

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 нуту з модернізацією робочих
органів просапної сівалки

Виконав здобувач вищої освіти IV
курсу,

групи АІ-23мб-1.1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Літвінчук Валентин Денисович

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

_____ Дмитро АРТЕМЕНКО

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

доц., канд. техн. наук

_____ Дмитро ГОЛУБ

« ____ » _____ 2026 р.

Кропивницький

Анотація

Робота присвячена вдосконаленню технологічного процесу вирощування нуту шляхом модернізації робочої секції сівалки УПС 8. Встановлено, що велике за розмірами насіння цієї культури характеризується підвищеною потребою у волозі та вимагає спеціальних умов для формування сприятливого середовища для його проростання. За результатами технічного аналізу визначено, що штатні робочі органи просапних сівалок не завжди забезпечують достатній контакт насіння з ґрунтом. Для усунення зазначених недоліків запропоновано вдосконалену конструкцію загортачів і заднього прикочуючого котка сівалки УПС 8. У роботі виконано теоретичне обґрунтування та проведено інженерні розрахунки модернізованих елементів, адаптованих до специфічних умов сівби нуту. Запропонована конструкція робочих органів просапної сівалки забезпечує підвищення якості виконання технологічного процесу, створює сприятливі умови для проростання насіння та, як наслідок, сприяє зростанню врожайності нуту.

Abstract

This study focuses on improving the technological process of chickpea cultivation through the modernization of the working section of the UPS 8 planter. It has been established that the large seeds of this crop are characterized by an increased need for moisture and require special conditions for the formation of a favorable environment for their germination. Based on the results of the technical analysis, it was determined that the standard working tools of row-crop planters do not always ensure sufficient seed-to-soil contact. To eliminate these shortcomings, an improved design of the covering devices and the rear press wheel of the UPS 8 planter is proposed. The paper provides the theoretical justification and engineering calculations of the modernized elements adapted to the specific conditions of chickpea sowing. The proposed design of the working tools of the row-crop planter ensures an improvement in the quality of the technological process execution, creates favorable conditions for seed germination, and, as a result, contributes to an increase in chickpea yield.

Перв. примен.	Формат	Знач.	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
					Документація загальна		
Справ. №					Заново розроблена		
	A4			МВН 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка		
					Документація по технологічній частині		
					Заново розроблена		
	A1			МВН 00.001 ТЧ	Технологічна карта	1	
	A1			МВН 00.001 ТЧ	Операційна карта	1	
Підп. і дата					Документація по складальним одиницям		
					Заново розроблена		
	A1			МВН 00.000 СБ	Універсальна пневматична сівалка УПС-8	1	
	A1			МВН 00.110 СБ	Секція	1	
Взам. інв. №	A2			МВН 00.120 СБ	Загортач	1	
Підп. і дата	МВН 00.000 ВП						
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв. № подл.	Разр.	Лист	Литвинчук			Лит.	Лист
	Пров.		Артеменко				Листов
							1
	Н.контр.		Артеменко			ЦНТУ	
	Утв.		Васильковський			гр. АІ-23мд-1.1	

Копіював
Формат А4

Зміст

1. Вступ.....	6
2. Аналіз сучасної технології вирощування нуту з визначенням шляхів її удосконалення.....	7
3. Операційна технологія процесу посіву нуту.....	15
4. Інженерна частина.....	26
5. Охорона праці.....	46
Висновки.....	49
Список використаної літератури.....	51
Додатки	

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

1. Вступ

В умовах кліматичних змін, які супроводжуються підвищенням середньорічних температур та посиленням посушливості (особливо у центральних та південних регіонах України), вітчизняний аграрний сектор потребує ефективної диверсифікації сівозмін. Нут стає однією з найперспективніших нішевих бобових культур. Завдяки глибокій стрижневій кореневій системі він відзначається винятковою посухостійкістю, має стабільно високу рентабельність на світових ринках і є чудовим попередником для озимих зернових, залишаючи після себе азот та покращену структуру ґрунту.

Незважаючи на агрономічну привабливість нуту, розширення площ під цією культурою часто стримується технологічними бар'єрами, зокрема, питаннями якісної механізації посівного процесу. Отримання дружніх, рівномірних сходів є критичним фактором формування врожаю. Нут, як велико та важконасінна культура з нестандартною формою насінини, пред'являє жорсткі вимоги до архітектури насіннєвого ложа, він потребує глибокого загортання виключно у вологий горизонт, фіксації на твердому дні борозни і, що найголовніше, абсолютно не переносить утворення ґрунтової кірки над паростком.

Метою даної роботи є дослідження процесів механізації вирощування нуту та обґрунтування напрямків модернізації робочих органів просапної сівалки УПС 8. Головний фокус дослідження зосереджено на вдосконаленні вузлів, що безпосередньо відповідають за розміщення та загортання насіння загортачів та заднього прикочуючого котка.

Реалізація запропонованих інженерних рішень дозволить адаптувати універсальну просапну сівалку до біологічних вимог нуту та гарантуватиме максимальне збереження вологи і відсутність ґрунтової кірки.

					МВН 00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Літвінчук						
Перевір.		Артеменко					6	
						ЦНТУ		
Н. Контр.		Артеменко				гр. АІ-23мб-1.1		
Затверд.		Васильковський						

2. Технологічна частина

2.1 Технологія вирощування нуту

Опис культури. Нут (турецький горох, баранячий горох) - це однорічна рослина родини бобових. Завдяки своїй високій посухостійкості та харчовій цінності, він є однією з найважливіших зернобобових культур у посушливих регіонах.

Коренева система стрижнева, дуже потужна. Головний корінь може проникати в ґрунт на глибину до 1,5 - 2 метрів, що забезпечує рослині доступ до глибинної вологи та пояснює її високу посухостійкість. На корінцях формуються бульбочки з азотфіксуючими бактеріями, які засвоюють азот з повітря. Стебло прямостояче, розгалужене, висотою від 20 до 70 см (залежно від сорту та умов). Рослина має штаббову або напівштаббову форму, що робить її зручною для механізованого збирання прямим комбайнуванням (вона не вилягає). Листя непарноперисте, складається з 11-17 дрібних листочків. Усі надземні частини рослини (стебло, листя, боби) густо вкриті залозистими волосками. Вони виділяють секрет, що містить яблучну та щавлеву кислоти. Це своєрідний захисний механізм, який відлякує багатьох шкідників (наприклад, нут майже не пошкоджується гороховою зернівкою).

Квітки дрібні, поодинокі (рідше по дві), розташовані в пазухах листків. Запилення переважно самостійне (самозапильна культура), відбувається ще до розкриття квітки. Колір квіток корелює з кольором насіння (білі квітки у світлонасінних сортах, рожеві або пурпурові у темтонасінних).

Плід короткий, здутий, овальної або ромбічної форми, довжиною 1,5 - 3 см. При дозріванні не розтріскується, що запобігає втратам врожаю. Містить від 1 до 3 насінин. Насіння за формою нагадує голову барана (звідси назва "баранячий горох"). За типом насіння нут поділяють на дві основні групи.

Kabuli (Кабулі) - велике, світле насіння з тонкою оболонкою, яке використовується переважно в харчовій промисловості.

Desi (Дезі) - дрібне, темне (коричнєве, чорне) насіння з товстою оболонкою, часто використовується для переробки або на корм [1-6].

