

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 ріпаку з модернізацією
загортаючих робочих органів овочевої сівалки

Виконав здобувач вищої освіти IV
курсу,

групи АІ-23мб-1.2

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Полонець Назарій Вікторович

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

_____ Дмитро АРТЕМЕНКО

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

доц., канд. техн. наук

_____ Сергій ЛИСЕНКО

« ____ » _____ 2026 р.

Кропивницький

Анотація

В роботі проведено аналіз технологічного процесу вирощування ріпаку з акцентом на вдосконалення конструкції овочевої сівалки для якісного загортання насіння. Встановлено, що сівалка JPH 8 після незначної модернізації здатна відповідати агротехнічним вимогам до загортання насіння ріпаку. Основну роль у забезпеченні якісного загортання насіння відіграють загортачі і задній прикочуючий коток, для яких розроблено нові конструкції. Запропоновані загортачі і задній прикочуючий коток мають комбіновані конструкції які забезпечують підвищення якості загортання насіння. Теоретично обґрунтовано геометричні параметри їх робочих поверхонь. Також розроблено заходи для покращення умов праці та усунення небезпечних чинників під час посіву. Запропоновані технічні рішення забезпечують рівномірне загортання насіння ріпаку, покращують проростання та сприяють підвищенню врожайності.

Abstract

This study provides an analysis of the technological process of rapeseed cultivation, focusing on enhancing the design of a vegetable seeder to ensure high-quality seed covering. It was established that the JPH 8 seeder, following minor modernisation, is capable of meeting the agrotechnical requirements for rapeseed seed covering. The primary roles in ensuring high-quality seed covering are played by the covering devices and the rear press wheel, for which new designs have been developed. The proposed covering devices and rear press wheel feature combined designs that enhance the quality of seed covering. The geometric parameters of their working surfaces were theoretically substantiated. Furthermore, measures were developed to improve working conditions and eliminate hazardous factors during the sowing process. The proposed engineering solutions ensure uniform rapeseed seed covering, improve germination, and contribute to increased crop yields.

Перв. примен.	Формат	Знак	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
					Документація загальна		
Справ. №					Заново розроблена		
	A4			МВР 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка		
					Документація по технологічній частині		
					Заново розроблена		
	A1			МВР 00.001 ТЧ	Технологічна карта	1	
	A1			МВР 00.002 ТЧ	Операційна карта	1	
Підп. и дата					Документація по складальним одиницям		
					Заново розроблена		
	A1			МВР 00.000 СБ	Сівалка овочева JPH 8	1	
	A1			МВР 00.110 СБ	Секція	1	
Взам. инв. №							
	A3			МВР 00.120 СБ	Коток	1	
	A3			МВР 00.130 СБ	Борозний коток	1	
Підп. и дата							
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	МВР 00.000 ВП	
	Разр.и	Полоонець				Відомість кваліфікаційної роботи	Лист
	Пров.	Артеменко					Лист
							Листов
							1
	Н.контр.	Артеменко				ЦНТУ	
	Утв.	Васильковський				зр. АІ-23мд-1.2	

Копировал

Формат А4

Зміст

1. Вступ.....	6
2. Аналіз сучасної технології вирощування ріпаку з визначенням шляхів її удосконалення.....	7
3. Операційна технологія процесу посіву ріпаку.....	21
4. Інженерна частина.....	32
5. Охорона праці.....	48
Висновки.....	51
Список використаної літератури.....	53
Додатки	

					<i>МВР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

1. Вступ

Ріпак є однією з провідних олійних культур у світі та стратегічно важливою сировиною для харчової, хімічної і біопаливної промисловості України. Збільшення валових зборів насіння ріпаку нерозривно пов'язане з удосконаленням технологій його вирощування, серед яких сівба посідає визначальне місце. Для отримання дружних і вирівняних сходів необхідно забезпечити точне дотримання глибини загортання насіння та щільний контакт насінини з вологим ґрунтом. Відомо, що використання овочевих сівалок із високоточними висівними апаратами дозволяє якісно висівати дрібнонасінневі культури, зокрема ріпак. Однак серійні загортаючі робочі органи таких сівалок часто не повною мірою враховують агротехнічні вимоги до ущільнення ґрунту над насіннєвим ложе для олійних культур, надмірне або, навпаки, недостатнє ущільнення призводить до втрати вологи, утворення кірки та нерівномірності сходів. Тому модернізація загортаючих робочих органів овочевої сівалки з метою їх адаптації до біологічних особливостей ріпаку є актуальним науково-технічним завданням, вирішення якого дозволить підвищити польову схожість та врожайність культури без заміни базової машини.

Метою даної кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності вирощування ріпаку шляхом модернізації загортаючих робочих органів овочевої сівалки, що забезпечує стабільність глибини загортання насіння та оптимальне ущільнення ґрунту в рядку.

В роботі проаналізовано існуючі конструкції загортачів овочевих сівалок, обґрунтовані та запропоновані конструкції удосконалених робочих органів, а також розглянуті заходи по підвищенню ефективності та безпеки виконання технологічного процесу.

					МВР 00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка	Лім.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Полонець						
Перевір.		Артеменко					6	
Н. Контр.		Артеменко				ЦНТУ		
Затверд.		Васильковський				гр. АІ-23мб-1.2		

2. Технологічна частина

2.1 Технологія вирощування ріпаку

Опис культури. Ріпак (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera* Metzg.) - однорічна трав'яниста рослина родини капустяних. Це природний амфідиплоїд, що виник у результаті схрещування ріпи (*Brassica rapa*) та капусти городньої (*Brassica oleracea*). В культурі представлений двома основними формами - ріпак озимий (дворічник) та ріпак ярий (однорічник). Коренева система стрижнева, добре розвинена, головний корінь здатний проникати на глибину до 1,5 - 2 м, основна маса коренів зосереджена в шарі 0 - 40 см. Завдяки потужній кореневій системі ріпак ефективно використовує вологу та поживні речовини з глибоких горизонтів.

Стебло прямостояче, округле, заввишки 100 - 180 см, залежно від сорту та умов вирощування. Галуження зосереджене переважно у верхній третині. Листки сизо-зелені або темно-зелені, вкриті восковим нальотом різної інтенсивності. Суцвіття нещільна китиця, що містить 25 - 80 яскраво-жовтих квіток. Квітки хрестоцвітні 4 вільні пелюстки, 4 чашолистки, 6 тичинок (з них 4 довгі, 2 короткі). Плід, стручок завдовжки 6 - 12 см, з гладкою або слабогорбкуватою поверхнею, містить 20 - 30 насінин. При дозріванні стручок розтріскується, що зумовлює втрати врожаю. Насіння: дрібне (маса 1000 насінин 3 - 7 г), округло-кулястої форми, темно-коричнєве, майже чорне або жовте. Містить 38 - 50 % олії та 18 - 25 % білка, що визначає його основну цінність [1,2].

Вимоги до температури. Мінімальна температура проростання +1...+3°C (біологічний мінімум), за таких умов сходи з'являються дуже повільно. Оптимальний діапазон для дружного проростання: +14...+20°C. За середньодобової температури +15°C сходи з'являються через 4 - 6 днів, за +8°C через 10 - 12 днів. Найсприятливіша температура для формування листової розетки восени +10...+18°C. Тривала спека понад +25°C негативно впливає на ріст молодих рослин. Ярий ріпак, залежно від сорту, краще росте за помірних температур +15...+22°C. Цвітіння оптимально проходить при

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

+16...+22°C. Високі температури (> +28...+30°C) під час цвітіння та наливу насіння викликають стікання пилку, стерильність квіток, знижують олійність та врожай. Заморозки до -2...-4°C у фазі цвітіння небезпечні і можуть пошкоджувати квітки [1,2].

Вимоги до світла. Ріпак - типова рослина довгого дня. Перехід від вегетативного росту до генеративного розвитку (формування зачаткового стебла, бутонізація, цвітіння) інтенсивніше відбувається при тривалості світлового дня понад 12 - 14 годин. У сортів ярого ріпаку фотоперіодична чутливість виражена сильніше; деякі сучасні сорти є нейтральними або слабочутливими, але загалом довгий день пришвидшує цвітіння. Для нормального фотосинтезу потрібна освітленість не менше 20 - 25 тис. люкс. Затінення (бур'яни, надмірна густота, похмура погода впродовж тривалого часу) веде до витягування рослин, зниження гілкування та майбутньої продуктивності.

Озимий ріпак має сформувати розетку до настання коротких днів пізньої осені. Нестача світла через пізні строки сівби призводить до того, що рослини входять у зиму слабкими, з низьким вмістом цукрів, і погано зимують. Навесні подовження світлового дня стимулює вихід із стану спокою, посилення ростових процесів і швидке настання фази стеблування.

Ярий ріпак слід висівати якомога раніше, щоб використати інтенсивне весняне освітлення і довгий день для формування повноцінного врожаю, уникнувши літньої посухи та високих температур.

В загущених посівах зниження освітленості в нижньому ярусі призводить до відмирання листків, зниження продуктивності стручків та маси 1000 насінин. Повноцінне освітлення в період наливу насіння сприяє активному синтезу олії та накопиченню високої частки ненасичених жирних кислот. Затяжна хмарна погода в цей період знижує олійність на 2 - 5 %. Регульоване загущення посівів з урахуванням сортових особливостей дозволяє оптимізувати світловий режим посіву, запобігаючи взаємному затіненню [1,2].

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

Вимоги до ґрунту. Оптимальні ґрунти - середньосуглинкові та легкосуглинкові чорноземи, темно-сірі лісові, каштанові, дерново-підзолисті з добре окультуреним орним шаром. Ці ґрунти мають сприятливе співвідношення капілярної та некапілярної пористості.

Допустимі - важкі суглинки за умови високої культури землеробства та відсутності застійного перезволоження.

Непридатні або малопридатні - важкі глинисті ґрунти, що запливають, утворюють кірку та тріщини після опадів. На таких ґрунтах сходи зріджені, коренева система деформується. Піщані та супіщані ґрунти з низькою вологоємністю, особливо в зонах нестійкого зволоження. Ріпак на них потерпає від нестачі вологи в критичні фази цвітіння та наливу насіння. Заболочені, торф'янисті ґрунти, де висока ймовірність вимокання озимого ріпаку взимку та ранньою весною.

Кислотність ґрунтового розчину (рН) - оптимальний діапазон рН 6,0...7,2 (нейтральна або близька до нейтральної реакція). Слабкокислі ґрунти (рН 5,5...6,0) потребують обов'язкового вапнування, оскільки за рН < 5,8 пригнічується ріст кореневої системи, знижується доступність фосфору, молібдену, кальцію, підвищується токсичність алюмінію та марганцю. Озимий ріпак особливо чутливий до кислої реакції в період осіннього росту кореневої шийки: при рН нижче 5,5 зимостійкість знижується на 30 - 60 %.

Бажаний вміст гумусу $\geq 2,5 - 3,0$ %. Гумус забезпечує сприятливі водно-фізичні властивості та буферність ґрунту. Високий винос елементів живлення зумовлює вимогливість до родючості: на формування 1 т насіння ріпак виносить із ґрунту 50 - 60 кг азоту (N), 25 - 30 кг фосфору (P_2O_5) і 40 - 55 кг калію (K_2O), а також кальцій, сірку (15 - 25 кг), магній та мікроелементи. Найбільш критичним є достатній вміст сірки (не менше 10 - 15 мг/кг рухомої сірки), оскільки вона входить до складу глюкозинолатів та олій.

Щільність складення орного шару перед сівбою має бути в межах 1,15 - 1,30 г/см³. Переущільнення (понад 1,40 г/см³) різко знижує доступ кисню до коренів, що є критичним для дихання насіння під час проростання. Загальна

					<i>МВР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пористість – не менше 50 - 55 %, із них пористість аерації 15 - 20 %. Це забезпечує необхідний газообмін після сівби, особливо після проходу котків та загортачів.

Вимоги до поверхні поля та якості насіннєвого ложа (важливо для загортаючих органів):

поверхня має бути ретельно вирівняною (висота гребенів не більше 2 - 3 см), без великих грудок (понад 2 - 3 см у діаметрі);

насіннєве ложе повинно бути дещо ущільненим (капілярним) на глибині загортання насіння, а верхній шар (0,5 - 1,0 см) – дрібногрудкуватим, щоб запобігти утворенню кірки та втратам вологи [1-5].

Попередники. Ріпак вимогливий до попередника через повільний початковий ріст та чутливість до патогенів, що накопичуються в ґрунті. Попередник має рано звільняти поле (особливо для озимого ріпаку), щоб залишити достатньо часу для якісного обробітку ґрунту, накопичення вологи та боротьби з бур'янами. Бажано уникати культур, що мають спільні хвороби з ріпаком (капустяні) або сприяють розмноженню специфічних шкідників.

Кращі попередники це озимі та ярі зернові колосові (пшениця, ячмінь). Поле після них має вирівняний рельєф, менш забур'янене багаторічними бур'янами. За використання подрібнювачів соломи та рівномірного розподілу пожнивних решток створюються сприятливі умови для сівби. Зернобобові (горох, соя, люпин): залишають після себе значну кількість симбіотично фіксованого азоту (30 - 60 кг/га), що дозволяє зменшити дозу стартових азотних добрив. Поле після них пухке, але потребує вирівнювання. Багаторічні трави (після одного укусу) - добрий попередник, але вимагає ретельного обробітку для знищення дернини та запобігання розмноженню дротяників.

