80, $Q_z = 1,9$ кг/год.

t_x – тривалість холостих ходів при операціях догляду за посівами кукурудзи, год;

t_z – тривалість простою трактора із культиватором під час міжрядного обробітку із працюючим двигуном, год.

Відомо, що

$$t_x = t_z = \frac{T_{зм} - T_p}{2},$$

$$t_x = t_z = \frac{8 - 6,64}{2} = 0,68.$$

Таким чином, розрахункові значення витрат дизельного пального обох агрегатів, якими здійснюють міжрядний обробіток кукурудзи становить:

$$Q_{за}^{MTЗ+KPH} = \frac{15,4 \cdot 6,64 + 9,7 \cdot 0,68 + 1,9 \cdot 0,68}{25,85} = \frac{102,26 + 6,6 + 1,29}{25,85} = 4,26 \text{ кг/га.};$$

$$Q_{за}^{MTЗ+VCMK} = \frac{15,4 \cdot 6,64 + 9,7 \cdot 0,68 + 1,9 \cdot 0,68}{33,24} = \frac{102,26 + 6,6 + 1,29}{33,24} = 3,31 \text{ кг/га.}$$

Отже, в ході проведення технологічних розрахунків доведено, що рекомендований для впровадження в господарство на етапі проведення

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

міжрядного обробітку агрегат МТЗ-80 + УСМК-5,4В дозволяє зменшити витрати пального на означену операцію. Крім того, використовуючи вдосконалений агрегат для цього етапу догляду за посівами соняшнику можна забезпечити ріст змінно продуктивності роботи на 7,39 гектар за зміну, що дозволить значно швидше виконати весь запланований обсяг робіт.

2.3. Організація роботи агрегату для міжрядного обробітку в полі

Під час підготовки агрегату для міжрядного обробітку ґрунту до роботи в полі відбувається перевірка технічного стану як самої сільськогосподарської машини так і трактора, усуваються всі виявлені недоліки і поломки та відбувається їх усунення, проводять необхідні заходи із техобслуговування скомплектованого агрегату та налаштовується культиватор-рослинопідживлювач на роботу. Основні роботи, які виконуються із енергетичним засобом наступні [12]:

- на енергетичний засіб встановлюються задні колеса, що мають ширину 400 мм;
- провести регулювання колії трактора та встановити ширину колії відрегулювати ширину колії до 1340 мм.;
- для того, щоб поліпшити стійкість та керованість скомплектованого агрегату провести довантаження передньої осі енергетичного засобу;
- для вирівнювання тиску на ґрунту в задніх приводних колесах встановити тиск, який дорівнює 0,23 МПа, в передніх керуючих колесах знизити тиск в шинах до 0,16...0,17 МПа;
- провести підготовку до комплектування з просапним культиватором навіску трактора, а саме відрегулювати довжину правого і лівого розкосів навіски до 515 мм, а центральну тягу трактора встановити на 550...600 мм.;
- розкоси навіски енергетичного засобу жорстко з'єднати з поздовжніми тягами, для чого використати штирі, які потрібно вставити у пази;

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

- провести відпускання гайки стяжок обмежувачів та встановити відстань між поздовжніми тягами шарнірів на рівні 780 мм;
- безпосередньо до тяг навіски трактора приєднати рамку автозчіпки та провести її фіксацію в поздовжніх тягах та сферичних шарнірах центральної тяги спеціальними штирями;
- провести блокування начіпного пристрою енергетичного засобу, для чого проводять укорочування обмежувальних стяжок, це дозволяє забезпечити паралельне розміщення відносно задньої осі трактора рамки автозчіпки.

Під час підготовки до роботи культиватора-рослинопідживлювача проводять наступні операції [12]:

- проводять навішування культиватора-рослинопідживлювача на навіску енергетичного засобу, зафіксувати запобіжний зуб, що виконує функцію запобіжного пристрою і робить неможливим роз'єднання агрегату;
- транспортують агрегат після комплектування на майданчик для проведення регулювань, на якому проводять перевірку довжини і натяг стяжок обмежувальних, за необхідності проводять підтягування цих стяжок, регулюють співвісність сільськогосподарського агрегату і трактора;
- за рахунок зміни довжини розкосів механізму навіски трактора проводять регулювання положення культиватора-рослинопідживлювача у горизонтальній площині та відносно коліс і осі енергетичного засобу;
- регулюють довжину центральної тяги навісного механізму трактора та встановлюють цю довжину такою, за якої верхній брус культиватора займає горизонтальне положення при цьому ще й автозчіпка має стати повністю вертикально по відношенню до енергетичного засобу;

- додатково проводять перевірку правильності розміщення секцій робочих органів на рамі культиватора-рослинопідживлювача, перевіряють надійність фіксації секцій на брусі рами;
- проводять перевірку положення секцій робочих органів у горизонтальній площині, рухомість всієї секції у вертикальній, що дозволить повністю копіювати рельєф поля;
- забезпечують горизонтальне розміщення всіх секцій робочих органів культиватора відносно регульовального майданчика, це регулюють довжиною верхнього ланцюга підвіски кожного граділя культиватора;
- проводять перевірку всіх стабілізуючих пружин, їх натягу, якщо є в тому потреба додатково підтягують кожен пружину секції;
- за допомогою гідросистеми трактора підіймають культиватор-рослинопідживлювач, у всі кронштейни на секціях встановлюють потрібні робочі органи без їх фіксації у кронштейнах;
- підкладають під опорно-приводні колеса ґрунтообробного агрегату дерев'яні бруски, що за розмірами менші приблизно на 1...1,5 см за необхідну глибину обробітку ґрунту, разом із цим під опорні колеса кожної секції підкладають бруски, висота яких дорівнює глибині обробітку;
- провести послаблення гвинтів кріплення робочих органів у кронштейнах та опустити кожен із робочих органів до дотику їх нижньою частиною до регульовального майданчика, відрегулювати положення робочого органу у вертикальній та горизонтальній площині та міцно зафіксувати кожен робочий органу кронштейнах;
- провести за допомогою розміточної дошки регулювання захисної зони рядку та відкорегувати за потреби глибину культивації.

При підготовці поля до операції догляду за посівами кукурудзи проводять огляд поля з ціллю визначення часу початку робіт, враховують особливості організації проведення міжрядної культивації, вибирають

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

найбільш раціональний напрямок здійснення агрегатом робочого ходу, обирають необхідну схему руху агрегату, проводять розмітку поворотних смуг і загінок. В більшості випадків, період проведення операцій міжрядного обробітку визначає агроном господарства, при цьому на основі аналізу забур'яненості посівів, вологості ґрунту, стану поля та ряду інших показників проводять вибір необхідних робочих органів, якими і будуть проводити міжрядну культивуацію. На етапі розмітки поля вибирають ширину поворотних смуг, загінок, вибирають спосіб руху скомплектованого агрегату, проводять розрахунок кінематичних характеристик агрегату намагаючись при цьому врахувати інші фактори, що впливають на операції догляду за посівами.

Для того, щоб розрахувати розмір поворотних смуг, зокрема для петльових поворотів, які і будемо проводити під час міжрядного обробітку кукурудзи, скористаємося відомою формулою:

$$E = 3 \cdot R_{\min} + L_a,$$

де $R_{\min}$ – значення мінімального радіусу повороту агрегату для міжрядного обробітку ґрунту, м;

L_a – кінематична довжина агрегату для міжрядного обробітку кукурудзи, м;

В свою чергу, мінімальний радіус повороту є залежним від ширини захвату агрегату для міжрядного обробітку ґрунту:

$$R_{\min} = 1,7 \cdot B,$$

$$R_{\min} = 1,7 \cdot 5,4 = 9,18 \text{ м.}$$

Знайдемо значення кінематичної довжини агрегату для міжрядного обробітку ґрунту враховуючи те, що зчіпка відсутня. Така кінематична довжина у символічному вигляді має описується наступним чином:

$$L_a = L_{mp} + L_m,$$

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де L_{mp} – довідникове значення кінематичної довжини енергетичного засобу, за існуючими даними [12] для енергетичного засобу МТЗ-80 $L_{mp} = 0,94$ м;

L_m – довідникове значення кінематичної довжини культиватора-рослинопідживлювача, для агрегату УСМК-5,4В – $L_m = 1$ м.

Після підстановки цифрових значень отримаємо:

$$L_a = 0,94 + 1 = 1,94 \text{ м.}$$

Таким чином, ширина поворотної смуги для агрегату міжрядного обробітку дорівнює:

$$E = 3 \cdot 9,18 + 1,94 = 29,48 \text{ м.}$$

На етапі розрахунку кінематичних характеристик агрегату для міжрядного обробітку розуміємо, що ширина поворотної смуги повинна дорівнювати кратній ширині проходу ґрунтообробного агрегату та для культиватора, що проводить міжрядний обробіток має узгоджуватися із шириною захвату сівалки. Очевидно, враховуючи вище сказане можемо записати рівність:

$$E = k \cdot B_p,$$

З останнього рівняння знайдемо коефіцієнт кратності проходів, який становить:

$$k = \frac{E}{B_p}.$$

Тоді враховуючи кратність проходів агрегату для міжрядного обробітку знайдемо величину поворотної смуги:

$$k = \frac{29,48}{5,4} = 5,45 \text{ округлюємо до найбільшого цілого числа, і}$$

приймаємо 6 проходів агрегату.

Уточнимо дійсне значення ширини поворотної смуги враховуючи кратність проходів агрегату по догляду за посівами кукурудзи

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E = 6 \cdot 5,4 = 32,4 \text{ м.}$$

Знайдемо значення довжини виїзду культиваторного агрегату при проведенні ним міжрядного обробітку. При цьому врахуємо, що культиватор УСМК-5,4В є начіпним агрегатом та знаючи раніше знайдену його кінематичну довжину можемо записати:

$$l = 0,2 \cdot L_a.$$

Після підстановки даних маємо:

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

Знайдемо довжину гонів на полі під час здійснення міжрядного обробітку кукурудзи за відомою формулою:

$$L_p = L - 2 \cdot E,$$

де L – довжина поля (вздовж гонів), на якому вирощується кукурудза, для розрахунків приймемо $L = 1000$ м.

Підставимо дані і отримаємо

$$L_p = 1000 - 2 \cdot 32,4 = 935,2 \text{ м.}$$

Розрахуємо значення оптимальної ширини загінок, яка теж враховує кратність ширині захвату агрегату та описується наступним виразом:

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

де $W_{зм}$ – розрахована змінна продуктивність культиватора під час міжрядної культивації, що розраховано вище, $W_{зм} = 33,24$ га/зм;

L – фактична довжина загінки поля із соняшником, $L = 700$ м;

(2...3) – за чинними агротехнічними вимогами тривалість роботи культиватора у загінці.

$$C = \frac{10^4 \cdot 2 \cdot 33,24}{700} = 949,7 \text{ м.}$$

Оскільки це поле в господарстві із кукурудзою відносно якого проводяться розрахунки за розмірами є невеликим, а міжрядний обробіток на ньому буде проведено за одну зміну, то розбивати його на загінки немає

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потреби. Схему руху культиваторного агрегату під час міжрядного обробітку культиватора наведено на рис. 4.

