

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ ____ ” _____ 2026 р.

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

Механізація вирощування сої з модернізацією
культиватора для передпосівної підготовки ґрунту

Виконав здобувач вищої освіти IV
курсу,

групи АІ-23мб-1.1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Кочубей Владислав Сергійович

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

_____ Дмитро АРТЕМЕНКО

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

доц., канд. техн. наук

_____ Дмитро ГОЛУБ

« ____ » _____ 2026 р.

Кропивницький

Анотація

Дослідження присвячене підвищенню ефективності механізованої технології вирощування сої шляхом удосконалення технічних засобів, що використовуються під час передпосівного обробітку ґрунту. За результатами аналізу існуючих конструктивних рішень встановлено, що сучасні прикочуючі котки не забезпечують одночасного поєднання високої ущільнюючої дії з ефективним подрібненням ґрунту, мульчуванням і вирівнюванням поверхні поля. Це обумовлює необхідність удосконалення процесу формування насінневого ложа та конструкції котка культиватора КПУ 4. Доцільність запропонованого технічного рішення підтверджена інженерними розрахунками його конструктивно-технологічних параметрів. Практичне значення роботи полягає у тому, що використання розробленого прикочуючого котка дозволяє підвищити якість підготовки насінневого ложа, що створює передумови для збільшення врожайності сої до 10%.

Abstract

This study focuses on improving the efficiency of the mechanized technology of soybean cultivation by enhancing the technical equipment used during pre-sowing soil tillage. Based on the results of the analysis of existing design solutions, it has been established that modern packer rollers do not ensure the simultaneous combination of high compacting action with effective soil crumbling, mulching, and field surface leveling. This necessitates the improvement of the seedbed formation process and the design of the KPU 4 cultivator roller. The expediency of the proposed technical solution is confirmed by engineering calculations of its design and technological parameters. The practical significance of the work lies in the fact that the use of the developed packer roller improves the quality of seedbed preparation, which creates pre-conditions for an increase in soybean yield of up to 10%.

Перв. примен.	Формат	Знач.	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
					Документація загальна		
Справ. №					Заново розроблена		
	A4			MBC 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка		
					Документація по технологічній частині		
					Заново розроблена		
	A1			MBC 00.001 ТЧ	Технологічна карта	1	
Підп. и дата	A1			MBC 00.002 ТЧ	Операційна карта	1	
					Документація по складальним одиницям		
					Заново розроблена		
	A1			MBC 00.000 СБ	Культиватор причіпний універсальний КПУ 4	1	
	A1			MBC 00.110 СБ	Каток	1	
Взам. инв. №							
	A2			MBC 00.120 СБ	Ступиця	1	
Підп. и дата	MBC 00.000 ВП						
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв. № подл.	Разр.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Відомість кваліфікаційної роботи	Лист
	Пров.	Кочубей	Артеменко				Лист
							Листов
							1
	Н.контр.	Артеменко					ЦНТУ гр. АІ-23мд-1.1
	Утв.	Васильковський					

Копировал

Формат А4

Зміст

1. Вступ.....	6
2. Аналіз сучасної технології вирощування сої з визначенням шляхів її удосконалення.....	7
3. Операційна технологія процесу передпосівного обробітку ґрунту під посів сої.....	29
4. Інженерна частина.....	41
5. Охорона праці.....	59
Висновки.....	63
Список використаної літератури.....	64
Додатки	

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

1. Вступ

Со́я є однією з провідних зернобобових культур у світовому землеробстві, стратегічне значення якої зумовлене високим вмістом білка, олії та широким спектром використання - від харчової промисловості до виробництва біопалива. Одним із ключових етапів, який значною мірою визначає дружність сходів, подальший розвиток рослин і кінцеву продуктивність посіву, є передпосівна підготовка ґрунту.

Специфіка вирощування сої висуває жорсткі вимоги до якості обробітку ґрунту - насіннєве ложе повинно бути добре розпушеним, дрібногрудкуватим, вирівняним і мати ущільнену капілярну підшву на глибині загортання насіння. Це забезпечує надійний контакт насінини з ґрунтом, інтенсивне вбирання вологи з нижніх шарів, рівномірний прогрів та доступ повітря. Передпосівний обробіток часто виконують комбінованими агрегатами, оснащеними робочими органами для розпушування, вирівнювання та коткування. Саме котки культиватора завершують формування посівного ложа, збереження ґрунтової вологи та створення сприятливих водно-фізичних умов для проростання сої.

Водночас застосування серійних котків у складі культиваторів для передпосівної підготовки під сою часто не забезпечує належної якості. Основні недоліки пов'язані з неоптимальним розподілом тиску, недостатньо ефективним подрібненням ґрунтових агрегатів, нерівномірним ущільненням по ширині захвату, а також зі слабкою здатністю до самоочищення під час роботи на вологих ґрунтах. Як наслідок, спостерігається недружна поява сходів, строкатість розвитку рослин і зниження врожайності. Тому актуальним є пошук технічних рішень, спрямованих на модернізацію котків культиватора, що дасть змогу адаптувати конструкцію до конкретних агротехнічних вимог вирощування сої.

					МВС 00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Кочубей						
Перевір.		Артеменко					6	60
						ЦНТУ гр. АІ-23мб-1.1		
Н. Контр.		Артеменко						
Затверд.		Васильковськи						

2. Технологічна частина

2.1 Технологія вирощування гречки

Опис культури. Соя - однорічна зернобобова рослина родини бобових, є однією з найдавніших культур світового землеробства, походить з Південно-Східної Азії.

Коренева система стрижнева, добре розвинена. Основна маса коренів розташовується в орному шарі (до 30 см), але окремі корені можуть проникати на глибину до 1,5 - 2 м. Характерна особливість - утворення на коренях бульбочкових бактерій (*Bradyrhizobium japonicum*), які фіксують атмосферний азот, забезпечуючи до 60 - 80 % потреби рослини в цьому елементі.

Стебло прямостояче, гіллясте або нерозгалужене, заввишки від 30 - 40 см (у ранньостиглих сортів) до 120 -150 см (у пізньостиглих). Має від 2 до 5 бічних гілок. Стебло опушене, що підвищує стійкість до посухи та шкідників.

Листки складні, трійчасті, з дрібними прилистками. Листочки яйцеподібної або овальної форми, опушені. Забарвлення від світло-зеленого до темно-зеленого. Перед дозріванням листки жовтіють і опадають, що полегшує механізоване збирання.

Суцвіття та квітки дрібні, непоказні, зібрані в китиці по 2 - 25 шт. у пазухах листків. Забарвлення біле або фіолетове. Соя - самозапильна рослина, запилення відбувається переважно до розкриття квітки, що забезпечує високу сортову чистоту.

Плід - біб (стручок), прямий, мечоподібний або серпоподібний, завдовжки 3 - 7 см. Містить від 2 до 5 насінин. При дозріванні більшість сортів не розтріскуються (стійкість до осипання - важлива господарська ознака).

Насіння округло-овальної або кулястої форми. Маса 1000 насінин коливається від 80 до 250 г. Забарвлення насіннєвої оболонки жовте, зелене, коричневе або чорне, з рубчиком. Жовтонасінні сорти використовують переважно для харчових і кормових цілей, темнонасінні - технічні.

Типи росту та групи стиглості: індетермінантний (продовжує ріст після цвітіння), детермінантний (зупиняє ріст з початком цвітіння) і

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

напівдетермінантний тип. За тривалістю вегетації сорти поділяються на групи стиглості (від 0 до 10), що визначає придатність до конкретних широт і технологій.

Насіння містить 30 - 45 % білка, 18 - 25 % олії, вітаміни, мінеральні речовини. Використовується для виробництва олії, шроту, соєвого молока, сиру тофу, біопалива, комбікормів. Цінний попередник у сівозміні завдяки азотфіксації [1-7].

Вимоги до температури. Біологічний мінімум, за якого насіння починає вбирати воду та активізувати ферменти, становить $+6...+8^{\circ}\text{C}$. За такої температури сходи з'являються повільно і недружно, різко зростає ризик ураження насіння ґрунтовими патогенами.

Ґрунт на глибині загортання насіння має прогрітися до $+10...+12^{\circ}\text{C}$ (стійкий перехід). За середньодобової температури $+15...+18^{\circ}\text{C}$ сходи з'являються через 8 - 10 діб, за $+20...+22^{\circ}\text{C}$ через 5 - 7 діб. Найбільш інтенсивний ріст спостерігається за $+20...+25^{\circ}\text{C}$. Зниження до $+15^{\circ}\text{C}$ уповільнює ріст, а нижче $+10^{\circ}\text{C}$ припиняє.

Оптимальна температура для цвітіння та формування бобів $+22...+25^{\circ}\text{C}$. Високі температури понад $+30^{\circ}\text{C}$ можуть викликати відмирання квіток і опадання зав'язі, особливо в поєднанні з нестачею вологи. Нічні температури нижче $+15^{\circ}\text{C}$ затримують цвітіння і погіршують запліднення.

Для рівномірного дозрівання і зниження вологості насіння сприятливі температури $+18...+22^{\circ}\text{C}$. Затяжна прохолодна погода восени ускладнює десикацію та збирання. Сходи сої витримують короточасні приморозки до $-2...-3^{\circ}\text{C}$, але тривалі заморозки такої інтенсивності призводять до загибелі. Осінні заморозки до -2°C пошкоджують листовий апарат і незавершені боби, знижуючи врожай і якість насіння [1-7].

Вимоги до світла. Соя - типова короткоденна рослина. Перехід до цвітіння прискорюється, коли тривалість світлового дня стає меншою за критичну (зазвичай 14–15 годин для більшості сортів). При вирощуванні в умовах довгого дня (>16 годин) вегетація подовжується, затримується

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цвітіння, зростає вегетативна маса, але знижується урожай зерна. Це лежить в основі поділу на групи стиглості: сорти північного екотипу (групи 00, 0, 1) нейтральніші до довжини дня, тоді як південні сорти (4 - 8) різко реагують на подовження дня.

Соя - світлолюбна культура. Для активного фотосинтезу потребує високої інсоляції. Затінення (через забур'яненість, загущення посівів, хмарну погоду) спричиняє витягування міжвузлів, вилягання, зниження кількості бобів і маси насіння. Оптимальна структура посіву з рівномірним розподілом рослин, що забезпечує освітленість листків середнього та нижнього ярусів.

Червоне та синє світло найефективніші для фотосинтезу та морфогенезу. Далеке червоне світло (співвідношення R:FR) впливає на витягування стебла та конкуренцію в посіві, в загущених посівах рослини відчують сусідів через зміну спектру відбитого світла і активніше ростуть у висоту, що може призводити до вилягання.

Найбільш чутлива до умов освітлення фаза закладання генеративних органів (бруньок і квіткових бугорків). Нестача світла в цей час різко скорочує кількість бобів на рослині. У фазі наливу насіння інтенсивне освітлення сприяє підвищенню олійності та білковості зерна.

Врахування фотоперіодичної чутливості визначає підбір сортів для конкретної географічної широти та строків сівби. Норма висіву має забезпечувати оптимальну густоту, за якої листовий покрив ефективно вловлює сонячну енергію без взаємного затінення, що безпосередньо пов'язано з якістю передпосівної підготовки ґрунту та рівномірністю загортання насіння [1-7].

Вимоги до ґрунту. Найвищі врожаї соя формує на ґрунтах із добрими фізичними властивостями, багатих на органічну речовину. Оптимальними є чорноземи типові та звичайні, лучно-чорноземні, темно-сірі лісові, каштанові ґрунти легкосуглинкового та середньосуглинкового гранулометричного складу.

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

Найкраще підходять середні суглинки. Вони забезпечують сприятливе поєднання водопроникності, вологоємності та аерації. Легкі піщані та супіщані ґрунти малопридатні через низьку водоутримувальну здатність і швидке пересихання; важкі глинисті ґрунти небажані через схильність до запливання, утворення кірки та поганої аерації, що пригнічує азотфіксацію.

Оптимальний діапазон рН - 6,0 -7,0. На кислих ґрунтах ($\text{pH} < 5,5$) різко пригнічується активність бульбочкових бактерій, погіршується засвоєння фосфору, молібдену та кальцію. Лужна реакція ($\text{pH} > 7,5$) часто спричиняє хлороз через фіксацію заліза та цинку. Вирощування сої на таких ґрунтах потребує обов'язкового вапнування або гіпсування та внесення мікродобрив.

Соя добре реагує на вміст гумусу 2,5 - 4,5 %. Гумусований ґрунт стабілізує водний і тепловий режим, сприяє розвитку симбіотичної мікрофлори.

Соя надзвичайно чутлива до переущільнення підорного шару. Оптимальна щільність для суглинкових ґрунтів у кореновому шарі (0 - 30 см) становить 1,0 - 1,2 г/см³. Перевищення щільності до 1,3 - 1,4 г/см³ знижує проникність коренів, обмежує доступ кисню до бульбочок і призводить до недобору врожаю. Тому наявність плужної підшви є критичним обмежувальним фактором, який усувають глибоким розпушуванням.

Коренева система сої та бульбочкові бактерії потребують активного газообміну. Вміст повітря в ґрунті має бути не менше 20 - 25 % від загальної шпаруватості. Саме тому непридатними є заболочені, застійно-зволожені та заправні ґрунти з тривалим підтопленням.

Солонцюваті та засолені ґрунти, ґрунти з дуже низьким вмістом гумусу, чисті піски, а також ґрунти на щільних породах без достатньої потужності кореневого шару для вирощування сої без спеціальних меліорацій непридатні [1-7].

Попередники у сівозміні. Правильний вибір попередника визначає запаси вологи, забур'яненість поля, фітосанітарний стан і забезпеченість доступними поживними речовинами, особливо азотом. Соя є добрим

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

попередником для зернових, але сама висуває високі вимоги до попередньої культури.

Кращі попередники:

- озимі зернові (пшениця, ячмінь, тритикале), що вирощуються після чорного або зайнятого пару. Поля після них мають порівняно чистий фітосанітарний стан, менший запас насіння бур'янів і сприятливий водний режим;

- ярі зернові (пшениця, ячмінь, овес), особливо якщо вони розміщувались після просапних культур;

- кукурудза на зерно чи силос за умови якісного загортання післяжнивних решток і достатнього вологозабезпечення. Вимагає посиленого азотного живлення на старті для компенсації іммобілізації азоту мікроорганізмами під час розкладання стебел;

- цукрові буряки, картопля, баштанні культури, якщо вони вирощувались із застосуванням органічних добрив. Після цих культур поле залишається добре обробленим, розпушеним, із підвищеним вмістом доступних елементів живлення.

Допустимі попередники:

- просо, гречка - за умови ретельної боротьби зі специфічними бур'янами;

- льон олійний - при відсутності спільних збудників фузаріозу.

Непридатні та небажані попередники:

- усі зернобобові культури (горох, нут, квасоля, люпин, вика) та багаторічні бобові трави (конюшина, люцерна). Вони накопичують спільних збудників корневих гнилей, фузаріозу, бактеріозів, а також специфічних шкідників (соєва плодожерка, попелиці);

- соняшник - сильно висушує ґрунт, залишає велику кількість падалиці, яка важко контролюється в посівах сої, та підвищує ризик склеротиніозу;

- ріпак та інші хрестоцвіті - через спільні хвороби (біла гниль) і небезпеку ураження сої фомопсисом.

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Насичення сівозміни соєю не повинно перевищувати 25 - 33%. Повертати сою на те саме поле рекомендується не раніше ніж через 3 - 4 роки. Порушення цього принципу призводить до накопичення інфекційного фону (особливо корневих гнилей і склеротиніозу), різкого зниження врожайності та ефективності азотфіксації. Найкращий інтервал – 4 - 5 років.

Сама соя є цінним попередником для зернових колосових культур і кукурудзи завдяки симбіотичній фіксації азоту та покращенню фізичних властивостей ґрунту [1-7].