Задовільні попередники - кукурудза на зерно, через пізнє збирання залишає велику кількість рослинних решток і небезпеку ураження фузаріозом, ризик зріджених сходів вищій. Потребує ретельного подрібнення стебел та глибокої заробки. Гречка: добре розпушує ґрунт, але часто залишає поле з нерівномірним зволоженням.

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

Погані попередники - інші капустяні (ріпак, гірчиця, суріпиця, редька олійна, капуста), заборонені через накопичення спільних збудників (кила, альтернаріоз, фомоз, сіра гниль) та шкідників (ріпаковий квіткоїд, прихованохоботник). Повернення ріпаку на те ж поле допустиме не раніше, ніж через 4 - 5 років [1-5].

Обробіток ґрунту під вирощування ріпаку [2-7]. Система обробітку ґрунту має забезпечити максимальне накопичення та збереження вологи, дрібногрудкувату структуру насінневого ложа, вирівнючу поверхню поля та ефективне знищення бур'янів. Основна мета обробітку - створення оптимального співвідношення між капілярною пористістю (для підтягування вологи до насіння) та некапілярною (для аерації коренів). Формування ущільненого ложа на глибині 2 - 3 см, на яке укладатиметься насіння, та пухкого мульчуючого шару над ним – це безпосередньо визначає ефективність роботи загортаючих органів.

Обробіток ґрунту після зернових попередників (класична схема для озимого ріпаку) - лушення стерні (перший етап), одразу після збирання попередника на глибину 5 - 8 см дисковими лушильниками або важкими бородами. Мета – загорнути насіння бур'янів та падалицю, спровокувати їх проростання, зберегти залишкову вологу.

Повторне лушення (другий етап), через 12–15 днів, після появи сходів бур'янів, на глибину 10 - 14 см лемішними лушильниками або культиваторами-плоскорізами. Це знищує вегетуючі бур'яни та створює більш глибокий розпушений шар.

Основний обробіток (оранка або глибоке розпушування), за 20 - 25 днів до сівби проводять оранку на глибину 22 - 25 см (на чорноземах) або на 20 - 22 см (на сірих лісових). На схилових землях та в посушливих умовах замість оранки застосовують глибоке чизелювання (на 25 - 30 см), яке не вивертає на поверхню ґрунтову підшову, зберігає стерню та накопичує вологу. Оранка обов'язково поєднується з коткуванням кільчасто-шпоровими котками для вирівнювання та провокування наступної хвилі бур'янів.

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

Передпосівний обробіток (фінішний), за 1 - 3 дні до сівби – культивування на глибину загортання насіння (2 - 3 см) з одночасним боронуванням та коткуванням. Використовують парові культиватори з пружинними або стрілочастими лапами в агрегаті з райборонами та гладенькими котками. Мета – створити насіннєве ложе рівним і ущільненим на глибині сівби, з дрібнозернистою структурою поверхневого шару. Глибина передпосівної культивування має суворо відповідати запланованій глибині сівби (1,5 - 2,5 см для ріпаку). Перевищення глибини обробітку призведе до того, що насіння ляже на пухкий ґрунт, і загортаючий орган не зможе створити капілярний контакт – сходи будуть нерівномірними.

Вимоги до посіву і посів [1-8]. Оптимальні строки визначаються кліматичною зоною так, щоб до припинення осінньої вегетації (перехід середньодобової температури через +5 °С) рослини встигли сформувати розетку з 6 - 10 справжніх листків, діаметр кореневої шийки 8 - 12 мм, висоту точки росту не більше 2 - 3 см над поверхнею ґрунту та накопичили достатню кількість цукрів для зимівлі. Орієнтовно це 45 - 60 днів активної вегетації. Лісостеп та Полісся, 15 серпня – 5 вересня, Степ: 25 серпня – 10 вересня. Передчасна сівба призводить до переростання, винесення точки росту високо над ґрунтом, ураження хворобами та поганої зимівлі. Запізніла – до входження в зиму з 2 - 3 листками, низької зимостійкості.

Ярий ріпак, сівбу проводять у максимально ранні строки, одночасно з ранніми ярими зерновими, коли ґрунт на глибині загортання насіння прогріється до +4...+6°C. Запізнення на 7 - 10 днів призводить до втрати 15 - 25 % урожайності через потрапляння цвітіння на період високих температур та посухи.

Оптимальна густина рослин перед збиранням для озимого ріпаку – 40 - 60 шт./м², для ярого – 60 - 80 шт./м². Кінцева густина восени повинна становити 50 - 70 рослин/м² (враховуючи зимове зрідження 10 - 25 %). Норми висіву в перерахунку на схоже насіння - озимий ріпак 0,6 – 1,0 млн. сх. нас./га (зазвичай 3,0 - 6,0 кг/га залежно від маси 1000 насінин). Ярий ріпак: 1,0 - 1,5 млн. сх.

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

нас./га (5,0 - 8,0 кг/га). Фактичну норму розраховують з урахуванням польової схожості (очікувана 70 - 85 %) та можливого зимового відпаду.

Глибина загортання насіння одна з найкритичніших вимог, де безпосередньо проявляється ефект від конструкції загортаючих органів. Оптимальна глибина 1,5 - 2,5 см (максимально до 3 см на легких ґрунтах, що швидко пересихають). На важких, вологих ґрунтах, схильних до запливання: 1,5 - 2,0 см. Загортання глибше 3 см призводить до різкого падіння польової схожості, ослаблення сходів та зниження стійкості до хвороб і вимерзання. Загортання мілкіше 1 см – ризик пересихання насіння, особливо в посушливу осінь або вітряну весну, поганий контакт із капілярним шаром, нерівномірні сходи. Спосіб сівби широкорядний (30–45 см). Використовується овочева сівалка JPH 8 з високоточними висівними апаратами яка дозволяє точно дозувати малу норму дрібного насіння ріпаку та забезпечувати рівномірність розподілу в рядку.

Внесення добрив [4-8]. Система удобрення ріпаку базується на його високій вимогливості до азоту, фосфору, калію, сірки та мікроелементів (особливо бору, молібдену, марганцю). Розрізняють основне, стартове (припосівне) удобрення та підживлення протягом вегетації.

Основне добриво (внесення до сівби):

фосфор (P_2O_5) 60 - 80 кг/га д.р., вноситься повністю під основний обробіток ґрунту, оскільки фосфор стимулює розвиток кореневої системи, особливо стрижневого кореня, що критично для перезимівлі та посухостійкості;

калій (K_2O) 80 - 120 кг/га д.р., для озимого ріпаку; 50 - 80 кг/га – для ярого. Калій підвищує зимостійкість (регулює осмотичний тиск у клітинах), стійкість до вилягання, посухи, ураження хворобами. Калійні добрива вносять під оранку або глибоке розпушування;

сірка (S) 20 - 40 кг/га д.р. (у формі сульфату амонію, сульфату калію, сульфату магнію, фосфогіпсу). За нестачі сірки блокується синтез олії,

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

знижується вміст білка, рослини набувають блідо-жовтого забарвлення молодих листків;

магній (Mg) 10 - 20 кг/га, сумісно з калійними або вапняними добривами (доломітове борошно).

Вапнування: самостійно або як супутній захід. Норма вапна розраховується за гідролітичною кислотністю, орієнтовно 2 - 6 т/га CaCO_3 раз на ротацію сівозміни, з обов'язковим внесенням під попередник або за рік до сівби ріпаку.

Стартове (припосівне) добриво обов'язкове, внесення 15 - 25 кг/га P_2O_5 у формі гранульованого суперфосфату, амофосу або рідких комплексних добрив безпосередньо в рядок при сівбі.

Розміщення добрив на 1 - 2 см глибше та на 2 - 3 см збоку від рядка з насінням (щоб уникнути опіку корінців амонійним азотом).

Азотне удобрення (підживлення), Загальна доза азоту (N) для озимого ріпаку становить 120 - 180 кг/га д.р., для ярого – 80 - 120 кг/га. Вноситься дрібно, за фазами росту. Форми азотних добрив: аміачна селітра, сульфат амонію (одночасно дає сірку), сечовина (лише із загортанням, щоб уникнути втрат), КАС-32 (ефективний за раннього внесення спеціальними штангами без опіку листя).

Боротьба з бур'янами. Ріпак, особливо на початкових етапах росту, має низьку конкурентну здатність щодо бур'янів. Інтегрований захист включає агротехнічні, хімічні та організаційні заходи.

Агротехнічні методи:

дотримання сівозміни (виключення культур-резерваторів спільних бур'янів);

провокація сходів бур'янів системою лушень та передпосівної культивуації (описано в розділі «Обробіток ґрунту»).

оптимальна норма висіву та вузькорядний посів, які забезпечують швидке змикання рослин у рядку та пригнічення пізніх ярих бур'янів завдяки затіненню;

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

створення вирівняного, трохи ущільненого насіннєвого ложа, що, з одного боку, сприяє дружності сходів ріпаку, а з іншого зменшує надмірну аерацію, яка стимулює проростання насіння лободи, шириці, мишію та інших теплолюбних видів.

Хімічний захист (гербіциди):

ґрунтові гербіциди (вносяться до сівби, одразу після сівби або до появи сходів ріпаку), діючі речовини: кломазон, метазахлор, диметенамід-П, напропамід, трифлуралін (із загортанням) та їх комбінації. Забезпечують захист на 3 - 6 тижнів від однорічних злакових та деяких дводольних бур'янів (просо куряче, мишій, лобода біла, гірчаки). Ефективність ґрунтових гербіцидів прямо залежить від якості підготовки ґрунту (відсутність великих грудок, рослинних решток) та наявності вологи.

страхові гербіциди (вносяться по вегетуючих рослинах ріпаку), проти однорічних та багаторічних злакових (грамініциди) - галоксифоп-Р-метил, квізалофоп-П-етил, флуазифоп-П-бутил, клетодим. Застосовуються у фазу 2–6 листків у бур'янів. Проти дводольних бур'янів спектр обмежений, оскільки ріпак сам належить до дводольних. Використовують клопіралід (проти осотів, ромашки), піклорам, галоксифоп-П-метил (якщо сорт стійкий до імідазолінонів – система Clearfield). У звичайних гібридах - переважно до сходів або на ранніх фазах бур'янів із суворим дотриманням регламентів.

Стійкі до гербіцидів гібриди (Clearfield, SU-стійкі), дозволяють застосовувати імазамокс + метазахлор та інші спеціальні бакові суміші для контролю широкого спектру дводольних, включаючи капустяні.

Організаційні заходи:

очищення посівного матеріалу від насіння карантинних та важко відокремлюваних бур'янів;

обкошування країв полів, особливо там, де можуть бути осередки багаторічних коренепаросткових бур'янів (осоти, берізка польова);

контроль за чистотою сільськогосподарської техніки, щоб запобігти занесенню насіння бур'янів із сусідніх полів.

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

відсутність прогалин та зріджень (спричинених неякісним загортанням) запобігає формуванню вікон, у яких інтенсивно розвиваються бур'яни та які потребують додаткових хімічних обробок. Це зменшує гербіцидне навантаження та підвищує економічну ефективність [6-9].

Боротьба з шкідниками і хворобами. Ріпак пошкоджується численними шкідниками та уражується широким спектром хвороб, що здатні суттєво знизити або повністю знищити врожай. Інтегрований захист передбачає поєднання профілактичних, агротехнічних, біологічних та хімічних заходів.

Основні шкідники ріпаку:

хрестоцвіті блішки (синя, чорна, хвиляста), найнебезпечніші у фазу сходів. За температури вище +15 °С жуки інтенсивно живляться, скелетуючи листки, здатні знищити посів за 2 - 3 доби. Економічний поріг шкодочинності (ЕПШ) 3 - 5 жуків на 1 м² або 10 % пошкодженої поверхні сім'ядоль;

ріпаківий квіткоїд, пошкоджує бутони, виїдаючи пилок, через що квітки опадають, а стручки не формуються. ЕПШ 1 - 2 жуки на рослину на початку бутонізації;

прихованохоботники (великий ріпаківий, стебловий капустяний, насіннєвий), личинки пошкоджують черешки, стебла, стручки, викликаючи їхнє викривлення, вилягання та недорозвиненість насіння;

ріпаківий пильщик, несправжні гусениці швидко об'їдають листки, залишаючи лише грубі жилки. Найбільш шкодочинний у вологу погоду;

капустяна попелиця, колонії на верхівках пагонів, квітконосах та стручках висмоктують сік, призводять до деформації, в'янення, недорозвиненості насіння.

Основні хвороби ріпаку:

чорна ніжка (комплекс збудників), уражує сходи, коренева шийка чорніє та стоншується, рослини гинуть або випадають взимку. Ризик зростає за надмірної глибини сівби, переущільненого ґрунту (робота невідрегульованих загортачів) та на кислих ґрунтах;

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

фомоз (суха гниль), уражує стебла, листки, стручки; утворюються білуваті плями з пікнідами. Джерело - заражені рештки та насіння. Проявляється і навесні, спричинюючи вилягання;

склеротиніоз (біла гниль), одна з найнебезпечніших хвороб. Стебла покриваються білим ватоподібним нальотом з чорними склероціями, рослини в'януть і ламаються. Розвитку сприяє волога погода та загущені посіви;

альтернаріоз (чорна плямистість), уражує стручки, насіння стає щуплим, темніє, знижується схожість. Стручки передчасно розтріскуються;

пероноспороз (несправжня борошниста роса), жовті плями на листках, сірий наліт зі спорами, деформація рослин.