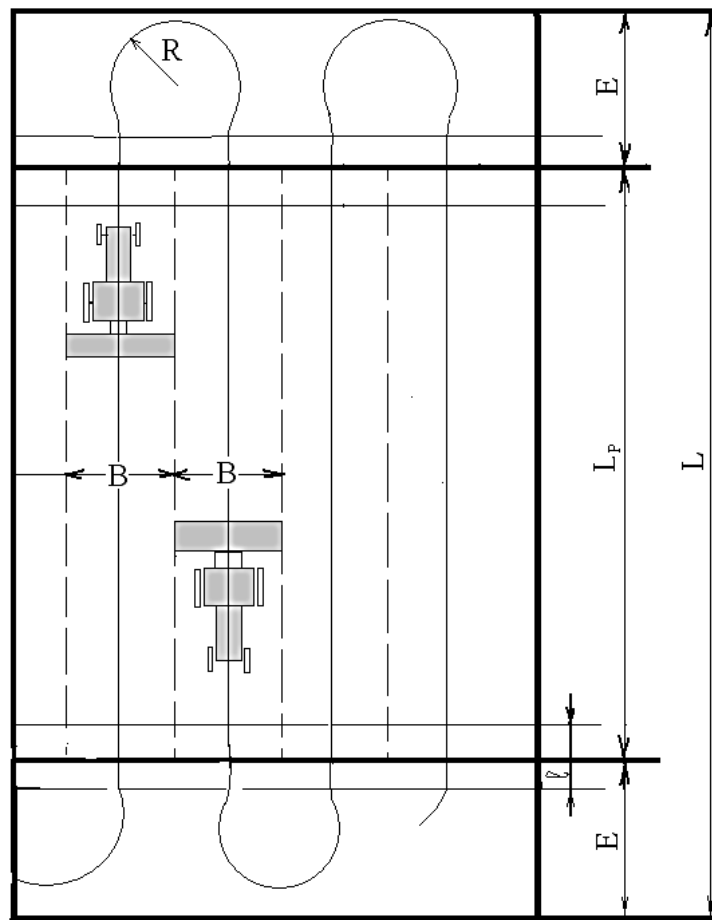


Рис. 4. Схема руху культиваторного агрегату при міжрядному обробітку кукурудзи:

L – довжина робочої ділянки поля; L_p – довжина робочого ходу

культиваторного агрегату під час догляду за посівами кукурудзи;

E – фактична ширина поворотної смуги; e – виїзд агрегату до здійснення маневру; B – значення ширини захвату культиватора-рослинопідживлювача

Показники якості проведення міжрядного обробітку кукурудзи оцінюються встановленими агротехнічними вимогами показниками, які контролюють як під час здійснення міжрядного обробітку, так і після завершення операцій. До контрольованих параметрів відноситься глибина обробітку під час міжрядного обробітку, яку оцінюють по діагоналі поля, на якому міжрядний обробіток проведено із замірами цієї глибини стандартним

методом та кількістю замірів на рівні 50...100 раз. Якість кришення ґрунту під час міжрядного обробітку проводиться теж за класичною методикою та використовуючи правила відбору середніх проб. Для оцінки якості кришення застосовували ручний решітний класифікатор, після просіювання ґрунту на якому розраховували відсотковий вміст фракцій ґрунту кожного із розмірів. Ґрунт для оцінки якості його кришення в міжрядді кукурудзи відбирали по діагоналі оброблюваного поля через кожні 80...100 метрів. Відбирали по 8...10 проб ґрунту після проходження агрегату із ділянок розміром 40×25 см. Для оцінки якості підрізання бур'янів використовували окометричний метод, під час оцінки якості підрізання бур'янів у міжрядді проводили і оцінку пошкодження кореневої системи і листостеблової маси кукурудзи.

Отже, в ході проведення технологічних розрахунків проведено обґрунтування доцільності міжрядного обробітку ґрунту кукурудзи агрегатом у складі трактора МТЗ-80 та культиватора-рослинопідживлювача УСМК-5,4В. Впровадження технології догляду за посівами запропонованим агрегатом забезпечує підвищення продуктивності операції на 7,39 гектар за зміну та дозволяє досягти зниження витрат пального на 0,92 кг з кожного обробленого гектару площі. Проведені всі потрібні розрахунки, що підтверджують доцільність використання в господарстві саме такого агрегату для догляду за посівами.

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Наукова частина

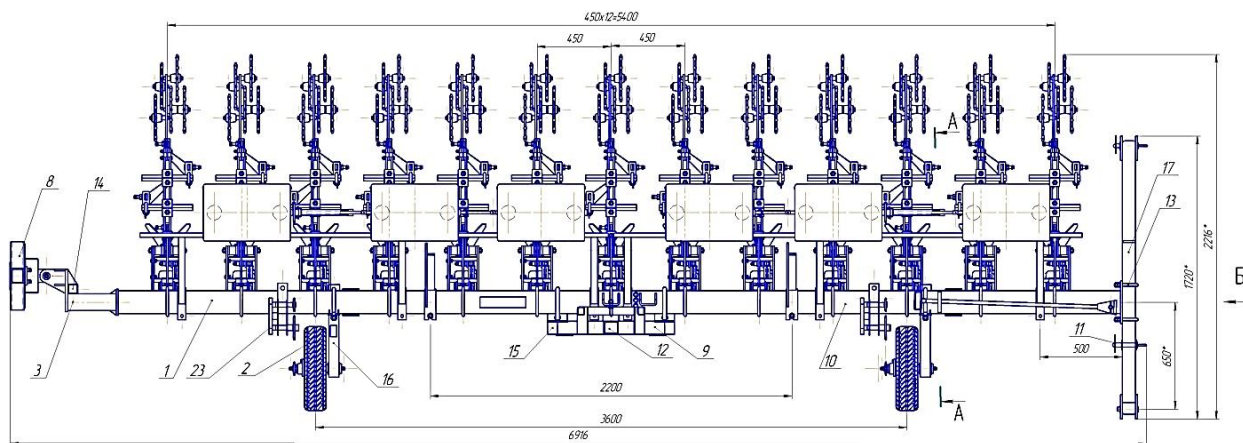
3.1. Опис об'єкту вдосконалення та пропозиції по вдосконаленню

Культиватор-рослинопідживлювач УСМК-5,4В (рис. 5, 6) є класичним агрегатом, що призначено для проведення міжрядного обробітку просапних культур разом із підживленням посівів. За задумкою це є буряковий культиватор, що адаптовано для проведення міжрядного обробітку культур, які вирощуються із міжряддям 450 мм, але універсальна машина дозволяє проводити обробіток культур, що вирощуються із будь-яким міжряддям за рахунок знімання чи встановлення на поперечний брус культиватора додаткових секцій робочих органів. Конструкція цього агрегату по догляду за посівами добре адаптована до внесення разом із обробітком засобів агрохімії у зону рядка, що обробляється, за умови використання додаткових робочих органів та пристосувань для внесення і розподілу добрив в товщі обробленого ґрунту під час проведення операцій.

Згідно із призначенням культиватора-рослинопідживлювача УСМК-5,4В цей агрегат має реалізувати міжрядний обробіток посівів сільськогосподарських культур задля повного і якісного зрізання бур'янів в зоні руху робочих органів культиватора, поліпшення водного та повітряного режимів ґрунту, присипання бур'янів частками ґрунту у рядку, якщо є така потреба та одночасне із розпушуванням міжряддя внесення в цю ж зону твердих чи рідких засобів агрохімії.

Ґрунтообробний агрегат для міжрядного обробітку УСМК-5,4В за своєю будовою та порядком перебігу технологічного процесу повинен працювати за будь-яких природньо-кліматичних зонах України [18]. Культиватор-рослинопідживлювач УСМК-5,4В в агрегаті із трактором повинен працювати в полі за температури повітря вище +5°C, для ефективного міжрядного обробітку вологість ґрунту повинна перебувати в діапазоні 12...25% при твердості ґрунту не більше 2,0 МПа.

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38



A-A(1/5)

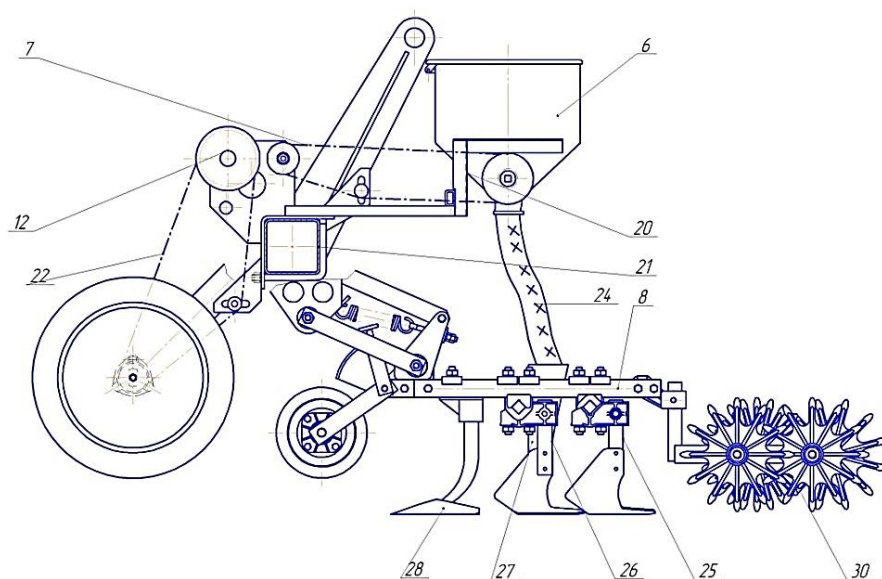


Рис. 5. Загальна будова культиватора для міжрядного обробітку УСМК-5,4В

Загальна будова культиватора-рослинопідживлювача УСМК-5,4В (рис. 5, 6) [18] є типовою для подібних ґрунтообробних агрегатів. Цей ґрунтообробний агрегат (рис. 5, 6) має раму, що фактично є квадратною трубою 1 зварної конструкції, що має переріз $140 \times 140 \times 6$ мм., яка опирається на пару опорно-приводних колеса 2. По центру рами виготовлено механізм автозчіпки 12, за допомогою якого культиватор навішується на трактор. На рамі за рахунок кронштейнів 21 встановлюється необхідна кількість секцій робочих органів (гряділі) 8, кількість яких може варіювати в залежності від того скільки міжрядь та з якими параметрами повинен обробляти агрегат. По обидва боки від рами 1 виконується механізм транспортування культиватора з однієї сторони у вигляді снічі причепа 8, з іншої – поперечного бруса 14, на

який перевстановлюються опорні колеса 2 під час транспортування культиватора по дорогам загального призначення або ж до місця виконання робіт у вигляді причепа. На рамі культиватора 1 виготовляються та встановлюються спеціальні подіуми, на які встановлюються бункери для туків 6 із туковисівними апаратами 20, які приводяться в дію за рахунок механізму приводу 7. На кожній із секцій робочих органів 8 у спеціальних тримачах встановлюються і фіксуються потрібний для конкретного технологічного процесу набір робочих органів 25, 26, 27, 28, 30.