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

Вимоги до температури. Нут є унікальною культурою серед бобових, оскільки він поєднує в собі високу холодостійкість на початкових етапах розвитку та жаростійкість під час цвітіння і наливу зерна. Насіння починає проростати при температурі 2 - 5°C. Проте для отримання дружних і швидких сходів оптимальна температура ґрунту на глибині загортання має становити 9 - 12°C. Сходи нуту легко витримують весняні заморозки. Короткочасне зниження температури до -6°C...-8°C (а за деякими даними і до -11°C) не завдає рослинам критичної шкоди, хоча може тимчасово призупинити їх ріст. Оптимальна температура для інтенсивного росту, цвітіння та формування бобів становить 20 - 28°C. Нут - надзвичайно жаростійка культура. На відміну від гороху, сої чи квасолі, при температурах вище 35 - 40°C у нього не відбувається масового скидання квіток і зав'язі. Спека під час дозрівання лише прискорює цей процес, сприяючи швидшому висиханню бобів [1-6].

Вимоги до світла. Нут є культурою, яка дуже гостро реагує на умови освітлення, це рослина довгого світлового дня. При тривалому світловому дні (в умовах літа помірних широт) фази розвитку проходять швидше, рослина раніше зацвітає і швидше дозріває. При короткому дні вегетаційний період значно затягується. Нут абсолютно не витримує затінення, він потребує прямого сонячного освітлення протягом всього періоду вегетації.

При загущених посівах або сильному забур'яненні рослини витягуються, стебла стають тонкими. Різко знижується гілкування (утворюється менше продуктивних пагонів). Спостерігається скидання нижніх квіток та зав'язі, оскільки вони не отримують достатньо світла. Знижується стійкість до грибкових захворювань (наприклад, аскохітозу) через погане провітрювання та затінення нижнього ярусу. Оскільки нут на початкових етапах росте повільно і не терпить конкуренції за світло, найважливішим елементом технології є забезпечення чистого від бур'янів поля (якісна гербіцидна система або механічний обробіток міжрядь) [1-6].

Вимоги до ґрунту. Завдяки глибокій та потужній кореневій системі, а також здатності фіксувати атмосферний азот, нут є відносно невибагливим до

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

родючості ґрунту, але має чіткі обмеження щодо його фізичного стану та кислотності. Найкращі врожаї нут формує на добре аерованих, пухких ґрунтах середнього механічного складу. Ідеально підходять чорноземи звичайні та глибокі, а також темно-каштанові ґрунти. Це робить культуру чудово адаптованою для умов центральних та південних регіонів, де ґрунти здатні накопичувати вологу в осінньо-зимовий період і віддавати її влітку. Нут надає перевагу нейтральним або слаболужним ґрунтам з рівнем рН 6,8 - 7,5. На кислих ґрунтах (рН нижче 6,0) пригнічується розвиток життєво важливих бульбочкових бактерій, коріння розвивається слабо, а рослина хворіє.

Непридатні ґрунти - важкі глинисті ґрунти, вони схильні до запливання та утворення щільної кірки після дощів, що катастрофічно знижує польову схожість (насіння нуту при проростанні виносить сім'ядолі на поверхню, і кірка може повністю заблокувати цей процес). Заболочені ґрунти та ділянки з близьким заляганням ґрунтових вод - нут категорично не переносить перезволоження, коріння швидко задихається і вражається кореневими гнилями. Сильно засолені ґрунти [1-6].

Попередники в сівозміні. Правильний вибір попередника для нуту визначається двома головними факторами: чистотою поля від бур'янів (особливо багаторічних) та відсутністю спільних хвороб. Найкращі попередники: озима пшениця, озимий ячмінь, жито, ярі колосові. Після них поле залишається відносно чистим від бур'янів, і є достатньо часу для якісного осіннього обробітку ґрунту та накопичення вологи.

Допустимі попередники - кукурудза на зерно та сорго. Але вони мають бути зібрані вчасно, щоб встигнути підготувати ґрунт. Також кукурудза залишає багато пожнивних залишків, які потребують ретельного подрібнення і загортання.

Специфічні попередники це соняшник. Сіяти нут після соняшника ризиковано. По-перше, соняшник сильно висушує ґрунт на велику глибину. По-друге, падалиця соняшника є серйозною проблемою для нуту, бо боротися з нею дводольними гербіцидами в посівах нуту вкрай важко.

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

Недопустимі попередники - інші бобові: соя, горох, сочевиця, квасоля, багаторічні бобові трави. В них з нутом спільні хвороби (аскохітоз, фузаріоз, кореневі гнилі). Повертати нут на те саме поле або сіяти після інших бобових можна не раніше ніж через 4 роки.

Нут надзвичайно чутливий до залишків в ґрунті гербіцидів з групи сульфонілсечовин та імідазолінонів (наприклад, Євро-Лайтнінг, який вносився під стійкий соняшник). Вони можуть повністю знищити або сильно пригнітити сходи нуту навіть на наступний рік [5-9].

Обробіток ґрунту. Оскільки нут культура посушливих умов, головна мета обробітку ґрунту полягає в максимальному накопиченні та збереженні осінньо-зимової вологи, провокуванні та знищенні бур'янів, а також руйнуванні ущільнень (плужної підшви).

Основний (осінній) обробіток. Лушення стерні проводиться дисковими агрегатами на глибину 6 - 8 см одразу слідом за збиранням попередника. Це закриває вологу, подрібнює пожнивні залишки і провокує проростання насіння бур'янів. Якщо поле засмічене багаторічними коренепаростковими бур'янами (осот, берізка), через 2 - 3 тижні проводять друге лушення на глибину 10 - 12 см або застосовують гербіциди суцільної дії (гліфосати).

Глибокий обробіток, через 2 - 3 тижні після лушення проводиться глибока оранка (на 25 - 27 см) або глибоке безвідвальне розпушування (чизелювання). Глибоке розпушування є кращим варіантом, оскільки воно ефективно руйнує плужну підшву. Це дозволяє стрижневому кореню нуту безперешкодно проникати вглиб за вологою.

Осіннє вирівнювання (дуже важливо), в посушливих зонах поверхню ґрунту (зяб) вирівнюють ще з осені (культиваторами або важкими бородами). Це дозволяє навесні звести втручання в ґрунт до мінімуму і не втратити дорогоцінну вологу під час весняного вирівнювання.

Передпосівний (весняний) обробіток. Головне правило весни - мінімальне втручання та максимальне збереження вологи. При настанні фізичної стиглості ґрунту проводять ранньовесняне боронування важкими або

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

середніми зубовими бородами. Передпосівну культивуацію проводять безпосередньо перед посівом на глибину загортання насіння (6 - 8 см). Якщо поле було якісно вирівняне з осені, достатньо одного проходу компактора або культиватора, щоб сформувати щільне насіннєве ложе та дрібногрудкуватий верхній шар [7-12].

Вимоги до посіву та процес посіву. Нут - культура раннього терміну посіву. Завдяки високій холодостійкості його сіють в один час із вівсом, ярим ячменем або горохом, як тільки ґрунт прогрівається до +5...+6°C на глибині загортання насіння. Ранній посів дозволяє рослині максимально використати весняну вологу та уникнути масової появи основних шкідників і піку літньої спеки під час цвітіння.