Обробіток ґрунту (основний обробіток). Основний обробіток під сою спрямований на накопичення та збереження ґрунтової вологи, створення глибокого розпушеного шару з оптимальною будовою для розвитку кореневої системи та активного симбіозу, загортання післяжнивних решток, боротьбу з багаторічними бур'янами та вирівнювання поверхні для якісного проведення наступних весняних операцій.

Система основного обробітку залежно від зони. У зонах достатнього зволоження та на зрошенні класична система передбачає лущення стерні та подальшу оранку. У зонах недостатнього зволоження та вітрової ерозії перевагу надають безполицевому обробітку (плоскорізнному, чизельному) зі збереженням рослинних решток на поверхні.

Основний обробіток після стерньових попередників (зернові колосові).

Лущення стерні проводять одразу після збирання попередника на глибину 6 - 8 см дисковими знаряддями. Це провокує проростання насіння бур'янів, знищує вегетуючі бур'яни, загортає падалицю, частково подрібнює та перемішує соломі. У посушливих умовах застосовують голчасті борони.

Оранка - через 2 - 3 тижні після лущення, коли з'являться сходи бур'янів, виконують культурну оранку плугами з передплужниками. Глибина оранки – 20 - 25 см, на ґрунтах із потужним гумусовим горизонтом до 27 см. Передплужники забезпечують якісне приорювання рослинних решток та насіння бур'янів на дно борозни.

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

У посушливому степу оранку замінюють глибоким плоскорізним або чизельним розпушуванням на 20 - 25 см, залишаючи стерню для затримання снігу та зменшення випаровування вологи.

Основний обробіток після просапних культур (кукурудза, соняшник, буряки). Подрібнення решток - після збирання поле обов'язково обробляють важкими дисковими бородами або мульчувачами у два сліди для ретельного подрібнення та рівномірного розподілу решток.

Оранка або глибоке розпушування - глибина в межах 22 - 27 см. Після кукурудзи важливо повністю загорнути рештки, щоб уникнути перешкод для сівби та розвитку токсиногенних грибів. Якщо поле засмічене багаторічними коренепаростковими бур'янами, застосовують пошаровий обробіток або комбінують чизелювання з дискуванням.

Глибина основного обробітку повинна перевищувати глибину залягання плужної підшви, якщо така утворилась. На ґрунтах, схильних до переущільнення, періодично (раз на 2 - 3 роки) проводять глибоке розпушування на 30 - 40 см чизельними знаряддями або ґрунтопоглиблювачами. Поверхня зябу має бути вирівняною, без гребенів, огріхів та роз'ємних борозен, що забезпечує рівномірний прогрів і досягання ґрунту навесні.

Лущення стерні проводять одночасно зі збиранням або не пізніше 2 - 3 днів після нього, щоб запобігти втратам вологи. Оранку на зяб завершують до настання стійкого похолодання, зазвичай до кінця жовтня, щоб ґрунт встиг осісти та насититися вологою осінньо-зимових опадів.

Саме якість основного обробітку закладає фундамент для успішної передпосівної підготовки. Глибоко розпушений, вирівняний, очищений від решток ґрунт дозволяє культиватору навесні з мінімальними витратами енергії створити ідеальне насінневе ложе: розпушити поверхневий шар на задану глибину, знищити проростки бур'янів і сформувати ущільнену капілярну підшову за допомогою котків, що є критичним для дружних сходів сої. Без належного основного обробітку жодна модернізація котків культиватора не

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

зможє повністю компенсувати дефекти підорного шару або катастрофічну нестачу вологи [1 - 7].

Передпосівний обробіток. Створення оптимального насінневого ложа, яке забезпечує дружні, рівномірні сходи та сприятливі умови для початкового розвитку кореневої системи і симбіотичного апарату сої. Це досягається розпушенням поверхневого шару на глибину загортання насіння, максимальним збереженням ґрунтової вологи, вирівнюванням мікрорельєфу, формуванням ущільненої капілярної підшви та знищенням проростків бур'янів. Процес розпочинають одразу після досягнення ґрунтом фізичної стиглості (кришіння без прилипання до робочих органів). Запізнення призводить до втрати вологи, появи брил та нерівномірного прогрівання, тому передпосівний обробіток і сівбу проводять з мінімальним розривом в часі.

Ранньовесняне боронування (закриття вологи) виконують важкими або середніми боролами впоперек або під кутом до напрямку оранки. Мета - розпушити верхній 2 - 3-сантиметровий шар, зруйнувати ґрунтову кірку, запобігти капілярному випаровуванню вологи.

Передпосівну культивуацію проводять на глибину загортання насіння (4 - 6 см, в посушливих умовах до 8 см). Застосовують парові культиватори або, що ефективніше, комбіновані агрегати, які за один прохід виконують культивуацію, вирівнювання та коткування. Важливо не перевищувати глибину, щоб не висушити посівний шар. Вирівнювальні робочі органи (шлейфи, вирівнювальні дошки) усувають гребенистість, а котки ущільнюють підорний шар, створюючи капілярний контакт між посівним ложем і нижніми вологоносними горизонтами, одночасно залишаючи поверхневий шар розпушеним. Саме котки завершують формування насінневого ложа. Від їх конструкції залежать ступінь кришіння грудок, рівномірність ущільнення по ширині захвату, здатність до самоочищення від вологого ґрунту та енергоємність процесу. Серійні котки часто не забезпечують оптимальних параметрів для сої - спостерігається нерівномірна щільність, недостатнє

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

подрібнення агрегатів та утворення ущільнених смуг, що спричиняє строкатість сходів.

Вимоги до якості передпосівного обробітку:

- поверхня поля має бути ретельно вирівняною, без гребенів, борозен, огріхів;
- ґрунт в зоні загортання насіння - дрібногрудкуватий, з розміром грудочок не більше 1 - 2 см;
- нижче глибини розпушування (на рівні 5 - 7 см) повинна бути сформована ущільнена капілярна підшва щільністю 1,1 - 1,3 г/см³ для підтягування вологи до насіння;
- верхній 2 - 3-сантиметровий шар залишається рихлим, що запобігає випаровуванню;
- не допускається винесення на поверхню вологих шарів, які швидко утворюють кірку після сівби.

На важких, схильних до запливання ґрунтах надмірне ущільнення котками може погіршити аерацію та спричинити утворення кірки, тому тиск котків регулюють. В посушливих умовах коткування обов'язкове для підтягування вологи з глибших шарів, але обробіток слід проводити безпосередньо перед сівбою, щоб не пересушити створене ложе [1 - 7].

Вимоги до сівби та сівба.

Підготовка насіння:

- протруювання за 2 - 4 тижні до сівби або безпосередньо перед нею, насіння обробляють фунгіцидними протруйниками проти збудників корневих гнилей, фузаріозу, аспергільозу та пліснявіння. За потреби додають інсектицидний компонент для захисту від ґрунтових шкідників;
- інокуляція обов'язкова, обробка насіння бульбочковими бактеріями *Bradyrhizobium japonicum* (ризобофітом, ризоторфіном) у день сівби або за 12 - 24 години до неї. На полях, де соя вирощується вперше, інокуляція є критичною. Застосовують рідкі, торф'яні або гелеві форми препаратів. Пряме

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сонячне проміння та пересихання згубні для бактерій, тому оброблене насіння потребує негайного висіву;

– стимулятори росту та мікроелементи: часто поєднують з інокуляцією, додаючи молібден, кобальт, бор та стимулятори ризосфери.

Оптимальний строк сівби визначається температурою ґрунту. На глибині загортання насіння (4 - 6 см) вона повинна стабільно досягти +10...+12°C. У більшості регіонів України це кінець квітня – перша декада травня. Сівба в недостатньо прогрітий ґрунт призводить до ураження насіння ґрунтовими патогенами, розтягнутих і недружних сходів. Надто пізня сівба (після 15 - 20 травня для середньостиглих сортів) загрожує потраплянням критичних фаз розвитку під літню посуху або осінні заморозки. Тривалість оптимального періоду сівби 7 - 10 днів, тому всі операції мають бути максимально стислими та технологічними.

Спосіб сівби:

– суцільний рядовий (вузькорядний) з міжряддям 12,5 - 15 см (рідше 25 см). Застосовують для ранньостиглих, низькорослих, детермінантних сортів переважно в зонах достатнього зволоження. Забезпечує швидке змикання рядків, пригнічення бур'янів та більш рівномірний розподіл рослин;

– широкорядний з міжряддям 30, 45, 60 або 70 см. Рекомендований для середньо- та пізньостиглих сортів з потужною надземною масою, особливо в посушливих регіонах. Дає змогу проводити механізовані міжрядні обробітки для боротьби з бур'янами та покращення аерації;

– стрічковий, різновид широкорядного, де насіння висівають двома-трьома спареними рядками в стрічці.

Вибір способу залежить від біології сорту, вологозабезпеченості, рівня агротехніки. Для сівби використовують пневматичні сівалки точного висіву, які забезпечують задану глибину, рівномірний розподіл і точну норму висіву.

Оптимальна глибина посіву 3 - 5 см на важких, добре зволжених ґрунтах та 4 - 6 см на легких і при нестачі вологи. Допустиме збільшення до 6 - 8 см лише для крупнонасінних сортів в умовах швидкого пересихання

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

верхнього шару. Категорично неприпустиме мілке загортання (менше 2 см), яке призводить до пересихання насіння, та надмірно глибоке (понад 8 см), що різко затримує сходи та знижує польову схожість.

Норма висіву та густота стояння:

– розрахункова норма залежить від маси 1000 насінин, польової схожості, способу сівби та рекомендованої густоти. Орієнтовно для суцільної сівби висівають 500 - 800 тис. схожих насінин/га, для широкорядної 300 - 500 тис. насінин/га. У ваговому вимірі це зазвичай 80 - 120 кг/га (дрібнонасінні сорти) та 130 - 180 кг/га (крупнонасінні);

– кінцева густота перед збиранням має становити 400 - 700 тис. рослин/га для більшості сортів. Занадто загущені посіви вилягають, хворіють, утворюють менше бобів на рослину; зріджені - неефективно використовують площу, сильніше забур'янюються;

– точність висіву, відхилення фактичної норми від заданої - не більше $\pm 5\%$, нерівномірність між окремими висівними апаратами не більше $\pm 3\%$.

Контроль якості сівби:

– прямолінійність рядків, відсутність огріхів та перекриттів;

– відхилення стикових міжрядь не більше ± 2 см;

– рівномірна глибина загортання насіння одна з ключових вимог, яка безпосередньо залежить від вирівняності та якості підготовленого культиватором поля. Нерівномірне ложе, брили та гребені спричиняють різноглибинне загортання, що призводить до недружних, ослаблених сходів та втрат урожаю.;

– швидкість руху посівного агрегату 6 - 8 км/год для звичайних сівалок, до 10 - 12 км/год для сучасних пневматичних із системами контролю.

Післяпосівний догляд (у контексті сівби):

– післяпосівне коткування, якщо сівалка не обладнана власними котками або ґрунт швидко втрачає вологу, проводять додаткове коткування кільчасто-шпоровими котками. Це підсилює капілярне підтягування вологи до насіння.

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

На важких, запливаючих ґрунтах коткування після сівби не рекомендують, щоб уникнути утворення міцної кірки;

– досходове боронування, через 3 - 5 днів після сівби, коли насіння сої наклюнулось, але проросток ще не досяг поверхні, проводять боронування легкими боронами впоперек або по діагоналі до рядків. Це знищує ниткоподібні проростки бур'янів і розпушує ґрунтову кірку, не пошкоджуючи сою, що значно підвищує польову схожість [1-7].

Внесення добрив. Завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями соя здатна задовольняти до 60 - 80% власної потреби в азоті за рахунок біологічної фіксації з атмосфери. Тому система удобрення спрямована насамперед на забезпечення фосфором, калієм, сіркою та мікроелементами, а також на створення умов для максимальної азотфіксації. Стартовий азот необхідний лише до початку активного функціонування бульбочок.

Основне удобрення (під зяблеву оранку або глибоке розпушування):

– фосфорні добрива, соя надзвичайно чутлива до нестачі фосфору. Вносять 40 - 80 кг/га д.р. (залежно від забезпеченості ґрунту). Фосфор стимулює розвиток кореневої системи та бульбочкових бактерій, підвищує посухостійкість;

– калійні добрива: дози 40 - 70 кг/га д.р. Калій регулює водний баланс, підвищує стійкість до хвороб та вилягання, покращує якість насіння;

– азотні добрива, в більшості випадків внесення повної дози азоту недоцільне, оскільки надлишок мінерального азоту пригнічує азотфіксацію. Виняток становлять бідні на органіку ґрунти та поля, де сою вирощують вперше, тоді вносять стартову дозу N_{20-30} ;

– органічні добрива, безпосередньо під сою вносять рідко (через небезпеку надлишку азоту та забур'янення). Ефективніше використовувати післядію гною, внесеного під попередник (кукурудзу, буряки).

Обов'язковий прийом, що забезпечує стартовий розвиток. Вносять 10 - 15 кг/га P_2O_5 у вигляді суперфосфату або комплексних добрив (наприклад, нітроаммофоска, амофос) безпосередньо в рядок під час сівби. Важливо

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

забезпечити відстань між насінням і добривами у 2 - 3 см ґрунту, щоб уникнути хімічного опіку проростків.

Мікроелементи та передпосівна обробка насіння - критичними мікроелементами для сої є молібден (кофактор нітрогенази для фіксації азоту), кобальт (фіксація вітаміну В₁₂ бактеріями), бор (запліднення, ріст пилкових трубок) та залізо. Насіння обробляють розчинами молібдату амонію, борної кислоти, хелатів заліза або комплексними мікродобривами, часто поєднуючи з інокуляцією.

Позакореневі підживлення (по вегетації):

– у фазі бутонізації – початку цвітіння застосовують бор, молібден, за потреби - сірку та магній, що сприяє зав'язуванню бобів і підтримує азотфіксацію;

– у фазі наливу бобів, для підвищення білковості та олійності вносять сірку, калій та, за ознаками дефіциту, залізо і марганець;

– азотне підживлення (N_{20–30}) доцільне лише за слабкої азотфіксації (ознаки азотного голодування, холодна погода, ущільнений ґрунт, пошкодження бульбочок), зазвичай у фазу наливу для стабілізації врожаю.

Вапнування кислих ґрунтів, проводять під попередник, оскільки безпосереднє внесення вапна під сою може порушити доступність мікроелементів. Оптимальний рівень рН 6,0 - 7,0 досягають за 1 - 2 роки до сівби сої [1-7].

Боротьба з бур'янами. Соя на початкових етапах росте повільно і не витримує конкуренції з бур'янами. Засміченість, особливо у перші 4 - 6 тижнів після сходів, може знизити врожай на 30 - 80 %. Крім того, бур'яни є резерваторами хвороб і шкідників, ускладнюють збирання.

Агротехнічні методи (запобіжні):

– дотримання сівозміни з чергуванням культур різних ботанічних родин;
– провокація та знищення бур'янів системою основного та передпосівного обробітку ґрунту. Якісне вирівнювання поверхні

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

культиватором із котками забезпечує рівномірний прогрів і дружні сходи сої, що дає культурі стартову перевагу над бур'янами;

– боронування, досходове (через 3 - 5 днів після сівби) та післясходове (у фазі 1 - 2 справжніх листків, коли рослини сої мають тургор нижчий і добре укорінені) легкими боронами;

– міжрядні обробітки на широкорядних посівах, 2 - 3 культивації за вегетацію з поступовим зменшенням глибини (від 6 - 8 до 3 - 4 см) для підрізання бур'янів і розпушування кірки.

Хімічний метод, ґрунтові гербіциди вносять до сівби з негайним загортанням або після сівби до появи сходів. Забезпечують чистий старт на 4 - 6 тижнів. Поширені діючі речовини: прометрин, метрибузин, кломазон, пендиметалін, S-метолахлор та їх комбінації. Вибір препарату залежить від спектру бур'янів, типу ґрунту та вологості. Надмірне зволоження або випадання опадів одразу після внесення може спричинити фітотоксичність.