Пневматичні опорно-приводні колеса 2 встановлюються по бокам симетрично відносно осі культиватора на рамі за допомогою шарнірних кронштейнів 16, а самі колеса обертаються за рахунок підшипників на осях. Саме ці колеса під час транспортування культиватора швидко знімаються з шарнірів 16 і перевстановлюються на поперечний брус для транспортування 12.

Всі робочі органи, що працюють у міжрядді рослин закріплюються на секції робочих органів (гряділя) 8, а сама секція робочих органів за рахунок скоби 21 фіксується на брусі рами 1 культиватора-рослинопідживлювача. За рахунок відпускання скоби секцію робочих органів в зборі можна переміщувати вздовж бруса або ж повністю зняти із культиватора чи доставити ту кількість таких секцій, що необхідні для реалізації процесу міжрядного обробітку ґрунту, а максимальна кількість встановлених секцій обмежується тільки геометричними параметрами секцій та рами агрегату.

Кожна із секцій робочих органів 8 за рахунок паралелограмної навіски та встановленої в центрі цієї навіски пружини забезпечує ефективне копіювання поверхні поля, а ступінь стиснення пружини регулює швидкість реагування на зміну рельєфу. Для регулювання глибини обробітку ґрунту відразу всім набором закріплених на гряділі 8 робочих органів використовується сектор секції робочих органів, за рахунок переміщення якого відбувається підймання чи опускання копіювального колеса секції

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відносно гряділя. На кожній секції 8 за рахунок кронштейнів 26 фіксують необхідні для операції робочі органи, серед тих, що використовуються найчастіше – стрільчасті лапи, однобічні бритви, полольні лапи, підживлюючі ножі, різні щитки та підгортачі тощо. Положення встановлених в кронштейни робочих органів, що в кінцевому випадку задають глибину обробітку цими робочими органами, ширину їх захвату та можливість забезпечити задану захисну зону рядка виставляють за допомогою регулювальних гвинтів кронштейнів. Загальна технічна характеристика та деякі основні робочі показники культиватора УСМК-5,4В [19] зведена до таблиці 1.



Рис. 6. Загальний вигляд ґрунтообробного агрегату для міжрядного обробітку ґрунту УСМК-5,4В

Таблиця 1

Характеристика агрегату УСМК-5,4В

Назва параметру	Одиниця вимірювання	Значення
1	2	3
Просапний культиватор-рослинопідживлювач УСМК-5,4В		
Культиватор агрегується з енергетичними засобами тягового класу		1,4; 2
Агрегатування		напівнавісний
Продуктивність культиваторного агрегату за 1 год:		
- основного часу	га	2,16...4,86
- змінного часу, не менше	га	1,8
- експлуатаційного часу, не менше	га	1,5

Продовження таблиці 1

1	2	3
Швидкість руху культиватора: - робоча швидкість - транспортна по дорогам загального призначення, не більше	км/год км/год	4...9 15,0
Робоча ширина захвату культиватора	м	5,4
Кількість осіб, що обслуговують МТА	<u>чол.</u>	1 (механізатор)
Здатність культиватора в агрегаті з трактором працювати на схилах, не більше	град.	7
Габаритні розміри культиватора в робочому положенні: <u>довжина×ширина×висота, не більше</u>	мм	2200×7200×1900
Маса культиватора, що вказана заводом-виготовлювачем, не більше	кг	1240
Мінімальна температура за якої дозволена експлуатація культиватора, не менше	°С	+5
Ступінь кришення ґрунту під час міжрядного обробітку: - частки розміром до 25 мм, не менше - частки розміром більше 25 мм, не більше	% %	70 30
Відсоток знищення пророслих або не дуже укорінених бур'янів, не менше	%	97
Степінь пошкодження культурних рослин в рядку робочими органами, не більше	%	3
Кут поперечної стійкості агрегату, з'єднаного з трактором, не менше	град	30
Фактичний об'єм одного тукового бункера, не більше	м³	0,05

Під час використання механізму транспортування культиватора-рослинопідживлювача 12 досягається зменшення габаритних розмірів агрегату до 2,2 м., що дозволяє спростити доставку агрегату на поле та з поля по під'їзним шляхам.

Туковисівний апарат 20, що встановлюється в нижній частині бункерів 6 забезпечує дозування засобів агрохімії в твердому вигляді у вигляді порошку, туків чи кристалів та спрямовує їх через тукопроводи до місць скидання у ґрунт. В агрегаті для міжрядного обробітку УСМК-5,4В встановлюється традиційний для подібних агрегатів туковисівний апарат типу

АТП-2. Приводиться в дію туковисівний апарат від опорно-приводного колеса 2 через ланцюгові передачі та редуктор 7.

З метою поліпшення якості обробітку ґрунту під час догляду за посівами кукурудзи та ефективності роботи до серійного культиватора-рослинопідживлювача пропонуємо змінити наступне:

- вдосконалити конструкцію стрільчастої лапи для поліпшення підрізання бур'янів та розміщення в підлаповому просторі цієї лапи конусного ділильника, а на стояку туковпроводу, що дозволить забезпечити розподіл засобів агрохімії в підлаповому просторі та залежно від параметрів розподільчого пристрою сприяти більш ефективному внесенню добрив, засобів захисту рослин, стимуляторів росту тощо;
- встановити більш жорсткий передній кронштейн, що дозволяє суттєво знизити коливання секції робочих органів в горизонтальній площині, це забезпечить зниження пошкодження рослин у рядку під час робочого ходу до 2% за рахунок поліпшення точності руху секцій та забезпечення заданої захисної зони рядка;
- вдосконалити конструкцію регульовального механізму глибини обробітку, що забезпечує зниження витрат часу на проведення регулювань.

3.2. Вдосконалення параметрів стрільчастої лапи культиватора

Найбільш часто на різних операціях поверхневого обробітку ґрунту, в тому числі і під час догляду за посівами, використовуються стандартні стрільчасті лапи. Задля пошуку параметрів та обґрунтування конструкції стрільчастої лапи, яка буде працювати на культиваторі-рослинопідживлювачі УСМК-5,4В припускаємо, що лапа працює в ґрунті як зрізаний тригранний клин. Під час роботи в ґрунтовому середовищі така лапа повинна максимально повно зрізати бур'яни за умови відсутності забивання цими бур'янами леза стрільчастої лапи.

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З точки зору витрат енергії, процес перерізання бур'янів та їх коріння має відбуватися під час пересування (ковзання) часток цих рослин вздовж леза лапи. Значить, за стандартним підходом, обґрунтовуючи кут розхилу 2γ такої стрільчастої лапи (рис. 7) слід виходити із забезпечення ковзання рослин по лезу цього робочого органу. Якщо забезпечити таку умову ковзання бур'яну по лезу, то процес перерізання буде відбуватися без зайвих енерговитрат і залипань, а тоді якщо перерізати частки неможливо – вони будуть просто сходити із леза лапи а забивання за таких умов відбуватися не буде.

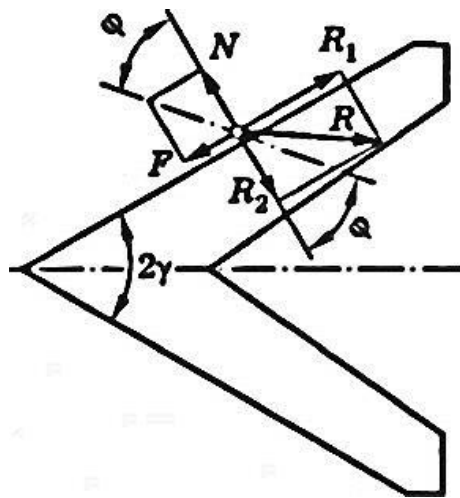


Рис. 7. Розрахункова схема роботи стрільчастої лапи в ґрунті

Щоб обґрунтувати кут розхилу лапи 2γ проаналізуємо взаємодію сил, що будуть діяти на частку рослини під час її ковзання вздовж леза лапи [16]. За відомою методикою [16, 17, 19] силу опору бур'яну R (рис. 7) розкладемо на складові, серед яких сила R_1 забезпечує рух частки бур'яну вздовж леза крила лапи, а в протилежному напрямку до цієї сили діє сила тертя бур'яну по лезу F та складову R_2 , що діє в протилежному напрямку до реакції N . Виходячи із силової взаємодії умова ковзання бур'яну по лезу крила лапи буде мати наступний загальний вигляд:

$$R_1 > F.$$

Наведений на рис. 7 трикутник сил дозволяє записати вирази, за якими можна визначити

$$R_1 = R \cdot \cos \gamma;$$

$$F = R_2 \cdot \operatorname{tg} \varphi.$$

Коефіцієнт тертя у даному випадку є функцією кута тертя бур'яну по крилу лапи. Якщо виразити R_2 через силу опору бур'яну R можемо написати:

$$F = R \cdot \sin \gamma \cdot \operatorname{tg} \varphi.$$

З врахуванням наведених виразів можемо провести підстановку останніх у загальну умову ковзання часток бур'яну по лезу стрільчастої лапи, що у символічному вигляді записується наступним чином:

$$R \cdot \cos \gamma > R \cdot \sin \gamma \cdot \operatorname{tg} \varphi.$$

Перетворимо наведену умову ковзання та скоротимо обидві частини наведеної умови на $R \cdot \sin \gamma$ маємо:

$$\operatorname{ctg} \gamma > \operatorname{tg} \varphi,$$

Замінімо в останній умові функцію котангенса, отримаємо:

$$\operatorname{tg}(90^\circ - \gamma) > \operatorname{tg} \varphi.$$

Далі можемо скористатися елементарним твердженням, що за умов однакових значень функції по обидві сторони рівняння можна перейти до розгляду аргументів. Враховуючи це, нерівність, що описує умову ковзання набуває наступного вигляду:

$$90^\circ - \gamma > \varphi.$$

Таким чином, $\frac{1}{2}$ кута розхилу стрільчастої лапи має зв'язок із кутом тертя часток бур'яну по поверхні лапи, що описується законом:

$$\gamma < 90^\circ - \varphi,$$

де φ – фактичний кут тертя бур'яну по лезу крила стрільчастої лапи, так як матеріал лапи сталь 45, то прийmemo $\varphi = 45^\circ$.