Обов'язкове протруювання (фунгіцидний захист від фузаріозу та аскохітозу) та інокуляція (обробка специфічними бактеріями *Rhizobium ciceri*). Без інокуляції нут не зможе фіксувати азот, що призведе до значного недобору врожаю.

Глибина загортання зазвичай становить 6 - 8 см. Якщо верхній шар ґрунту пересохлий, глибину можна збільшувати до 10 см (нут має велику силу росту і зможе пробитися).

Способи посіву: суцільний вузькорядний (15 см), забезпечує швидке затінення ґрунту, що перешкоджає випаровуванню вологи та росту бур'янів; широкорядний (45 - 70 см), використовується, якщо поле сильно засмічене або планується механічний обробіток міжрядь. Норма висіву залежить від сорту (маси 1000 насінин) та вологозабезпечення. В середньому це 450 - 600 тис. схожих насінин на гектар [7-12].

Внесення добрив. Нут споживає значну кількість поживних речовин, але завдяки біологічним особливостям значну частину азоту він бере з повітря. При якісній інокуляції нут забезпечує себе азотом на 70 - 80%. Внесення високих доз азотних добрив (понад 30 кг д.р./га) є недоцільним, оскільки це стримує бактерії та стимулює надмірний ріст вегетативної маси на шкоду зерну. Достатньо стартової дози (20 - 30 кг д.р.) для початку росту.

					МВН 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Фосфор (P) та калій (K) - основні елементи для розвитку кореневої системи та стійкості до посухи. Рекомендується вносити 40 - 60 кг д.р. фосфору та 30 - 40 кг калію під основний обробіток (оранку/чизелювання) або при посіві.

Сірка (S) та бор (B) - критично важливі мікроелементи для бобових. Сірка сприяє кращому засвоєнню азоту, а бор необхідний для цвітіння та формування бобів. Часто застосовуються через позакореневе підживлення (по листу) в фазу бутонізації [7-12].

Боротьба з бур'янами. Це найскладніший етап, оскільки нут на початку росте повільно, а вибір гербіцидів, які він витримує, дуже обмежений. Нут добре витримує досходове та післясходове боронування (у фазі 3 -5 листків). Це дозволяє знищити до 80% бур'янів у фазі білої ниточки.

Хімічний метод (гербіциди) - внесення препаратів на основі прометрину або S-метолахлору одразу після посіву. Це створює гербіцидний екран. Проти злакових бур'янів (мишій, пирій) можна використовувати будь-які грамініциди, нут до них стійкий. Проти дводольних бур'янів вибір вкрай малий (переважно препарати на основі імазамоксу), проте вони можуть спричинити серйозний стрес для культури, тому їх використовують лише в крайніх випадках з суворим дотриманням дозування [7-12].

Боротьба зі шкідниками. Завдяки специфічним кислотам, які виділяє нут, він захищений від багатьох шкідників (наприклад, від горохової зернівки), проте є два критичних вороги. Бавовникова совка (*Helicoverpa armigera*) - найнебезпечніший шкідник. Личинки поїдають листя, бутони, а найголовніше, прогризають боби і з'їдають насіння всередині. Поріг шкодочинності 2 - 3 гусениці на 1 м². Заходи - моніторинг в фазу цвітіння та формування бобів, застосування інсектицидів (піретроїди, фосфорорганічні сполуки або біопрепарати). Нутова мінующая муха - личинки роблять ходи всередині листя, що призводить до його засихання. Заходи - системні інсектициди при появі перших ознак пошкодження [7-12].

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

Хвороби нуту. Головним ворогом нуту в умовах України є грибкові захворювання, особливо за умови вологої погоди.

Аскохітоз - проявляється у вигляді коричневих плям на листі, стеблах і бобах. У вологі роки може знищити до 50 - 80% врожаю за кілька тижнів. Профілактика - використання здорового насіння, протруювання, дотримання сівозміни. Лікування - фунгіцидна обробка в період вегетації (препарати на основі азоксистробіну, тебуконазолу тощо).

Фузаріоз (в'янення) - рослини раптово жовтіють і засихають через ураження судинної системи. Заходи - боротьба ведеться переважно через протруювання насіння та вибір стійких сортів [7-12].

Збирання врожаю. Нут дуже зручний для механізованого збирання завдяки прямостоячому стеблу та бобам, що не розтріскуються. Спосіб збирання - переважно пряме комбайнування. Завдяки високому прикріпленню нижніх бобів, втрати при роботі жатки мінімальні. Ознаки стиглості - боби стають твердими, при струшуванні насіння стукає всередині, рослина повністю висихає, листя опадає. Якщо посіви забур'янені або дозрівання нерівномірне, за 7 - 10 днів до збирання проводять десикацію (препаратами на основі диквату або гліфосату). Це вирівнює вологість зерна та полегшує роботу комбайна. Оптимальна вологість при збиранні 14 - 16%. Якщо вологість нижче 12%, насіння стає крихким і може подрібнюватися барабаном комбайна [7-12].

2.2 Технологічна карта вирощування нуту [10-12]:

1. Осінній обробіток ґрунту (після збирання попередника), головна мета - накопичення вологи та провокація росту бур'янів. Лущення стерні (подрібнення пожнивних залишків), одразу після збирання попередника. Глибина 6 - 8 см. Трактор New Holland T6.175 / T7.210 + важкі дискові борони Lemken Rubin 9/10, Väderstad Carrier або вітчизняні аналоги гідної якості Veles Agro Kronos, Pallada від «Ельворті». Вони ідеально мульчують ґрунт і закривають вологу.

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

2. Основний глибокий обробіток. Через 2 - 3 тижні після луцення (після появи сходів падалиці та бур'янів). Глибина 25–27 см. Замість класичної оранки для нуту в посушливих умовах краще застосовувати глибоке розпушування (чизелювання) - воно руйнує плужну підшову і залишає стерню на поверхні для затримання снігу. Агрегат: глибокорозпушувач Gaspardo Artiglio або вітчизняний Veles Agro Franc.

3. Весняна передпосівна підготовка. За настання фізичної стиглості ґрунту. Агрегат – трактор Case IH Farmall 110 + шлейфові зубові борони McFarlane або вітчизняна БШН «Лозова» (ЛКМЗ). Вони ідеально вирівнюють поверхню без пересушування верхнього шару.

4. Передпосівна культивація (з можливим внесенням ґрунтових гербіцидів). В день посіву або за день до нього. Точно на глибину загортання насіння (6 - 8 см). Агрегати: John Deere 6120B + передпосівний компактор Lemken System-Kompaktor.

5. Посівна кампанія. Нут сіють у ранні терміни з обов'язковою інокуляцією насіння бактеріями безпосередньо перед посівом (або в сівалці, якщо є рідке внесення). Посів з одночасним внесенням стартових добрив. Точний висів (міжряддя 45 см). Застосовується для можливості міжрядного обробітку. Агрегат: просапна сівалка УПС 8 з дисками для бобових (сої/нуту) + New Holland T5.110.

6. Післяпосівне коткування (опціонально). Якщо сівалка не обладнана важкими прикочуючими котками, а ґрунт сухий, застосовують кільчасто-шпорові котки (ККШ-6) + New Holland T5.110, для підтягування вологи до насіння.