Профілактичні заходи:

суворе дотримання сівозміни (повернення капустяних не раніше ніж через 4 - 5 років);

якісне загортання пожнивних решток після попередника;

просторова ізоляція (не менше 1 - 2 км) від торішніх полів ріпаку та інших капустяних для зменшення міграції шкідників;

збалансоване удобрення, особливо калієм та фосфором, що підвищує стійкість тканин.

Агротехнічний метод:

оптимальні строки сівби (для озимого – не занадто рано, щоб уникнути осіннього льоту шкідників; для ярого – якомога раніше, щоб випередити масову появу блішок);

вибір сортів і гібридів, стійких до основних патогенів (фомозу, склеротиніозу);

контроль бур'янів, що є резерваторами шкідників та хвороб.

Хімічний метод:

протруювання насіння обов'язковий захід. Використовують інсекто-фунгіцидні препарати для захисту від хрестоцвітих блішок, чорної ніжки, плісняви, фомозу в перші 3 - 5 тижнів;

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

обприскування інсектицидами, проводять за сигналом фітосанітарного моніторингу, орієнтуючись на ЕПШ. Проти блішок – у фазу сходів; проти квіткоїда – на початку бутонізації; проти прихованохоботників – під час їхнього льоту. Застосовують піретроїди, неонікотиноїди, діаміди, комбіновані препарати з різним механізмом дії для запобігання резистентності.

Обприскування фунгіцидами:

осінню (озимий ріпак, фаза 4 - 6 листків) – для контролю фомозу, склеротиніозу, підвищення зимостійкості (триазоли, стробілуїни);

весняне (фаза подовження стебла – цвітіння) – проти склеротиніозу, альтернатозу, фомозу. Найвідповідальніше обприскування на початку цвітіння (перша-друга квітка). За високого інфекційного фону повторюють через 10 - 14 днів.

Норма витрати робочого розчину: 200–300 л/га для забезпечення повного змочування всіх ярусів стеблостою та проникнення в середину стручків [4-11].

Збирання врожаю. Збирання - завершальний і критично важливий етап. Втрати врожаю через осипання, розтріскування стручків або неякісний обмолот можуть досягати 30 - 50 %. Ріпак дозріває нерівномірно, верхні стручки першими, нижні - із запізненням. Тому вибір моменту збирання є компромісом між вологістю насіння, його олійністю та ризиком осипання.

Ознаки технічної стиглості - насіння в середньому ярусі набуває типового для сорту кольору (чорного, темно-коричневого), вологість його становить 25 - 35 %. Стебла жовто-зелені, стручки лимонно-жовті, насіння в них тверде, при струшуванні шелестить.

Виконується пряме комбайнування. Проводять герметизованими комбайнами з ріпаковим столом або спеціальними приставками (ріпаковими візками, видовженими боковинами) для зменшення втрат.

Десикація (хімічне підсушування) - за 10 – 14 днів до прогнозованого комбайнування, при вологості насіння 25 – 35 % (коли насіння у 70 – 80 % стручків змінило колір), проводять обробку десикантами на основі гліфосату,

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

диквату або калієвої солі глюфосинату амонію. Це забезпечує рівномірне дозрівання, знижує засміченість зеленими бур'янами та дозволяє перейти до прямого комбайнування з мінімальними втратами [8-11].

2.2 Технологічна карта вирощування ріпаку [1-11]:

1. Лущення стерні в 2 сліди. Після збирання попередника. Глибина 6-8 см, відхилення ± 1 см. Перекриття між суміжними проходами 15-20 см. Підрізання бур'янів 100%. Т-150 (МТЗ-1221) + БДТ-7 (БДВП-6.3).

2. Внесення мінеральних добрив (основне): $N_{10}P_{40}K_{40} + S_{20}$. За 2-3 дні до оранки. Нерівномірність внесення не більше 10%. Відхилення від заданої норми $\pm 5\%$. МТЗ-80 (ЮМЗ-6) + МВУ-100 (РОСА-0.8).

3. Оранка. За 25-30 днів до сівби. Глибина 23-25 см. Обороти скиби повний, без огріхів. Бриластість (грудки > 10 см) не більше 5% поверхні. Гребенистість не > 3 см. Т-150 (ХТЗ-150К) + ПЛН-5-35 (ППО-5-40).

4. Боронування (закриття вологи). При фізичній стиглості ґрунту. Глибина 4-5 см. Вирівнювання поверхні, руйнування ґрунтової кірки. Швидкість руху агрегату 8-10 км/год. Т-150 (МТЗ-1221) + СГ-21 (БЗСС-1.0).

5. Передпосівна культивування з коткуванням. За 1-2 дні до сівби. Глибина на 2-3 см (дорівнює глибині загортання насіння). Поверхня поля вирівняна, дрібногрудкувата. Розмір грудок не більше 2 см. МТЗ-80 (ЮМЗ-6) + УСМК-5,4 (Європак-6)

6. Протруювання насіння. За 5-10 днів до сівби. Препарат Круїзер 350 FS (0.8-1.0 л/т) + Максим XL 035 FS (1.0 л/т). Повнота протруювання $\geq 90\%$. «Статична» машина ПС-20 (АГ-4).

7. Навантаження та транспортування насіння та добрив. В день сівби. Втрати насіння при транспортуванні не допускаються. Т-25А + 2ПТС-4.

8. Сівба з одночасним внесенням стартового добрива ($N_{12}P_{26}$). 15 серпня - 5 вересня. New Holland TD5.90 + JPH 8.

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

9. Коткування посівів (за потреби). Одразу після сівби, в суху погоду. Для кращого контакту насіння з ґрунтом. Швидкість 6-8 км/год. Тиск котків 3-4 кг/см ширини захвату. МТЗ-80 + С-1ІУ (ЗКВГ-1,4).

10. Внесення ґрунтових гербіцидів. Протягом 2-3 днів після сівби. Препарат Тізер (пропізохлор 720 г/л) 1.5-2.0 л/га. Норма витрати робочої рідини 200-300 л/га. МТЗ-80 + ОП-2000 (Брандт-2000).

11. Осіннє підживлення (за потреби). Фаза 4-6 листків. N₂₀₋₃₀ у формі аміачної селітри. Проводиться, якщо рослини слабкі або сівба була пізньою. МТЗ-80 + РУМ-5 (МВУ-100).

12. Обробка інсектицидами (проти хрестоцвітої білшки). Фаза сім'ядолей. За наявності 3-5 жуків/м². Препарат: Фастак (0.1-0.15 л/га) або аналог. МТЗ-80 + ОП-2000.

13. Весняне підживлення (по мерзлоталому ґрунту). Ранньою весною. N₆₀₋₈₀ у формі аміачної селітри. Відхилення від норми $\pm 5\%$. МТЗ-80 + РУМ-5.

14. Весняна обробка інсектицидами (проти квіткоїда). Фаза бутонізації. За наявності 1-2 жуки/рослину. Препарат - Протеус (0.75 л/га). Самохідний обприскувач (Tulip 2440).

15. Весняна обробка фунгіцидами. Фаза стеблуння-початок цвітіння. Проти склеротиніозу, альтернаріозу. Препарат - Піктор (0.5 л/га). Самохідний обприскувач (Tulip 2440).

16. Збирання врожаю. Десикація (за потреби). За 10-14 днів до збирання. При вологості насіння 25-35%. Препарат - Реглон Супер (2.5-3.0 л/га). Самохідний обприскувач (Tulip 2440).

17. Пряме комбайнування. Фаза повної стиглості. Вологість насіння $\leq 9-12\%$. Втрати за комбайном $\leq 2\%$. Комбайн Claas Tucano 450 + ріпаковий стіл (Varifeed 5.5м).

18. Транспортування насіння від комбайна. Під час збирання. Узгодження роботи комбайна та транспорту для мінімізації простоїв. Т-150К + 2ПТС-4 (3 шт.).

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

3. Операційна технологія посіву ріпаку

Вихідні умови для розрахунку наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Вихідні умови

Показник	Значення показника
Операція	Посів ріпаку
Трактор	New Holland TD5.90
Овочева сівалка	JPH 8
Довжина гонів, L м	900
Площа посіву, га	100
Фон поля	Під посів
Кут підйому, %	2

3.1 Агротехнічні вимоги до посіву ріпаку [5-11]:

Вимоги наведені в таблиці 3.2 є обов'язковими до виконання під час налаштування та роботи посівного агрегату для отримання дружніх сходів, високої зимостійкості (для озимого ріпаку) та максимальної врожайності.

Таблиця 3.2

Показник	Вимога	Значення для процесу
Строк сівби (озимий ріпак, Лісостеп)	Суворе дотримання оптимальних календарних дат	15 серпня – 5 вересня (тривалість осінньої вегетації 45 – 60 днів)
Норма висіву	Диференційовано за типом сорту/гібриду	Сорти: 0,8–1,2 млн сх. нас./га (4–6 кг/га) Гібриди: 0,5–0,7 млн сх. нас./га (2–4 кг/га)
Ширина міжрядь	Обирається з урахуванням біології ріпаку та конструкції сівалки	45 см (забезпечує добру аерацію, освітленість, знижує ризик склеротиніозу та вилягання)
Глибина загортання насіння	Має забезпечити капілярний притік	2–3 см (важкі ґрунти – 2 см, легкі – до 3 см);

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

	вологи без надмірного опору для проростка	відхилення від заданої не більше $\pm 0,5$ см
Рівномірність глибини	≥ 90 % насінин повинно знаходитись у заданому інтервалі глибин	Контролюється за довжиною гіпокотилів та кількістю рослин із «заглибленою» кореневою шийкою (не допускається)
Якість насіннєвого ложа	Насінина має лягати на ущільнений капілярний шар і бути прикритою пухким вологим ґрунтом	Щільність ґрунту на глибині насінини: $1,05 - 1,20$ г/см ³ Поверхневий шар ($0,5 - 1,5$ см) – дрібногрудкуватий, без кірки
Контакт насінина–ґрунт	Повний, без повітряних порожнин	Забезпечується загортаючими робочими органами з регульованим зусиллям притискання
Наявність насіння на поверхні	Не допускається	$\leq 0,5$ % від висіяної кількості
Внесення стартових добрив	Локально, окремо від насіння	N ₁₂ P ₂₆ ($40 - 60$ кг/га амофосу) на $2 - 3$ см збоку та на $2 - 3$ см глибше за насіння
Пошкодження насіння	Не допускається (особливо для гібридного насіння)	Дроблення та мікротравми $\leq 0,3$ %
Прямолінійність рядків	Забезпечує якісний міжрядний обробіток та десикацію	Відхилення стикових міжрядь не більше ± 2 см на довжині 50 м
Відсутність огріхів та перекриттів	Стикові міжряддя мають відповідати базовому	Перекриття або пропуски ≤ 2 % від ширини захвату

3.2 Комплектування і підготовка агрегату до посіву ріпаку

Агрегат формується на базі трактора New Holland TD5.90 та овочевої сівалки JPH 8. Підготовка проводиться завчасно, до виїзду в поле.

Підготовка трактора:

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

перевірка технічного стану ходової частини, рульового керування, гальмівної системи;

тиск в шинах довести до норми (передні – 0,17 МПа, задні – 0,13 МПа) для мінімізації буксування та ущільнення ґрунту;

баластування, за потреби навісити передні вантажі для забезпечення стійкості та керованості з піднятою сівалкою;

гідравлічна система, перевірити рівень оливи, налаштувати важіль розподільника на плаваюче положення для копіювання рельєфу;

встановити колію коліс 1400 мм, щоб вона збігалася з міжряддями сівалки (для 45 см міжрядь – колеса мають іти по центру міжрядь, уникаючи сліду в рядку).

Підготовка сівалки JPH 8:

перевірити наявність усіх висівних секцій, сошників, загортаючих робочих органів, маркерів;

встановити на задану норму висіву, вибрати висівну катушку відповідно до розміру насіння ріпаку;

розрахунок передатного відношення проводиться за таблицею заводу-виробника або пробним висівом;

пробний висів - на спеціальному стенді або на місці прокрутити колесо сівалки 33,3 оберти (для 100 м²) та зважити висіане насіння з кожної секції. Нерівномірність між секціями не повинна перевищувати $\pm 3\%$. Загальна маса має відповідати розрахунковій нормі (наприклад, 120 г на 100 м² при нормі 6 кг/га). Регулювання досягається зміною висоти щіточок у висівних апаратах.

Налаштування на глибину загортання:

встановлюють сівалку на підставки так, щоб колеса були підняті на висоту, що відповідає глибині закладення (2,5 см), мінус глибина колії від опорно-прикочувальних котків;

регулюють положення кожного сошника на паралелограмній підвісці, використовуючи регулювальний гвинт або перестановку шплінта;

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

перевіряють свободу обертання котків, наявність мастила в підшипниках;

регулюють кут атаки загортачів так, щоб вони не вивертали вологий ґрунт назовні, а змикали борозенку;

встановлюють необхідне зусилля притискання за допомогою пружинного механізму (попередньо – на 2–3 поділки шкали, остаточно – в полі, за результатами перевірки).