З врахуванням приведених тверджень, умова ковзання у вигляді нерівності набуває наступного вигляду:

$$\gamma < 45^\circ.$$

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Враховуючи те, що в агровиробництві використовуються універсальні стрільчасті лапи, які здатні працювати за ускладнених умов то можемо прийняти із певним запасом, що половина кута розхилу лапи для гарантованої її роботи дорівнює $\gamma = 30^\circ$.

Ще одним параметром стрільчастої лапи, який впливає на якість обробітку ґрунту є кут кришення цієї лапи β , що фактично є кутом нахилу лапи до поверхні ґрунту (лінії горизонту). Цей кут має прямий вплив на здатність лапи кришити та зрушувати необроблений ґрунт. На етапі вибору раціонального кута кришення виходять із умови достатнього кришення ґрунтових часток, проте з іншої сторони під час кришення необхідно, щоб нижні вологі горизонти мінімально виносилися на денну поверхню. Раніше проведені дослідження [16, 17, 19, 20] дозволяють встановити раціональні значення кута кришення для стрільчастих лап, що знаходиться в діапазоні значень $\beta = 20...30^\circ$. Так як в даному випадку культиватор-рослинопідживлювач проводить міжрядний обробіток кукурудзи, обираємо стрільчасту лапу із кутом кришення, що дорівнює $\beta = 30^\circ$. Зазначимо, що якщо кут кришення стрільчастої лапи становить $\beta \geq 25^\circ$, в такому випадку лезо лапи загострюють зверху.

Кут різання стрільчастої лапи β_0 (рис. 8) задає положення крила лапи відносно поверхні поля та утворюється дном борозни з однієї сторони та окрайком леза лапи з іншої.

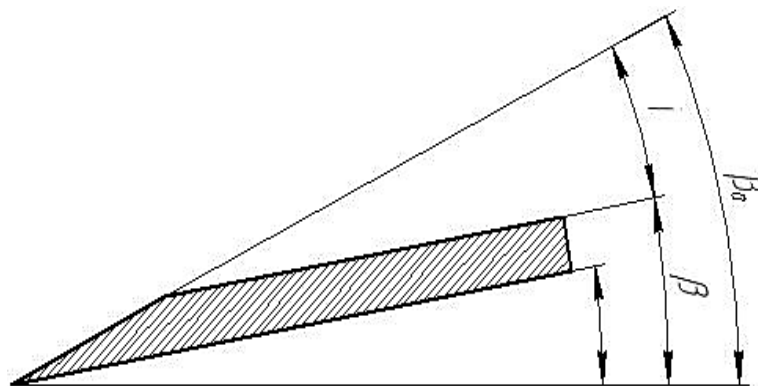


Рис. 8. Схема загострення лапи та характерні кути

Отже, кут різання лапи β_0 є похідним від кута кришення та фактичного кута загострювання леза, що в символічному вигляді можна записати так:

$$\beta_0 = i + \beta,$$

де i – кут, що визначає заточування леза крила лапи, $i = 10^\circ$;

ε – задній кут крила стрільчастої лапи, що фактично знаходиться між підлаповим простором та горизонталлю, $\varepsilon = 30^\circ$.

Після підстановки цифрових значень отримаємо:

$$\beta_0 = 10 + 30 = 40^\circ.$$

Відомо, що кут підймання робочої грані стрільчастої лапи має прямопропорційний зв'язок із кутом кришення β та півкутом розхилу γ . У символічному вигляді це можна записати у вигляді рівняння:

$$\alpha = \arctg(\tg \beta \cdot \sin \gamma).$$

Якщо розв'язати останнє рівняння, підставивши у нього раніше знайдені та обґрунтовані параметри можемо знайти:

$$\alpha = \arctg(\tg 30^\circ \cdot \sin 30^\circ) = 15^\circ.$$

Відносно ширини захвату стрільчастої лапи B то є відомим, що ця ширина вибирається виходячи із умов стійкості роботи лапи на заданій глибині обробітку, самоочищення лапи від часток, що контактують із лезом, фактичних польових умов роботи, що визначаються типом, станом, вологістю ґрунту, наявністю додаткових перешкод і включень та ін. Керуючись умовою самоочищення лапи від забивання рослинними рештками і частками ґрунту [16], дійсна ширина захвату стрільчастої лапи B не повинна перевищувати 400 мм. Але керуючись номенклатурою стандартних лап [16, 17], що виробляються промисловістю, прийmemo для міжрядного обробітку кукурудзи стрільчасту лапу яка має ширину захвату $B = 270$ мм.

Під час вибору товщини матеріалу, що використовується для виготовлення стрільчастої лапи S попередньо аналізують значення ширини захвату робочого органу B , глибину обробітку ґрунту лапою h , ширину робочого крила стрільчастої лапи b_1 та фактичні характеристики ґрунту, в

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

якому лапа буде працювати та обов'язково – характеристики металу із якого цю лапу будуть виготовляти. Щоб орієнтовно визначитися із товщиною стрільчастої лапи використаємо відому залежність, що враховує взаємозв'язок товщини матеріалу із шириною захвату робочого органу. Ця нерівність має наступний вигляд:

$$S \leq 0,02 \cdot B,$$

Після підстановки числових значень у нерівність маємо:

$$S \leq 0,02 \cdot 270 = 5,6 \text{ мм.}$$

Округлимо до цілого числа, та приймемо, що товщина матеріалу стрільчастої лапи дорівнює $S = 6 \text{ мм.}$

Ширину крила стрільчастої лапи b_1 приймемо стандартною [16], $b_1 = 58 \text{ мм.}$

Визначимо довжину прямолінійної ділянки лапи l в передній її стороні [16]. Ця довжина є функцією ширини крила та характерних кутів, математичний опис цієї функції наступний:

$$l = b_1 \cdot \sin \beta / \sin \alpha .$$

Підставимо цифрові значення раніше знайдених параметрів і отримаємо:

$$l = 58 \cdot \sin 30^\circ / \sin 15^\circ = 113 \text{ мм.}$$

Виходячи із проведених розрахунків, конструктивно встановимо, що довжина прямолінійної ділянки стрільчастої лапи дорівнює $l = 120 \text{ мм.}$

Ще один із характерних параметрів стрільчастої лапи – виліт носка L відносно стояка лапи теж є функцією деяких параметрів. Цей виліт носка лапи можна знайти за формулою:

$$L = l \cdot \cos \alpha + \delta ,$$

де δ – значення товщини пластин, для розрахунків приймемо $\delta = 7 \text{ мм.}$

$$L = 120 \cdot \cos 15^\circ + 7 = 123 \text{ мм.}$$

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення висоти стояка стрільчастої лапи H , виходимо із умови недопущення забивання стояка лапи рослинними рештками та ґрунтом, що в символічному вигляді описується так:

$$H = H_1 + h_0,$$

де H_1 – розмір, що показує відстань від рами культиватора до лінії поверхні поля, для культиватора УСМК-5,4В, $H_1 = 140$ мм.;

h_0 – значення найбільшої глибини обробітку, на яку може працювати лапа даної конструкції під час означеної технологічної операції, для стрільчастої лапи під час міжрядного обробітку кукурудзи, $h_0 = 120$ мм.

Після підстановки наведених даних отримаємо:

$$H = 140 + 120 = 260 \text{ мм.}$$

Таким чином, в ході проведення наведених розрахунків і обґрунтувань отримані основні конструктивні параметри стрільчастої лапи, яка буде використовуватися на культиваторі-рослинопідживлювачі УСМК-5,4В під час його роботи на операціях міжрядного обробітку кукурудзи.

3.3. Визначення компоновки робочих органів під час міжрядного обробітку

Слід зазначити, що за своїми умовами роботи в товщі ґрунту лапи, які працюють на велику глибину окремо від інших лап і лапи, які працюють в умовах деблокованого різання відрізняються. В залежності від умов роботи лап, зони деформації ґрунту і сам процес деформації є різними. За умови, що лапа працює в необробленому ґрунті вона деформує ґрунт попереду себе за напрямком руху та діє на нього як двогранний клин у поздовжньо-вертикальній площині. Поряд з цим ґрунт робочим органом деформується і в поперечній площині, що відбувається за рахунок взаємного контакту між частками ґрунту та має прямий зв'язок із безпосередніми властивостями ґрунту, який обробляється.

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Раніше доведено [16], що на скибу ґрунту під час її руху по поверхні робочого органу, яка фактично є плоским клином діють сила тертя F і нормальна сила N , які сумісно дають рівнодіючу силу R . Ця сила відхиляється від напрямку по нормалі на кут тертя ґрунту по клину φ . Якщо використати теорію дотичних напружень то можна припустити, що напрямок сколювання необробленого ґрунту в просторі орієнтується симетрично до рівнодіючої R під кутом ω . За дослідженнями Т.М. Гологурського [16] цей кут знаходиться в діапазоні значень $\omega = 40...50^\circ$. Так як ґрунт є суттєво неоднорідним середовищем, яке має значну кількість порожнин, то отриманий напрямок сколювання ґрунту фактично не відхиляється від напрямку рівнодіючої сили R (рис. 9).