7. Догляд за посівами (захист і живлення). Цей етап вимагає високої точності та своєчасності. Досходове/післяходове боронування виконується до появи сходів (через 3 - 4 дні після посіву) або по сходах (у фазі 3 - 5 листків). Для знищення ниткоподібних сходів бур'янів. Агрегат: New Holland T5.110 + пружинні штригельні борони або ротаційні мотики (якщо є кірка),

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

Hatzenbichler Striegel або ротаційні мотики вітчизняного виробництва Агромаш-Калина.

8 Внесення ЗЗР (гербіциди, інсектициди проти совки, фунгіциди) та мікродобрив. Агрегат: причіпний або самохідний обприскувачі зі штангою 24 - 36 м. Для середнього господарства оптимальними є причіпні Amazone UX або вітчизняний Boguslav. Важливо мати системи GPS-навігації та відключення секцій на перекриттях (на дисплеях типу Trimble або Raven).

9. Збирання врожаю. Боби нуту майже не розтріскуються, але для мінімізації втрат важливо зрізати їх якомога нижче. Пряме комбайнування при вологості зерна 14 - 16%. Зернозбиральні комбайни квалішного або роторного типу Claas Lexion 5000/6000 серії з використанням флекс-жатки (Flex) з гнучким ріжучим апаратом, що копіює рельєф і зрізає рослини на висоті 2 - 3 см.

3. Операційна технологія посіву нуту

3.1 Операційна технологія процесу посіву при вирощуванні нуту

Умови роботи наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Умови роботи

Показник	Значення показника
Сільськогосподарська операція	Посів нуту
Марка трактора	New Holland T5.110
Сівалка	УПС 8
Довжина гонів, L м	900
Фон поля	Під посів
Кут підйому, %	2

Агротехнічні вимоги до посіву нуту при використанні сівалок точного висіву [1-4,6-8]

Використання пневматичної сівалки точного висіву УПС 8 для сівби нуту - це технологічне рішення, яке дозволяє суттєво зекономити дорогий посівний матеріал та забезпечити ідеальну площу живлення для кожної рослини. Проте, через специфічну форму насіння нуту (нагадує голову барана, з носиком), налаштування пневматичного апарату вимагає особливої уваги.

Вимоги до насіння та його підготовки. Пневматичні апарати УПС 8 дуже чутливі до однорідності посівного матеріалу. Насіння має бути ретельно відкаліброване. Наявність дрібних, колотих або надто великих насінин призведе до утворення двійників або пропусків. Протруювання та інокуляція бульбочковими бактеріями є обов'язковими. Важливо, після обробки рідкими препаратами насіння повинно повністю просохнути до сипучого стану, інакше воно буде налипати на горловину бункера та висіваючий диск. Прилипачі мають бути якісними, щоб препарат не обсипався і не забивав отвори диска.

Налаштування висіваючого апарату УПС 8 - це найвідповідальніший етап, оскільки нут є важким і має неправильну форму. Вибір висіваючих дисків - стандартні диски для кукурудзи чи соняшнику не підійдуть. Для нуту (особливо крупнонасінних сортів типу Кабулі) потрібні диски з діаметром отворів 4,5 - 5,5 мм (залежно від фракції насіння). Кількість отворів зазвичай становить 40 або 60. Насіння нуту важке (маса 1000 насінин може сягати 300 - 450 г). Щоб утримати таку насінину на диску, потрібен підвищений вакуум. Робочий тиск на вакуумметрі має становити 0,15 - 0,20 МПа (вище, ніж для соняшнику). Якщо розрідження буде недостатнім, насіння відпадатиме при вібрації. Через нерівну форму нуту в один отвір часто присмоктується дві насінини. Скидач потрібно відрегулювати максимально чітко, він має збивати двійник, але не збивати основну насінину. Це перевіряється виключно прокручуванням опорно-привідного колеса вручну на піднятій сівалці.

Параметри сівби. Стандартна рама УПС 8 налаштована на міжряддя 70 см. Для нуту це широкорядний посів, необхідно розташувати секції на

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

міжряддя 45 см. При міжрядді 45 см, щоб забезпечити цільову густоту (наприклад, 400 - 500 тис. росл./га), насіння в рядку доведеться розкласти дуже щільно, приблизно 28 - 35 насінин на 1 погонний метр. Глибина загортання має бути на глибину 6 - 8 см (у вологий шар ґрунту). На УПС 8 глибина регулюється прикочуючими колесами на кожній секції. Дуже важливо відрегулювати натяг пружин паралелограмної підвіски: якщо ґрунт щільний, тиск на сошник потрібно збільшити, щоб витримати задану глибину.

Агрегаткування та швидкісний режим. Для стабільної роботи вентилятора сівалки (який створює розрідження) необхідні стабільні оберти ВВП (зазвичай 540 об/хв). Для забезпечення рівномірного ходу агрегату без просідання потужності ідеально підходять трактори класу New Holland потужністю від 80 до 110 к.с. Швидкість сівби - це критичний фактор для нуту на УПС 8. Робоча швидкість не повинна перевищувати 5 -6 км/год. Якщо їхати швидше, важке насіння під дією відцентрової сили та вібрації відриватиметься від отворів диска, що призведе до масових пропусків (рваних сходів).

5. Контроль за процесом. Наявність системи типу «ФАКТ», «Record» або аналогів на УПС 8 є критично важливою. Монітор в кабіні трактора дозволить миттєво побачити, якщо забився сошник, впав вакуум або закінчилося насіння в одному з бункерів. Опорно-прикочуючі колеса УПС 8 повинні бути налаштовані так, щоб вони ущільнювали ґрунт з боків від насінини, а не прямо над нею. Це запобігає утворенню ґрунтової кірки, яка є згубною для сходів нуту.

Комплектування і підготовка агрегату до роботи [13,14]

Правильне комплектування та підготовка агрегату (трактор New Holland T5.110 + сівалка УПС 8) до роботи - це основа отримання рівномірних сходів нуту. Цей процес починається ще на машинному дворі і завершується контрольним проходом безпосередньо в полі.

Підготовка трактора (New Holland T5.110). Перш ніж під'їжджати до сівалки, необхідно підготувати сам енергозасіб. Перевірити і вирівняти тиск в задніх (ведучих) колесах трактора. Різний тиск призведе до перекосу агрегату

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

в полі і нерівномірної глибини сівби. Відрегулювати розкоси задньої навіски трактора так, щоб вони були абсолютно однакової довжини. Обмежувальні ланцюги (стяжки) нижніх тяг потрібно затягнути так, щоб в робочому положенні сівалка мала мінімальний вільний хід вліво-вправо. Це забезпечить прямолінійність рядків. Необхідно встановити частоту обертання ВВП трактора на 540 об/хв. Це стандартна частота для приводу вентилятора УПС 8.

Агрегаткування сівалки з трактором. Зчеплення має бути надійним і безпечним для гідравліки та карданної передачі. Необхідно з'єднати спочатку нижні тяги трактора з пальцями рами сівалки, потім закріпити центральну тягу (гвинт) і зафіксувати все шпінтами. Під'їдати карданний вал від вентилятора до ВВП трактора, підняти і опустити сівалку навіскою в крайні положення та переконатися, що карданний вал не впирається (не ламає хрестовини) і не роз'єднується на дві половини. Під'єднати гідравлічні шланги керування маркерами до розривних муфт трактора. Перевірити роботу гідроциліндрів, маркери повинні опускатися плавно, без різких ударів.