Перевірка маркерів та слідопоказчиків - довжина маркера розраховується так, щоб тракторист вів переднє колесо трактора по маркерному сліду, забезпечуючи стикове міжряддя 45 см.

Зчіпка - з'єднують сівалку з трактором (навісну систему фіксують розтяжками від поперечного переміщення), під'єднують гідравліку маркерів.

Перевірка якості роботи агрегату:

виконують пробний прохід по полю на робочій швидкості (5–7 км/год);

вимірюють глибину загортання на 5–10 рядках за довжиною 10 м: розкривають борозенки та лінійкою заміряють відстань від поверхні до насінини. Середнє значення має бути 2,5 см, відхилення – в межах допуску;

оцінюють візуально роботу загортачів - ґрунт над насінням рівномірно ущільнений, без тріщин, насіння зверху відсутнє;

за необхідності коригують зусилля пружин на загортаючих органах для досягнення ідеального контакту [8-13].

3.3 Підготовка поля до роботи при посіві ріпаку

Підготовка поля є завершальним етапом перед сівбою, від якого залежить продуктивність агрегату та якість посіву.

Стан поля після передпосівного обробітку:

поле повинно бути вирівняним, без глибоких розгінних борозен, звальних гребенів та «блюдець»;

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

поверхня – дрібногрудкувата, розмір грудок не перевищує 2 см. Наявність великих грудок призведе до «танцю» сошників та порушення глибини;

грунт на глибині сівби має бути вологим, при стисканні в долоні – формуватися в пухку кульку;

пожнивні рештки попередньої культури (озимої пшениці) мають бути рівномірно розподілені та зароблені під час луцення та оранки; на поверхні допустима лише незначна кількість мульчі, яка не створює перешкод для сошників.

Розбивка поля на загінки та обробка поворотних смуг:

поле розбивають на прямокутні загінки, ширина яких кратна ширині захвату сівалки. Для JPH 8 (ширина захвату 3,6 м) оптимальна ширина загінки становить 72–108 м (20–30 проходів);

відбивають поворотні смуги шириною 10–12 м по краях поля. Їх засівають після основного масиву або обсівають вручну на початку роботи, щоб уникнути зайвого ущільнення ґрунту на розворотах;

лінію першого проходу провішують вішками, встановленими на відстані 1,8 м (половина ширини захвату + ширина стикового міжряддя) від краю загінки. Це забезпечить точне стикування наступних проходів.

Підготовка заправних пунктів:

на краю поля (на поворотній смузі) облаштовують майданчик для завантаження насіння та добрив;

туди завчасно підвозять необхідну кількість посівного матеріалу та амофосу в мішках або контейнерах;

якщо використовують протруєне насіння, майданчик має бути захищений від вітру, а персонал – забезпечений засобами індивідуального захисту.

Організація руху агрегату:

основний спосіб руху – човниковий, при якому агрегат розвертається на одній поворотній смузі, а наступний прохід робить поруч із попереднім;

					<i>МВР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для зменшення холостих переїздів і витоптування ґрунту перші 2–3 проходи роблять за спеціальною схемою, поступово зміщуючись до центру загінки;

швидкість руху на розворотах знижують до 3–4 км/год, уникаючи різких поворотів із заглибленими сошниками.

Контрольний проїзд:

безпосередньо перед масовою сівбою механізатор робить контрольний прохід через усе поле. У цей момент агроном остаточно перевіряє: фактичну глибину загортання; рівномірність ущільнення ґрунту за модернізованими загортачами (за допомогою твердоміра або візуально – ґрунт не повинен бути «пухнастим» над насінням, але й не повинен блищати, як після важкого котка); правильність стикування рядків і роботу маркерів; відсутність забивання сошників рослинними рештками [8-13].

3.4 Робота агрегату в загінці при посіві ріпаку [8-13]

Правильна організація роботи в загінці забезпечує високу продуктивність, мінімізує холості переїзди та гарантує дотримання агротехнічних вимог.

Трактор New Holland TD5.90 із навішеною сівалкою JPH 8 рухається прямолінійно з робочою швидкістю 5 - 7 км/год. Перевищення швидкості призводить до нерівномірності розподілу насіння та погіршення роботи загортаючих органів.

Гідросистема трактора встановлена в плаваюче положення, що дозволяє кожній посівній секції незалежно копіювати мікрорельєф ґрунту.

Сошники сівалки нарізають борозенку заданої глибини (2 - 3 см). Висівний апарат дозовано подає насіння в насіннєпровід, звідки воно потрапляє на ущільнене ложе. Загортаючі робочі органи виконують ключову фінішну операцію: спеціально спрофільовані диски чи котки зсувають вологий ґрунт до центру борозенки, закриваючи насіння; пружинний механізм із відрегульованим зусиллям забезпечує диференційоване ущільнення –

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

достатнє для капілярного підтягування вологи, але без переущільнення поверхневого шару; завдяки оптимізованому куту атаки та формі профілю загортачі не вивертають сухий ґрунт на поверхню і не утворюють кірки.

Заправка агрегату насінням та добривами проводиться тільки на поворотній смузі при повній зупинці агрегату. Попередньо розрахована кількість насіння та добрив на один прохід або на кілька проходів завантажуються в бункери вручну, з мінімальними втратами. Для зручності на краю поля організовують тимчасовий майданчик із запасом посівного матеріалу та добрив у мішках. Після заправки механізатор очищає кришки бункерів від пилу та залишків, перевіряє, чи не потрапили сторонні предмети.

Після підходу до межі загінки механізатор, не зупиняючись, за допомогою гідравліки підіймає сівалку (при цьому маркери автоматично або вручну перемикаються на протилежний бік). Розворот виконується на зниженій швидкості (3 - 4 км/год) по дузі з урахуванням радіусу повороту агрегату. Під час розвороту сошники не контактують із ґрунтом, що запобігає їх забиванню та поломкам.

На наступному проході тракторист спрямовує переднє колесо трактора точно по сліду, залишеному маркером на попередньому проході. Це гарантує сталість стикового міжряддя в межах 45 ± 2 см.

Після засіву всієї загінки агрегат переїжджає на наступну, або обсіває поворотні смуги. На поворотних смугах сівбу виконують у двох напрямках (човниковим способом) для повного їх закриття, після чого поле набуває завершеного вигляду без незасіяних ділянок.

У разі підвищеної вологості ґрунту (після дощу) швидкість знижують до 4 - 5 км/год, а зусилля притискання загортачів за допомогою регульовального механізму зменшують на 1 - 2 поділки, щоб уникнути утворення переущільнення.

При наявності великої кількості рослинних решток на поверхні (після Mini-till) періодично (кожні 2 - 3 круги) візуально контролюють, чи не забиваються сошники і загортачі; за потреби очищають їх під час зупинок.

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

3.5 Контроль якості роботи при посіві ріпаку [8-13]

Контроль якості є невід'ємною частиною технологічного процесу. Він поділяється на операційний (під час роботи) та приймальний (після закінчення сівби). Нижче наведено основні показники, методи та засоби контролю.

Прилади та інструменти для контролю: лінійка металева (30 см) з міліметровими поділками; щуп або спеціальний борозномір для вимірювання глибини; твердомір ґрунту (наприклад, пенетрометр) для оцінки щільності насінневого ложа; ваги електронні (точність ± 1 г) для контролю норми висіву; мірна стрічка (20 - 50 м) для визначення стикових міжрядь; рамка (1 м²) або шаблон для обліку кількості насінин на 1 м рядка. відро мірне, секундомір (для перевірки рівномірності подачі).

Вхідний контроль (до початку роботи):

перевіряють відповідність насінневого матеріалу сертифікату (схожість, чистота, маса 1000 насінин, вологість);

оглядають технічний стан сівалки, справність висівних апаратів, загортаючих органів, маркерів, герметичність насінне та тукопроводів;

проводять пробний висів на стаціонарі, зважують насіння з кожної секції. Нерівномірність між секціями ≤ 3 %, загальна норма відповідає заданій (наприклад, 4 - 6 кг/га);

перевіряють налаштування глибини загортання на рівному майданчику за допомогою підкладних брусків.

Операційний контроль (під час сівби):

норма висіву (польова перевірка) - на контрольній ділянці (наприклад, на 100 м рядка) збирають насіння, що випало із сошника (попередньо підстеливши плівку), зважують і порівнюють із розрахунковим значенням. Розрахунок для міжряддя 45 см при нормі 6 кг/га на 100 м рядка повинно висіватися $6 \times (100 \times 0,45) / 10\,000 = 27$ г. Контроль проводять для кількох секцій. Відхилення не повинно перевищувати ± 5 %;

глибина загортання - через кожні 2 - 3 години роботи (або при зміні ґрунтових умов) у 5 - 10 місцях по діагоналі загінки обережно розкривають

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

борозенки, лінійкою заміряють відстань від поверхні поля до верхньої точки насінини. Окремо фіксують випадки незагорнутого насіння. Допустимі межі: середнє 2,5 см, не менше 90 % вимірів у діапазоні 2,0 - 3,0 см;

якість ущільнення - візуально оцінюють, чи не вивертається сухий шар, чи немає тріщин у борозенці. За допомогою твердоміра вимірюють щільність ґрунту безпосередньо над насінням (на глибині 2,5 см), вона має бути в межах 1,05 - 1,20 г/см³. Відхилення вказують на необхідність регулювання пружин загортачів;

стикові міжряддя та прямолінійність - мірною стрічкою заміряють відстань між крайніми сошниками суміжних проходів у 3 - 5 місцях по довжині гону. Допустиме відхилення від базових 45 см – не більше ± 2 см. Одночасно перевіряють прямолінійність рядків візуально, викривлення свідчать про помилки у водінні або неправильну довжину маркера;

Приймальний контроль (після завершення сівби):

узагальнюються результати всіх проміжних вимірювань, оглядають поле на предмет огріхів, незасіяних ділянок, особливо на стиках загінок та поворотних смугах;

виконують контрольне обстеження на 3–5-й день після сівби (до появи сходів), оцінюють рівномірність закладення насіння за допомогою розкопувань, наявність кірки, ознак випирання чи пересихання;

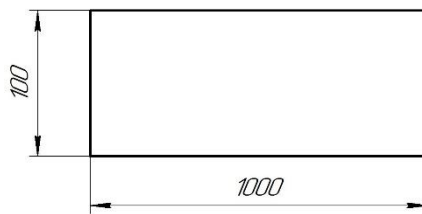
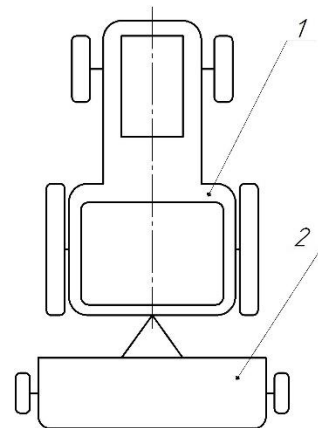
остаточну оцінку якості сівби дають за польовою схожістю (на 7 - 14-й день), підраховують кількість сходів на 1 м рядка в 10 - 15 місцях. Для норми висіву 30 насінин на 1 м рядка очікувана кількість сходів – 22–25 шт. (польова схожість ≥ 75 %). Саме на цьому етапі підтверджується ефективність загортаючих органів, які забезпечують стабільне ущільнення і дружні сходи;

складають акт перевірки якості посіву, в якому фіксують усі виміряні показники, виявлені недоліки та рекомендації щодо подальшого догляду.

Детальний розрахунок складових операційно-технологічної карти наведений в Додатку А. На основі проведених розрахунків складаємо операційно-технологічну карту наведену на таб. 3.3.

					<i>МВР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Операційно–технологічна карта на посів ріпаку

Назва груп показників	Параметри, вимоги, нормативи	Схеми
1	2	3
Умови роботи	Площа – 100 га, довжина гонів – 900м, ширина гонів – 234м, величина підйому – 0,02, питомий опір з поправкою на швидкість – 1,5 кН/м, глибина загортання насіння – 2,5 см.	<i>Схема поля</i> 
Агротехнічні вимоги	Коливання ширини міжрядь повинно бути не більше: у основних ± 1 см, суміжних сівалок ± 2 см, суміжних проходів ± 5 см, відхилення від заданої глибини посіву $\pm 0,5$ см. Не допускаються незароблене насіння на поверхні поля. Число пропусків не повинно перевищувати 2% від числа висіяних насінин.	
Склад агрегату і підготовка його до роботи	Трактор New Holland T5.90, сівалка JHP 8, робоча ширина захвату – 3,6 м, мінімальний радіус повороту – 4,32м, кінематична довжина агрегату – 7,7м. Підготовка агрегату: провести щозмінне ТО трактора і сівалки; відрегулювати на задану норму висіву.	 1 – трактор; 2 – сівалка
Підготовка поля	Перед початком сівби поле оглянути, перешкоди усунути, ширина поворотної смуги 17,6м.	