Післясходові гербіциди (страхові):

– проти злакових бур'янів (грамініциди): хізалофоп-П-етил, клетодим, флуазифоп-П-бутил. Застосовують незалежно від типу сорту сої;

– проти дводольних бур'янів залежно від технології - для звичайних сортів бентазон, тифенсульфурон-метил (у бакових сумішах), ацифлуорфен, фомесафен; для сортів, стійких до імідазолінонів (Clearfield) імазамокс + імазапир; для сортів, стійких до гліфосату (Roundup Ready) гліфосат у відповідні фази росту бур'янів.

– умови застосування: обробки проводять, коли бур'яни перебувають у фазі сім'ядолей – 2 - 4 справжніх листків, а соя має 1 - 3 трійчастих листки. Пізніші обробки менш ефективні та можуть пошкодити культуру.

Боротьба з карантинними та важковикорінюваними бур'янами (амброзія, осоти, берізка). Вимагає комбінованого підходу: послідовного застосування ґрунтових і страхових гербіцидів, а за необхідності внесення гербіцидів суцільної дії до сівби після провокації бур'янів [1-7].

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

Боротьба із шкідниками та хворобами. Поєднання профілактичних агротехнічних заходів, стійких сортів, біологічного контролю та раціонального застосування хімічних засобів за порогамі шкодочинності.

Основні шкідники сої та заходи боротьби:

– бульбочкові довгоносики (смугастий, щетинистий), пошкоджують сім'ядолі, листки, а головне - личинки живляться бульбочками. Захист протруювання насіння системними інсектицидами (імідаклоприд, тіаметоксам), обробка посівів за появи жуків (поріг 10 – 15 жуків/м²);

– попелиці (соєва, люцернова) заселяють листки і стебла, пригнічують ріст, переносять віруси. Поріг заселення 10 - 15% рослин. Ефективні піретроїди, неонікотиноїди, а також біологічні препарати на основі ентомофагів;

– павутинний кліщ, шкодочинний у посушливу спеку. Поріг: 10 - 15 кліщів/листок або ознаки посвітління. Застосовують акарициди (спіромезифен, абамектин);

– совки (бавовникова, люцернова, озима), гусениці пошкоджують листки та боби. Поріг 2 - 3 гусениці/м². Обприскування інсектицидами контактної-кишкової дії (хлорпірифос, індоксакарб);

– соєва плодожерка, гусениці вгризаються в боби, виїдають насіння. Строки обробок узгоджують із виловом імаго на феромонні пастки, зазвичай на початку цвітіння та повторно через 10 - 14 днів.

Основні хвороби сої та заходи боротьби:

– кореневі гнилі (фузаріозна, пітіозна, ризоктоніозна), викликають загибель сходів, побуріння кореневої шийки, загнивання коренів. Захист: протруювання насіння фунгіцидами (триазоли, флудіоксоніл, мефеноксам), сівозміна, дренаж, збалансоване фосфорно-калійне живлення;

– пероноспороз (несправжня борошниста роса), проявляється на листках у вигляді жовтуватих плям і сіруватого нальоту. Обробки фунгіцидами (манкоцеб, металаксил) при перших ознаках;

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– аскохітоз, септоріоз, церкоспороз, плямистості листя, які ведуть до передчасної дефоліації. Ефективні триазольні, стробілуринові фунгіциди, що застосовуються профілактично у фазу бутонізації – цвітіння;

– склеротиніоз (біла гниль), небезпечна хвороба у вологі роки, вражає стебла, боби. Профілактика: сівозміна (не після соняшнику, ріпаку, бобових), обробка посівів біофунгіцидами (на основі *Coniothyrium minitans*) та хімічними препаратами (боскалід, піраклостробін);

– вірусні хвороби (мозаїка): переносяться попелицями. Прямого лікування немає, основне - боротьба з переносниками, знищення бур'янів-резерваторів, використання здорового насіннєвого матеріалу.

Протруювання насіння - перший обов'язковий крок. Сучасні протруйники комбінують фунгіцидний та інсектицидний компоненти, забезпечуючи захист сходів від ґрунтових шкідників і хвороб на 3 - 5 тижнів. Це особливо важливо при сівбі в недостатньо прогрітий ґрунт, де проростки ослаблені, а модернізовані котки культиватора забезпечили щільне ложе - будь-яке пошкодження кореневої шийки в такому середовищі може швидко призвести до розвитку гнилей, тому захисна плівка протруйника є критичною [1-7].

Збирання врожаю. Збирання є завершальним і надзвичайно відповідальним етапом технології вирощування сої. Саме в цей період реалізуються всі попередні агротехнічні та технічні заходи. Неправильно визначений строк або невідрегульована техніка здатні звести нанівець весь попередньо отриманий урожай через осипання, травмування зерна та зниження його якості. Соя вимагає особливо ретельного підходу через низьке кріплення нижніх бобів, схильність до розтріскування та чутливість до механічних пошкоджень.

Визначення оптимального строку збирання:

– фаза фізіологічної стиглості настає, коли насіння досягає максимальної маси, вологість його становить 55 - 60 %, а боби починають жовтіти. З цього моменту припиняється надходження поживних речовин;

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

– господарська стиглість, ознаки - побуріння або повне висихання бобів (залежно від сорту), опадання листя, тверде насіння характерного для сорту забарвлення, яке гримить у стручках при струшуванні;

– вологість насіння для прямого комбайнування, оптимальна вологість 14 - 16%. За такої вологості зерно добре обмолочується, мінімально травмується і не потребує негайного досушування. Розпочинати збирання можна за вологості 18 - 20%, однак отримане зерно обов'язково підлягає очищенню та негайному сушінню;

– ризики передчасного збирання, підвищена вологість (понад 20%) призводить до зминання насіння, неповного обмолоту, забивання робочих органів комбайна, а також до значних витрат на досушування;

– ризики запізненого збирання: перестій сої спричиняє активне розтріскування бобів і осипання насіння (втрати до 10 - 30 %), особливо за чергування сухої та вологої погоди. Крім того, перестояла соя сильніше уражується сапрофітними грибами та пліснявою.

У роки з нерівномірним дозріванням, за великої кількості пізніх бур'янів, або за загрози ранніх осінніх дощів застосовують передзбиральну десикацію. Строк проведення при побурінні 60 - 75 % бобів і вологості насіння 45 - 50 %. Раніше застосування призводить до зниження врожайності та щуплості зерна.

Сою збирають переважно прямим комбайнуванням. Роздільне збирання практично не застосовують через сильне осипання бобів у валках. Винятком можуть бути лише сильно забур'янені або нерівномірно досягаючі посіви, де роздільний спосіб використовують обмежено.

Оберти барабана (ротора) суттєво знижують до 300 - 500 об/хв (залежно від моделі комбайна та вологості), щоб уникнути дроблення та плющення насіння. Зазор між барабаном і підбарабанням збільшують (на вході 25 - 30 мм, на виході 10 - 15 мм), домагаючись повного обмолоту без травмування.

Час збирання протягом доби. Найкраще збирати сою вдень після повного висихання роси. Сухі боби легко обмолочуються, менше налипають

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на робочі органи, зерно має нижчу вологість. Вранці та ввечері, з появою роси або підвищенням вологості повітря, обмолот ускладнюється, вологість зерна зростає, а травмування збільшується. У виняткових випадках (загроза тривалих дощів) збирання проводять і за підвищеної вологості з подальшим негайним сушінням [1-7].

2.2 Технологічна карта вирощування сої [7-11]:

1. Лущення стерні (після збирання попередника). Подрібнення рослинних решток, провокація проростання бур'янів та падалиці, загортання насіння бур'янів у верхній шар для їх подальшого знищення, збереження вологи. Одразу після збирання попередника (не пізніше 2 - 3 днів). Агрегат: дискова борона Bomet (Польща) або Kuhn (Франція) шириною захвату 3 - 4 м. Трактор: New Holland T5.110 (110 к.с.) або John Deere 6120M (120 к.с.). Глибина обробітку 6 - 8 см. Вимоги до якості - рівномірне розпушування, відсутність огріхів, повне підрізання стерні.

2. Внесення мінеральних добрив (основне удобрення). Рівномірне розподілення фосфорних і калійних добрив під зяблевий обробіток для забезпечення живлення рослин протягом вегетації. Строк виконання перед оранкою / глибоким розпушуванням. Норма внесення: P_2O_5 40 - 80 кг/га д.р., K_2O 40 - 70 кг/га д.р. (залежно від агрохімічного аналізу). Агрегат - навісний або причіпний розкидач мінеральних добрив Amazone ZA-M 1000 (Німеччина) або Kuhn MDS 55. Трактор New Holland T5.110 або Massey Ferguson 5711 (105 - 110 к.с.). Вимоги до якості - відхилення фактичної дози від заданої не більше $\pm 10\%$, нерівномірність розподілу не більше $\pm 15\%$.

3. Оранка або глибоке безполицеве розпушування. Мета операції - створення глибокого розпушеного шару для розвитку кореневої системи та бульбочкових бактерій, загортання рослинних решток і добрив, знищення багаторічних бур'янів, накопичення вологи. Строк виконання через 2 - 3 тижні після лущення (вересень – жовтень). Варіант класична оранка. Агрегат оборотний плуг. Kverneland PN 100 (4-корпусний, Норвегія) або Lemken Orpl

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

090 (Німеччина). Трактор: John Deere 6155M (155 к.с.) або Claas Arion 650 (150 к.с.). Глибина: 20 - 25 см. Варіант безполицевий обробіток для посушливих зон. Агрегат чизельний глибокорозпушувач Horsch Tiger 3 AS (Німеччина) або Great Plains (США). Трактор John Deere 6155M (155 к.с.). Глибина 25 - 30 см. Вимоги до якості - прямолінійність, однакова глибина, повне загортання рослинних решток (для оранки), відсутність огріхів та роз'ємних борозен.

4. Ранньовесняне боронування (закриття вологи). Мета операції розпушування верхнього шару (2 - 4 см), руйнування ґрунтової кірки, запобігання капілярному випаровуванню вологи з глибших шарів. Строк виконання одразу після досягнення ґрунтом фізичної стиглості (березень – початок квітня). Агрегат важка зубова борона або пружинна борона Einböck Aerostar-Flex (Австрія) або HatZenburger (Німеччина). Трактор: Massey Ferguson 5711 (105 - 110 к.с.). Вимоги до якості - рівномірне розпушування, відсутність винесення вологих шарів на поверхню, швидкість руху 10 - 12 км/год.

5. Передпосівна культивация з коткуванням. Мета операції створення оптимального насіннєвого ложа - розпушування верхнього шару на глибину загортання насіння, вирівнювання мікрорельєфу, формування ущільненої капілярної підшви та мульчуючого шару на поверхні для збереження вологи. Строк виконання безпосередньо перед сівбою (кінець квітня – початок травня), з мінімальним розривом у часі (не більше доби). Агрегат культиватор передпосівний універсальний КПУ-4 (ширина захвату 4м, глибина обробки 4 - 12 см) з модернізованими котками для покращеного кришіння грудок, рівномірного ущільнення та самоочищення. Трактор Massey Ferguson 5711 (105 – 110 к.с.). Глибина обробітку 4 - 6 см. Вимоги до якості - дрібногрудкувате насіннєве ложе (грудочки не більше 1 – 2 см), ущільнена капілярна підшва на глибині 5 – 7 см, рихлий мульчуючий шар на поверхні, вирівняний мікрорельєф, відсутність огріхів і гребенів. Перекриття суміжних проходів 10 – 15 см.

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

6. Протруювання та інокуляція насіння. Мета операції захист насіння та проростків від ґрунтових патогенів і шкідників, забезпечення активного симбіозу з бульбочковими бактеріями для фіксації атмосферного азоту. Строк виконання за 2 – 4 тижні до сівби (протруювання) та в день сівби (інокуляція). Агрегат протруювальна машина. Wintersteiger Hege 11 (Австрія) або Petkus СТ 100 (Німеччина). Препарати - протруйник фунгіцидний Максим XL 035 (Syngenta, Швейцарія) або Стандак Топ (BASF, Німеччина). Інокулянт Ризобофіт (Україна) або HiStick Soy (BASF). Вимоги до якості рівномірне покриття насіння препаратами, відсутність механічних пошкоджень, негайне висівання після інокуляції.

7. Сівба. Мета операції рівномірне розміщення насіння на задану глибину із забезпеченням щільного контакту з вологим ґрунтом для дружних сходів. Строк виконання: за стабільного прогрівання ґрунту на глибині загортання до +10...+12°C (кінець квітня – перша декада травня). Агрегат: пневматична сівалка точного висіву. Horsch Maestro 6 SW (Німеччина, 6-рядна) або Monosem NG Plus 4 (Франція, 4-рядна). Трактор Massey Ferguson 5711 (для 4 – 6-рядної сівалки) або John Deere 6120M. Спосіб сівби широкорядний (міжряддя 45 або 70 см) для середньо та пізньостиглих сортів; суцільний рядовий (міжряддя 15 см) для ранньостиглих сортів у зонах достатнього зволоження. Норма висіву 300 – 500 тис. схожих насінин/га (широкорядна), 500 – 800 тис. (суцільна). Вагова норма 80 – 180 кг/га. Глибина загортання: 3 – 5 см (важкі ґрунти), 4 – 6 см (легкі ґрунти). Вимоги до якості - відхилення норми висіву не більше $\pm 5\%$, нерівномірність між апаратами не більше $\pm 3\%$, рівномірна глибина загортання, прямолінійність рядків, відсутність огріхів.

8. Післяпосівне коткування (за потреби). Мета операції посилення капілярного підтягування вологи до насіння на легких ґрунтах та в посушливих умовах. Строк виконання одразу після сівби. Агрегат кільчасто-шпоровий коток Dal-Bo Maxiroll (Данія) або Guttler Supermaxx (Німеччина). Трактор Massey Ferguson 5711. Вимоги до якості - рівномірне ущільнення,

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

відсутність переущільнення важких ґрунтів (на запливаючих ґрунтах коткування після сівби не проводять).

9. Досходове та післясходове боронування (за потреби). Мета операції знищення ниткоподібних проростків бур'янів та руйнування ґрунтової кірки без пошкодження рослин сої. Строк виконання - досходове через 3 – 5 днів після сівби. Післясходове у фазі 1 – 2 справжніх листків сої. Агрегат легка посівна борона або пружинна борона Einböck. Трактор Massey Ferguson 5711. Вимоги до якості - швидкість руху не більше 5 – 6 км/год, рух уперек або по діагоналі до рядків, мінімальне пошкодження культурних рослин.

10. Внесення ґрунтових гербіцидів. Мета операції створення гербіцидного екрану для пригнічення проростків бур'янів на період 4 – 6 тижнів після сівби. Строк виконання до сівби з негайним загортанням або одразу після сівби до появи сходів. Агрегат причіпний або навісний обприскувач Amazone UF 1201 (1200 л, 12 м штанга) або Hardi Navigator (Данія). Трактор Massey Ferguson 5711 або New Holland T5.110. Препарати пендиметалін, S-метолахлор, прометрин, кломазон або їх бакові суміші. Норма виливу 200 – 300 л/га. Вимоги до якості - рівномірне покриття поверхні, відсутність пропусків і перекриттів, контроль знесення (швидкість вітру не більше 4 м/с).

11. Міжрядний обробіток (для широкорядних посівів). Мета операції знищення бур'янів у міжряддях, розпушування ґрунтової кірки, покращення аерації кореневої системи. Строк виконання: перший у фазі 2 – 3 справжніх листків сої; другий через 10 – 14 днів після першого; третій (за потреби) до змикання рядків. Агрегат просапний культиватор Kuhn Cultiline або Monosem Cultiplow. Трактор Massey Ferguson 5711. Глибина: поступове зменшення від 6 – 8 см (перший) до 3 – 4 см (останній). Вимоги до якості - повне підрізання бур'янів, відсутність пошкодження культурних рослин, захисна зона не менше 10 – 12 см.

12. Внесення післясходових гербіцидів (страхові обробки). Мета операції - знищення вегетуючих злакових і дводольних бур'янів у посівах сої.