Горизонтальне вирівнювання (налаштування на майданчику). Цей етап виконується виключно на рівному бетонованому або асфальтованому майданчику. Необхідно опустити сівалку в робоче положення (сошники торкаються землі). За допомогою центральної тяги (гвинта) трактора відрегулюйте нахил рами сівалки. Головна бруса рами повинна бути строго паралельна поверхні майданчика. Якщо передня частина рами буде задерта вгору, сошники не заглиблюватимуться на задану глибину (6 - 8 см для нуту), а прикочуючі котки працюватимуть некоректно.

Налаштування механізмів висіву. Проводиться після вирівнювання агрегату. Встановлюються диски з отворами 4,5 - 5,5 мм (під фракцію нуту) у всі секції. Згідно з таблицею в інструкції до УПС 8, необхідно переставити ланцюг на зірочках так, щоб отримати розрахункову відстань між насінинами (наприклад, 20-28 насінини на метр для густоти 250 -400 тис./га при міжрядді 45 см).

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

Для регулювання скидача, необхідно засипати в бункер однієї секції насіння, увімкнути ВВП (створити вакуум). Вручну прокрутити опорно-привідне колесо сівалки. При цьому спостерігаючи у віконце апарату фіксувати, якщо до отвору прилипає по дві насінини треба опустити скидач нижче; якщо збиває всі - підняти. На кожній посівній секції за допомогою регулювального гвинта/рукоятки на прикочуючому колесі виставляємо глибину висіву 6 - 8 см.

Полева перевірка (контрольний прохід). Необхідно заїхати в поле, опустити сівалку, увімкнути ВВП, довести вакуум до робочого рівня (0,15 - 0,20 МПа). Проїхати 50 - 100 метрів на робочій швидкості (5 - 6 км/год), не перевищувати швидкість, інакше вакуум не втримає важке насіння нуту. Після зупинки розгорнути ґрунт на кількох рядках (краще взяти ділянку 10 метрів). Перевірити глибину розміщення і густоту висіву насіння. Використовується лінійка, щоб переконатися, що насіння лежить на глибині 6 - 8 см у вологому шарі ґрунту. Порахувати кількість насінин на 10 метрах і порівняти з розрахунковою. За потреби скоригувати натяг пружин на секціях (для зміни глибини) або переключити зірочки на гітарі (для зміни густоти).

3.2 Підготовка поля до роботи [13,14]

Візуальний огляд та санітарна очистка поля. Оскільки нут збиратимуть прямим комбайнуванням з низьким зрізом (використовуючи Flex-жатки, що йдуть на висоті 2-3 см від поверхні ґрунту), поле має бути ідеальним ще з весни. Необхідно вручну або за допомогою фронтального навантажувача трактора прибрати велике каміння, гілки з лісосмуг, металобрухт та інші тверді предмети. Вони можуть пошкодити як сошники УПС 8, так і жатку комбайна восени.

Механізатор повинен перевірити пониження рельєфу, якщо він є на полі. Якщо там стоїть вода або ґрунт надто вологий, агрегату краще ці ділянки об'їжджати. Налипання вологого ґрунту на прикочуючі колеса УПС 8

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

повністю порушить глибину загортання і може витягувати насіння на поверхню.

Вибір та обґрунтування напрямку сівби. Напрямок руху агрегату не обирається довільно. Сівбу обов'язково проводять поперек або під кутом (діагонально) до напрямку передпосівної культивачії. Це нівелює колію від трактора-культиватора і забезпечує рівномірне укладання насіння.

Якщо поле має відчутний ухил, сівбу проводять виключно впоперек схилу (горизонталями). Це критично важливо для збереження вологи та запобігання водній ерозії, нарізані сівалкою рядки працюватимуть як мікро-дамби, затримуючи дощову воду. Нут дуже чутливий до вимивання.

Розмітка поля та відбиття поворотних смуг. Це практична робота тракториста перед початком посіву. Для агрегату з трактором New Holland та 8-рядною УПС 8 (захват 3,6 м) ширина поворотної смуги з обох торців поля має становити не менше 3-х проходів сівалки (10,8 м). Це дасть змогу трактору розвертатися вільно, без виїзду за межі поля і без здавання назад.

Тракторист робить один прохід по внутрішній межі поворотної смуги з ледь опущеними маркерами або одним сошником, щоб накреслити видиму лінію на поверхні ґрунту. Під час роботи, перетинаючи цю лінію, він буде точно знати, коли піднімати гідравліку сівалки, щоб не було ні пропусків ділянок, ні подвійного покриття (насіння на насіння).

Поворотні смуги засівають в останню чергу, після того, як засіяно основний масив поля. Це робиться для того, щоб трактор під час розворотів не затоптував вже посіяний нут.

Провішування лінії першого проходу. Від першого проходу залежить прямолінійність всіх наступних рядків на полі. Якщо є GPS-навігація, на дисплеї механізатор задає точку А на початку поля і точку Б в кінці. Система будує ідеальну базову лінію (А-Б), за якою трактор їхатиме сам (якщо є гідравлічний автопілот) або за якою механізатор вестиме його по світлодіодах.

Якщо навігації немає, використовується метод провішування. Агроном виставляє високі, добре помітні вішки (кілки з тканиною) на протилежному

					<i>МВН 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кінці поля і кілька посередині по прямій лінії. Механізатор веде трактор, орієнтуючись точно на ці вішки (тримаючи їх по центру капота).

Організація логістичних майданчиків. Час - це волога, і її не можна втрачати на зайві переїзди під час посівної. Місце завантаження обирають на краю поля (на поворотній смузі або прилеглий ґрунтовій дорозі) готується рівний майданчик. Транспорт з насінням нуту (попередньо протруєним) та автомобілі з добривами мають стояти так, щоб трактор із сівалкою міг під'їхати до них паралельно. Це скорочує час завантаження бункерів УПС 8.

Якщо насіння обробляється інокулянтами (живими азотфіксуючими бактеріями) безпосередньо в полі або перед завантаженням в сівалку, майданчик повинен мати навіс або затінення (наприклад, під бортом вантажівки). Пряме сонячне проміння вбиває бактерії *Rhizobium* за 15-20 хвилин, що зведе нанівець усю користь від інокуляції. Насіння в бункерах УПС 8 також має бути закрите щільними кришками.

3.3 Організація роботи агрегату в загінці [13,14]

Організація роботи агрегату в загінці - це фінальний етап підготовки, який визначає продуктивність роботи, кількість палива на холості ходи та відсутність огріхів або подвійних перекриттів. Для посівного комплексу в складі трактора New Holland T5.110 та сівалки УПС 8 важливо правильно розбити поле на робочі ділянки та підготувати розворотні смуги.

Підготовка поля та розбивка на загінки. Перш ніж приступати до основної сівби, поле потрібно оглянути та розмітити. Сівбу нуту найкраще проводити поперек напрямку попереднього обробітку ґрунту (культивуації чи чизелювання) або під невеликим кутом. Це забезпечує більш рівномірне загортання насіння.

На краях поля, де агрегат буде розвертатися, необхідно засіяти «поворотні смуги». Для 8-рядної сівалки з шириною захвату 3,6 м ширина поворотної смуги повинна становити не менше 3-4 проходів сівалки (10,8 –

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

14,4 метра). Це дозволить трактору розвертатися петлею без ризику пошкодити сошники при крутих поворотах.