Спосіб руху	Спосіб руху – гоновий човниковий, спосіб повороту – петльовий грушоподібний	L - довжина гонів, L_p - робоча довжина загінки, E - ширина поворотної смуги, e - довжина виїзду агрегату, B_p - ширина захвату агрегату.
Швидкість руху	Робоча передача – IV, враховуючи буксування, робоча швидкість 4,5 км/год	
Показники організаційного процесу	Тривалість циклу – 26 хв, технічна продуктивність за цикл – 0,57 га/ц; змінна продуктивність агрегату – 8,8 га/зм, кількість циклів за зміну 15,5 ц/зм	
Контроль за якістю роботи сівалки	Відхилення від заданої глибини повинно бути не більше $\pm 0,5$ см. Норма висіву становить (4,0-6,0 кг/га) або 0,7-1,0 млн. сх. насінин/га.	При оцінці якості посіву врахувати такі показники: ширину основних і стикових міжрядь – відкопати насіння без його переміщення і заміряти відстань між суміжними рядками; глибина посіву – відкрити насіння і заміряти глибину їх загортання; точність висіву насіння – легкими рухами поперек рядка відкрити 1м рядка і заміряти відстань між насінням; прямолінійність рядків – на довжині 50м відбити базову лінію і через 0,5м заміряти відхилення.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МВР 00.000 ПЗ

Арк.

31

4. Інженерна частина

4.1 Обґрунтування напрямку модернізації овочевої сівалки під посів ріпаку

Основою для виконання роботи є сівалка JPH (Jang Precision Hoes), яка виробляється у Франції [15]. Це модульна овочева сівалка точного висіву, спеціально розроблена для дрібного насіння. Її ключовою особливістю є незалежні висівні елементи, які кріпляться на зчіпному пристрої за допомогою паралелограмної підвіски з двома пружинами. Така конструкція забезпечує точне копіювання рельєфу ґрунту та однакову глибину посіву кожним окремим висівним елементом.

Для дрібного насіння ріпаку JPH є майже безальтернативним вибором, оскільки її висівні апарати, оснащені антистатичними роликами, здатні точно дозувати навіть найменші насінини з мінімальним травмуванням. Однак, щоб повністю реалізувати цей потенціал, необхідно вирішити проблему фінішного загортання насіння, адже саме на цьому етапі часто втрачається якість, закладена точним висівом

Аналіз проблем та обґрунтування необхідності модернізації загортаючих робочих органів.

Агротехнічні вимоги до сівби ріпаку є надзвичайно жорсткими. За літературними даними, оптимальна глибина загортання насіння становить лише 1,5-3,0 см, причому відхилення не повинно перевищувати $\pm 0,5$ см. Для цієї культури критично важливим є тверде ложе, насінина повинна лягти на щільний капілярний шар, який підтягуватиме вологу з глибших горизонтів, і бути прикритою зверху пухким, дрібногрудкуватим шаром ґрунту, що запобігає утворенню кірки та надмірному випаровуванню. Порушення цих вимог призводить до недружніх сходів, ослаблення рослин та їх подальшого вимерзання взимку, що є однією з найпоширеніших помилок, якої припускаються аграрії.

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

Штатні загортаючі робочі органи сівалки ЈРН, які часто виконані у вигляді простих пальцевих загортачів або котків із поролоновим покриттям, не завжди здатні стабільно виконувати це завдання в мінливих польових умовах. Можна виділити три основні проблеми в їх роботі саме під час сівби ріпаку:

проблема рівномірності ущільнення - ріпак потребує диференційованого ущільнення, щільного на глибині залягання насінини та пухкого на поверхні. Стандартні котки часто не мають можливості точного регулювання тиску, що призводить або до надмірного ущільнення поверхні та утворення кірки, або до недостатнього контакту насінини з вологим ґрунтом;

проблема стабільності глибини - на високих швидкостях або на нерівному полі штатні загортачі можуть втрачати стабільність в вертикальній площині, порушуючи глибину загортання. Для дрібного насіння ріпаку навіть незначне відхилення в 1 см є критичним;

проблема забивання - під час роботи на вологих або засмічених рослинними рештками ґрунтах стандартні загортачі можуть забиватися, що призводить до вивертання вологого ґрунту назовні та залишення насіння на поверхні або, навпаки, незакриття борозни.

Таким чином, наявне технічне протиріччя між високою точністю дозування насіння сівалкою ЈРН та недостатньою ефективністю її штатних загортаючих органів для специфічних вимог ріпаку. Це є підставою для пошуку технічних рішень з їх модернізації.

Обґрунтування напрямків модернізації загортаючих робочих органів.

Усунення вказаних проблем вимагає комплексного підходу до модернізації системи загортання. Пропонується три основні напрямки, які в сукупності дозволять адаптувати овочеву сівалку ЈРН під агротехнічні вимоги сівби ріпаку:

Замість пальцевого загортача пропонується встановлення спеціально спрофільованих дискових загортачів. Їхня форма має забезпечувати

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

спрямований потік ґрунту в борозенку, ідеально закриваючи насіння вологим шаром без утворення пустот. Такі диски, встановлені під регульованим кутом атаки, здатні м'яко зсувати ґрунт, не вивертаючи назовні сухий шар. Прикочуючий коток сівалки повинен оснащуватись робочою поверхнею для якісного загортання насіння шляхом ущільнення ґрунту навколо насіння і неущільнення безпосередньо над ним. Подібний підхід, з використанням профільованих прикочуючих котків, застосовується в сучасних посівних комплексах і показує відмінні результати на дрібнонасінневих культурах, включно з ріпаком.

Впровадження регульованого притискного механізму. Для забезпечення стабільного контакту насінина-ґрунт необхідно оснастити кожен загортаючий орган індивідуальним підпружиненим механізмом. Це дозволить точно регулювати зусилля притискання залежно від типу ґрунту та його вологості, забезпечуючи необхідне диференційоване ущільнення. Наявність пружини дозволить загортачу копіювати мікрорельєф ґрунту незалежно від рами сівалки, що є особливо важливим для підтримання однакової глибини.

Модернізований вузол кріплення має забезпечувати швидке та зручне регулювання як кута атаки загортачів, так і зусилля їх притискання. Це дасть змогу оперативно адаптувати сівалку до мінливих умов поля під час роботи. Також новий вузол має бути стійким до забивання рослинними рештками та залипання вологим ґрунтом.

Очікується, що реалізація цих напрямків модернізації дозволить отримати такі практичні результати:

підвищення польової схожості насіння ріпаку на 8-12% завдяки ідеальному контакту насінина з вологим ґрунтом та стабільній глибині загортання;

зменшення кількості технологічних проходів (відмова від додаткового коткування), що зменшує ущільнення ґрунту та економить паливе;

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

можливість використання сівалки для сівби інших дрібнонасієних культур (мак, просо, гірчиця, овочеві) без значних переналаштувань, що підвищує універсальність машини.

Розглянемо конструкцію сівалки ЈРН 8 (рис. 4.1). Сівалка ЈРН 8 має модульну конструкцію: на центральній несучій балці (рамі) прямокутного профілю закріплено окремі посівні секції. Кожна секція - це незалежний висівний апарат з власним сошником, загортаючими органами та бункером. Секції можна вільно пересувати вздовж балки, змінюючи ширину міжрядь; мінімальна відстань між секціями становить лише 7.5 см (3 дюйми) . Це дає змогу швидко переналаштовувати сівалку під різні схеми сівби [15].

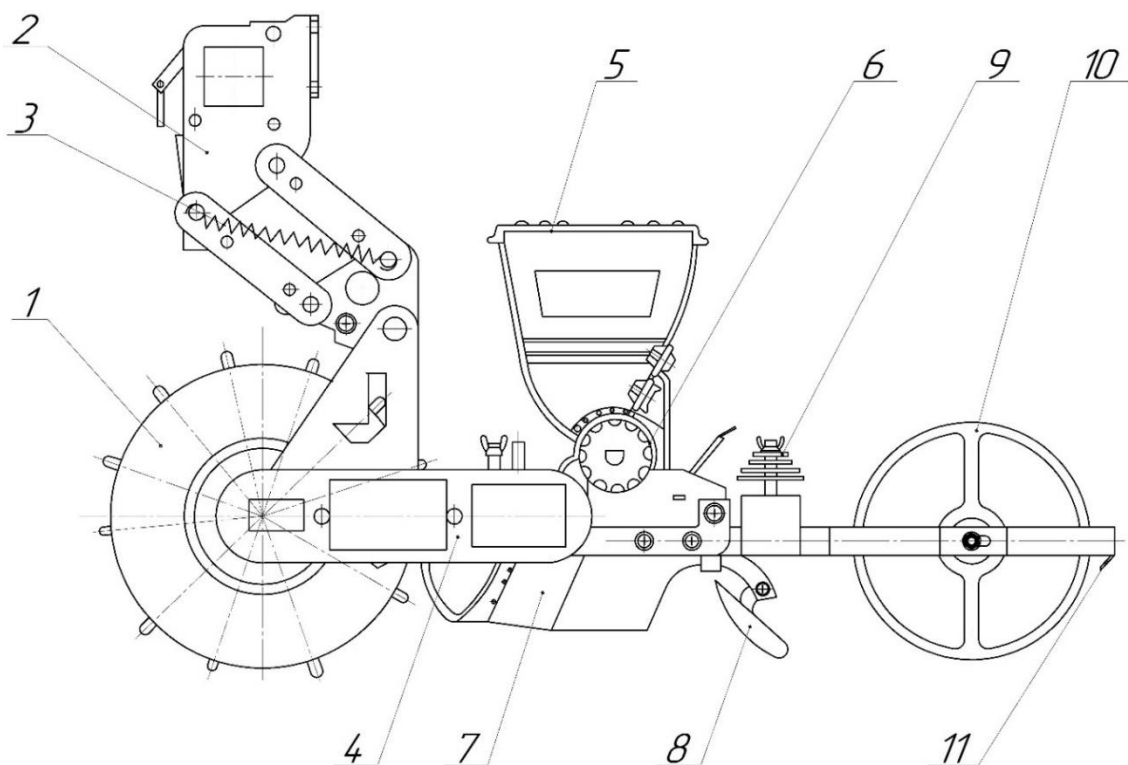


Рис. 4.1 Конструктивна схема овочевої сівалки ЈРН 8

Кожна секція кріпиться до рами через паралелограмний механізм із двома пружинами, що забезпечує незалежне копіювання рельєфу ґрунту кожною секцією.

Основою секції є механічний висівний апарат, який складається з:

висівного ролика 6 - змінний ролик із комірками, виготовлений зі спеціального антистатичного пластику, що запобігає налипанню насіння . Для

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

ріпаку (діаметр насінини 1,5 – 2,2 мм) рекомендовано ролики з дрібними комірками (LJ-6, LJ-8 або LJ-10 залежно від калібрування насіння);

дозувальної щітки - регульована щітка з натуральної щетини, яка виставляється на висоту однієї насінини над роликом і забезпечує точне однозернове висівання. Для великого насіння ріпаку щітку можна підняти, а для рівномірного висіву з регульованим кроком опустити в положення торкання ролика;

бункера 5 - прозорий пластиковий бункер місткістю близько 1 л, що дає змогу візуально контролювати рівень насіння . Бункер має швидкознімне кріплення для зручного спорожнення залишків після завершення сівби;

для відкриття борозенки використовується вузький клиноподібний сошник 7, який прорізає ґрунт на задану глибину (1 - 3 см залежно від налаштування). Сошник має тупий кут входження в ґрунт, що мінімізує порушення структури ґрунту та запобігає вивертанню сухих шарів на поверхню;

для змикання борозенки після висіву використовуються загортачі 8 – пластинчасті або пальцеві органи, які розташовані позаду сошника та зсувають ґрунт до центру рядка, закриваючи насіння. Кут атаки загортачів можна регулювати перестановкою в отворах кронштейна; для легких ґрунтів використовують більший кут (до 15°), для важких - менший. Загортачі не підпружинені окремо - вони жорстко закріплені на корпусі секції і працюють разом із загальним паралелограмним механізмом;

ключовим елементом системи загортання є прикочуючий коток 10 (прикочувальне колесо), розташоване безпосередньо за загортачами. Коток виконує ущільнення ґрунту над насінням - забезпечує щільний контакт насінини з вологим ґрунтом, що є критично важливим для проростання ріпаку;

привод висівного апарату здійснюється від переднього котка 1 через ланцюгову передачу, обертання котка передається на висівний ролик, забезпечуючи синхронізацію швидкості руху з частотою висіву.

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

Технічні характеристики JPH 8, згідно [15]

Параметр	Значення
Кількість рядів	8
Мінімальна ширина міжряддя	9 см (стандартно 12 - 15 см)
Глибина сівби	1 - 3 см
Крок висіву	від 2 до 51 см
Місткість бункера (1 секція)	близько 1 л
Робоча швидкість	до 6,5 км/год
Продуктивність (8 рядів)	до 4000 м ² /год (0.4 га/год)
Маса секції (1 ряд)	близько 11 кг
Тип висівного апарату	механічний, роликовий
Привод	від прикочуючого котка через ланцюг
Тип сошника	вузький клиноподібний
Кріплення до трактора	навісне, 3-точкова навіска

Незважаючи на загальну ефективність, штатна система загортання JPH 8 має певні обмеження, які обґрунтовують необхідність її модернізації для специфічних вимог ріпаку.