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Строк виконання фаза 1 – 3 справжніх листків у сої, бур'яни фаза сім'ядолей – 2–4 листків. Агрегат обприскувач Amazone UF 1201 або Hardi Navigator. Трактор Massey Ferguson 5711. Препарати: проти злакових Фюзілад Форте (Syngenta) або Селект 120 (Adama); проти дводольних Базагран (BASF), Галаксі Ультра (Adama). Норма виливу 200–300 л/га. Вимоги до якості - рівномірне змочування бур'янів, відсутність перекриттів, дотримання температурного режиму (+15...+25 °C).

13. Позакореневі підживлення. Мета операції забезпечення рослин мікроелементами (бор, молібден, сірка, залізо) та підтримка азотфіксації у критичні фази розвитку. Строк виконання: фаза бутонізації – початку цвітіння; повторно - фаза наливу бобів (за потреби). Агрегат обприскувач Amazone UF 1201. Трактор Massey Ferguson 5711. Препарати - комплексні мікродобрива Інтермаг Профі Бобові (Україна), Нутривант Плюс Соя, хелати бору та молібдену. Норма виливу: 200 – 300 л/га. Вимоги до якості - дрібнодисперсне розпилення, рівномірне змочування листкової поверхні.

14. Інсектицидні та фунгіцидні обробки (за порогами шкодочинності). Мета операції захист посівів від основних шкідників (попелиці, довгоносики, совки, плодожерка, павутинний кліщ) та хвороб (кореневі гнилі, пероноспороз, плямистості, склеротиніоз). Строк виконання: за результатами моніторингу (зазвичай фаза бутонізації – цвітіння – наливу бобів). Агрегат обприскувач Amazone UF 1201 або Hardi Navigator. Трактор Massey Ferguson 5711. Інсектициди Енжіо (Syngenta), Карате Зеон (Syngenta), Нурелл Д (Adama). Фунгіциди Абакус (BASF), Ретенго (Bayer), Аканто Плюс (Syngenta). Норма виливу 200 – 300 л/га. Вимоги до якості рівномірне покриття рослин, дотримання строків очікування до збирання.

15. Десикація (за потреби). Мета операції прискорення рівномірного дозрівання, зниження вологості насіння, підсушування бур'янів для полегшення збирання. Строк виконання при побурінні 60 – 75 % бобів, вологість насіння 45 – 50 %. Агрегат обприскувач Amazone UF 1201 або Hardi Navigator. Трактор: Massey Ferguson 5711.

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

16. Збирання врожаю. Мета операції обмолот сої з мінімальними втратами та травмуванням зерна. Строк виконання: за вологості насіння 14 – 16% (господарська стиглість). Орієнтовно - вересень - жовтень. Агрегат зернозбиральний комбайн з гнучкою жаткою (flex). Claas Tucano 320 (Німеччина) - компактний, підходить для малих і середніх господарств. Швидкість руху: 4 - 6 км/год. Висота зрізу мінімальна, 3 - 5 см. Вимоги до якості - втрати за жаткою не більше 1 - 2 %, дроблення насіння не більше 2 %, чистота зерна в бункері не менше 95 %.

17. Післязбиральна обробка зерна. Агрегат зерноочисна машина Petkus K 541 (Німеччина) або Cimbria Delta (Данія).

3. Операційна технологія передпосівного обробітку ґрунту

3.1 Операційна технологія передпосівного обробітку ґрунту при вирощуванні сої

Умови роботи наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Умови роботи

Показник	Значення показника
Сільськогосподарська операція	Передпосівний обробіток ґрунту під посів сої
Марка трактора	Massey Ferguson 5711
Культиватор	КПУ 4
Довжина гонів, L м	900
Фон поля	Під посів
Кут підйому, %	2

Агротехнічні вимоги до передпосівного обробітку ґрунту під посів сої [3-9]:

Передпосівний обробіток розпочинають лише після досягнення ґрунтом фізичної стиглості - стану, коли він добре кришиться, не прилипає до робочих органів і не мажеться. Польові роботи виконують у максимально стислі строки, безпосередньо перед сівбою. Розрив між завершенням культивуації та початком сівби не повинен перевищувати однієї доби, а в умовах швидкого пересихання ґрунту - кількох годин. Це запобігає втратам вологи з розпушеного шару та утворенню ґрунтової кірки.

Розпушування проводять строго на глибину майбутнього загортання насіння сої. Оптимальна глибина становить 4 - 6 см. На легких ґрунтах та в умовах недостатнього зволоження допускається збільшення глибини до 6 - 8 см, але не більше, щоб не висушити посівний шар і не спровокувати надто глибоке загортання насіння під час сівби. Відхилення фактичної глибини від заданої не повинно перевищувати ± 1 см.

В зоні загортання насіння (горизонт 0 - 6 см) ґрунт має бути дрібногрудочкуватим, добре розпушеним, без великих брил і пилюватої фракції. Вміст грудочок розміром понад 2 см не допускається. Основна маса структурних агрегатів повинна мати розмір 1 - 10 мм. Така структура забезпечує щільний контакт насінини з ґрунтом, рівномірний доступ повітря, швидке і дружнє проростання. Модернізовані котки культиватора повинні забезпечувати інтенсивне кришіння грудок без переущільнення та розпилення поверхневого шару.

Поверхня поля після проходу агрегату має бути ретельно вирівняною, без гребенів, роз'ємних борозен, огріхів і незароблених слідів від коліс трактора. Допустима гребенистість не більше 2 - 3 см. Вирівняний мікрорельєф є критичним для подальшої сівби: він гарантує однакову глибину загортання насіння по всій площі, рівномірність сходів та спрощує низький зріз при збиранні.

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Нижче глибини розпушування, на рівні 5 - 7 см, повинна бути сформована злегка ущільнена капілярна підшва. Її призначення забезпечити надійний капілярний зв'язок насіннєвого ложа з нижніми, більш вологими горизонтами ґрунту. Саме по цій підшві волога підтягується до насіння, що є особливо важливим для сої, яка потребує багато вологи для набухання та проростання. Оптимальна щільність складення підшви для суглинкових ґрунтів становить 1,1 - 1,3 г/см³.

Обробіток має створити чітко диференційований профіль: верхній шар (0 - 3 см) рихлий, мульчуючий, що перешкоджає капілярному випаровуванню вологи в атмосферу; середній шар (3 - 6 см) розпушений, дрібногрудочкуватий, оптимальний для розміщення насіння; нижній шар (6 - 8 см і глибше) ущільнений, капілярний. Це досягається правильним налаштуванням тиску модернізованих котків, які ущільнюють підорний горизонт, але залишають поверхню розпушеною.

Передпосівний обробіток повинен максимально зберігати накопичену за осінньо-зимовий період вологу. Категорично забороняється пересушувати ґрунт зайвими проходами або виносити вологі шари на поверхню. Робочі органи культиватора мають працювати без вивертання нижніх вологих шарів, а котки виконувати ущільнення лише на заданій глибині, одночасно створюючи зверху рихлий мульчуючий шар, що виконує роль замка для вологи.

Культиватор повинен забезпечувати 100 % підрізання вегетуючих бур'янів та їх проростків у зоні обробітку. Лапи мають бути гострими, а глибина ходу виставлена так, щоб забезпечити суцільне підрізання кореневої системи бур'янів без вивертання ґрунту. Це значно знижує забур'яненість посіву на стартових етапах розвитку сої.

Обробіток має бути суцільним, без пропусків. Суміжні проходи агрегату виконують із перекриттям 10 - 15 см. Конструкція культиватора КПУ-4 та розташування модернізованих котків повинні забезпечувати однакову якість

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

кришіння, вирівнювання та ущільнення по всій ширині захвату як у центрі, так і на краях.

Котки культиватора повинні:

- забезпечувати однаковий тиск на ґрунт по всій ширині захвату;
- ефективно подрібнювати грудки до агротехнічно заданого розміру;
- формувати ущільнену підшву виключно на глибині 5 - 7 см, не переущільнюючи верхній шар;
- мати високу здатність до самоочищення від вологого ґрунту, не залипати й не порушувати мікрорельєф;
- створювати на поверхні дрібногребенистий або рівномірно шорсткий мікрорельєф, який запобігає стіканню води та розвитку вітрової ерозії.

Дотримання цих агротехнічних вимог є фундаментом для отримання дружних, рівномірних сходів сої. Своєю чергою, якість виконання вимог безпосередньо залежить від технічної досконалості робочих органів, зокрема модернізованих котків, які завершують формування насінневого ложа і значною мірою визначають майбутню врожайність культури.

Підготовка агрегату до роботи (операція передпосівний обробіток ґрунту під сою).

1. Перевірка технічного стану трактора. Перевіряють рівень моторної оливи, охолоджувальної рідини, палива. Заправляють повний бак для безперебійної роботи впродовж зміни.

Оглядають протектор, тиск у шинах доводять до рекомендованого заводом-виробником для польових робіт. Для трактора MF 5711 тиск у задніх шинах (18.4R34) зазвичай встановлюють 1,2 – 1,6 бар, у передніх 1,0 – 1,2 бар (залежно від баластування). Однаковий тиск у лівому та правому колесах обов'язковий.

Перевіряють рівень гідравлічної оливи, відсутність підтікань, справність швидкокороземних муфт. Переконаються, що гідравлічні виходи трактора

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

відповідають потребам культиватора (задня навіска, за потреби - додаткові гідролінії для складання секцій).

Регулюють розкоси та центральну тягу. Тяги навіски повинні бути симетричними, без люфтів та деформацій.

Перевіряють роботу світлової сигналізації (габарити, пробіскові маячки) - обов'язкова вимога для руху дорогами загального користування та безпеки в полі.

За потреби на передню частину трактора навішують баластні вантажі для забезпечення оптимального розподілу ваги (приблизно 40 % на передню вісь, 60 % на задню), стійкості під час руху та зменшення пробуксовування.

2. Перевірка комплектності та технічного стану культиватора КПУ-4.

Перевіряють відсутність тріщин, деформацій, ослаблених болтових з'єднань. Особливу увагу приділяють місцям кріплення робочих секцій і котків.

Оглядають стрілчасті лапи - вони мають бути гострими, без викришень і спрацювань. Затуплене лезо підвищує тяговий опір на 20 – 30% і погіршує якість підрізання бур'янів. Спрацьовані лапи замінюють або заточують.

Перевіряють стан кільчасто-шпорових або пруткових котків. Обертають кожну секцію вручну - обертання повинно бути плавним, без заїдань. Переконаються у відсутності деформацій дисків, цілісності підшипникових вузлів, наявності мастила. Перевіряють механізм регулювання тиску котків на ґрунт (пружини або гідравлічні циліндри) - він повинен бути справним і забезпечувати плавне регулювання.

Оглядають пальці, фіксатори, страхувальний ланцюг. Вушка навіски культиватора повинні збігатися з тягами навіски трактора.

3. Приєднання культиватора до трактора.

Трактор подають заднім ходом до культиватора на мінімальних обертах двигуна. Нижні тяги навіски трактора фіксують на пальцях причіпного пристрою культиватора та стопорять швидкознімними шплінтами. Центральну (верхню) тягу регулюють так, щоб у робочому положенні рама

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

культиватора була паралельною до поверхні ґрунту. Для цього попередньо виставляють її довжину за допомогою гвинтового механізму.

Бічні розкоси навіски регулюють так, щоб культиватор розташовувався симетрично відносно поздовжньої осі трактора, без бокового зміщення. Обмежувальні ланцюги (або телескопічні стабілізатори) нижніх тяг натягують для запобігання боковому розгойдуванню агрегату під час руху. За потреби приєднують гідравлічні шланги культиватора до виносних гідророз'ємів трактора, попередньо знепиливши муфти.

4. Регулювання на задану глибину обробітку.

Агрегат встановлюють на рівному майданчику (бетонованому або щільно утрамбованому). Під опорні колеса культиватора та під котки підкладають дерев'яні бруски завтовшки, що дорівнює заданій глибині обробітку (наприклад, 5 см). Опускають культиватор гідравлікою трактора до моменту, коли колеса та котки щільно спираються на бруски, а рама займає горизонтальне положення. Обертаючи центральну тягу навіски, досягають точно горизонтального положення рами в поздовжній площині (перевіряють будівельним рівнем). Регулюють бічні розкоси так, щоб рама була горизонтальною і в поперечній площині. Фіксують контргайками всі регульовальні вузли. Перевіряють, щоб усі лапи торкалися поверхні майданчика одночасно. Якщо окремі лапи відстають або надмірно опущені - регулюють їх положення на стояках (переставляють по отворах або регулюють гвинтовими механізмами).

5. Налаштування котків.

Регулювання тиску: за допомогою пружинного або гідравлічного механізму встановлюють оптимальний тиск котків на ґрунт. Тиск повинен бути достатнім для формування ущільненої капілярної підшви на глибині 5 – 7 см, але не надмірним, щоб не переущільнити верхній шар і не зруйнувати його структуру. Орієнтовне зусилля на одну секцію котка 30 – 50 кгс (уточнюють у польових умовах за щільністю підшви). Котки повинні бути строго паралельними до осі лап і рівномірно перекривати оброблену смугу по

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

всій ширині захвату без просвітів. Переконаються, що зазор між елементами котка (кільцями, прутками) та чистиками достатній для вільного повертання, але не допускає налипання ґрунту. За потреби регулюють положення чистиків. Після виставлення всі параметри фіксують, затягують кріплення, контрять різьбові з'єднання, перевіряють фіксацію пружин.

6. Підготовка до польових умов та перевірка в роботі.

Після завершення регулювань на майданчику культиватор підіймають у транспортне положення та перевіряють транспортний просвіт (має бути не менше 300 мм), фіксацію навіски. Перед виїздом у поле проводять контрольний огляд перевіряють затягування болтів, наявність шплінтів, відсутність сторонніх предметів на робочих органах. Безпосередньо в полі виконують пробний прохід на довжині 50 – 100 м з робочою швидкістю 8 – 10 км/год. Після пробного проходу зупиняють агрегат і перевіряють якість обробітку. Вимірюють лінійкою в кількох місцях по ширині захвату. Відхилення від заданої не більше ± 1 см. Вирівняність поверхні оцінюють візуально та за допомогою рейки гребенистість не більше 2 – 3 см. Структура ґрунту в зоні загортання насіння переважають грудочки 1 – 10 мм, великі брили (понад 2 см) відсутні. Формування підшви - під розпушеним шаром на глибині 5 - 7 см промацується ущільнений горизонт - перевіряють щупом або розкопуючи ґрунт. Перевіряють відсутність налипання ґрунту, рівномірність прокочування. За результатами пробного проходу проводять остаточне коригування: змінюють тиск котків, глибину ходу лап, довжину центральної тяги тощо. Після досягнення задовільних показників якості агрегат вважається готовим до роботи на всій площі.

3.2 Підготовка поля до роботи

Огляд поля перед початком робіт. Механізатор або агроном обстежує поле, щоб оцінити його готовність до обробітку. Перевіряють фізичну стиглість ґрунту. Виявляють наявність перешкод, які могли з'явитися після осіннього обробітку або взимку великих каменів, гілля, решток соломи, що не

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

розклалися. Усі сторонні предмети видаляють з поля, щоб запобігти поломкам культиватора та травмуванню механізатора.

Культивацію проводять упоперек або під кутом $30 - 45^\circ$ до напрямку основного обробітку (оранки або глибокого розпушування). Це забезпечує краще вирівнювання мікрорельєфу, ефективніше кришіння грудок та рівномірне ущільнення котками. Якщо поле має виражений схил, перший прохід планують уздовж горизонталей або з мінімальним ухилом для запобігання водній ерозії, але не впоперек крутого схилу.

По краях поля, перпендикулярно до обраного напрямку руху, відбивають поворотні смуги. Їх ширину розраховують так, щоб агрегат міг вільно виконати розворот, не зачіпаючи сусіднє поле чи перешкоду. Для трактора MF 5711 із навісним культиватором КПУ-4 ширина поворотної смуги становить 12 - 16 метрів (орієнтовно 3 - 4 ширини захвату агрегату). Межі поворотних смуг позначають вішками або орієнтуються на природні межі поля.