По внутрішньому краю поворотної смуги просівають контрольну лінію. Вона слугує орієнтиром для механізатора: коли передня частина трактора перетинає цю лінію, він повинен опустити або підняти сівалку.

Вибір способу руху. Для агрегату з УПС 8 найчастіше використовують два методи:

човниковий спосіб (з використанням маркерів або GPS): Трактор рухається «туди-назад» поруч із попереднім проходом. Це найпродуктивніший метод, але він вимагає ідеально налаштованих маркерів або системи паралельного водіння. При кожному розвороті агрегат зміщується на одну ширину захвату (3,6 м);

загінний спосіб (всклад або врозвал), використовується на полях великої площі, якщо немає GPS-навігації. Поле ділиться на загінки шириною 40 - 60 метрів. Спочатку засіваються краї загінки, а потім середина. Це мінімізує холості пробіги, але створює більше поворотів.

Технологічні вимоги під час руху. Швидкісний режим для нуту - це 5 - 6 км/год, стабільна швидкість є запорукою відсутності пропусків.

При човниковому способі механізатор повинен опускати маркер з боку незасіяного поля. Наступний прохід здійснюється так, щоб переднє колесо трактора (або центр капота, залежно від налаштування) йшло чітко по сліду диска маркера. Сівалку можна опускати лише тоді, коли агрегат уже почав рух, категорично заборонено здавати назад з опущеною сівалкою - це призведе до забивання сошників ґрунтом і насінням.

Контроль якості в процесі роботи. Механізатор повинен періодично зупинятися (кожні 2-3 проходи) для візуального огляду:

залишку насіння та добрив, рівень в бункерах має бути приблизно однаковим;

стану сошників, чи не намоталися бур'яни або пожнивні залишки, які можуть виглиблювати сівалку;

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

показників на вакуумметрі, які не повинні коливатися і знаходитись в межах (0,15 - 0,20 МПа).

3.4 Показники та методи контролю якості сівби [11-14].

Контроль якості сівби - це не просто формальність, а гарантія того, що кожна інвестиція в насіння та добрива спрацює на врожай. Для нуту, який висівається сівалкою УПС 8, існують чіткі показники, які потрібно перевіряти тричі: на початку роботи, кожні 2-3 години та при зміні поля.

Основні показники якості сівби:

глибина загортання насіння нуту 6 - 8 см, відхилення не повинно перевищувати ± 1 см. Нерівномірна глибина призведе до рідких сходів, одні рослини вже будуть у фазі 3 листків, а інші тільки пробиватимуться, що унеможливить ефективний гербіцидний захист;

густота висіву - фактична кількість насінин на метр погонний має відповідати розрахунковій (наприклад, 28 - 32 шт/м для цільової густоти 450 тис/га), допустиме відхилення - до 3%;

рівномірність розміщення - відсутність двійників та пропусків. Для пневматичних сівалок точного висіву норматив становить не менше 95% поодинокого висіву;

ширина стикових міжрядь - відстань між крайніми рядками двох сусідніх проходів має бути рівно 45 см, відхилення понад ± 5 см призведе до значних втрат при збиранні (жатка або не забере рядок, або виб'є зерно);

якість прикочування - насіння повинно бути щільно обтиснуте вологим ґрунтом, при розкопці насінини не повинна вільно рухатися в борозні.

Методи контролю в полі:

метод розкопок (контроль глибини та двійників), механізатор або агроном розгрібає ґрунт вздовж рядка на довжині 2 - 3 метри. Вимірюється відстань від поверхні до насінини, оцінюється візуально, чи немає насіння, що лежить парами;

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

метод 22 метра (контроль густоти) - це найшвидший спосіб розрахунку густоти на гектар для міжряддя 45 см. Оскільки $22 \text{ м} \times 0,45 \text{ м} = 10 \text{ м}^2$, то кількість насінин на цій відстані, помножена на 1000, дасть точну густоту на гектар;

постійний моніторинг показників вакуумметра на сівалці, для нуту на УПС 8 він має бути стабільно в межах 0,15 - 0,20 МПа.

Детальний розрахунок параметрів операційної технології процесу посіву при вирощуванні нуту наведений в Додатку А, а на основі отриманих значень оформлюється операційна технологічна карта на посів нуту, яка наведена на рис. 3.1.

					<i>МВН 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Операційна карта вирощування нуту

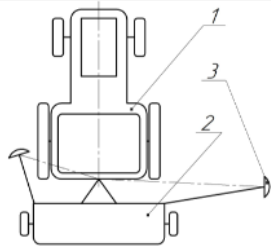
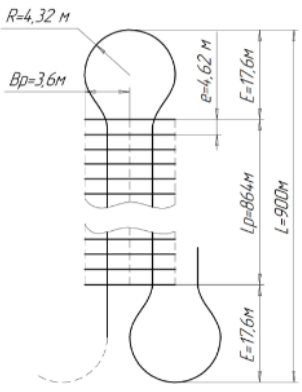
Назва груп показників	Параметри, вимоги, нормативи	Схеми
Умови роботи	Площа – 10 га, довжина гонів – 900 м, величина підйому – 0,02, питомий опір з поправкою на швидкість – 1,5 кН/м, глибина посіву – 6 см.	 Схема поля
Агротехнічні вимоги	Коливання ширини міжрядь повинно бути не більше: у основних ± 1 см, суміжних проходів ± 5 см, відхилення від заданої глибини посіву ± 2 см. Не допускаються незагорнуте насіння на поверхні поля. Число пропусків не повинно перевищувати 2% від числа висіяних насінин.	
Склад агрегату і підготовка його до роботи	Трактор New Holland TD5.90, сівалка УПС-8, робоча ширина захвату 3,6 м, мінімальний радіус повороту – 4,32 м, кінематична довжина агрегату – 6,7 м. Підготовка агрегату: 1. провести щозмінне ТО трактора і сівалки; 2. відрегулювати на задану норму висіву; 3. встановити маркери	 1 – трактор New Holland TD5.90 2 – сівалка УПС-8 3 – маркер
Підготовка поля	Перед початком сівби поле оглянути, перешкоди усунути, ширина поворотної смуги 17,6 м.	
Спосіб руху	Спосіб руху гонівий човниковий, спосіб повороту петльовий грушоподібний	 $R=4,32$ м $Vr=3,6$ м $E=4,62$ м $E=17,6$ м $Lp=864$ м $L=900$ м $E=17,6$ м L – довжина гонів, Lp – робоча довжина загинки, E – ширина поворотної смуги, e – довжина виїзду агрегату, Vr – ширина захвату агрегату.
Швидкість руху	Робоча передача V, 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 ± 5 мм. Норма висіву становить 28–35 насінин на 1 м рядка або 500–600 тис. шт/га.	
	При оцінці якості посіву врахувати такі показники: ширину основних і стикових міжрядь – відкапати насіння без його переміщення і заміряти відстань між суміжними рядками; глибину посіву – відкрити насіння і заміряти глибину їх загортання, точність висіву насіння – легкими рухами поперек рядка відирити 1 м рядка і заміряти відстань між насіннями, прямотинність рядків – на довжині 50 м відбити базову лінію і через 0,5 м заміряти відхилення.	