Недостатнє регулювання притискного зусилля котка, поролоновий коток не має механізму точного регулювання сили притискання. На легких ґрунтах він може недопрацьовувати (недостатній контакт насінини з вологим ложем), а на важких - переущільнювати поверхню, сприяючи утворенню кірки.

Забивання загортачів - на вологих або засмічених рослинними рештками ґрунтах дискові загортачі можуть забиватися, що порушує рівномірність закриття борозенки.

Відсутність незалежного підпружинення загортачів - загортачі жорстко закріплені на корпусі секції, через що вони не можуть незалежно копіювати

мікрорельєф - це може призводити до нерівномірності глибини загортання на нерівному полі.

Обмежена універсальність для ріпаку - штатна система добре працює на попередньо підготовленому, вирівняному ґрунті, але в умовах мінімального обробітку (Mini-till, No-till), де є рослинні рештки, її ефективність знижується. Саме ці проблеми було враховано в обґрунтуванні напрямків модернізації, описаному в попередньому розділі.

Для можливості якісного посіву насіння ріпаку сівалкою JPH 8 нами була проведена її модернізація, якій підлягли загортачі і задній прикочуючий коток сівалки.

Для покращення загортання насіння ріпаку пропонується замість пластинчастого загортача встановлювати котковий загортальний робочий орган. Оскільки насіння ріпаку висівається не на значну глибину то важливо забезпечити його якісне загортання. З цією метою пропонується загортальний котковий робочий орган забезпечити шиною атмосферного тиску змінної внутрішньої конструкції. Запропонований загортач наведений на рис. 4.2.

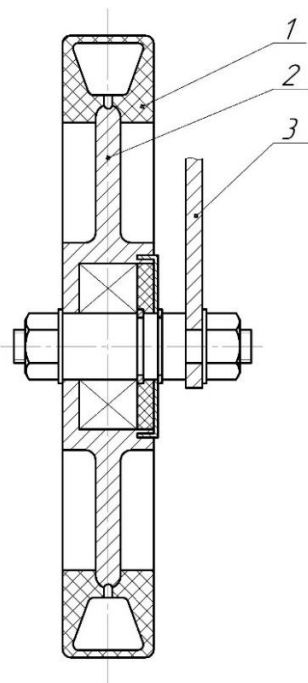


Рис. 4.2 Запропонований загортальний робочий орган:

1 – шина зв змінним внутрішнім профілем; 2 – підшипниковий вузол; 3 – система кріплення

Загортальний робочий орган має ширину більшу за ширину борозни, яку утворює сошник. Оскільки сошник під час формування борозни утворює ущільнені стінки борозни і насіння яке потрапляє на дно насіннєвого ложа повинне бути обгорнуте вологими шарами ґрунту, то конструкція шини загортача направлена на руйнування ущільнених стінок борозни. З цією метою внутрішня порожнина шини загортаючого робочого органу виконана у вигляді правильної трапеції, причому її основа знаходиться безпосередньою в контакті із поверхнею ґрунту, а верхня менша частина забезпечує формування силового розподілу від дії котка на ґрунт.

Під час роботи загортаючий робочий орган працює так – в процесі кочення по поверхні ґрунту, за рахунок більшої ширини робочої поверхні за ширину борозни відбувається дія на борозну у вертикальній площині. За рахунок конструкції внутрішньої порожнини шини менший тиск буде формуватись по центру робочої поверхні загортача, оскільки в основі профілю товщина стінки найменша. По краях шини за рахунок зменшення ширини внутрішньої порожнини шини в верхній частині профілю, потовщуються бічні стінки робочої поверхні загортача, в результаті чого тиск по краях буде значно більший ніж по центру. Такий характер дії шини загортаючого робочого органу дасть можливість зруйнувати ущільнені стінки борозни і направити цей ґрунт на змикання борозни, залишаючи над насінням неущільнений шар ґрунту і не впливаючи на нього. Таким чином насіння буде загорнуте вологими шарами ґрунту і в той же час не контактує із поверхнею загортаючого робочого органу, що усуває головний недолік борозних котків – виніс насіння на поверхню із за його налипання на робочу поверхню.

Перевагами запропонованого робочого органу є:

за рахунок комбінованої конструкції порожнини шини атмосферного тиску загортального робочого органу, а також його ширини насіння ріпаку повністю загортається шарами вологого ґрунту зі стінок борозни;

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

в результаті розподілу силового навантаження від дії робочої поверхні загортача над насінням залишається шар неущільненого ґрунту, що буде сприяти проростанню насіння;

більша ширина робочої поверхні загортача за ширину борозни забезпечує укриття насіння тільки шарами нижнього горизонту і не перемішує їх з верхніми більш сухими;

конструкція робочої поверхні загортаючого робочого органу сприяє самоочищенню його робочої поверхні і забезпечує відсутність прямого контакту з насінням в борозні.

Також модернізації підлягав задній прикочуючий коток. В результаті пошукових досліджень нами була запропонована конструкція котка рис. 4.3.

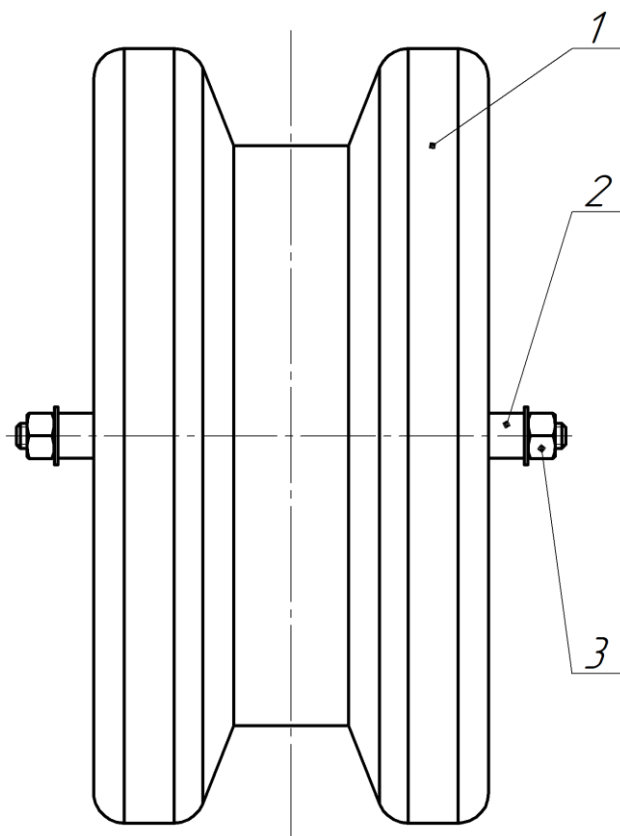


Рис. 4.3 Задній коток овочевої сівалки для якісного ущільнення насіння ріпаку:

1 – гумовий обод; 2 – вісь; 3 – елементи кріплення

Оскільки насіння ріпаку висівається на незначну глибину то необхідно, щоб задній прикочуючий коток ущільнював ґрунт навколо насіння і не

ущільнював його в зоні росту рослин. У зв'язку з цим поверхня котка виконана комбінованою. По центру котка розміщена прямолінійна ділянка яка за допомогою конічних боковин виходить на зовнішню поверхню циліндричної частини робочої поверхні, а всі переходи робочої поверхні мають радіальні переходи, з метою уникання концентрації напружень. Висота конічних боковин робочої поверхні котка дорівнює максимальній глибині загортання насіння ріпаку. Для зменшення налипання ґрунту на робочу поверхню котка вона виконана обгумованою. За рахунок такої конструкції ущільнення ґрунту навколо висіяного насіння відбувається з обох боків від насіння, а безпосередньо над ним залишається шар помірно ущільненого ґрунту. Дії від прямолінійної ділянки профілю котка вистачає на притискання верхнього шару ґрунту до насіння і усунення повітряних кишень, що дає можливість сформувати оптимальні умови для проростання насіння.

4.2 Розрахунок параметрів запропонованих робочих органів

Для проведення розрахунку характеру взаємодії робочої поверхні загортача із ґрунтом приймемо наступні довідкові параметри [16-25]:

ширина робочої поверхні загортача 30 мм;

ширина борозни 25 мм;

глибина посіву 2,5 см;

коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту $q = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Н / м}^2$;

посів виконується на суглинистому чорноземі добре підготовленому і структурованому;

щільність ґрунту, $\rho = 0,9 \text{ г / см}^3$;

вага робочого органу 1,4 кг;

швидкість посіву 4,5 км/год;

вологість ґрунту 20%;

товщина нижньої стінки шини яка контактує з ґрунтом 2,5 мм;

модуль пружності гуми $E = 1,5...2,0 \text{ МПа}$;

					МВР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

коефіцієнт Пуассона $\mu = 0,47$ (гума практично нестислива, деформація відбувається за рахунок зміни форми порожнини).

Розраховуємо геометрію котка та внутрішньої порожнини. Згідно із запропонованою концепцією, порожнина має форму правильної трапеції, більша основа якої контактує з поверхнею, де формується найменша товщина стінки у 2,5 мм.

Зовнішній діаметр (D). Максимально допустимий діаметр робочої поверхні загортача залежить від конструктивних особливостей секції робочих органів овочевої сівалки, із конструктивних міркувань приймаємо $D = 150$ мм (радіус $R = 75$ мм), щоб мінімізувати опір коченню при швидкості 4,5 км/год та уникнути ефекту згужування. Висоту профілю шини (H) для забезпечення достатнього об'єму деформації приймаємо на рівні висоти гумового масиву над ободом $H = 20$ мм.

Нижня основа внутрішньої трапеції (a) - це ширина порожнини поблизу контактної поверхні. Вона повинна забезпечувати м'яку зону над насінням. При загальній ширині 30 мм раціонально прийняти $a = 18$ мм.

Товщина суцільних бічних стінок в нижній частині складе:

$$t = \frac{B - a}{2},$$

$$t = \frac{30 - 18}{2} = 6 \text{ мм}$$

Така товщина з країв забезпечить значно вищий локальний тиск на стінки борозни порівняно з центром.

Кінематика взаємодії та глибина занурення

Ширина борозни від сошника 25 мм, ширина котка 30 мм. Коток перекриває стінки борозни на 2,5 мм з кожного боку. Щоб зруйнувати ущільнені стінки борозни і згорнути їх до центру, залишаючи неуцільнений шар над насінням, коток не повинен діставати до глибини висіву (насіння на глибині 25 мм).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МВР 00.000 ПЗ

Арк.

42

Прогнозована глибина занурення котка (h) для руйнування верхнього краю борозни повинна становити близько 10 - 12 мм.

Довжина дуги контакту (L) розраховується за формулою:

$$L = \sqrt{2 \cdot R \cdot h - h^2},$$

$$L = \sqrt{2 \cdot 75 \cdot 10 - 10^2} = \sqrt{1400} = 37,4 \text{ мм}$$

Площа контакту:

$$S = B \cdot L,$$

$$S = 0,03 \cdot 0,0374 = 0,00112 \text{ м}^2$$

Проведемо розрахунок силового навантаження та пружини. Для ефективного руйнування стінок такого ґрунту середній тиск (p) під жорсткими краями котка має бути на рівні 35 - 40 кПа. За рахунок трапецієподібної порожнини навантаження розподіляється нерівномірно - центр (2,5 мм стінки) лише копіює рельєф, а краї передають основне зусилля.

Необхідне загальне вертикальне зусилля на коток ($P_{заг}$):

$$P_{заг} = p \cdot S,$$

$$P_{заг} = 40 \cdot 10^3 \cdot 0,00112 \text{ м}^2 \approx 45 \text{ Н}$$

Вага самого котка ($m = 1,4$ кг):

$$G = m \cdot g = 1,4 \cdot 9,81 = 13,73 \text{ Н}$$

Зусилля, яке повинна створювати пружина тиску ($F_{пр}$):

$$F_{пр} = P_{заг} - G,$$

$$F_{пр} = 45 - 13,73 = 31,27 \text{ Н}$$

В результаті розрахунку бачимо, що механізм кріплення має забезпечувати додатковий тиск близько 31...35 Н на швидкості 4,5 км/год. Це гарантує руйнування стінок борозни без винесення насіння ріпаку на поверхню.

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

Розрахуємо щільність ґрунту на глибині залягання насіння. Потрібно визначити, як епюра тисків розподіляється вглиб і як саме ущільнюється ґрунт безпосередньо над насінною.

Виходячи з визначених раніше параметрів (загальне навантаження 45 Н, ширина котка 30 мм, глибина посіву 2,5 см, занурення котка 1,0 см), проведемо покроковий розрахунок.

Визначення тиску в центральній зоні (над насінням).

За рахунок трапецієподібної порожнини товсті бічні стінки (по 6 мм) мають значно більшу жорсткість, ніж тонка центральна частина (2,5 мм).

Приймаємо, що жорсткі краї сприймають близько 80% навантаження (виконуючи роботу з руйнування стінок борозни), а гнучкий центр - лише 20%.

Зусилля, що припадає на центральну частину:

$$P_y = 45 \cdot 0,20 = 9 \text{ Н}$$

Площа контакту центральної зони (ширина 1,8 см, довжина дуги контакту 3,74 см):

$$S_c = 1,8 \cdot 3,74 \approx 6,73 \text{ см}^2$$

Середній тиск на поверхні ґрунту безпосередньо над насінням:

$$p_c = \frac{P_c}{S_c},$$

$$p_c = \frac{9}{6,73} \approx 1,34 \text{ Н / см}^2$$

Розподіл напружень на глибині залягання насіння.