Для зменшення холостих переїздів велике поле ділять на прямокутні загінки. Оптимальна довжина загінки для агрегату з навісним знаряддям становить 600 - 1000 метрів. Ширину загінки підбирають кратною ширині захвату культиватора, з урахуванням способу руху. Для човникового способу ширина загінки має бути такою, щоб кількість проходів була непарною, і агрегат закінчував роботу на тому ж боці, де починав. Зазвичай ширина загінки для КПУ-4 становить 60 - 100 метрів (15 - 25 проходів). Межі загінок позначають вішками або використовують GPS-навігатор.

Для забезпечення прямолінійності поздовжніх проходів вішаками або за допомогою пінного маркера позначають лінію першого проходу. Вона має бути строго паралельною до довгої сторони загінки. Прямолінійний перший прохід задає якість усієї подальшої роботи, мінімізує огріхи та клини на стиках.

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Якщо поворотні смуги після зими мають надмірно ущільнений ґрунт або велику кількість рослинних решток, їх попередньо обробляють дисковими знаряддями або боронами, щоб вирівняти умови обробітку на всій площі поля.

3.3 Організація роботи агрегату в загінці

Для передпосівної культивуації з коткуванням застосовують човниковий спосіб руху. Він найпростіший, забезпечує однакову якість обробітку на всіх проходах і не потребує складного маневрування. Агрегат рухається вздовж довгої сторони загінки, на кінцях виконує холостий розворот на поворотній смузі та заходить на суміжний прохід у зворотному напрямку. Човниковий спосіб дозволяє уникнути плутання слідів та забезпечує стабільне перекриття між проходами.

Обробіток починають з одного з країв загінки. Перший прохід виконують строго по розміченій лінії. Після завершення проходу агрегат виїжджає на поворотну смугу, підіймає культиватор у транспортне положення, виконує розворот і заходить на другий прохід із перекриттям суміжного проходу на 10 - 15 см. Таким чином обробляють усю загінку до протилежного краю. Поворотні смуги обробляють окремо після завершення основного масиву: агрегат рухається вздовж краю поля, виконуючи 1 - 2 кругових проходи по периметру.

Робочу швидкість підтримують у межах 8 - 10 км/год. Це оптимальний діапазон, за якого котки встигають якісно кришити грудки і ущільнювати підорний шар, а лапи - чисто підрізати бур'яни. Трактор MF 5711 на такій швидкості працює в режимі помірного навантаження двигуна (70 - 85% номінальної потужності) з економною витратою палива. Перевищення швидкості понад 10 км/год призводить до викидання ґрунту, погіршення вирівнювання та надмірного розпушування.

Під'їжджаючи до межі поворотної смуги (за 1 - 2 метри до вішки), механізатор підіймає культиватор у транспортне положення важелем гідравліки. Після повного виїзду на поворотну смугу знижує швидкість до 4 -

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

5 км/год, виконує плавний розворот без крутих поворотів керма, щоб не пошкодити дернину та не залишити глибоких колій. Зайшовши на лінію наступного проходу, опускає культиватор і плавно набирає робочу швидкість. Опускання і піднімання знаряддя на ходу без зупинки агрегату зменшує витрати часу та виключає утворення горбів і ям на місці зупинки.

Для суцільної обробки без огріхів кожен наступний прохід виконують з перекриттям попереднього на 10 - 15 см. Механізатор орієнтується на слід крайнього колеса трактора або на смугу, ущільнену котками під час попереднього проходу. За наявності на тракторі системи GPS-навігації (наприклад, Trimble або John Deere StarFire) точність перекриття значно підвищується, що виключає огріхи та зменшує перевитрату часу на надмірне перекриття.

Кожні 1 - 2 години механізатор зупиняє агрегат для швидкого огляду робочих органів. Перевіряє, чи не забилися лапи рослинними рештками, чи вільно обертаються котки, чи немає налипання вологого ґрунту на диски. Періодично вимірює глибину обробітку лінійкою в кількох точках по ширині захвату. Особливу увагу приділяє роботі модернізованих котків: вони повинні рівномірно прокочувати оброблену смугу, не залишати неоперієних грудок і формувати чіткий ущільнений горизонт на глибині 5 - 7 см. При виявленні відхилень механізатор оперативно регулює тиск пружин котків або очищає робочі органи.

Заправку трактора паливом проводять за межами поля, на спеціально відведеному майданчику, щоб уникнути забруднення ґрунту. Там же виконують періодичне змащування підшипникових вузлів котків та шарнірів культиватора згідно з картою змащування. Тривалість робочої зміни планують так, щоб повністю завершити обробіток однієї загінки за один день, не залишаючи необроблених смуг до наступного дня це запобігає нерівномірному висиханню ґрунту.

Після обробітку основного масиву обробляють поворотні смуги. Їх культивують на ту саму глибину, що й основне поле, з обов'язковим

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

коткуванням. Стик поворотної смуги з основним масивом обробляють особливо ретельно, щоб не залишити межового гребеня чи борозни. Після завершення роботи агрегат очищають від ґрунту та рослинних решток, оглядають технічний стан, усувають виявлені несправності та переганяють до місця стоянки.

На основі агротехнічних вимог на посів сої, умов роботи та проведення розрахунків Додаток А, складаємо операційно технологічну карту, рис. 3.1.

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Операційна карта вирощування сої

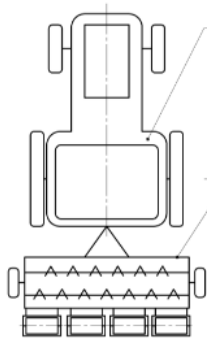
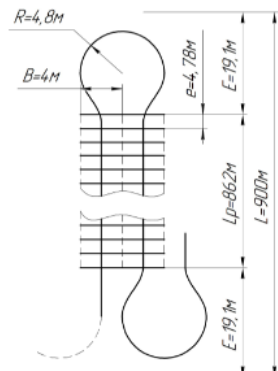
Назва груп показників	Параметри, вимоги, нормативи	Схеми
Умови роботи	Площа – 120 га, довжина гонів – 900 м, величина підйому – 0,02, питомий опір з поправкою на швидкість – 1,79 кН/м, глибина обробки – 6 см.	 Схема поля
Агротехнічні вимоги	Коливання ширини міжрядь повинно бути не більше: у основних ± 2 см, сусідніх проходів ± 5 см, відхилення від заданої глибини обробки ± 2 см. Не допускаються пропуски і необроблені ділянки поля.	
Склад агрегату і підготовка його до роботи	Трактор Massey Ferguson 5711, культиватор КПУ 4, робоча ширина захвату 4 м, мінімальний радіус повороту – 4,8 м, кінематична довжина агрегату – 9,3 м. Підготовка агрегату: 1. провести щозмінне ТО трактора і культиватора; 2. відрегулювати на задану глибину обробки; 3. встановити змінні робочі органи	 1 – трактор Massey Ferguson 5711 2 – культиватор КПУ 4
Підготовка поля	Перед початком роботи поле оглянути, перешкоди усунути, ширина поворотної смуги 19,1 м.	
Спосіб руху	Спосіб руху гонівий човниковий, спосіб повороту петльовий грушоподібний	 $R=4,8\text{ м}$ $B=4\text{ м}$ $E=4,78\text{ м}$ $Lp=86,2\text{ м}$ $L=900\text{ м}$ $E=19,1\text{ м}$
Швидкість руху	Робоча передача V, враховуючи буксування, робоча швидкість 10 км/год	L – довжина гонів, Lp – робоча довжина загінки, E – ширина поворотної смуги, e – довжина виїзду агрегату, Bp – ширина захвату агрегату.
Показники організаційного процесу	Тривалість циклу 16,9 хв, технічна продуктивність за цикл 0,73 га/ц; змінна продуктивність агрегату 18,37 га/зм, кількість циклів за зміну 25,2 ц/зм	
Контроль за якістю роботи сіялки	Відхилення від заданої глибини обробки повинно бути не більше ± 2 см.	При оцінці якості обробки ґрунту необхідно врахувати такі показники: візуально оглянути оброблену площу, оцінити рівномірність обробки, глибину розпушування та наявність скупчень великих грудок; перевірку глибини розпушення виконувати за допомогою вимірних інструментів, таких як лінійка або зонд; при використанні котків у складі агрегату перевірити щільність ґрунту на глибині посіву.

Рис. 3.1 Операційна карта вирощування сої

4. Інженерна частина

Обробіток ґрунту є комплексом механічних методів і технологічних заходів, спрямованих на покращення його структурного стану, підвищення родючості та створення оптимального середовища для росту і розвитку сільськогосподарських культур. До таких заходів належать різні технологічні операції, які забезпечують зміну фізичних і хімічних властивостей ґрунту, що безпосередньо впливають на рівень урожайності. Залежно від призначення виділяють три основні види обробітку ґрунту: основний, поверхневий та спеціальний, кожен із яких має свої особливості та потребує використання відповідних технічних засобів для реалізації технологічного процесу [14,15].

Однією з основних операцій, що формує необхідні умови для якісного висіву насіння, є поверхневий обробіток ґрунту, важливою складовою якого виступає культивація. Культиватори використовуються для розпушення поверхневого шару ґрунту на визначену глибину, знищення бур'янів та підготовки насіннєвого ложа. Крім цього, вони можуть виконувати внесення мінеральних добрив та інші операції, пов'язані з підготовкою поля до посіву, тому передпосівний обробіток належить до основних напрямів їх застосування [16-18].

Для виконання зазначених технологічних операцій використовуються універсальні культиватори суцільного обробітку. Сучасні моделі таких машин оснащуються різноманітними функціональними модулями, що забезпечують одночасне виконання кількох операцій за один прохід агрегату, розширюючи їх функціональні можливості. У результаті цього культиватори поступово набувають ознак універсальних багатофункціональних ґрунтообробних машин. Для визначення їх конструктивних переваг і виявлення існуючих недоліків доцільно проаналізувати найбільш поширені зразки такої техніки.

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

4.1 Огляд конструкцій культиваторів для передпосівного обробітку ґрунту

Оскільки на характер утворення насіннєвого ложа під час передпосівного обробітку ґрунту найбільший вплив має задня частина культиватора де розміщуються котки, загортачі, шлейфи то максимальну увагу зосередимо саме на котках культиваторів. Котки кришать, вирівнюють і ущільнюють ґрунт формуючи посівну підшову на необхідній глибині, що відповідає глибині посіву культури, забезпечуючи формування сприятливих умов для проростання насіння.

KUHN Prolander (рис. 4.1) - це багатофункціональний культиватор з 5 рядами вібруючих S-подібних пружинних зубів розміром 70×12 мм. Доступний у навісному виконанні шириною 4, 5 і 6 м та причіпному — 6, 7,5, 9, 12 і 14 м. Потребує лише 25 к.с. на метр ширини захвату, що робить його економічним у роботі [19].



Рис. 4.1 KUHN Prolander

Prolander оснащується кількома варіантами котків - кільчастим, трубчастим або гумовим. Регулювання глибини здійснюється саме через коток. Відстань між рядами зубів збільшується від 60 см попереду до 80 см ззаду, що забезпечує кращий прохід ґрунту через машину.

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Недоліки - коток за конструкцією є прив'язаним до рами жорстко, що на полях із значним рельєфом може призводити до нерівномірного ущільнення по ширині. При роботі на вологих глинистих ґрунтах кільчастий коток схильний до налипання - самоочисна здатність недостатня без спеціального обладнання. Тиск котка не регулюється в русі - тільки механічно, що ускладнює адаптацію до різних типів ґрунтів.

Tiger AS (рис. 4.2) має 4-балкову раму, крок розміщення лап 23 см, висота рами 85 см, один ряд вирівнювальних дисків, колісний коток і коток TopRing [20]. Це спеціалізований передпосівний варіант лінійки Tiger, розрахований на неглибокий обробіток (5–20 см) перед сівбою.



Рис. 4.2 HORSCH Tiger AS

Tiger AS комплектується двома котками одночасно: колісним (пневматичним) для регулювання глибини і коток TopRing - спеціальний зірчастий кільцевий коток, що одночасно дробить грудки і ущільнює поверхню. У боротьбі за збереження вологи важливо використовувати важкі котки, які мінімізують втрати вологи в міжсезоння, а при передпосівній підготовці підтягують ґрунтову вологу для отримання дружних сходів.

Недоліки - TopRing складна конструкція з великою кількістю рухомих елементів, що підвищує вимоги до технічного обслуговування. Система

подвійного котка суттєво збільшує масу агрегату і вимоги до тягового класу трактора. На мокрих ґрунтах кільцевий коток може наліплювати великі шматки ґрунту між елементами, що не тільки знижує якість роботи, але і є причиною зупинок для очищення. Висока ціна котків TopRing та їх складність при ремонті - суттєвий мінус для українських господарств.

LEMKEN Karat 9 (рис. 4.3) - інтенсивний культиватор, що добре підходить як для першого поверхневого, так і для глибокого та інтенсивного обробітку стерні після збору врожаю та гарантує інтенсивне перемішування і підготовку ґрунту до посіву. Завдяки інноваційній швидкозмінній системі лап вже в базовій комплектації можна швидко та просто пристосувати культиватор до роботи в будь-яких умовах [21].



Рис. 4.3 LEMKEN Karat 9

Напівнавісні культиватори для інтенсивної обробки Karat в стандартній комплектації оснащені гідравлічним пристроєм регулювання глибини, що дозволяє з кабіни трактора плавно регулювати глибину обробки за допомогою прикочувальних котків. При зміні глибини обробки підлаштування напівсферичних дисків не потрібно. Для точного ведення на глибині кожен блок котка і напівсферичного диска оснащений маятниковим компенсатором, який забезпечує плавний хід і постійне ведення на глибині. Культиватор комплектується різними типами котків — спіральними, трубчастими, гумовими.

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

Недоліки - за результатами випробувань культиватора Lemken Karat 9/600KA за 259 годин основного часу роботи відбулося 6 відмов другої групи складності конструкційного характеру, наробіток на відмову склав 43,2 год. Це вказує на певну недовговічність вузлів при інтенсивній експлуатації. Трубчастий коток (стандартна опція) не забезпечує достатнього дроблення великих грудок на важких ґрунтах - для цього потрібно доплачувати за спіральний варіант. Гідравлічне регулювання глибини через коток - перевага, але будь-яка несправність гідросистеми унеможливорює точне ведення. Маятниковий компенсатор - складний вузол, який потребує регулярного обслуговування.

Культиватор VECTOR від Köckerling (рис. 4.4) - це чотирирядне багатофункціональне знаряддя для мілкої пожнивної обробки, основного обробітку і глибокого розпушування ґрунту до 40 см. Унікальність знаряддя полягає в системі регулювання глибини Easy-Shift, за допомогою якої можна безступінчасто регулювати глибину обробки без необхідності зупинки і виходу з кабіни трактора [22].



Рис. 4.4 Köckerling Vector

Культиватор Vector 460 оснащений тандемним котком STS діаметром 530 мм і штригелем. Тандемна схема (два менші котки в шаховому порядку) забезпечує якісніше ущільнення та дроблення грудок порівняно з одним

великим котком. Котки Vector відмінно працюють, продуктивність в середньому становить 80 га за день, а витрата пального не перевищує 10 л/га.

Недоліки - тандемний коток STS 530 мм масивна конструкція, яка збільшує транспортну масу агрегату. Підшипникові вузли тандемного котка вимагають регулярного мащення; при роботі з мокрим ґрунтом або великою кількістю рослинних решток можуть утворюватися «намотування» між котками. Діаметр 530 мм - дещо малий для роботи на важких злиптистих чорноземах: більший діаметр давав би кращий самоочисний ефект. Easy-Shift регулює глибину через тиск котка, а не через окремі ходові колеса, тому на нерівному рельєфі можливе відхилення від заданої глибини.