Рис. 3.1 Операційно - технологічна карта на посів нуту

4. Інженерна частина

4.1 Обґрунтування напрямку модернізації просапної сівалки під посів нуту

Базова конструкція секції УПС 8 створювалася з акцентом на просапні культури (соняшник, кукурудза) з відносно неглибоким закладанням та іншою масою насінини. Нут - це велика, важка насінина неправильної форми, яка вимагає глибокого (6 -8 см) розміщення виключно у вологий шар ґрунту, але при цьому абсолютно не переносить ґрунтової кірки над собою.

Простий перехід на диски з іншими отворами не вирішує фізики укладання насіння. Щоб перетворити УПС 8 на ідеальну машину для нуту, модернізація має бути сфокусована на архітектурі насінневого ложа. Тут застосовується той самий інженерний принцип, що і при проектуванні комбінованих сошників для складного насіння: контроль траєкторії та розділення зон ущільнення і розпушення.

Проведемо обґрунтування напрямків модернізації по кожному робочому органу.

1. Сошник - від простого нарізання до фіксації насінини.

Стандартний сошник УПС-8 нарізає клиноподібну борозну. Проблема полягає в тому, що важка насінина нуту, падаючи з висоти висіваючого апарату, вдаряється об дно борозни і може відскакувати (ефект рикошету). В результаті частина насіння зависає на стінках борозни в сухому шарі ґрунту.

Напрямок модернізації - інтеграція хвостовика-направлювача (ущільнювача) в задній частині щік сошника, може бути гнучким полімерним або металевим. Такий додатковий елемент сошника має ковзати по самому дну V-подібної борозни безпосередньо за місцем скидання насіння. Він механічно ловить насінину нуту, зупиняє її кочення і м'яко, але сильно вдавлює її в капілярно-вологе дно борозни. Це гарантує 100% контакт насінини з вологою ще до того, як борозна буде закрита.

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

Також можна змінити стандартний ложеутворювач сошника на комбінований, який формуватиме більш плоске (U-подібне) дно борозни на мікрорівні, що краще підходить для об'ємної насінини нуту, ніж гострий V-подібний клин.

2. Загортач - відкидання сухого ґрунту замість його згрібання.

Штатні загортачі (якщо вони встановлені у вигляді пасивних лез/пластин) часто працюють як бульдозер. Вони згрібають верхній, пересушений, а іноді і грудкуватий шар ґрунту назад у борозну поверх насіння.

Напрямок модернізації - заміна на активні прорізні диски-загортачі: Встановлення пари невеликих хвилястих або зубчастих дисків, які працюють під кутом до борозни. Замість того щоб тягнути дрібний ґрунт зверху, ці диски зрізають (обрушують) вологі бокові стінки самої борозни прямо на насіння. Таким чином, нут опиняється обгорнутим вологим ґрунтом, а сухі грудки з поверхні залишаються збоку.

3. Прикочуючий коток - руйнування стінок замість вертикального тиску.

Це найкритичніший вузол для нуту. Стандартні гладкі гумові котки сівалки УПС 8 стискають борозну зверху. На важких ґрунтах або при надлишковій вологості вони переуцільнюють верхній шар. Сонце швидко висушує цей слід, створюючи кірку, яку паросток нуту пробити не може. Крім того, при сильному стисканні зверху, на дні борозни може утворитися повітряна кишеня.

Напрямок модернізації - перехід на голчасті/зубові котки (Spiked Closing Wheels), заміна гладких гумових бандажів на металеві або міцні полімерні диски з шипами (типу Martin-Till або Pro-Stitch), або застосування конструкцій вертикальної дії із шинами атмосферного тиску з проміжком між ними.

Встановлення легкого ланцюга позаду кожного котка. Зубові колеса не пресують землю зверху. Своїми шипами вони проколюють бокові стінки борозни і руйнують їх, формуючи ґрунт навколо насінини. Це забезпечує бокове ущільнення (закриття повітряних кишень), але залишає верхній шар безпосередньо над насіниною пухким і насиченим киснем. Шлейф-ланцюг

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

ззаду ідеально розрівнює мікрорельєф, створюючи мульчуючий шар, який перериває капіляри і зупиняє випаровування вологи.

Оскільки насіння нуту дуже чутливе до нестачі вологи, то забезпечення її збереження і формування оптимальних умов для його проростання є найбільш відповідальним етапом посіву, то для подальшої модернізації були обрані загортальна і прикочувальна системи посівної секції сівалки УПС 8.

4.2 Опис об'єкту розробки і пропозиції по модернізації.

Сівалка УПС 8 (універсальна пневматична сівалка) в комплектації з полозковим сошником - це модифікація класичної машини. Якщо сучасні дводискові сошники є стандартом для технологій з мінімальним обробітком та наявністю пожнивних залишків, то полозковий сошник залишається вузькоспеціалізованим, але надзвичайно точним інструментом для класичної технології на ідеально підготовлених ґрунтах.

Сівалка УПС 8 з полозковими сошниками (рис. 4.1) призначена для точного пунктирного висіву каліброваного і некаліброваного насіння просапних культур (кукурудза, соняшник, ріцина, сорго, соя), а також насіння бобових (квасоля, люпин, нут) та столових і цукрових буряків [15].

Одночасно з висівом насіння агрегат забезпечує роздільне (зміщене вбік і глибше) внесення гранульованих мінеральних добрив та локальне ущільнення (прикочування) ґрунту безпосередньо над посіяним рядком.

Основою сівалки є несуча рама-брус, на якій змонтовані вентилятор, який створює вакуум, туковисівна система, опорно-привідні колеса та 8 посівних секцій. Головна відмінність цієї модифікації криється саме в архітектурі посівної секції.

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



Рис. 4.1 УПС 8 – Elvorti

На відміну від дисків, які прорізають ґрунт, полозковий сошник працює за принципом клину, він розсуває ґрунт, формуючи ідеально чисту борозну. Нижня частина сошника (п'ята) не просто робить канавку, а фізично тисне, ущільнює дно борозни. Насінина з вакуумного апарату падає точно на це ущільнене, вологе дно. Завдяки тому, що стінки борозни гладкі, насіння не рикошетить і не зависає в сухому шарі. Спеціальні загортачі (або природне обсіпання стінок) закривають борозну пухким ґрунтом, після чого прикочуюче колесо фіксує ґрунт над насінням.

Така конструкція секції робочих органів сівалки УПС 8 є еталонною для дрібного насіння та культур із підвищеними вимогами до рівномірності загортання (наприклад, столові буряки, бобові). Насіння лягає на тверде вологе ложе, а зверху прикривається м'яким ґрунтом, що гарантує дружні сходи навіть в умовах дефіциту вологи.

Полозковий сошник абсолютно не переносить пожнивних залишків, грудок та підвищеної вологості ґрунту. Він починає працювати як бульдозер, згрібаючи перед собою сміття та забиваючись (на відміну від дводискового, який перекочується через перешкоди), поле має бути підготовлене ідеально.