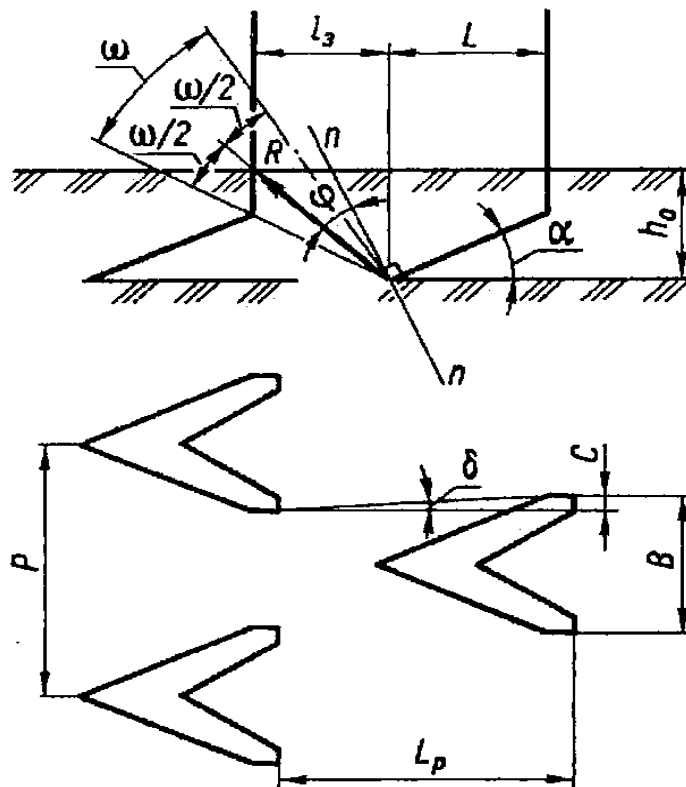


Рис. 9. Розрахункова схема до взаємного розміщення культиваторних лап

Виходячи із наведеної інформації, розташування лап на просапному культиваторі повинно не допускати заклинювання часток ґрунту і бур'яну між суміжними робочими органами. Якщо підходити з інших міркувань, то ґрунтообробний агрегат має забезпечувати в зоні свого обробітку суцільне

розпушування без огріхів. Щоб повністю виконати перелічені вимоги лапи культиваторів, в тому числі і просапних, розміщують в кілька рядів (рівнів). За таких умов, відстань між лапами, що працюють поруч вибирають із умови забезпечення перекриття зон деформації однієї лапи іншою лапою.

Щоб розрахувати раціональну відстань між рядами культиваторних лапи скористаємося наступною відомою нерівністю:

$$L_p \geq l_3 + L,$$

де L – значення вильоту стрільчастої лапи, за раніше проведеними розрахунками, $L = 123$ мм;

l_3 – розмір, що визначає відстань від носка задньої лапи до стояка передньої, який можна розрахувати наступним чином:

$$l_3 = h_0 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi),$$

де φ – розрахунковий кут тертя ґрунту по матеріалу робочого органу.

Проведемо підстановку наведених формул у нерівність що визначає відстань між рядами культиваторних лап отримаємо:

$$L_p \geq h_0 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + L;$$

Підставимо цифрові значення в останню нерівність та розв'яжемо її, отримаємо:

$$L_p \geq 120 \cdot \operatorname{tg}(15^\circ + 45^\circ) + 123 = 325 \text{ мм}$$

$$L_p \geq 325 \text{ мм.}$$

Тоді, враховуючи можливі напрямки сколювання ґрунту, знайдемо граничні зони деформації в напрямку руху робочого органу за формулами:

$$L_{p \max} \geq h_0 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi + \omega / 2) + L;$$

$$L_{p \min} = h_0 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi - \omega / 2) + L;$$

$$L_{p \max} \geq 120 \cdot \operatorname{tg}\left(15^\circ + 45^\circ + \frac{40^\circ}{2}\right) + 123;$$

$$L_{p \max} \geq 403 \text{ мм};$$

$$L_{p \min} = 120 \cdot \operatorname{tg}\left(15 + 45 - \frac{40^\circ}{2}\right) + 123;$$

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_{p \min} = 246 \text{ мм.}$$

Для того, щоб гарантовано не допустити пропусків, розрахуємо відстань між лапами P (рис. 9), що можна зробити за нерівністю:

$$P \geq B + 2h_0 \cdot \operatorname{tg}(\omega / 2);$$

$$P \geq 330 + 2 \cdot 120 \cdot \operatorname{tg}(40^\circ / 2);$$

$$P \geq 417,4 \text{ мм.}$$

Разом із тим, для визначення значення перекриття C між сусідніми лапами використаємо наведену вище умову повного зрізання бур'янів, отримаємо (рис. 10):

$$C = L_p \cdot \operatorname{tg} \delta,$$

де δ – фактичний кут, який описує відхилення культиватора від прямолінійного руху під час виконання технологічної операції, $\delta = 7 \dots 9^\circ$

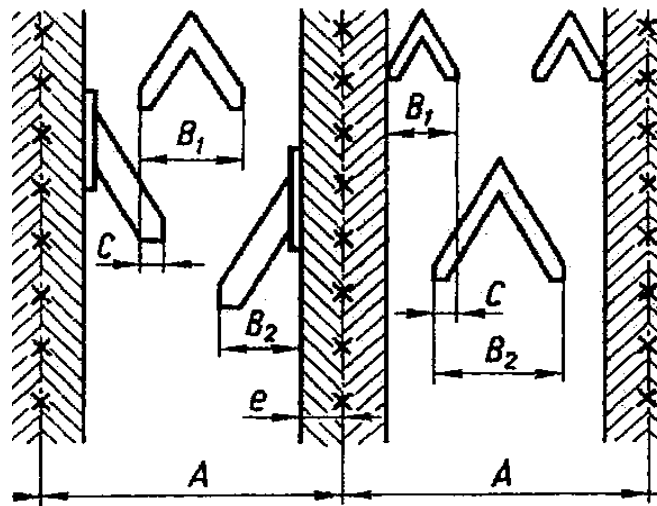


Рис.10. Схематичне зображення розміщення робочих органів під час міжрядного обробітку

Після підстановки отримаємо:

$$C = 250 \cdot \operatorname{tg} 7^\circ = 30,7 \text{ мм.}$$

Традиційно [16, 17, 19, 20] на секціях культиваторів під час міжрядного обробітку просапних культур стрільчасті лапи встановлюються в агрегаті попереду однобічних бритв. Така розстановка робочих органів дозволяє більш рівномірно за глибиною обробити поле.

3.4. Силовий аналіз культиватора-рослинопідживлювача

Відомо, що затрати енергії на суцільний поверхневий обробіток ґрунту є вищими у порівнянні із міжрядним обробітком за умови однакової глибини руху робочих органів.

Прийнято тяговий опір культиваторів визначати за відомою залежністю [16]:

$$R_x = K_K \cdot B_M,$$

де K_K – значення питомого опору культиватора під час обробітку ним ґрунту,

$$K_K = 1,8 \dots 2,7 \text{ кН/м};$$

B_M – робоча ширина захвату машини, у даному випадку – культиватора, для УСМК-5,4В приймаємо $B_M = 5,4 \text{ м}$.

$$R_x = 2,3 \cdot 5,4 = 12,42 \text{ кН}.$$

Тоді як для роботи культиватора під час догляду за посівами (міжрядному обробітку ґрунту), його питомий опір можна знайти за формулою:

$$R_x = (A - 2 \cdot e) \cdot n \cdot K_K,$$

де n – загальна кількість міжрядь просапної культури, що обробляє культиватор за один прохід, для кукурудзи $n = 7$;

A – міжряддя з яким вирощується культура, для кукурудзи $A = 0,7 \text{ м}$;

e – фактичний розмір захисної зони рядка культурних рослин, для кукурудзи прийmemo $e = 20 \text{ мм} = 0,02 \text{ м}$.

$$R_x = (0,7 - 2 \cdot 0,02) \cdot 7 \cdot 2,3 = 10,63 \text{ кН}.$$

Таким чином, після знайденого сумарного тягового опору культиватора на етапі міжрядного обробітку кукурудзи можна вибрати засіб для агрегування цього ґрунтообробного агрегату. Цілком очевидно, що з точки зору ефективного завантаження двигуна для проведення міжрядного обробітку ґрунту культиватором УСМК-5,4В достатньо трактора МТЗ-80, що має тяговий клас 1,4 [16].

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведемо силовий розрахунок стрільчастої лапи, що проведемо за класичною методикою [16, 17]. Для цього спочатку визначимо зусилля R_{zx} (рис. 11), що можна зробити за формулою:

$$R_{zx} = \frac{R_x}{\cos \theta} = \frac{10^{-3} \cdot K \cdot B}{\cos \theta};$$

$$R_{zx} = \frac{10^{-3} \cdot 2,3 \cdot 270}{\cos 10^\circ} = \frac{0,621}{0,985} = 0,63 \text{ кН.}$$

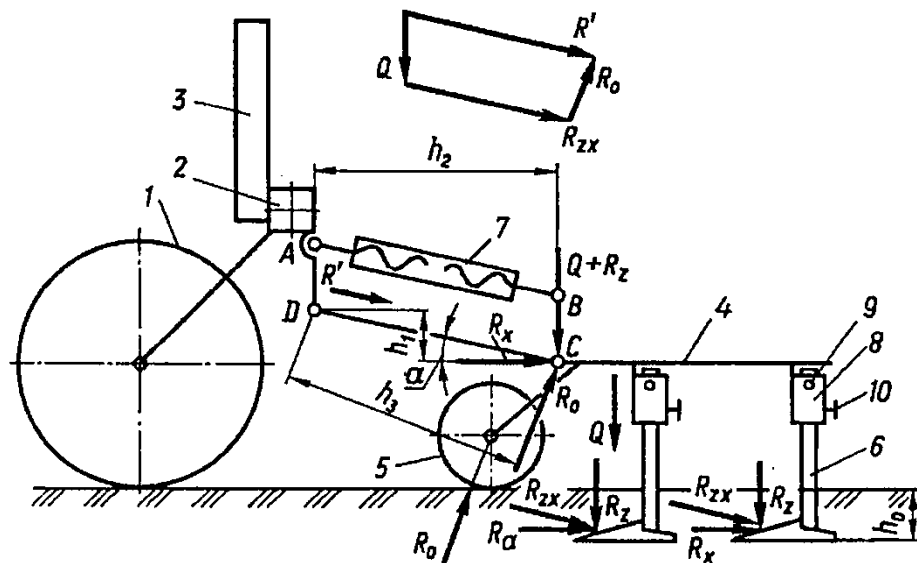


Рис. 11. Розрахункова схема просапного культиватора

Для заглиблення культиватора та усталеної роботи всіх робочих органів потрібно забезпечити задану вагу кожної секції Q та реакцією на заглиблення робочого органу R_{zx} . Один із найбільш вагомих впливів на стійкість кожної секції має положення паралелограмної навіски та технічний стан її окремих елементів. На рис. 11 ця паралелограмна навіска зображується ланками $ABCD$. Положення в просторі навіски визначає ступінь та легкість заглиблення робочих органів та впливає на силу реакції на копіювальне колесо секції R_0 .

Загальну умову рівноваги секції робочих органів просапного культиватора забезпечують шляхом пошуку реакції з боку ґрунту на опорне колесо секції R_0 та сумарної рівнодіючої всіх сил опору системи. Під час цього

моделювання у ланці *ДС* паралелограмного механізму приймають як звичайний повернутий план швидкостей. Далі після прикладання до плану швидкостей всіх сил, що діють на систему то за методом Жуковського отримаємо рівняння:

$$R_x \cdot h_1 + R_0 \cdot h_3 - (Q + R_z) \cdot h_2 = 0;$$

$$R_0 = \frac{l[(Q + R_z) \cos \alpha - R_x \cdot \sin \alpha]}{h_3};$$

$$R_0 = 275[(15,6 + 0,2) \cos 10 - 0,58 \cdot \sin 10] / 310 = 13,7 \text{ кН.}$$

Таким чином, проведені розрахунки дозволяють обґрунтувати основні конструктивні параметри просапного культиватора на етапі міжрядного обробітку кукурудзи та безпосередньо такого робочого органу як стрільчастої лапи та визначити раціональну компоновку робочих органів під час міжрядного обробітку.