Насіння ріпаку лежить на глибині 2,5 см. Коток занурюється на 1,0 см. Отже, товщина шару ґрунту від поверхні контакту котка до насінни становить:

$$h = 2,5 - 1,0 = 1,5 \text{ см}$$

Згідно із закономірностями поширення напружень у ґрунтового середовищі, на глибині, яка майже дорівнює ширині навантаженої ділянки (1,5

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

см глибини проти 1,8 см ширини центральної зони), вертикальне напруження (σ_z) становить орієнтовно 60% від поверхневого тиску:

$$\sigma_z = p_c \cdot 0,6,$$

$$\sigma_z = 1,34 \cdot 0,6 \approx 0,8 \text{ Н/м}^2$$

Розрахунок кінцевої щільності ґрунту.

Для розрахунку об'ємної деформації пухкого ґрунту скористаємося залежністю:

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 - \frac{\sigma_z}{E_z}},$$

де ρ_0 - початкова щільність ґрунту (0,9 г/см³);

E_z - модуль деформації дуже пухкого дрібногрудкуватого чорнозему (приймаємо 50 Н/см²).

$$\rho = \frac{0,9}{1 - \frac{0,8}{50}} = \frac{0,9}{1 - 0,016} = \frac{0,9}{0,984} \approx 0,915 \text{ г/см}^3$$

Щільність ґрунту безпосередньо над насінням зростає з початкових 0,90 г/см³ лише до 0,915 г/см³. Цей розрахунок математично підтверджує головну ідею модернізації - конструкція шини дійсно залишає над насінням пухкий, практично неуцільнений шар ґрунту. Це ідеальні умови для проростання просапних культур, оскільки відсутність щільної кірки над насіниною гарантує вільний доступ кисню та легке пробивання паростка на поверхню. Основне ж ущільнення локалізується по краях, згортаючи вологий ґрунт до центру.

Проведемо розрахунок тягового опору удосконаленого загортаючого робочого органу.

Тяговий опір (опір коченню) удосконаленого загортача складається з трьох основних фізичних компонентів:

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

витрат енергії на деформацію ґрунту;
внутрішнього тертя в еластичній шині;
тертя у підшипниковому вузлі.

Для розрахунку використовуємо параметри, визначені на попередніх етапах:

загальне вертикальне навантаження 45 Н;
зовнішній діаметр котка (D) - 150 мм (0,15 м);
глибина занурення котка (h): 10 мм (0,01 м).
Опір на деформацію ґрунту (утворення колії).

Це найвагоміша складова, оскільки коток виконує механічну роботу з руйнування ущільнених стінок борозни та згортання пухкого ґрунту. Коефіцієнт опору коченню по ґрунту (f_{ep}) для таких умов розраховується за класичною емпіричною залежністю:

$$f_{ep} = \sqrt{\frac{h}{D}},$$

$$f_{ep} = \sqrt{\frac{0,01}{0,15}} = \sqrt{0,0667} \approx 0,258$$

Зусилля, необхідне для перекочування котка по ґрунту (R_{ep}):

$$R_{ep} = P_{ep} \cdot f_{ep},$$

$$R_{ep} = 45 \cdot 0,28 \approx 11,61 \text{ Н}$$

Опір деформації самої шини (внутрішнє тертя)/

Запропонована шина має порожнину (змінний профіль) і постійно деформується під час обертання, змінюючись і відновлюючи форму. Через це виникають втрати енергії на гістерезис гуми. Для м'яких гумових шин, що працюють при низьких тисках, коефіцієнт опору коченню самої шини (f_{ui}) становить орієнтовно 0,035 - 0,045. Прийmemo $f_{ui} = 0,04$. Зусилля на циклічну деформацію гуми (R_{ui}):

$$R_{ui} = P_{заг} \cdot f_{ui},$$

					МВР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$R_{ш} = 45 \cdot 0,04 = 1,8 \text{ Н}$$

Опір у підшипниковому вузлі.

Втрати в закритих підшипниках кочення (з урахуванням тертя манжетних ущільнювачів для захисту від пилу) є дуже малими. Коефіцієнт тертя підшипника (f_n) зазвичай становить близько 0,05. За умови діаметра осі котка $d = 15 \text{ мм}$ (0,015 м), опір зведений до обода котка складе:

$$R_n = P_{заг} \cdot f_n \frac{d}{D},$$

$$R_n = 45 \cdot 0,05 \cdot \frac{0,015}{0,15} = 0,225 \text{ Н}$$

Сумарний тяговий опір одного загортаючого котка (R_x) дорівнює сумі всіх складових:

$$R_x = R_{ep} + R_{ш} + R_n,$$

$$R_x = 11,61 + 1,8 + 0,225 = 13,64 \text{ Н}$$

Тяговий опір одного робочого органу становить близько 13,6 Н (що еквівалентно зусиллю приблизно 1,4 кгс). Якщо розглядати агрегування у складі 8-рядної сівалки, сумарний додатковий тяговий опір від усіх загортачів складе всього близько 109 Н (11 кгс). Це надзвичайно малий показник, який жодним чином не перевантажить посівний агрегат і не потребуватиме збільшення тягового класу трактора, водночас забезпечуючи якісне загортання насіння.

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

5. Охорона праці

5.1 Аналіз небезпечних факторів які можуть виникати під час посіву ріпаку овочевою сівалкою [26-32]:

Механічні небезпечні фактори - це фактори, які пов'язані з конструкцією агрегату, рухомими частинами та технологічними операціями обслуговування:

пальці висівних апаратів, привідні ланцюги та зірочки - відсутність або несправність захисних кожухів може призвести до захоплення одягу або пальців рук;

спеціально спрофільовані диски із гострою крайкою та підпружинений важіль становлять небезпеку порізу або защемлення кінцівок під час регулювання чи очищення;

маркери сівалки - під час розкладання/складання є зонами з високою ймовірністю травмування через велику вагу та радіус дії.

Небезпеки, пов'язані з навішуванням та агрегуванням:

самостійне опускання навішеної сівалки через несправність гідросистеми трактора (гідрозамка) або помилкове перемикання важеля розподільника;

розрив зчіпного пристрою під час транспортування або роботи на схилах (особливо при перевантаженні бункера насінням та добривами);

перекидання агрегату через неправильне баластування трактора або роботу на схилах понад 5°.

Небезпеки під час технічного обслуговування та ремонту:

мимовільне спрацювання пружинного механізму модернізованого загортаючого робочого органу під час регулювання зусилля притискання, може призвести до защемлення рук або відстрілу деталей;

пошкодження пальців під час очищення висівних апаратів від забивання насінням або пилом (забороняється очищати на ходу).

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

Хімічні небезпечні та шкідливі фактори - ця група факторів пов'язана з використанням протруєного насіння, мінеральних добрив та супутніх пестицидів:

інтоксикація через органи дихання або шкіру під час завантаження бункера сівалки, особливо у вітряну погоду. Протруйники на основі неонікотиноїдів та триазолів здатні викликати алергічні реакції та отруєння;

потрапляння протруєного пилу в очі під час засипання насіння без засобів індивідуального захисту (ЗІЗ);

подразнення слизових оболонок очей та дихальних шляхів аміачним пилом при завантаженні тукового бункера;

хімічні опіки при контакті добрив із вологими ділянками шкіри (потовиділення);

Пестициди (грунтові гербіциди) - небезпека виникає, якщо обприскувач вносить ґрунтовий гербіцид одразу після сівалки або в одному агрегаті. Пари гербіцидів та їхній знос із поверхні ґрунту можуть потрапляти в зону дихання механізатора.

Забруднення шкіри залишками пестицидів при випадковому контакті з робочими органами сівалки, що попередньо контактували з препаратом.

Фізичні шкідливі фактори – це шум, вібрація, мікроклімат та запиленість.

Шум - двигун трактора (рівень шуму на робочому місці може досягати 85-90 дБА), робота висівних апаратів, тертя дисків загортачів об ґрунт. Перевищення рівня шуму призводить до зниження уваги та підвищеної втомлюваності.

Вібрація - загальна вібрація передається через сидіння трактора під час руху по нерівностях поля. Локальна вібрація - через важелі керування. Тривалий вплив загальної вібрації в діапазоні низьких частот сприяє розвитку професійних захворювань хребта.

Мікроклімат та запиленість - підвищена температура повітря в кабіні трактора (за відсутності кондиціонера) у серпні під час сівби озимого ріпаку - ризик теплового удару.

Запиленість повітря робочої зони під час сівби в суху вітряну погоду частками ґрунту, органічними рештками та протруєним пилом. Призводить до професійних бронхітів та кон'юнктивітів.

Небезпеки, зумовлені організацією робіт.

Рух та маневрування агрегату - небезпека наїзду на допоміжних працівників (заправників насіння, агронома) під час руху заднім ходом або розворотів на поворотній смузі.

Падіння працівника з підніжки сівалки під час руху (якщо сівалка обладнана платформою для обслуговчого персоналу, хоча JPH 8 її не має, персонал може знаходитись на навісці).

Перекидання мішків із насінням (маса до 50 кг) при ручному завантаженні - ризик травмування спини та кінцівок.

Виконання робіт безпосередньо в полі, без навісу, під час грози (небезпека ураження блискавкою).

Пожежовибухонебезпека - загоряння пожнивних решток, накопичених на гарячих частинах двигуна трактора або на елементах випускної системи.

Спалах пило-повітряної суміші (органічний пил, пил добрив) при інтенсивному пилоутворенні в замкненому просторі ангара під час протруєння або завантаження (хоча протруєння зазвичай виконують окремо на машинах типу ПС-20).

Під час посіву ріпаку овочевою сівалкою JPH 8 з модернізованими загортаючими органами на працівників впливає комплекс механічних, хімічних, фізичних та організаційних небезпечних факторів. Найвищий ризик травмування пов'язаний з обслуговуванням пружинних механізмів загортачів та контактом із протруєним насінням. Це зумовлює необхідність розробки спеціальних інструкцій з охорони праці, обов'язкового використання ЗІЗ (респіратори, захисні окуляри, рукавиці з крагами), а також обладнання

					<i>МВР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сівалки додатковими захисними кожухами на небезпечні зони модернізованого вузла.

Висновки

За результатами виконаного дослідження сформульовано такі висновки:

1. Проведено аналіз існуючих конструкцій сівалок, які можуть застосовуватись для висіву ріпаку. За результатами дослідження встановлено, що овочева сівалка ЈРН 8 після виконання незначних конструктивних удосконалень може бути адаптована до агротехнічних вимог вирощування культури та забезпечувати необхідну якість посіву.

2. В ході модернізації визначено, що вирішальний вплив на якість формування умов для швидкого проростання насіння в конструкції овочевої сівалки мають два основні робочі вузли – загортачі і задній прикочуючий коток, від параметрів яких залежить формування необхідної щільності ґрунту навколо насіння.

3. Для підвищення якості загортання насіння розроблено вдосконалену конструкцію загортача і заднього прикочуючого котка овочевої сівалки ЈРН 8, які мають комбіновані конструкції, які сприяють створенню сприятливих умов для проростання насіння.

4. Для покращення загортання насіння пропонується замість пластинчастого загортача встановлювати котковий загортальний робочий орган. Використання шини атмосферного тиску зі змінним внутрішнім профілем дозволяє ефективно руйнувати ущільнені сошником стінки борозни та обгортати насіння вологими шарами ґрунту. Оптимальними розрахунковими параметрами для висіву просапних культур є зовнішній діаметр котка 150 мм та ширина 30 мм, при товщині центральної частини профілю 2,5 мм.

5. Математичне моделювання розподілу напружень довело, що трапецієподібна внутрішня порожнина шини концентрує тиск по краях борозни, залишаючи над насінням неуцільнений шар ґрунту і не впливаючи

					<i>МВР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на нього. Розрахункова щільність ґрунту на глибині залягання насіння збільшується незначно (з 0,90 до 0,915 г/см³), що створює ідеальні умови для безперешкодного проростання паростків просапних культур та запобігає утворенню ґрунтової кірки.

6. Визначений сумарний тяговий опір запропонованого загортаючого робочого органу який становить близько 13,6 Н. Такий низький показник свідчить про те, що модернізація висівних секцій не призведе до суттєвого зростання загального тягового опору посівного агрегату і не потребуватиме залучення тракторів вищого тягового класу.

7. Розроблено комплекс організаційно-технічних рішень, спрямованих на покращення умов праці та мінімізацію впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів під час виконання посівних робіт.

8. Запропонована конструкція модернізованих робочих органів овочевої сівалки забезпечує підвищення ефективності висіву насіння ріпаку, покращує якість його розміщення та загортання у ґрунт, а також створює передумови для підвищення врожайності культури.