Культиватор КПН-4,0-4Р (рис. 4.5) призначений для суцільного передпосівного обробітку ґрунту на глибину до 12 см з одночасним підрізанням кореневої системи бур'янів, кришінням, вирівнюванням і прикочуванням поверхні ґрунту, а також для догляду за парами [23]. Розрахований на роботу з тракторами МТЗ-80/82 потужністю від 80 до 120 к.с.



Рис. 4.5 КПН-4,0-4Р - ТОВ «ІСМ Промінь»

Кронштейн кріплення рами котка приєднаний до поперечних балок основної рами, що зменшило навантаження на задню балку основної рами

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

агрегату. Коток - стандартний прикочувальний кільчасто-зубчастий або трубчастий, навішується в задній частині рами. 4-рядна компоновка лап дозволяє використовувати культиватор навіть в умовах вкрай великого заповнення поля пожнивними рештками, чого не можуть собі дозволити 2- та 3-рядні аналоги.

Недоліки - коток встановлений консольно на задній балці рами - при підйомі агрегату для розвороту коток часто стає важелем і навантажує задню балку. Виробник частково вирішив це кріпленням до поперечних балок, але проблема не усунута повністю. Відсутня гідравлічна регулювання тиску котка - тільки механічна перестановка, що є суттєвим обмеженням. Для роботи на пересохлих злиптих ґрунтах кільчастий коток стандартної комплектації недостатньо агресивний для дроблення великих брил. Напівпричіпна схема агрегування ускладнює маневрування на невеликих полях.

Найбільш вдосконаленою котковою частиною відрізняються LEMKEN Karat 9 (гідравлічна регулювання, маятниковий компенсатор) і Köckerling Vector (тандемний коток з Easy-Shift). HORSCH Tiger AS пропонує унікальний TopRing, але з підвищеними вимогами до ТО. KUHN Prolander - оптимальний баланс простоти та ефективності. КПП-4,0-4Р залишається доступною українською альтернативою з мінімальними вдосконаленнями котка. Спільний недолік усіх котків на мокрих ґрунтах - схильність до замулювання, яку вирішують лише дорогі конструктивні опції.

4.2 Стан питання про машину, що модернізується

За результатами аналізу ґрунтообробної техніки, представленої на ринку України, встановлено, що більшість машин забезпечують ефективне формування необхідного агрегатного складу ґрунту. Проте проблема якісного ущільнення насінневого ложа залишається недостатньо вирішеною. У зв'язку з цим для подальшого вдосконалення технології передпосівного обробітку як базову модель було обрано культиватор КПУ 4 виробництва компанії П.П. Савицький М.І. [24], який є доступним багатофункціональним агрегатом.

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Культиватор КПУ 4 призначений для виконання суцільного передпосівного та парового обробітку ґрунту. Його конструкція передбачає використання пальцевих котків, які забезпечують інтенсивне кришення ґрунту та здійснюють обробіток по всій ширині захвату агрегату (рис. 4.6).

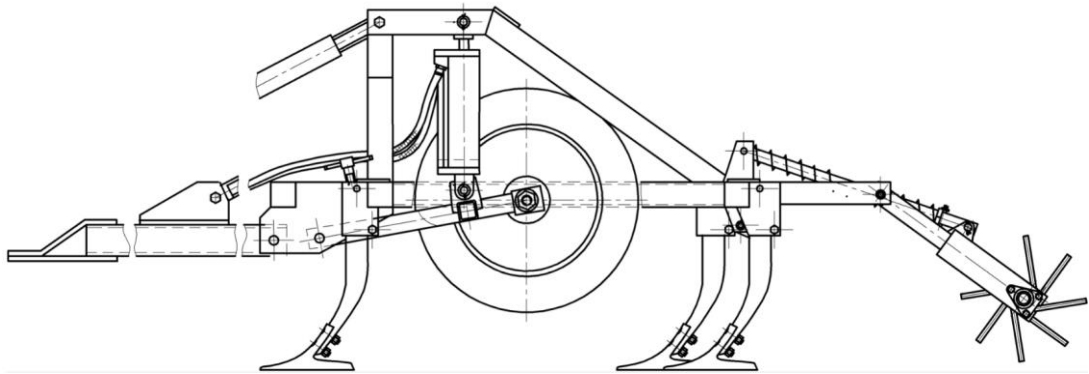


Рис. 4.6 Схема культиватора КПУ 4

Пальцевий коток має таку конструктивну будову (рис. 4.7). Рама котка 1 оснащена віссю 2, яка закріплюється в ступицях 3. На осі по всій ширині захвату встановлені секції пальцевих дисків 4, розміщені попарно та зміщені одна відносно одної для забезпечення взаємного перекриття з визначеним кроком. Завдяки наявності проміжків між секціями пальцевих дисків забезпечується самоочищення котка від налипання ґрунту під час роботи за умов підвищеної вологості.

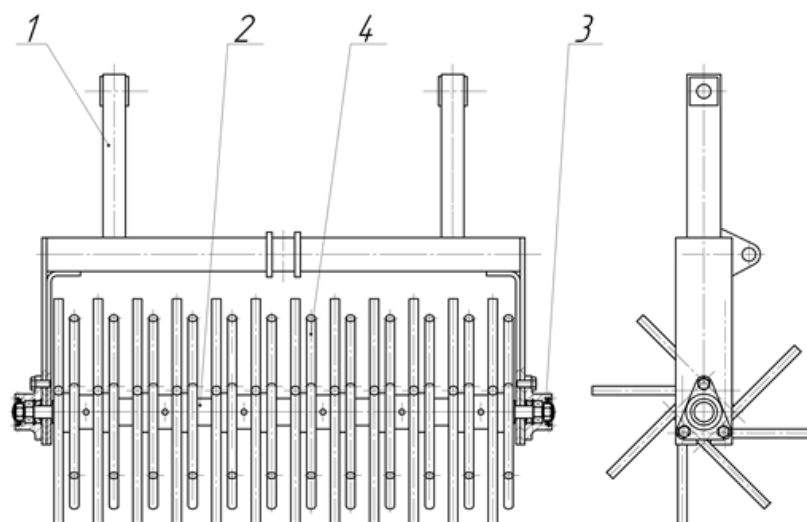


Рис. 4.7 Пальцевий коток КПУ 4:

1 – рама; 2 – вісь; 3 – ступиця; 4 – секція

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

Разом з тим суттєвим недоліком такої конструкції є відсутність можливості забезпечення рівномірного ущільнення ґрунту по всій ширині захвату, а також недостатня ефективність формування насінневого ложа в умовах посушливого періоду. У зв'язку з цим було виконано модернізацію батареї котків культиватора КПУ 4 шляхом розроблення нової конструкції котка універсальної дії, здатного одночасно виконувати подрібнення ґрунту, вирівнювання поверхні поля та ущільнення насінневого ложа на глибині висіву насіння сої.

Для подальшого вдосконалення конструкції прикочуючого котка, призначеного для передпосівного обробітку ґрунту, необхідним є наукове обґрунтування процесу формування його робочих параметрів. Результати теоретичних та експериментальних досліджень [25-34] підтверджують, що під дією ґрунтообробних машин у ґрунтовому масиві формуються поля напружень і деформацій. Встановлено, що саме характер їх розподілу визначає ефективність процесу прикочування. У зв'язку з цим конструктивне виконання робочої поверхні котка суттєво впливає на якість технологічного процесу, дозволяючи забезпечити рівномірне ущільнення ґрунту по всій ширині захвату та на необхідній глибині обробітку.

Аналіз сучасних конструкцій прикочуючих котків [25-29] показав, що ефективність виконання технологічного процесу значною мірою визначається геометрією робочої поверхні та особливостями конструкції котка. До основних недоліків існуючих рішень належать нерівномірний розподіл ущільнення по ширині захвату, а також переважний вплив робочих елементів лише на верхній шар ґрунту.

Для усунення виявлених недоліків запропоновано використання робочих елементів кулачкового типу [35], розміщених на поверхні котка. Конструкція передбачає два рівні дії (рис. 4.8). Перший рівень утворений ободом котка і забезпечує рівномірне ущільнення верхнього шару ґрунту. Другий рівень сформований криволінійними кулачками, призначеними для ущільнення нижніх шарів. Запропонований коток містить бічні поверхні 1, на

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

яких розташована робоча криволінійна поверхня 2. На цій поверхні кулачки 3 встановлені по гвинтовій лінії з перекриттям зон дії та мають власний криволінійний профіль. Для подальшого теоретичного аналізу приймається, що профіль поверхні котка і кулачків у поперечному перерізі має еліптичну форму.

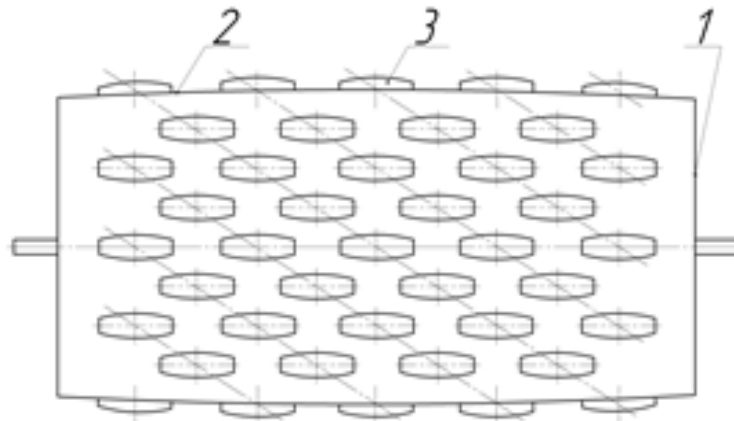


Рис. 4.8 Коток для культиватора КПУ 4:

1 – бічна поверхня, 2 – робоча поверхня, 3 – кулачки

Робочий процес прикочування відбувається таким чином: під час руху котка його основна поверхня 2 здійснює рівномірне ущільнення верхнього шару ґрунту, тоді як кулачки 3, розташовані по гвинтовій траєкторії, забезпечують ущільнення нижніх шарів на максимальній глибині дії. Завдяки такому розташуванню досягається вирівнювання щільності ґрунту по всій ширині захвату котка.

Для обґрунтування конструктивних параметрів і дослідження особливостей роботи запропонованого котка необхідно розробити математичну модель та провести теоретичний аналіз його взаємодії з ґрунтовим середовищем.

4.3 Розрахунок основних параметрів прикочуючого котка культиватора КПУ 4

Умови роботи

Параметр	Позначення	Значення
Тип ґрунту		Суглинистий чорнозем після оранки
Вологість ґрунту	W	18 %
Швидкість руху агрегату	V	10 км/год = 2,778 м/с
Глибина ущільнення ободом (1-й рівень)	h_1	2,5 см = 0,025 м
Глибина дії кулачків (2-й рівень)	h_2	8,0 см = 0,080 м
Ширина захвату культиватора	B	4,0 м
Кількість секцій котка	n_s	4
Ширина однієї секції	B_s	1,0 м

Довідкові характеристики суглинистого чорнозему при $w = 18\%$
(За нормативними даними: ГОСТ 20276, Погорілий (1991) та [36-38])

Характеристика	Позначення	Значення
Щільність після оранки	ρ_o	1,05 г/см ³
Оптимальна щільність (для сходів)	ρ_{opt}	1,20 г/см ³
Питоме зчеплення	c	30 кПа
Кут внутрішнього тертя	φ	30°
Питомий опір вдавлюванню (рихлий шар)	k_{pen}	0,10 МПа

Коефіцієнт пасивного тиску ґрунту (рихлий)	K_p	1,7
Коефіцієнт опору коченню	f_r	0,12
Рекомендоване лінійне навантаження	q	2500 Н/м

Діаметр та радіус котка

Для циліндричного котка, що котиться по ґрунті, глибина занурення ободу пов'язана з радіусом і кутом контакту формулою:

$$h_1 = R \cdot (1 - \cos(\theta)).$$

Для культиваторних прикочуючих котків рекомендований кут контакту $\theta = 25^\circ$. Тоді:

$$R = \frac{h_1}{(1 - \cos(\theta))},$$

$$R = \frac{0,025}{(1 - \cos(25^\circ))} = \frac{0,025}{0,094} = 0,266 \text{ м}.$$

Приймаємо стандартне значення: $R = 0,275 \text{ м} \rightarrow D = 0,55 \text{ м}$.

Ширина контактної смуги ободу

$$\alpha_0 = R \cdot \sin(\theta),$$

$$\alpha_0 = 0,275 \cdot \sin(25^\circ) = 0,275 \cdot 0,423 = 0,116 \text{ м}.$$

Периметр котка

$$C = \pi \cdot D,$$

$$C = 3,14 \cdot 0,55 = 1,728 \text{ м}.$$

Висота кулачків

Кулачки забезпечують другий рівень ущільнення. Їх висота над ободом котка:

$$h_k = h_2 - h_1,$$

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

$$h_k = 8,0 - 2,6 = 5,4 \approx 5,5 \text{ см} = 0,055 \text{ м}.$$

Зовнішній діаметр з кулачками та геометрична перевірка

$$R_0 = R + h_k,$$

$$R_0 = 275 + 55 = 330 \text{ мм}.$$

Центр котка знаходиться на висоті над поверхнею ґрунту:

$$H_c = R - h_1,$$

$$H_c = 275 - 26 = 249 \text{ мм}.$$

Глибина вершини нижнього кулачка нижче поверхні ґрунту:

$$h_2 = (R + h_k) - H_c,$$

$$h_2 = 330 - 249 = 81 \text{ мм} = 8,1 \text{ см}.$$

Розрахунок параметрів кулачків

Згідно з вихідними умовами завдання, профіль поверхні котка і кулачків у поперечному перерізі має еліптичну форму. Кулачок має напівеліптичний (купольний) профіль з напівосями:

b_k - вертикальна напіввісь (висота кулачка):

$$b_k = h_k = 55 \text{ мм}.$$

a_k - горизонтальна напіввісь (напівширина основи). З умови оптимального коефіцієнта форми $\frac{a_k}{b_k} = 0,55$ для проникання в ґрунт:

$$a_k = 0,55 \cdot b_k,$$

$$a_k = 0,55 \cdot 55 = 30,25 \text{ мм}.$$

Рівняння еліптичного профілю в поперечному перерізі (за глибиною z від вершини):

$$\frac{x^2}{a_k^2} + \frac{(b_k - z)^2}{b_k^2} = 1, \quad z \in [0, h_k].$$

Середня площа поперечного перерізу кулачка

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

При вдавлюванні кулачка на повну глибину $h_k = b_k$ середня напівширина (інтегрально):

$$\bar{x} = a_k \cdot \left(\frac{\pi}{4} \right),$$

$$\bar{x} = 30 \cdot 0,785 = 23,6 \text{ мм}.$$

Середня площа поперечного перерізу при вдавлюванні:

$$A_{kc} = 2 \cdot \bar{x} \cdot L_k,$$

де L_k - довжина кулачка вздовж осі котка, $L_k = 60 \text{ мм}$.

$$A_{kc} = 2 \cdot 0,0236 \cdot 0,060 = 2,83 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Кількість кулачків по колу (в одному ряді)

Приймаємо $n_c = 6$ кулачків по колу (рівномірно через 60°).

$$t_c = \frac{C}{n_c},$$

де t_c - дугова відстань між сусідніми кулачками по колу.

$$t_c = \frac{1728}{6} = 288 \text{ мм}$$

Кількість рядів кулачків по ширині секції

Осьовий крок між рядами $t_a = 100 \text{ мм}$ (при $L_k = 60 \text{ мм}$ забезпечується зазор 40 мм між кулачками для проходу ґрунту).

$$n_r = \frac{B_s}{t_a},$$

$$n_r = \frac{1000}{100} = 10 \text{ рядів}$$

Загальна кількість кулачків на одну секцію:

$$N = n_c \cdot n_r,$$

$$N = 6 \cdot 10 = 60 \text{ кулачків}$$

На весь коток (4 секції):

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$N_k = 4 \cdot 60 = 240 \text{ кулачків}$$

Параметри гвинтової лінії

Крок гвинтової лінії (осьове переміщення за один оберт котка):

$$p_h = t_a = 100 \text{ мм} = 0,1 \text{ м}$$

Кут підйому гвинтової лінії:

$$\operatorname{tg}(\varphi_h) = \frac{p_h}{\pi \cdot D},$$

$$\operatorname{tg}(\varphi_h) = \frac{0,1}{3,14 \cdot 0,55} = \frac{0,1}{1,728} = 0,0579,$$

$$\varphi_h = \operatorname{arctg}(0,0579) = 3^\circ 31'.$$

Довжина гвинтової лінії за один оберт:

$$L_h = \sqrt{p_h^2 + (\pi \cdot D)^2},$$

$$L_h = \sqrt{0,01 + 2,986} = 1,731 \text{ м}.$$

Кінематичний розрахунок

Кутова швидкість обертання котка:

$$\omega = \frac{V}{R},$$

$$\omega = \frac{2,778}{0,275} = 10,10 \text{ рад / с}$$

Частота обертання:

$$n = \frac{60 \cdot \omega}{2 \cdot \pi},$$

$$n = \frac{60 \cdot 10,10}{2 \cdot 3,14} = 96,5 \text{ об / хв}.$$

Частота ударів кулачків (на одну секцію):

$$f_{y\partial} = \frac{n_c \cdot n}{60},$$

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

$$f_{y\partial} = \frac{6 \cdot 96,5}{60} = 9,65 \text{ y}\partial / \text{c} .$$

Відстань між слідами кулачків у напрямку руху:

$$d_{cl} = \frac{V}{f_{y\partial}} ,$$

$$d_{cl} = \frac{2,788}{9,65} = 0,288 \text{ м} .$$

Кут першого торкання кулачка з поверхнею ґрунту. Кулачок вперше торкається поверхні ґрунту на куті від вертикалі:

$$\varphi_m = \arccos\left(\frac{H_c}{R_o}\right) ,$$

$$\varphi_m = \arccos\left(\frac{249}{330}\right) = \arccos(0,755) = 40,9^\circ .$$

Кулачок вступає в контакт з ґрунтом за $49,1^\circ$ до нижньої точки - забезпечується плавне занурення без різких ударів.