3.5. Результати експериментальних дослідження якості розподілу гранул добрив в підлаповому просторі стрільчастої лапи

Експериментальні дослідження по якості розподілу добрив були проведені в лабораторних умовах на струльчастій лапі, параметри якої обґрунтовано вище. Для розподілу гранул в підлаповий простір встановлювали призматичний ділильник, параметри та місце встановлення якого впливали на ефективність розподілу туків засобів агрохімії. Для дослідження ефективності роботи запропонованої технічної системи застосовували стандартну методику дослідження рівномірності внесення добрив та класичну методику планування багатofакторного експерименту [20, 21, 22, 23, 24].

В дослідженнях [20] проведені дослідження, що дозволили сформулювати гіпотезу, яка полягає в нагальній необхідності забезпечувати розподіл добрив за шириною захвату підлапового простору стрільчастої лапи, що можна досягти за рахунок встановлення в цю зону спеціального ділильника. Задля оцінки ефективності роботи такого пристосування під час

експериментальних досліджень вивчали вплив обраних факторів на дальність польоту гранул (поперечного польоту) ℓ_n^n та концентрацію внесених добрив в різних зонах підлапового простору стрільчастої лапи M .

Дослідження проводили за стандартною методикою [23, 24] із трикратною повторюваністю та обробкою отриманих результатів в програмі STATISRICA 12. В цій програмі реалізували матрицю експериментальних досліджень, яка представлена у вигляді центрального композиційного плану виду $2^4 +$ зіркові точки. Результати проведених досліджень у вигляді таблиці наведені на рис. 12. Серед факторів, які впливають на якість розподілу засобів агрохімії обрали початкова швидкість гранул добрив в місці їх виходу із тукопроводу, $V_{над.}(x_1)$, кут нахилу ребра призматичного ділильника до лінії горизонту, $\varphi(x_2)$, робочий кут між гранями призми ділильника, $\Theta(x_3)$ та висота поверхні відбивання гранул по відношенню до денної поверхні борозни, $h(x_4)$.

Пакет програм STATISRICA 12, після обробки наведеного табличного результату (рис. 12) дозволяє записати в зручному для сприйняття вигляді статистичні математичні моделі по оцінці впливу обраних факторів на дальність польоту гранул (поперечного польоту) ℓ_n^n та концентрацію внесених добрив в різних зонах підлапового простору стрільчастої лапи M . Ці експериментальні статистичні моделі мають вигляд:

$$Y_1(l_n^n) = 8,233 - 0,431x_1 + 0,958x_2 + 1,169x_3 + 0,229x_4 + 0,207x_1^2 - 0,265x_2^2 - 0,383x_3^2 + 0,291x_4^2 + 0,531x_1x_2 + 0,094x_1x_3 + 0,219x_1x_4 + 1,469x_2x_3 + 0,844x_2x_4 + 0,281x_3x_4$$

$$Y_2(M) = 19,363 - 0,117x_1 - 0,062x_2 - 1,315x_3 - 0,01x_4 - 0,43x_1^2 + 0,069x_2^2 + 0,629x_3^2 - 0,38x_4^2 - 0,146x_1x_2 + 0,216x_1x_3 - 0,372x_1x_4 - 0,362x_2x_3 + 0,393x_2x_4 + 0,459x_3x_4$$

№ п/п	Швидкість падіння часток добрів на виході з тукопроводу $V_{пад}, \text{ м/с}$	Кут нахилу ребра призми розсіювача відносно горизонтальної площини, $\varphi, ^\circ$	Кут між гранями призми (розсіювача), $\Theta, ^\circ$	Висота поверхні відбивання відносно дна борозни, $h, \text{ м}$	Дальність поперечного польоту гранул, ℓ_n^n , см	Показник концентрації, $M, \%$
	$x_1(V)$	$x_2(\varphi)$	$x_3(\Theta)$	$x_4(h)$	$Y_1(\ell)$	$Y_2(M)$
1.	1,0	50,0	50,0	0,04	7	22,05
2.	1,0	50,0	50,0	0,06	8	17,93
3.	1,0	50,0	100,0	0,04	10	17,5
4.	1,0	50,0	100,0	0,06	6,5	20
5.	1,0	80,0	50,0	0,04	7	19,2
6.	1,0	80,0	50,0	0,06	8	22
7.	1,0	80,0	100,0	0,04	11	16,19
8.	1,0	80,0	100,0	0,06	14	17,75
9.	2,0	50,0	50,0	0,04	7	20,5
10.	2,0	50,0	50,0	0,06	5	20,63
11.	2,0	50,0	100,0	0,04	5	20,19
12.	2,0	50,0	100,0	0,06	6	18,3
13.	2,0	80,0	50,0	0,04	6	21,01
14.	2,0	80,0	50,0	0,06	7	18,29
15.	2,0	80,0	100,0	0,04	11	17,19
16.	2,0	80,0	100,0	0,06	16	18,46
17.	1,5	65,0	75,0	0,05	10	17,76
18.	0,5	65,0	75,0	0,05	9	18,81
19.	2,5	65,0	75,0	0,05	8	16,47
20.	1,5	34,1	75,0	0,05	7	18,42
21.	1,5	95,9	75,0	0,05	6	21,09
22.	1,5	65,0	23,6	0,05	5	26,05
23.	1,5	65,0	126,4	0,05	7	18,2
24.	1,5	65,0	75,0	0,03	9	17,89
25.	1,5	65,0	75,0	0,07	8,5	18
26.	1,5	65,0	75,0	0,05	6,25	21

Рис. 12. Центральний композиційний план проведених досліджень оцінки впливу факторів на критерії оптимізації

Отже, проведені експерименти та отримана модель дозволяють отримати раціональні значення вдосконаленої стрільчастої лапи, яку можна після її дообладнання тукопроводом і ділильником призматичного виду використовувати для підлапового внесення засобів агрохімії. На основі

отриманих експериментів можемо рекомендувати раціональні параметри, забезпечення яких дозволить ефективно розподілити добрива у підлаповому просторі, а саме – початкова швидкість гранул добрив в місці їх виходу із тукопроводу, $V_{над.} = 1,35...1,5$ м/с; кут нахилу ребра призматичного ділильника до лінії горизонту, $\varphi = 65^\circ...70^\circ$; робочий кут між гранями призми ділильника, $\Theta = 70^\circ...75^\circ$; висота поверхні відбивання гранул по відношенню до денної поверхні борозни, $h = 0,04...0,05$ м.

4. Охорона праці

Під час міжрядного обробітку кукурудзи культиватором УСМК-5,4В на агрегат по догляду за посівами діє ряд шкідливих і небезпечних виробничих фактори як і для інших подібних машин [25, 26]. Серед них слід виділити такі:

- наявність неналежним чином захищених або ж взагалі незахищених елементів конструкції культиватора, що обертаються;
- повна відсутність захисних огорожень чи кожухів деяких небезпечних частин ґрунтообробного агрегату;
- підвищений рівень запиленості або (та) загазованості повітря робочої зони під час роботи культиватора;
- вищий за нормативний рівень коливання або (та) вібрації культиватора під час міжрядного обробітку культур;
- присутність на агрегаті гострих країв та заусенців окремих елементів культиватора-рослинопідживлювача;
- висока ймовірність виникнення аварійних ситуацій під час робочого ходу або ж транспортування ґрунтообробного агрегату на підйом або спуск, що призводить до перевертання агрегату;
- висока пожежна небезпека під час підготовки ґрунтообробного агрегату до роботи та його роботи в полі;
- загроза ураження електричним струмом механізатора, що має місце під час роботи агрегату під лініями електричних передач;

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

- висока небезпека ураження організму при роботі із засобами агрохімії та іншими хімічними речовинами, які супроводжують роботу ґрунтообробного агрегату, наприклад пального, мастила, технічних рідин тощо.

Під час розробки і проектування культиватора-рослинопідживлювача його конструкція має бути такою, щоб не погіршувала оглядовість робочого місця із кабіни трактора. Для забезпечення доступу до місць обслуговування і роботи в конструкції агрегату виконуються поручні та підніжки. В ускладнених місцях для обслуговування і ремонту мають бути встановлені необслуговувані підшипники, що змащуються один раз на весь термін своєї експлуатації. Відповідальні точки, такі як місця змащування, установки домкратів, стропування на агрегаті позначаються іншим кольором порівняно із фарбуванням самого агрегату.

На деяких відповідальних елементах ґрунтообробного агрегату, захисних кожухах, огороженнях наносяться написи та стандартні позначки і знаки, які надають інформацію стосовно дій персоналу під час аварій чи вказують на те, що і на якому етапі робити заборонено.

При агрегуванні агрегату по догляду за посівами допустиме навантаження на кермові рушії трактора має бути не більше 20% від дійсно ваги культиватора-рослинопідживлювача.

Допустимі кути поперечної стійкості скомплектованого культиватора-рослинопідживлювача мають бути 30° і вище.

Будова ґрунтообробного агрегату передбачає можливість його обслуговування і навішування на трактор механізатором самостійно без сторонньої допомоги. Всі наявні на агрегаті важелі керування та регулювальні механізми повинні не перевищувати допустиме зусилля яке має бути до 200 Н. регламентується і сумарна максимально допустима кількість рухів механізатора під час роботи з агрегатом, що не повинно перевищувати 25 рухів/хвилину.

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

5. Економічна частина

Під час вдосконалення технологічного процесу вирощування кукурудзи в базовому господарстві запропоновано догляд за посівами цієї культури, а саме – її міжрядний обробіток проводити агрегатом у складі МТЗ-80 + УСМК-5,4В. Крім того, під час виконання інженерного розрахунку та наукових досліджень запропоновані зміни, що дозволяють пристосувати стрільчасту лапу для внесення засобів агрохімії в твердому вигляді у підлаповий простір цієї лапи.

Для того, щоб оцінити можливість практичного використання проведених розробок у польових умовах господарства проведено розрахунок економічної доцільності запропонованих вдосконалень, що реалізовано за стандартною методикою наведений у [27]. Результати цього аналізу представлені у таблиці 2.