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

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ріпак: ботанічна характеристика. Біологічні особливості. Селекція і насінництво. Технологія вирощування. Використання / В.Д. Гайдаш [та ін.] ; упоряд. М.М. Макар; УААН, Інститут хрестоцвітих культур. - Івано-Франківськ : Сіверсія, 1998. - 223 с.
2. Агротехнологічні основи вирощування насіння ріпаку озимого в умовах Західного Лісостепу України: монографія / І.С. Волощук, О.П. Волощук, Р.Ю. Роп [та ін.]; НААН України, Ін-т сільського господарства Карпатського регіону. Львів: Сполом, 2017. 212 с.
3. Рекомендації з підготовки ґрунту і сівби озимих зернових культур та ріпаку під урожай 2016 року в зонах Лісостепу й Полісся: підгот.: Я.В. Краснопольський, В.М. Топчій, Л.В. Сухомлін [та ін.] / М-во аграрної політики і продовольства України, НААН України, ННЦ «Ін-т землеробства НААН»; підгот.: Я. В. Краснопольський, В. М. Топчій, Л. В. Сухомлін. Київ, 2015. 56 с.
4. Методичні рекомендації по догляду за посівами озимого ріпаку та озимої пшениці / НААН України, Ін-т сіл. госп-ва Західного Полісся НААН; підгот.: В.М. Польовий, Л.Я. Лукашук, О.В. Сніжок [та ін.]. Рівне, 2013. 20 с.
5. Основні відомості про ріпак. Технічний посібник для успішного вирощування. URL: https://www.masseeds.ua/wp-content/uploads/sites/6/2025/05/essentiel_rapseed_0520_ua.pdf
6. Озимий ріпак: технологія вирощування для максимального врожаю Джерело: URL: <https://farmvi.com.ua/ozymyj-ripak>
7. Мельник А.В. Агробіологічні особливості вирощування соняшнику та ріпаку ярого в умовах Північно-Східного Лісостепу України. Університетська книга, 2023. – 230 с.
8. Органічний ріпак. URL: <https://orgprints.org/id/eprint/55699/1/1047-organic-rapeseed-ukraine.pdf>
9. Технологія захисту озимого ріпаку. URL: <https://vnis.com.ua/article/tehnologiya-zahistu-ozimogo-ripaku>

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

10. Захистити посіви ріпаку озимого від шкідливих організмів. URL: <https://fmc.com.ua/articles/zahistiti-posivi-ripaku-ozimogo-vid-shkidlivih-org/>
11. Технологія вирощування та використання ріпака: рекомендації / Інститут хрестоцвітних культур УААН, Науково-виробнича система "Ріпак" ; підгот. Т.В. Мельничук. - Івано-Франківськ: 1996. - 35 с.
12. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів: НВФ «Українські технології», 2002. 800 с.
13. 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.
14. 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.
15. Сівалка для овочевих культур JPH. URL: <https://www.terraronis.com/jph-semoir-maraicher-petites-graines.html>
16. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 1, частина 2. Машини для сівби та садіння. – Харків: Око, 2002. – 452 с.
17. Сисолін П.В. та інш. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний; за ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.
18. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. - К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.
19. Бендера І.М. Проектування сільськогосподарських машин / за ред. І.М. Бендери. - Кам'янець-Подільський: Абетка, 2011, 640 с.
20. Артеменко Д.Ю., Магопєць О.С. Теоретичне дослідження основного технологічного параметру удосконаленої конструкції пружинного

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

загортача просапної сівалки. Вісник аграрної науки Причорномор'я: науково-теоретичний фаховий журнал / В.С. Шибанін (гол. ред.) та ін. - Миколаїв, 2011. - Вип. 4 (61), Т.1. - С. 244 – 250.

21. Артеменко Д.Ю., Кислун О.А., Онопа В.А., Богатирьов Д.В. Дослідження конструкції дискового пружинного загортача просапної сівалки. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, 2024, вип. 54. ЦНТУ, Кропивницький – 2024. - С. 174-184.

22. Д.Ю. Артеменко, В.А. Онопа. Дослідження і обґрунтування конструкції пружинного загортача просапної сівалки. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин / ЦНТУ, Вип. 52, 2022 – С. 12-24.

23. Деталі машин: підручник / [А.В. Міняйло, Л.М. Тіщенко, Д.І. Мазоренко та ін.] – К.: Агроосвіта, 2013. – 448с.

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

25. 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.

26. 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.

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

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

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

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

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

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

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

					<i>МВР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Додатки

Операційна технологія посіву ріпаку

Проведемо розрахунок основних параметрів по роботі агрегату на посіві ріпаку. Враховуючи рекомендації [12-14], визначаємо номінальну силу тяги на гаку трактора та теоретичну швидкість передачі:

$$\begin{aligned} V_m^{III} &= 4 \text{ км / год} & V_m^{IV} &= 5 \text{ км / год} \\ P_{н.гак}^{III} &= 54 \text{ кН} & P_{н.гак}^{IV} &= 48 \text{ кН} \end{aligned}$$

Розраховуємо максимальну ширину захвату агрегату на передачах 3 і 4:

$$B_{\max} = \frac{P_{гак}}{K_o^V + R_i},$$

де K_o^V - питомий опір:

$$K_o^V = K_o \left[1 + \Pi (V_p - V_o) \right],$$

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

$$V_p^{III} = 4 \cdot \left(1 - \frac{12}{100} \right) = 3,4 \text{ км / год};$$

$$V_p^{IV} = 5 \cdot \left(1 - \frac{12}{100} \right) = 4,25 \text{ км / год};$$

$$K_o^{III} = 1,5 \cdot (1 + 0,015 \cdot (3,4 - 3)) = 1,51 \text{ кН / м};$$

$$K_o^{IV} = 1,5 \cdot (1 + 0,015 \cdot (4,25 - 3)) = 1,53 \text{ кН / м};$$

де при $V_o = 3$ км/год, $K_o = 1,2$ кН/м - питомий опір ґрунту;

$\Pi = 1,5\%$ - коефіцієнт приросту питомого опору;

V_p - робоча швидкість сівалки, км/год.

V_m - теоретична швидкість, км/год

$\delta = 12\%$ – коефіцієнт пробуксовування.

Додатковий опір, що виникає коли агрегату рухається на підйом [12-14]:

$$R_i = \frac{G_m}{B_k} \cdot i,$$

де G_m – маса машини ($G_m = 35$ кН);

B_k – конструктивна ширина захвату сівалки для висіву ріпаку, ($B_k = 3,6$ м).

Тоді:

$$R_i = \frac{35}{3,6} \cdot 0,05 = 0,49 \text{ кН / м}$$

Максимально можлива ширина захвату агрегату:

$$B_{\max}^{III} = \frac{54}{1,51 + 0,49} = 27 \text{ м}$$

$$B_{\max}^{IV} = \frac{48}{1,53 + 0,49} = 21,5 \text{ м}$$

Максимальна кількість сівалок в агрегаті:

$$n_c = \frac{B_{\max}}{B_k},$$

$$n_c^{III} = \frac{27}{3,6} = 7,5;$$

із експлуатаційних міркувань приймаємо 4 сівалки.

$$n_c^{IV} = \frac{21,5}{3,6} = 5,9;$$

із експлуатаційних міркувань приймаємо 3 сівалки.

Розрахунок тягового опору агрегату:

$$R_{a2p} = K_o^V B_p n_c + R_{3ч}$$

$$R_{a2p}^{III} = 1,51 \cdot 3,6 \cdot 4 + 1,3 = 23 \text{ кН}$$

$$R_{a2p}^{IV} = 1,53 \cdot 3,6 \cdot 3 + 1,3 = 17,8 \text{ кН}$$

Розрахуємо коефіцієнт використання тягового зусилля трактора [12-14]:

$$\eta_{T3} = \frac{R_{a2p}}{P_{2ak}}.$$

$$\eta_{T3}^{III} = \frac{23}{54} = 0,43;$$

$$\eta_{T3}^{IV} = \frac{17,8}{48} = 0,37.$$

Змінна продуктивність:

$$W_{3M} = 0,1 \cdot B_p V_p T_p,$$

$$B_p = B_\kappa \beta,$$

β – коефіцієнт ширини агрегату ($\beta = 1$)

$$B_p = 3,6 \cdot 1 = 3,6 \text{ м}$$

$$T_p = T_{3M} \tau$$

де T_p – робочий час зміни, год;

T_{3M} – час зміни, год ($T_{3M} = 7$ год); :

τ - коефіцієнт використання часу зміни ($\tau = 0,82$).

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

Продуктивність за зміну:

$$W_{3M}^{III} = 0,1 \cdot 3,6 \cdot 3,4 \cdot 5,74 = 7,03 \text{ га / зм}$$

$$W_{3M}^{IV} = 0,1 \cdot 3,6 \cdot 4,25 \cdot 5,74 = 8,81 \text{ га / зм}$$

Витрати палива агрегату (кг/га) [10]:

$$Q_{2a} = \frac{Q_{3M}}{W_{3M}},$$

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

W_{3M} – продуктивність за зміну, га/зм.

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

де Q_p, Q_x, Q_3 – годинні витрати палива при роботі агрегату за час робочих та холостих ходів і на зупинках коли двигун працює;

$$t_x = t_3 = \frac{7 - 5,74}{2} = 0,63 \text{ год}$$

$$\eta_{T3}^{III} = 0,79; \quad Q_p = 15 \text{ кг / год}; \quad Q_x = 10 \text{ кг / год}; \quad Q_3 = 1,5 \text{ кг / год},$$

$$\eta_{T3}^{IV} = 0,78; \quad Q_p = 14,5 \text{ кг / год}; \quad Q_x = 9,5 \text{ кг / год}; \quad Q_3 = 1,5 \text{ кг / год}.$$

Витрата палива на 1 га:

$$Q_{\text{га}}^{IV} = \frac{15 \cdot 5,74 + 10 \cdot 0,63 + 1,5 \cdot 0,63}{7,03} = 13,7 \text{ кг / га}$$

$$Q_{\text{га}}^V = \frac{14,5 \cdot 5,74 + 9,5 \cdot 0,63 + 1,5 \cdot 0,63}{8,81} = 10,8 \text{ кг / га}$$

Розраховуємо кінематичну довжини агрегату згідно [12-14]:

$$L_k = l_m + l_{\text{м}},$$

де $l_m + l_{\text{м}}$ – кінематична довжина трактора New Holland TD5.90 та сівалки JPH 8, м.

$$l_m = 4,1 \text{ м}, \quad l_{\text{м}} = 3,6 \text{ м}.$$

Тоді:

$$L_k = 4,1 + 3,6 = 7,7 \text{ м}.$$

Ширина поворотної смуги агрегату при петльовому способі повороту:

$$E_p = 3R_{\min} + e,$$

де $R_{\min}$ – мінімальний радіус повороту;

e – довжина виїзду.

$$R_{\min} = 1,2B_p = 1,2 \cdot 3,6 = 4,32 \text{ м},$$

$$e = (0,50 \dots 0,70) \cdot L_k = 0,6 \cdot 7,7 = 4,62 \text{ м}.$$

$$E_p = 3 \cdot 4,32 + 4,62 = 17,6 \text{ м}$$

Беремо кратну ширині захвату

$$E_p = K \cdot B_p,$$

де K – заокруглюємо до цілого числа.

$$K = \frac{E_p}{B_p} = \frac{17,6}{3,6} = 4,9 \approx 5$$

$$E_p = 5 \cdot 3,6 = 18$$

Розрахунок ширини загінки [14]:

$$C = \frac{10^4 (2 \dots 3) W_{3M}}{L},$$

де W_{3M} – продуктивність агрегату за зміну.

$$C = \frac{10^4 \cdot 3 \cdot 7,03}{900} = 234 \text{ м}$$

$$C = \frac{10^4 \cdot 3 \cdot 8,81}{900} = 394 \text{ м}$$

Число загінки визначається за формулою:

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot F}{LC}$$

де F – площа посіву;

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot 10}{900 \cdot 234} = 4,75$$

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot 10}{900 \cdot 394} = 2,82$$

Тривалість циклу [12-14]:

$$T_u = \frac{12 \cdot L_p}{10^2 \cdot V_p} + 2t_n,$$

де t_n – час повороту в кінці загінки, ($t_n = 1,5 \dots 2 \text{ хв}$).

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

де $L = 900 \text{ м}$;

$$E_p = 17,6 \text{ м.}$$

Робоча довжина загінки:

$$L_p = 900 - 2 \cdot 17,6 = 864 \text{ м}$$

$$T_u = \frac{12 \cdot 864}{10^2 \cdot 4,5} + 2 \cdot 1,5 = 26 \text{ хв} = 0,43 \text{ год}$$

Циклова продуктивність:

$$W_{\text{ц}} = 0,1 \cdot B_p V_p T_{\text{ц}} \tau ,$$

$$W_{\text{ц}} = 0,1 \cdot 3,6 \cdot 4,5 \cdot 0,43 \cdot 0,82 = 0,57 \text{ га / ц} .$$

Кількість циклів за зміну:

$$n_{\text{ц}} = \frac{W_{\text{з.м}}}{W_{\text{ц}}} ,$$

$$n_{\text{ц}} = \frac{7,03}{0,57} = 12,3 \text{ ц / зм} ,$$

$$n_{\text{ц}} = \frac{8,81}{0,57} = 15,5 \text{ ц / зм} .$$

Змінні витрати палива:

$$Q_{\text{з.м}} = Q_{\text{за}} \cdot W_{\text{з.м}} ,$$

$$Q_{\text{з.м}} = 13,7 \cdot 7,03 = 96,3 \text{ кг / зм}$$

$$Q_{\text{з.м}} = 10,8 \cdot 8,81 = 95,2 \text{ кг / зм}$$