Силовий розрахунок

Нормальне навантаження на секцію котка. Рекомендоване питоме лінійне навантаження $q = 2500 \text{ Н / м}$:

$$Q_1 = q \cdot B_s ,$$

$$Q_1 = 2500 \cdot 1,0 = 2500 \text{ Н} .$$

Маса однієї секції котка:

$$m_s = \frac{Q_1}{g} ,$$

$$m_s = \frac{2500}{9,81} = 255 \text{ кг} .$$

Загальне нормальне навантаження (4 секції):

$$Q_m = 4 \cdot 2500 = 10000 \text{ Н} = 10 \text{ кН} .$$

Середній контактний тиск ободу:

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

$$p_{сер} = \frac{Q_1}{(2a_0 \cdot B_s)},$$

$$p_{сер} = \frac{2500}{0,232 \cdot 1,0} = 10766 \text{ Па} = 10,8 \text{ кПа}.$$

Для суглинистого чорнозему після оранки оптимальний тиск становить 10 - 30 кПа.

Зусилля вдавлювання одного кулачка:

$$F_{\kappa} = k_{pen} \cdot A_{\kappa},$$

$$F_{\kappa} = 0,10 \cdot 10^6 \cdot 2,83 \cdot 10^{-3} = 283 \text{ Н}.$$

Кількість одночасно занурених кулачків. Частка кола, що перебуває в контакті з ґрунтом:

$$\xi_{\kappa} = \frac{2 \cdot \theta}{360^{\circ}},$$

$$\xi_{\kappa} = \frac{50^{\circ}}{360^{\circ}} = 0,139.$$

Кількість кулачків у контакті (на одну секцію):

$$n_{зан} = N \cdot \xi,$$

$$n_{зан} = 60 \cdot 0,139 = 8,3 \approx 8 \text{ кулачків}$$

Для 4 секцій це 32 кулачки.

Горизонтальна складова зусилля від кулачків. Опір кулачка переміщенню в ґрунті (за спрощеною теорією граничного стану):

$$F_{\kappa h} = c \cdot K_p \cdot A_{np},$$

$$F_{\kappa h} = 30000 \cdot 1,7 \cdot 0,0033 = 168 \text{ Н / кулачок}$$

Загальне зусилля від кулачків:

$$F_{кул} = n_z \cdot F_{\kappa h},$$

$$F_{кул} = 32 \cdot 168 = 5376 \text{ Н} = 5,4 \text{ кН}.$$

Опір коченню ободу:

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

$$F_r = f_r \cdot Q_t,$$

$$F_r = 0,12 \cdot 10000 = 1200 \text{ Н} = 1,2 \text{ кН}$$

Загальний тяговий опір котка:

$$F_t = F_r + F_{\text{кул}},$$

$$F_t = 1200 + 5376 = 6576 \text{ Н} = 6,6 \text{ кН}.$$

Потужність на переміщення котка:

$$P = F_t \cdot V,$$

$$P = 6576 \cdot 2,778 = 18268 \text{ Вт} \approx 18,3 \text{ кВт} \approx 24,9 \text{ к.с.}$$

За результатами проведеного розрахунку визначені основні параметри кулачкового прикочуючого котка для культиватора КПУ-4:

1. Діаметр котка (за ободом) $D = 0,55 \text{ м}$ забезпечує необхідну глибину ущільнення верхнього шару $h_1 = 2,6 \text{ см}$ (перший рівень дії) при куті контакту $\theta = 25^\circ$.

2. Кулачки з еліптичним профілем ($a_k = 30 \text{ мм}$, $b_k = 55 \text{ мм}$) висотою $h_k = 55 \text{ мм}$ забезпечують ущільнення нижнього шару на глибині $h_2 = 8,1 \text{ см}$ (другий рівень дії).

3. Гвинтове розміщення 60 кулачків на секцію ($n_c = 6$ по колу $\times n_r = 10$ рядів) з кутом підйому $\varphi_h = 3^\circ 19'$ забезпечує рівномірне ущільнення по всій ширині захвату 4 м.

4. Середній контактний тиск ободу $p_{\text{сер}} = 10,8 \text{ кПа}$ відповідає агрономічній нормі (10 - 30 кПа) для суглинистого чорнозему при $W = 18 \%$.

5. Загальний тяговий опір котка $F_t = 6,6 \text{ кН}$ при потужності $P = 18,3 \text{ кВт}$ є допустимим для агрегування з обраним для цієї операції трактором.

5. Охорона праці

Охорона праці та безпека життєдіяльності під час виконання передпосівного обробітку ґрунту [39-45].

1. Загальні вимоги до механізатора

До роботи допускаються особи, які досягли 18-річного віку, мають посвідчення тракториста-машиніста відповідної категорії, пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктаж на робочому місці.

Механізатор зобов'язаний знати інструкцію з експлуатації трактора MF 5711 та культиватора КПУ-4, особливості конструкції модернізованих котків, безпечні методи роботи, правила надання першої допомоги та місця розташування аптечки.

Працювати дозволяється лише у спецодязі застібнутому комбінезоні (куртка - поверх штанів), закритому взутті з рифленою підошвою, головному уборі. За наявності пилу використовують респіратор. Категорично заборонено носити вільний одяг, який може бути захоплений рухомими частинами.

Механізатор не повинен перебувати в стані алкогольного, наркотичного чи токсичного сп'яніння. Заборонено курити в кабіні трактора та безпосередньо біля нього.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

Огляд трактора: перевіряють справність гальм, рульового керування, освітлювальних приладів (габарити, стоп-сигнали, проблисковий маячок), гідравлічної системи, звукового сигналу, блокування запуску двигуна. Усі захисні кожухи та щитки повинні бути на місці.

Огляд культиватора: переконуються у відсутності тріщин на рамі, надійності кріплення лап і особливо модернізованих котків. Перевіряють стан пружин, фіксаторів, чистиків. Сторонні предмети на робочих органах видаляють.

Приєднання агрегату виконують лише на знижених обертах двигуна, без ривків. Механізатор повинен переконатися, що між трактором і знаряддям

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

нікого немає. Після з'єднання фіксують навіску шплінтами та страхувальними ланцюгами. Категорично заборонено перебувати під піднятим знаряддям.

Перевірка гідравліки - гідрошланги не повинні мати тріщин, потертостей, підтікань оливи. Потрапляння струменя гідравлічної оливи під тиском на шкіру спричиняє важкі травми - для пошуку витоків використовують лише картон або захисні окуляри, а не руки.

Регулювання - усі регулювання глибини, тиску котків, натягу пружин проводять лише при заглушеному двигуні, опущеному на землю знарядді та загальмованому тракторі.

3. Вимоги безпеки під час виконання роботи

Початок руху: перед початком руху механізатор подає звуковий сигнал, переконується у відсутності людей, тварин або перешкод у зоні руху агрегату попереду, позаду та збоку.

Робоча швидкість 8 - 10 км/год. Перевищення швидкості призводить до втрати контролю над агрегатом, погіршення якості обробітку та збільшує ризик перекидання на нерівностях.

Заборонено перевозити на рамі культиватора, котках або крилах будь-яких осіб. У кабіні трактора дозволено перебувати лише механізатору. Сторонні пасажери категорично не допускаються.

Розвороти виконують лише на поворотних смугах, після повного підняття культиватора в транспортне положення. Швидкість на розворотах знижують до 4 - 5 км/год. Різкі повороти з опущеним знаряддям призводять до поломок, а на схилах - до перекидання трактора.

Рух на схилах - працюють лише на полях з ухилом, допустимим для трактора MF 5711 (зазвичай не більше 8 - 10°). Рух на підйом і спуск виконують плавно, без різкого гальмування та перемикання передач. Поперек схилу рухаються з особливою обережністю, враховуючи зміщення центру ваги через навішене знаряддя.

Очищення робочих органів: проводять лише після повної зупинки агрегату, опускання культиватора на землю, вимкнення двигуна трактора та

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

затягування стоянкового гальма. Для очищення модернізованих котків від налиплого ґрунту використовують спеціальні чистики або дерев'яні скребки - категорично заборонено застосовувати ноги або руки для скидання ґрунту під час руху.

Усунення несправностей, регулювання, змащування - будь-які дії з технічного обслуговування в полі виконують лише при заглушеному двигуні. Якщо несправність виявлена під час руху, агрегат негайно зупиняють.

Навіть під час короточасних зупинок культиватор опускають на землю, двигун глушать, трактор загальмовують. Категорично заборонено відпочивати в тіні агрегату, особливо під піднятим знаряддям.

4. Вимоги безпеки під час транспортування агрегату

Під час переїздів дорогами загального користування культиватор піднімають у транспортне положення та фіксують механічним замком навіски, щоб запобігти самовільному опусканню.

Якщо ширина агрегату перевищує дозволені для дорожнього руху габарити (більше 3,0 – 4,1 м), крила культиватора складають або транспортують агрегат лише польовими дорогами.

Включають пробісковий маячок, габаритні вогні та аварійну сигналізацію. На знаряддя, що виступає за габарити трактора, кріплять світловідбивачі або сигнальні щитки.

Швидкість руху транспортованого агрегату не повинна перевищувати 20 - 25 км/год ґрунтовими дорогами та 30 - 35 км/год - асфальтованими.

Під час руху не можна різко гальмувати або повертати, оскільки навісне знаряддя суттєво змінює стійкість трактора.

5. Пожежна безпека

Трактор MF 5711 повинен бути укомплектований вогнегасником (порошковим або вуглекислотним) об'ємом не менше 2 літрів, який регулярно перевіряють і перезаряджають.

Заборонено палити під час заправки паливом, біля відкритих ємностей з паливом та мастильними матеріалами.

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Не допускається підтікання палива, оливи чи гідравлічної рідини, які можуть стати причиною займання при контакті з гарячими деталями двигуна.

У разі загоряння електропроводки або палива двигун негайно глушать, перекривають подачу палива, а полум'я гасять вогнегасником, піском або ковдрою з негорючого матеріалу. Заливати палаюче паливо водою заборонено.

6. Безпека життєдіяльності в польових умовах

Механізатор повинен мати при собі питну воду, особливо в спекотну погоду, щоб уникнути теплового удару та зневоднення.

За температури повітря вище +30 °C роботу рекомендується припиняти або переносити на ранкові та вечірні години. Кабіна трактора повинна бути обладнана кондиціонером або вентилятором у справному стані.

Під час грози, сильного вітру або зливи роботу негайно припиняють, агрегат виводять за межі поля. Трактор не повинен знаходитися на підвищеннях, під поодинокими деревами або лініями електропередач.

Механізатор зобов'язаний знати місце розташування найближчого медичного закладу та мати мобільний телефон для екстреного зв'язку.

7. Вимоги безпеки після закінчення роботи

Агрегат зупиняють на визначеному місці стоянки, культиватор опускають на землю (або на спеціальні підставки), двигун глушать, трактор загальмовують стоянковим гальмом.

Очищають робочі органи культиватора, особливо модернізовані котки, від ґрунту та рослинних решток, використовуючи рукавиці та скребки.

Оглядають агрегат на предмет несправностей, підтікань, ослаблених кріплень. Про виявлені дефекти повідомляють керівника.

У холодну пору року зливають воду із системи охолодження (якщо не використовується антифриз) для запобігання розморожуванню двигуна.

Знімають спецодяг, миють руки та обличчя. Заборонено мити руки дизельним паливом, бензином або гідравлічною оливою.

Дотримання викладених вимог з охорони праці та безпеки життєдіяльності є обов'язковим для всього персоналу, залученого до

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

передпосівного обробітку ґрунту. Особлива увага до безпечного поводження з модернізованими вузлами культиватора (котки, пружинні механізми, чистики) дозволяє не лише запобігти травмуванню, а й забезпечити безперебійну, якісну роботу агрегату впродовж усієї зміни.

Висновки

1. Аналіз сучасних конструкцій прикочуючих котків, що застосовуються провідними виробниками, показав відсутність універсальних технічних рішень, здатних одночасно забезпечувати інтенсивне ущільнення ґрунту, ефективне подрібнення грудок, мульчування та вирівнювання поверхні поля, особливо в умовах підвищеної вологості. У зв'язку з цим актуальним є вдосконалення конструкцій котків з орієнтацією на покращення процесу формування насінневого ложа.

2. В результаті модернізації культиватора КПУ-4 розроблено удосконалену конструкцію прикочуючого котка, робоча поверхня якого сформована кулачками криволінійної конструкції, розташованими по гвинтовій лінії по всій поверхні котка. Кулачки і сам коток виконані криволінійними, що сприяє плавному рівномірному розподілу напружень від їх дії. Така конструкція забезпечує поступовий розподіл навантаження на ґрунт, знижує ризик налипання та сприяє формуванню рівномірної щільності в межах оброблюваного шару.

3. Проведено інженерне обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів модернізованого котка, за результатами якого встановлено залежність щільності ґрунту на глибині розміщення насіння від геометричних параметрів робочих елементів котка.

4. Розроблено комплекс інженерних рішень, спрямованих на зниження впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час роботи культиватора КПУ-4, що сприяє покращенню умов праці та підвищенню безпеки експлуатації агрегату.