Таблиця 2

Показники ефективності впровадження розробленої технології догляду за посівами кукурудзи

Показник	Од. виміру	Технології		Відхилення	
		Базова	Проектна	+/-	%
1	2	3	4	5	6
Площа	га.	100	100	-	-
Капітальні вкладення	грн./га	508,3	411,5	-96,8	-19,5
Продуктивність праці	га/зм.	20,02	24,8	+4,78	+23,9
Собівартість міжрядної культивування	грн.	28414,8	20387	-8027,8	-28,2
Собівартість 1 га культивування	грн./га	236,8	170,0	-66,8	-28,2
Річна економія	грн.		8027,8		
Річний економічний ефект	грн.		8627,8		

Таким чином, наведені дані дозволяють відмітити, що разом із підвищенням продуктивності праці на В результаті розрахунків видно, що крім підвищення продуктивності праці на 7,39 гектар за зміну та зниження витрат пального на 0,92 кг з кожного обробленого гектару площі відбувається зниження собівартості операції догляду за посівами кукурудзи на 8027,8 грн. Спостерігається і скорочення собівартості міжрядної культивуації кожного із гектару посівів кукурудзи на 170 грн/га, ця собівартість до вдосконалення технології становила 236,8 грн. Досягається в результаті впровадження запропонованих в роботі змін і річний економічний ефект у розмірі 8627,8 грн. Отже, з економічної точки зору, модернізовану технологію та розроблені зміни у конструкцію культиватора-рослинопідживлювача можна рекомендувати до впровадження.

6. Висновок

Під час виконання кваліфікаційної роботи наведено господарське та промислове значення кукурудзи, оцінено її місце у сівозміні та детально проаналізовано існуючу у господарстві технологію вирощування кукурудзи і технічне забезпечення всіх ланок технологічного процесу вирощування. Зроблений наголос на виявлених недоліках та запропоновані заходи щодо подолання цих недоліків технологічного процесу, що дозволить підвищити врожайність та знизити собівартість вирощування кукурудзи. На етапі проведення операцій догляду за посівами кукурудзи запропоновано проводити операції міжрядного обробітку разом із внесенням внутрішньогрунтовым способом засобів агрохімії культиватором-рослинопідживлювачем УСМК-5,4В у агрегаті із енергетичним засобом МТЗ-80. Такі зміни в технологію міжрядного обробітку дозволяють підвищити продуктивність означеної операції на 7,39 гектар за зміну та забезпечує зниження витрат пального на 0,92 кг із кожного обробленого гектару кукурудзи.

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

В науковій частині наведені обґрунтування та всі необхідні інженерні розрахунки, які дозволяють вдосконалити конструкцію стрільчастої лапи та адаптувати її до внутрішньогрунтового (підлапового) внесення засобів агрохімії у простір, що утворюється під лапою під час обробітку ґрунту. В ході проведених робіт вдосконалено і передній кронштейн, за допомогою якого відбувається кріплення секції робочих органів (гряділя), який рекомендовано виготовляти підвищеної жорсткості, що суттєво зменшує коливання кожної секції у горизонтальній площині. Ці зміни дозволяють підвищити точність руху гряділя, а отже і кожного із робочих органів по міжряддю, та, як наслідок, дозволяє зменшити пошкодження рослин кукурудзи у рядку.

Використовуючи методику планування факторного експерименту проведені дослідження, що дозволяють знайти раціональні параметри стрільчастої лапи та ділильника і повністю адаптувати цю конструкцію для ефективного внесення засобів агрохімії в твердому вигляді. Рекомендовані параметри наступні – початкова швидкість гранул добрив в місці їх виходу із тукопроводу, $V_{\text{над.}} = 1,35 \dots 1,5$ м/с; кут нахилу ребра призматичного ділильника до лінії горизонту, $\varphi = 65^\circ \dots 70^\circ$; робочий кут між гранями призми ділильника, $\Theta = 70^\circ \dots 75^\circ$; висота поверхні відбивання гранул по відношенню до денної поверхні борозни, $h = 0,04 \dots 0,05$ м. Наведені значення факторів дозволяють забезпечити найвищу дальність польоту туків у підлаповому просторі і створюють найкращі умови для досягнення необхідної рівномірності розподілу засобів агрохімії за шириною захвату стрільчастої лапи.

Наведені заходи з охорони праці, що мають бути реалізованими на етапі вдосконалення технології та безпечної роботи із ґрунтообробним агрегатом. Доцільність змін підтверджена отриманим економічним ефектом та наведеними даними стосовно підвищення продуктивності праці і зниження витрат пального у випадку впровадження у виробництво запропонованих вдосконалень.

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Список використаної літератури

1. Каталог-довідник 2019-2020. Masseeds. United to grow. Кукурудза, соняшник, озимий ріпак, люцерна. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bizontech.ua/file//builder/bGlvtOLMvc.pdf> – Назва з екрана.
2. Технологія виробництва продукції рослинництва: Навчальний посібник / А.О. Рожков, Е.М. Огурцов, А.М. Свиридов та ін.; за ред. А.О. Рожкова. – Х.: Майдан, 2016. – 550 с.
3. Технологія виробництва продукції рослинництва: Навч. посіб. Ч.2 / Мельник С.І., Муляр О.Д., Кочубей М.Й., Іванцов П.Д. – К. : Аграрна освіта, 2010. – 405 с.
4. Єщенко В.О. Загальне землеробство. – К.: Вища освіта, 2004. – 336 с.
5. Механізація технологічних процесів в землеробстві: Навчально-методичний комплекс: навч. посіб. / С.М. Грушецький, І.М. Бендера, Т.Д. Іщенко та ін.. – Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2011. – 352 с.
6. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві: Підручник / С.М. Каленська, Л.М. Єрмакова, В.Д. Паламарчук та ін.. – Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2015. – 448 с.
7. Практикум із землеробства: Навчальний посібник / М.С. Кравченко, О.М. Царенко, Ю.Г. Міщенко та ін.: За ред.. М.С. Кравченка і З.М. Томашівського. – К.: Мета, 2003. – 320 с.
8. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. – Львів: НВФ «Українські технології», 2002. – 800 с.
9. Технологія виробництва продукції рослинництва: навч. посіб. Ч.2 / Мельник С.І., Муляр О.Д., Кочубей М.Й., Іванцов П.Д. – К. : Аграрна освіта, 2010. – 405 с.

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

10. Машина для обробітку ґрунту та внесення добрив. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей / Сало В.М., Лещенко С.М., Лузан П.Г., Мачок Ю.В., Богатирьов Д.В. – Х.: Мачулін, 2016. – 244 с.
11. Довідник з машиновикористання в землеробстві / За ред. В.І. Пастухова – Харків: Веста, 2001. – 347 с.
12. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: Підруч. у 2 т: Т. 2 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.; за ред. А.В. Рудя. – К. Агроосвіта, 2012. – 434 с.
13. Ільчук М.М., Зрібняк Л.Я., Мельник С.І. Організація і планування сільськогосподарського виробництва: Підручник – К.: Вища освіта, 2013. – 535 с.
14. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 617 с.
15. 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, О.М. Васильковський, Д.І. Петренко, П.Г. Лузан – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 170 с.
16. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студент. вищ. навч. зал. із спец. «Машини та обладн. с.-г. вир-ва»/ За ред. М.І. Черновола. Кн. 1: Машини для рільництва/ П.В. Сисолін, Т.І. Рибак, В.М. Сало; За ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2002. – 364 с.
17. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
18. Сільськогосподарські машини: Підручник. / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015 – 679 с.

					ВКДК 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

19. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1 (частина1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: ОКО, 2001. – 444 с.
20. Дейкун В.А. Обґрунтування параметрів робочого органа для внутрішньогрунтового внесення мінеральних добрив [Текст] : Дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11 / Дейкун Віктор Анатолійович ; Кіровоградський національний технічний університет – Кіровоград, 2013. – 138 с.
21. Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські та меліоративні машини// За ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2004. 544 с.
22. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку/ За ред. Д.Г. Войтюка. – Суми: ВТД Університетська книга, 2006. – 480 с.
23. Підручник дослідника. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. / Васильковський О.М., Лещенко С.М., Васильковська К.В., Петренко Д.І. – Кіровоград, Х.: Мачулін, 2016. – 204 с.
24. Основи наукових досліджень. Перші наукові кроки: Навч. посіб. для студ. агротехн. спец. / О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, К.В. Васильковська, Д.І. Петренко. – Харків: Мачулін, 2019. – 164 с.
25. Войналович О.В. Охорона праці в сільському господарстві. / О.В. Войналович, Є.І. Марчишина, Т.О. Білько. – К.: Центр навчальної літератури, 2018. – 691 с.
26. Основи охорони праці: Підручник / М.С. Одарченко, А.М. Одарченко, В.І. Степанов, Я.М. Черненко. – Х.: Стиль-Издат, 2017. – 334 с.
27. Андрійчук В.Г. Економіка аграрних підприємств: Підручник. – 2 – ге вид., доп. і перер. – К.: КНЕУ, 2002. – 624 с.

ДОДАТКИ

Центральноукраїнський національний технічний університет

Презентація графічної дипломної роботи за
другим рівнем вищої освіти на тему:

Механізація вирощування кукурудзи з дослідженням та вдосконаленням просапного культиватора

Виконав: ст.гр. АІ-22МЗ(1,4) Ковтун Олександр Олександрович

Керівник роботи: доц. Сергій ЛЕЩЕНКО

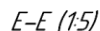
Кропивницький, 2024 р.

0123456789

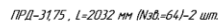
Операційно-технологічна карта на культивуацію

[illegible]

БДЛК 00.000 СБ



- | | |
|---|--------------------|
| 1.Продуктивність, г/м ² /год | |
| —при передпасованій обробітку | 44,4,86 |
| —при міжрядковій обробітку | 216,4,86 |
| 2.Робоча ширина захвату, м | 54 |
| 3.Робоча швидкість, км/год | |
| —при передпасованій обробітку | 6,9 |
| —при міжрядковій обробітку | 4,9 |
| 4.Габарити: довжина, ширина, висота, мм | |
| —робоче положення | 6916х2372х1166 |
| —транспортне положення | 7070х2372х1700 |
| 5.Застосовується за тракторами | |
| такого ж класу | 14-2 (М13, 7-1700) |



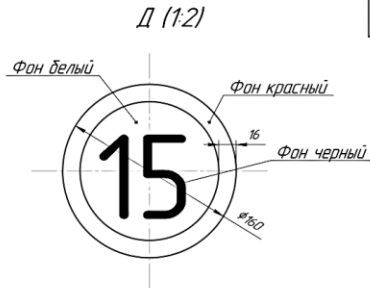
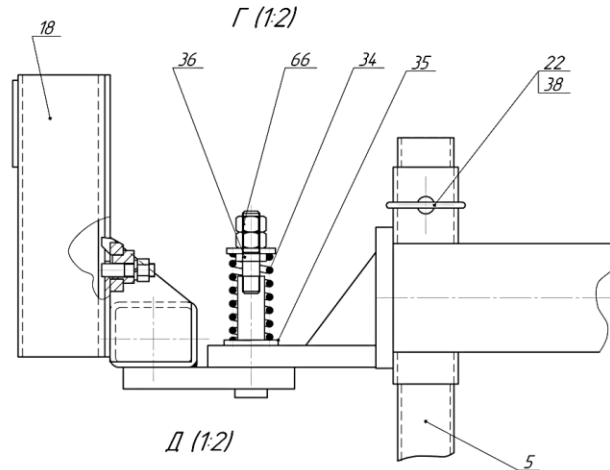
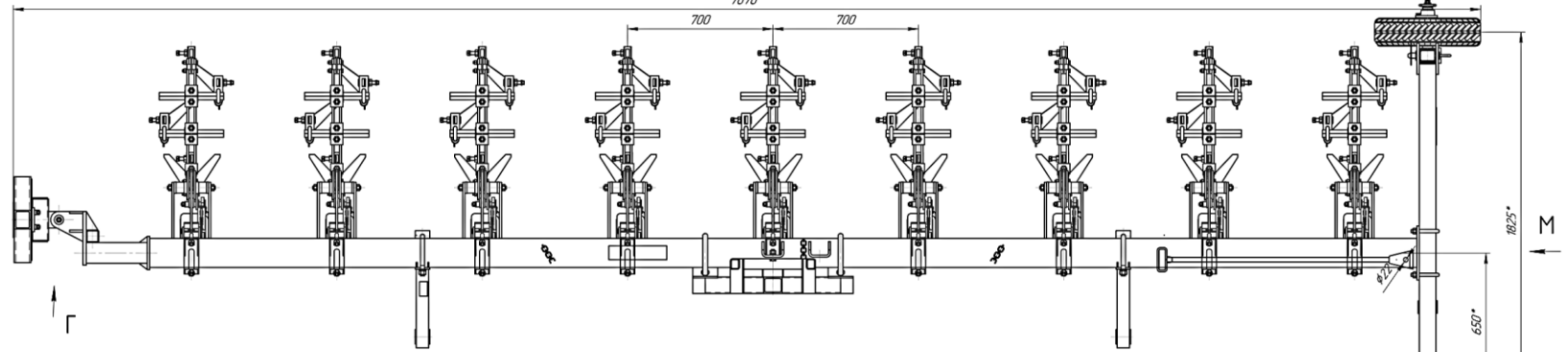
					ВКДК 00.000 СБ				
Имя/Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Культиватор- растительный/флорач			Лист	Масса	Мощность
Результ	Кодовый			УСМК-5.4Б				1240	110
Результ	Кодовый						Лист	1	Листов
Генератор								2	
Имя/Лист	Мощность	-			ЦНТУ				
Имя/Лист	Генератор				ар. АЛ-22М3(14)				
				Копировать			Формат А1		

Складальні креслення просапного культиватора

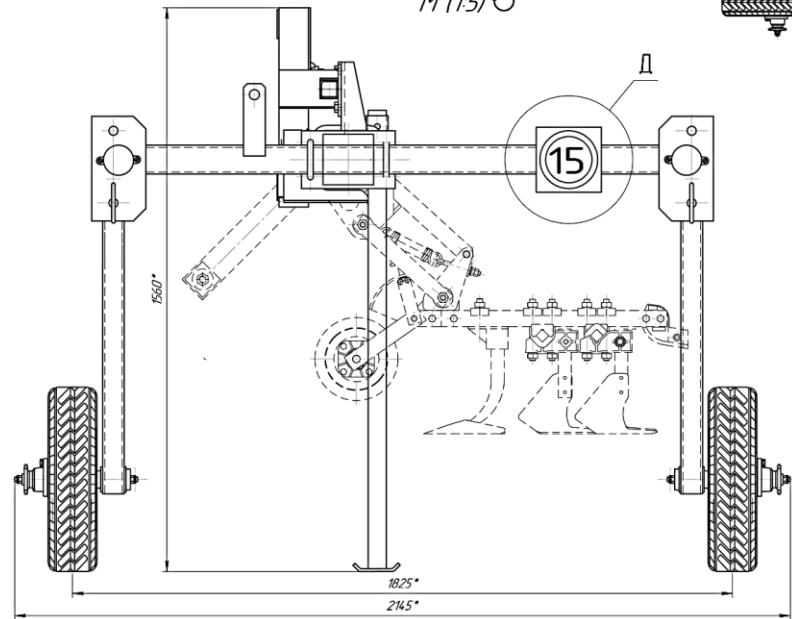
ВКДК 00.000 СБ

Транспортне положення

7070°



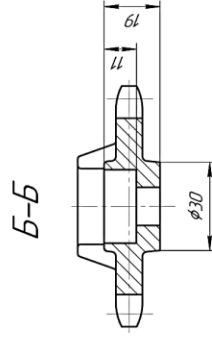
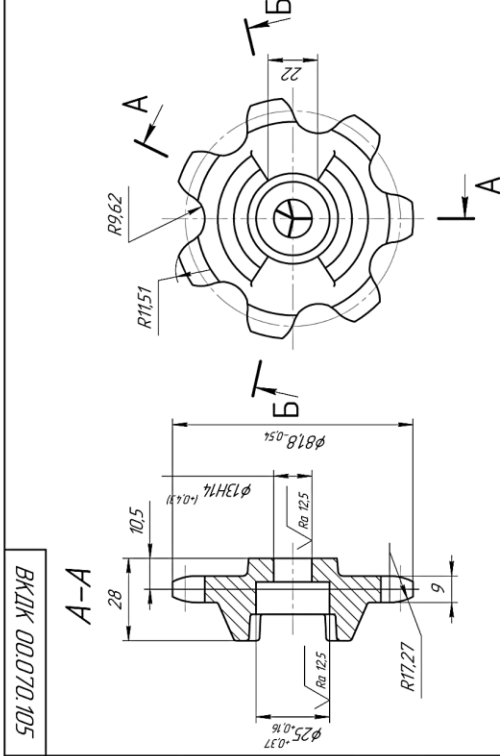
М (1:5) О



ВКДК 00.000 СБ						Лист		Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Год	Вид	Кол.	1240	110	
Разр.	Кол.	Листов				2	2	
Исполн.	Масштаб					ЦНТЧ		
Изм.	Лист	№ докум.	Год	Вид	Кол.	2р. А1-22МЗ(14)		
Контракт						Формат А1		

Складальні креслення вдосконалених елементів конструкції

Деталювання просапного культиватора



1. Точність відлітки 11-0-0-9 ГОСТ 26645-85
2. Решта технічні вимоги по ГОСТ 13218.11-80
3. Неоказані граничні відхилення розмірів
поверхонь: $H14$; $h14$; $\pm IT14/2$

[illegible]

Technical drawing of a mechanical part, likely a bracket or support, showing dimensions and surface finish requirements.

Key dimensions and features:

- Overall width: 75
- Overall height: 72
- Internal width: 45
- Internal height: 50
- Top flange width: 40
- Top flange thickness: 5
- Internal width: 22.5
- Internal height: 20
- Internal angle: 23°
- Internal angle: 90°
- Surface finish requirements: Ra 16, Ra 5

Note: Размеры для доводки
Неказані граничні відхилення розмірів Н14, Н14, ± IT14/2

[illegible]

Центральний
композиційний
план проведених
досліджень оцінки
впливу факторів на
критерії оптимізації

№ п/п	Швидкість падіння часток добрих на виході з дуктопроводу $V_{пад}, \text{ м/с}$	Кут нахилу ребра призми розсіювача відносно горизонтальної площини, $\varphi, ^\circ$	Кут між гранями призми (розсіювача), $\Theta, ^\circ$	Висота поверхні відбивання відносно дна борозни, $h, \text{ м}$	Дальність поперечного польоту гранул, $\ell''_n,$ см	Показник концентрації, $M, \%$
	$x_1(V)$	$x_2(\varphi)$	$x_3(\Theta)$	$x_4(h)$	$Y_1(\ell)$	$Y_2(M)$
1.	1,0	50,0	50,0	0,04	7	22,05
2.	1,0	50,0	50,0	0,06	8	17,93
3.	1,0	50,0	100,0	0,04	10	17,5
4.	1,0	50,0	100,0	0,06	6,5	20
5.	1,0	80,0	50,0	0,04	7	19,2
6.	1,0	80,0	50,0	0,06	8	22
7.	1,0	80,0	100,0	0,04	11	16,19
8.	1,0	80,0	100,0	0,06	14	17,75
9.	2,0	50,0	50,0	0,04	7	20,5
10.	2,0	50,0	50,0	0,06	5	20,63
11.	2,0	50,0	100,0	0,04	5	20,19
12.	2,0	50,0	100,0	0,06	6	18,3
13.	2,0	80,0	50,0	0,04	6	21,01
14.	2,0	80,0	50,0	0,06	7	18,29
15.	2,0	80,0	100,0	0,04	11	17,19
16.	2,0	80,0	100,0	0,06	16	18,46
17.	1,5	65,0	75,0	0,05	10	17,76
18.	0,5	65,0	75,0	0,05	9	18,81
19.	2,5	65,0	75,0	0,05	8	16,47
20.	1,5	34,1	75,0	0,05	7	18,42
21.	1,5	95,9	75,0	0,05	6	21,09
22.	1,5	65,0	23,6	0,05	5	26,05
23.	1,5	65,0	126,4	0,05	7	18,2
24.	1,5	65,0	75,0	0,03	9	17,89
25.	1,5	65,0	75,0	0,07	8,5	18
26.	1,5	65,0	75,0	0,05	6,25	21

Наукова
частина роботи

Рівняння регресії для дальності поперечного польоту гранул та показника їх концентрації в підлаповому просторі

$$Y_1(I_n) = 8,233 - 0,431x_1 + 0,958x_2 + 1,169x_3 + 0,229x_4 + 0,207x_1^2 - \\ - 0,265x_2^2 - 0,383x_3^2 + 0,291x_4^2 + 0,531x_1x_2 + 0,094x_1x_3 + \\ + 0,219x_1x_4 + 1,469x_2x_3 + 0,844x_2x_4 + 0,281x_3x_4$$

$$Y_2(M) = 19,363 - 0,117x_1 - 0,062x_2 - 1,315x_3 - 0,01x_4 - 0,43x_1^2 + \\ + 0,069x_2^2 + 0,629x_3^2 - 0,38x_4^2 - 0,146x_1x_2 + 0,216x_1x_3 - \\ - 0,372x_1x_4 - 0,362x_2x_3 + 0,393x_2x_4 + 0,459x_3x_4$$

Дякую за увагу!