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Використання запропонованої конструкції прикочуючого котка у складі культиватора КПУ-4 дозволяє підвищити якість формування насіннєвого ложа при вирощуванні сої, створити більш сприятливі умови для посіву та проростання насіння і, як наслідок, забезпечити можливе підвищення врожайності культури до 12%.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вишнякова М. Л. Соя – історія культури. Агроном. 2004. № 3 (5). С. 82–83.
2. Водний режим ґрунту та продуктивність посівів сої за різних способів і глибини основного обробітку ґрунту / Р. Вожегова, В. Найдьонова, О. Митрофанов, В. Малярчук // Техніка і технології АПК. - 2015. - № 3. - С. 29–32.
3. Соя: монографія / В. Ф. Петриченко, В. В. Лихочвор, С. В. Іванюк та ін. Вінниця : Діло, 2016. 392 с. URL: <https://dSPACE.pdau.edu.ua/items/ee3fc19a-d100-4a72-b6f1-a72d7ca08878>
4. Бабич А. О., Бабич-Побережна А. А. Селекція, виробництво, торгівля і використання сої у світі. Київ: Аграрна наука, 2011. 548 с.
5. Бернет Т., Рекнагель Ю., Людвіг А., Мессмер М. Органічна соя з Європи. Рекомендації з вирощування та торгівлі органічною соєю в Європі. Київ, 2021. 48 с. URL: https://www.donausoja.org/wp-content/uploads/2022/03/BRM__ua__Organichna_soja_z_Europy_Ukraine_organics-2.pdf.
6. Мазур В. А., Ткачук О. П., Панцирева Г. В. Сортові ресурси сої в Україні: монографія. Вінниця: ТОВ «Твори», 2023. 220 с.
7. Бабич А. О. Сучасне виробництво і використання сої: монографія. Київ: Урожай, 1993. 432 с.
8. Norberg M. B., Deutsch L. The Soybean Through World History Lessons for Sustainable Agrofood Systems. London and New York, 2023. 255 p. URL:

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

<https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/63700/1/9781000903478.pdf>

9. Складові технології вирощування сої: навч. посібник / Г.М. Господаренко, О.М. Бахмат, І.В. Прокопчук, Л.В. Вишневська; за заг. ред. Г.М. Господаренка. - Умань: Сочінський М.М., 2019. - 205 с.

10. Технологія вирощування сої [Електронний ресурс] / Наук. - вироб. Фірма СемАгро. - Режим доступу: URL: <http://www.semagro.com.ua/info/tehnologijaviroshuvannja-soji-411.html>.

11. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві: навч. посібник / В.Д. Паламарчук, І.С. Поліщук, О.М. Венедиктов. – Вінниця: Данилюк В.Г., 2011. – 432.

12. Ластівка М.М. Експлуатація машин і обладнання. Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти аграрних технікумів і коледжів денної і заочної форми навчання зі спеціальності 208 Агроінженерія. Ладижинський коледж, ВНАУ, 2019. – 374 с.

13. Навчальний посібник. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві./ А.С. Лімонт, І.І. Мельник, А.С. Малиновський, В.В. Марченко, В.Л. Гуз, І.М. Грищенко. - К.: Кондор, 2004. - 284 с.

14. Лихочвор В.В., Бомба М.І., Дубковецький С.В. Довідник з вирощування зернових та зернобобових культур. Львів: Українські технології, 1991. 408 с.

15. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур / В.В. Лихочвор, В.Ф. Петриченко, П.В. Іващук, О.В. Корнійчук; заред. В.В. Лихочвора, В.Ф. Петриченко. - 3-є вид., вип. та доп. - Львів: НВФ «Українські технології», 2010. - 1088 с.

16. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. - К.: Вища освіта, 2005. - 464 с.

17. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. У 2 т. Т.1. Ч.1. Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Х.: ОКО, 2001. 443 с.

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

18. Сисолін П.В. та інш. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування, Кн. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропивний – К.: Урожай, 2001. – 384 с.

19. KUHN Prolander. URL: <https://www.kuhn.com/en/crop/tillage-implements/seedbed-preparation-tools/shallow-tine-cultivators/prolander>

20. HORSCH Tiger AS. URL: <https://www.horsch.com/ua/produkti/gvruntoobrobna-tekhnika/kultivatori/tiger-as>

21. LEMKEN Karat 9. URL: https://lemken.com.ua/uk/ua/harrow_kristal_9

22. Koeckerling Vector. URL: <https://www.koeckerling.de/en/products/tillage/cultivator/vector>

23. КПН-4,0-4Р - ТОВ «ІСМ Промінь». URL: <https://prominism.com.ua/catalog/trailed-cultivators-kpn/kultyvator-peredposivnyj-prychipnyj-kpp-40-4r/>

24. КПУ 4, П.П. Савицький М.І. URL: <https://biznes-pro.ua/company/savitskiy-mi-pp/>

25. Артеменко Д.Ю., Онопа В.А., Кислун О.А., Муленко К.А. Теоретичне обґрунтування конструктивних особливостей котка для передпосівного обробітку ґрунту. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, 2023, вип. 53. ЦНТУ, Кропивницький – 2023. – С. 3-15. http://zbirniksgm.kntu.kr.ua/archive/53/53_Artemenko.html

26. Артеменко Д.Ю., Онопа В.А., Скриннік С.С. Обґрунтування конструкції комбінованого прикочуючого котка просапної сівалки. Scientific Journal «ScienceRise» №11 (28) 2016. – С. 25-29. URL: <http://journals.uran.ua/sciencerrise/article/view/80814>

27. Артеменко Д.Ю., Настоящий В.А. Обґрунтування робочої поверхні конусного прикочуючого котка просапної сівалки. Scientific Journal «ScienceRise». №5/2(34)2017. – С. 18-22. URL: <http://journals.uran.ua/sciencerrise/article/view/101960>

28. Артеменко Д.Ю., Магопєць О.С., Ауліна Т.М., Семенова Д.А. Результати експериментальних досліджень розподілу полів деформацій в ґрунті від дії прикочуючих котків бурякових сівалок. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин / КНТУ, 2007, випуск 37, 1 – С. 286 – 290.

29. Артеменко Д.Ю. Теоретичне дослідження процесу взаємодії конусного котка просапної сівалки з ґрунтом. Вісник аграрної науки Причорномор'я: науково-теоретичний фаховий журнал / В. С. Шєбанін (гол. ред.) та ін. – Миколаїв, 2012. Вип. 1 (65). – С. 171 – 177.

30. Іванюта М.В. Числове дослідження процесу взаємодії поверхні гладкого котка з ґрунтом. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2015. № 5 С. 128-133. URL: <https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/download/780/779/779>

31. Шустік Л., Погорілий В., Нілова Н. та інш. Кільчасто-шпорові і зубчато-шпорові котки. Функційні та динамічні випробування. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Вип. 28 (42). 2021. - С. 86 – 101. URL: <http://tta.org.ua/article/view/236557>

32. Шустік Л., Степченко С., Нілова Н., Сидоренко С. Порівняльний аналіз прикочувальних котків різних конструкцій виробництва тов «Ропа-Україна» та експертне оцінювання їхньої дії на ґрунт. Сільськогосподарська техніка та обладнання: прогнозування, конструювання, випробування. Вип. 25(39). 2019. – С. 89-95. URL: [http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-2-25\(39\)-9](http://dx.doi.org/10.31473/2305-5987-2019-2-25(39)-9)

33. Степченко С. Коткування як один із способів основного обробітку ґрунту. Техніка і технології АПК. № 5(8), 2010. - С. 15 – 19. URL: http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/TiTAPK/2010_5/5_10_s15.pdf

34. Кушнарєв А.С. Механіко – технологічні основи обробітку ґрунту / А.С. Кушнарєв, В.І. Кочєв. – К.: Урожай, 1989. – 144 с.

					<i>МВС 00.000 ПЗВГ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

35. Ущільнюючий коток: Пат. № 108147 У Україна, E01C19/28 / Артеменко Д.Ю., Настоящий В.А., Антонюк О.М. (Україна); заявник і патентовласник КНТУ. – № 201511733; Заявл. 27.11.2015; Опубл. 11.07.2016, Бюл. № 13. – 3 с.

36. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти: підручник / Л.М. Шутенко, О.Г. Рудь, О.В. Кічаєва та ін.; за ред. Л.М. Шутенка; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2017. - 563 с.

37. Механіко – технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / Г.А. Хайліс, А.Ю. Горбів, З.О. Гошко та ін., – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 1998. – 268 с.

38. Механіко – технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник / О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, В.М. Швайко та ін.; За ред. С.С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.

39. Гандзюк М.П. Основи охорони праці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / М.П. Гандзюк, Є.П. Желібо, М.О. Халімовський. За редакцією М.П. Гандзюка. – К.: Каравела, 2003. – 408с.

40. ДСТУ 7239:2011. Засоби індивідуального захисту. http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2011/09/dstu_7239_2011.pdf

41. ДСТУ 2867-94. Державний стандарт України. Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. https://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY3/dsty_2867-94.pdf

42. СП 4282-87. Санітарні правила по устрою тракторів та сільськогосподарських машин. https://dnaop.com/html/57502/doc-%D0%A1%D0%9F_4282-87

43. ДСТУ 2189-93. Система стандартів безпеки праці. Машина сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки. Київ, 1994. – 25 с.

44. ГОСТ 25942-90. Трактори і сільськогосподарські машини. Пристрої швидкоз'єднуючі. Вимоги до конструкції.
http://www.leonorm.lviv.ua/p/DG/CND2015_2.HTM

45. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник / В.Ц. Жидецький – Львів: Афіша, 2002.– 320 с.

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Додатки

Проведемо розрахунок необхідної кількості палива для виконання операції передпосівного обробітку ґрунту під посів гречки. Визначаємо за методикою наведеною в [12,13], тяговий опір трактора Massey Ferguson 5711 на гаку:

$$P_T = \frac{3,77 \cdot N_T \cdot \eta_T}{V_p} - G_T \cdot (f \pm i),$$

де $N_T = 81$ кВт – ефективна потужність двигуна Massey Ferguson 5711;

η_T - кпд трансмісії трактора $\eta_T = 0,85$;

G_T - вага трактора $G_T = 41$ кН;

f - опір кочення трактора $f = 0,2$;

$i = 0$;

V_p = швидкість руху агрегату $V_p = 10$ км/год.

$$P_T = \frac{3,77 \cdot 81 \cdot 0,85}{10} - 41 \cdot 0,2 = 24,3 \text{ кН}$$

Визначимо питомий опір агрегату K_a [12,13]:

$$K_a = K_0 \cdot (1 + \Pi \cdot V_p)$$

де K_0 - питомий опір ґрунту $K_0 = 1,6$ кН/м;

Π - прирост питомого опору $\Pi = 1,5\%$;

$$K_a = 1,6 \cdot (1 + 0,015 \cdot 8) = 1,79 \text{ кН / м}$$

При русі агрегату на підйом виникає додатковий опір [12,13]:

$$R_o = \frac{G_T}{B} \cdot i,$$

де B - ширина захвату $B = 4$ м ;

$i = 0,02$ - підйом.

$$R_o = \frac{41}{4} \cdot 0,02 = 0,21 \text{ кН / м}$$

Розраховуємо тяговий опір агрегату за формулою [12,13]:

$$R_a = K_a \cdot B + R_3$$

$$R_a = 1,79 \cdot 4 + 1,3 = 8,46 \text{ КН}$$

Коефіцієнт використання тягового зусилля трактора [12,13]:

$$\eta_T = \frac{R_a}{P_T},$$

$$\eta_T = \frac{8,46}{24,3} = 0,35$$

Продуктивність за змінну, га/зм:

$$\Pi_{3M} = 0,1 \cdot B \cdot V \cdot T_p,$$

де T_p – робочий час за змінну, год.

$$T_p = T_3 \cdot \tau,$$

де T_3 – час зміни, $T_3 = 7$ год;

τ - змінний коефіцієнт використання часу $\tau = 0,82$.

$$T_p = 7 \cdot 0,82 = 5,74 \text{ год}$$

$$\Pi_{3M} = 0,1 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 5,74 = 18,37 \text{ га / зм}$$

Витрати палива (кг/га) [12,13]:

$$Q_{ca} = \frac{Q_{3M}}{\Pi_{3M}},$$

де Q_{3M} – витрати палива за змінну, кг;

$$Q_{3M} = Q_p T_p + Q_x t_x + Q_3 t_3,$$

де Q_p, Q_x, Q_3 – годинні витрати палива за час холостих ходів та під час роботи, на зупинках з працюючим двигуном, кг/год;

$$t_x = t_3 = \frac{7 - 7,54}{2} = 0,63 \text{ год}$$

$$Q_{3M} = 12,7 \cdot 5,74 + 9,4 \cdot 0,63 + 1,5 \cdot 0,63 = 79,7 \text{ кг / га}$$

$$\eta_{T3} = 0,35; \quad Q_p = 12,7 \text{ кг / год}; \quad Q_x = 9,4 \text{ кг / год}; \quad Q_3 = 1,5 \text{ кг / год}$$

Витрата палива на 1 га:

$$Q_{\text{га}} = \frac{72,9 + 5,92 + 0,95}{18,37} = 4,34 \text{ кг / га}$$

Розрахунок організації роботи агрегату в загінці проводимо за методикою наведеною в [12,13]. Обираємо спосіб руху – човниковий, а напрям руху агрегату вздовж сторони гону - $L=900\text{м}$.

Довжина агрегату – кінематична:

$$L_k = l_m + l_{\text{м}},$$

де $l_m, l_{\text{м}}$ – кінематичні довжини трактора, с/г машини, м.

$$l_m = 4,115 \text{ м}, l_{\text{м}} = 5,2 \text{ м}.$$

$$L_k = 4,115 + 5,2 = 9,315 \text{ м}.$$

Визначаємо ширину поворотної смуги агрегату:

При петльовому способі повороту:

$$E_p = 3 \cdot R_m + l_a,$$

де R_m – найменший радіус повороту, м.

$$R_m = 1,2 \cdot B = 1,2 \cdot 4 = 4,8 \text{ м},$$

l_a – довжина виїзду агрегату, м.

$$l_a = 0,5 \cdot 9,315 = 4,66 \text{ м}.$$

$$E_p = 3 \cdot 4,8 + 4,66 = 19,1 \text{ м}$$

Приймаємо кратну ширині захвату

$$E_p = K \cdot B,$$

де K – кратність ширини захвату, заокруглюємо до цілого.

$$K = \frac{E_p}{B} = \frac{19,1}{4} = 4,78$$

Ширина загінки:

$$H = \frac{10^4 \cdot (2...3) \cdot \Pi_{\text{з.м.}}}{L},$$

де L – довжина загінки, м.

$$H = \frac{10^4 \cdot 2,5 \cdot 18,37}{900} = 510 \text{ м}$$

Кількість загінок визначається за формулою:

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot S}{L \cdot H}$$

де S – площа посіву, га;

L – довжина загінки, м.

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot 120}{900 \cdot 510} = 2,6$$

приймаємо за гінку 900м і 450м.

Контроль якості роботи

На основі проведених розрахунків оформлюємо операційну технологічну карту на операцію передпосівного обробітку ґрунту під посів гречки та виконуємо додаткові розрахунки згідно [12,13].

Тривалість одного циклу, хв.

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot L_p}{10^2 \cdot V} + 2 \cdot t_n,$$

де L_p – робоча довжина загінки, м;

$t_n = 2 \text{ хв}$ - час повороту в кінці загінки.

$$L_p = L - 2 \cdot E_p$$

де $L = 900 \text{ м}$ – довжина загінки;

$E_p = 19,1 \text{ м}$ – ширина поворотної смуги.

Робоча довжина загінки:

$$L_p = 900 - 2 \cdot 19,1 = 862 \text{ м}$$

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot 862}{10^2 \cdot 10} + 2 \cdot 2 = 16,9 \text{ хв} = 0,28 \text{ год}$$

Визначаємо технічну продуктивність за цикл, га/ц:

$$\Pi_{\text{ц}} = 0,1 \cdot B \cdot V \cdot T_{\text{ц}} \cdot \tau ,$$

$$\Pi_{\text{ц}} = 0,1 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 0,28 \cdot 0,82 = 0,73 \text{ га/ц} .$$

Кількість циклів за зміну:

$$n_{\text{ц}} = \frac{\Pi_{\text{зм}}}{\Pi_{\text{ц}}} ,$$

$$n_{\text{ц}} = \frac{18,37}{0,73} = 25,2 \text{ ц / зм}$$

Витрати палива за зміну: $Q_{\text{зм}} = Q_{\text{га}} \cdot \Pi_{\text{зм}} ,$

$$Q_{\text{зм}} = 4,34 \cdot 18,37 = 79,72 \text{ кг / зм}$$