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

Технічні характеристики УПС 8 (згідно [15])

Найменування показника	Значення
Тип сівалки	Навісна
Ширина захвату	5,6 м
Кількість посівних секцій	8 шт.
Ширина міжряддя	70 см (можливе переналаштування на 45 см для бобових)
Робоча швидкість	3,6 – 9,0 км/год
Тип висіваючого апарату	Пневматичний (вакуумний)
Тип сошника (насіннєвого)	Полозковий
Тип тукового сошника (для добрив)	анкерний/кілеподібний
Робоча швидкість	5,0 – 7,0 км/год
Глибина загортання насіння	40 – 120 мм (регулюється плавно)
Транспортна швидкість	до 15 км/год
Ємність бункерів для насіння (загальна)	200 дм ³ (8 x 25 дм ³)
Ємність бункерів для добрив (загальна)	192 дм ³ (4 x 48 дм ³)
Габаритні розміри у робочому положенні	Довжина: ~1700 мм Ширина: 6250 мм Висота: 1430 мм
Маса сівалки (без насіння і добрив)	~ 1100 - 1200 кг
Агрегаткування (клас трактора)	1.4 (Трактори потужністю 80 - 110 к.с., наприклад, лінійка New Holland серії T5/T6 або MT3-80/82)
Привід вентилятора	Від ВВП трактора (540 об/хв) через карданну передачу

Оскільки сошник жорстко врізається в землю, тиск на секцію (натяг паралелограмної пружини) має бути відрегульований дуже точно, щоб не допускати виглиблення на щільних ділянках поля. Глибина сівби регулюється переміщенням опорно-прикочуючого колеса відносно самого полоза за допомогою кулісного або гвинтового механізму безпосередньо на секції.

Обґрунтування конструктивного виконання загортачів секції просапної сівалки

З метою підвищення ефективності серійних загортачів доцільно враховувати досвід іноземних виробників. Аналіз наукових джерел [16-19]

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

свідчить, що їх конструктивні рішення суттєво не відрізняються від вітчизняних аналогів. У зв'язку з цим доцільно зосередити увагу на аналізі саме вітчизняних конструкцій, зокрема загортачів, що застосовуються на сівалці УПС 8. На сьогодні дана машина комплектується трьома типами загортачів, один із яких виконує виключно функцію вирівнювання поверхні ґрунту над рядком.

Посівна секція сівалки УПС 8 оснащена загортачем у вигляді прямої пластини з лопаткою на кінці (рис. 4.2), який встановлюється безпосередньо за сошником. Основною функцією цього робочого органу є переміщення поверхневих шарів ґрунту з метою закриття посівної борозни. Конструкція включає плоский важіль 1 та прямокутну лопатку 2, встановлену під певним кутом.

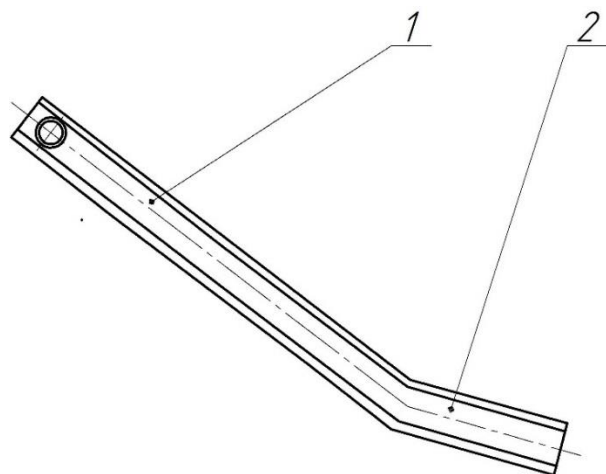


Рис. 4.2 Загортач секції УПС 8 у вигляді прямої пластини:

1 – плоский важіль; 2 – прямокутна лопатка

Лопатка здійснює захоплення верхнього шару ґрунту та його спрямування в борозну [15]. Водночас суттєвим недоліком пластинчастих загортачів є те, що вони переміщують переважно верхній, часто пересушений шар ґрунту, тоді як у зоні загортання насіння необхідна підвищена вологість. Це може негативно впливати на швидкість і рівномірність проростання, знижуючи загальну ефективність посіву.

Найбільш поширеним варіантом у складі секцій сівалок типу УПС 8 є загортач із криволінійною лопаткою (рис. 4.3) [15].

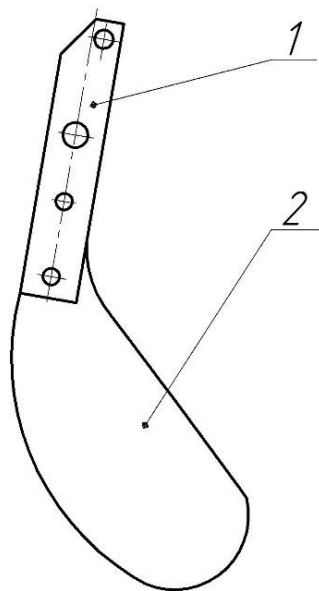


Рис. 4.3 Загортач з криволінійною лопаткою:

1 – важільна стійка; 2 – криволінійна лопатка

Така конструкція включає важільну стійку 1 та закріплену на ній криволінійну лопатку 2. В процесі роботи лопатка відокремлює верхній шар ґрунту та переміщує його у напрямку борозни, формуючи незначний гребінь над рядком. Подальше ущільнення і вирівнювання здійснюється прикочуючим котком, що створює сприятливі умови для проростання насіння. Разом із тим, у процесі роботи відбувається інтенсивне перемішування ґрунтових шарів, що супроводжується зниженням вологості, а це може уповільнювати появу сходів.

Інший варіант загортача (рис. 4.4), призначений для вирівнювання поверхні рядка, складається з кронштейна 1, рухомих поводків 2 та обмежувачів з віссю 3, розташованих у нижній частині. Він встановлюється на підвісці прикочуючого котка. У процесі роботи вісь, розміщена дещо нижче рівня рядка, забезпечує перемішування верхнього сухішого шару з більш вологим нижнім, що сприяє утворенню мульчувального шару [15]. Однак цей тип загортача не бере безпосередньої участі у закритті борозни, а лише виконує функцію планування та вирівнювання поверхні. Крім того, перемішування шарів різної вологості може призводити до втрат капілярної

вологи в зоні розміщення насіння, що негативно позначається на темпах його проростання та розвитку рослин.

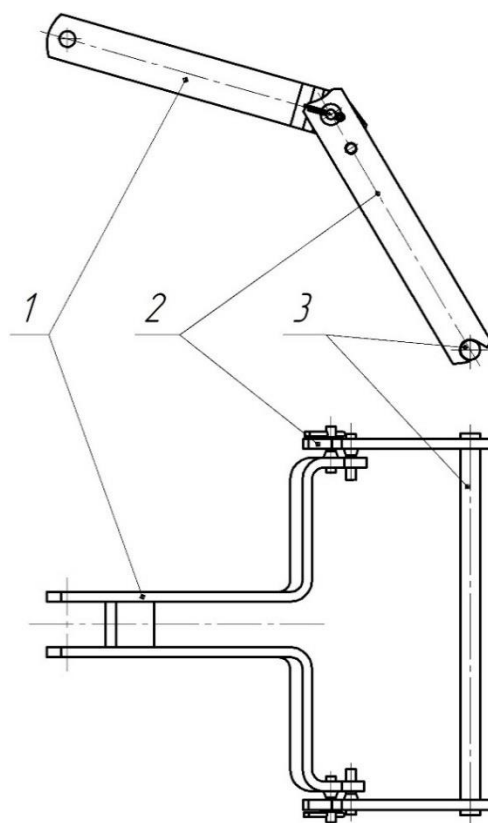


Рис. 4.4 Загортач сівалки УПС 8 для вирівнювання поверхні рядка

Перспективним напрямом удосконалення загортачів є реалізація поетапного процесу закриття борозни: спочатку використання більш вологих нижніх шарів ґрунту для безпосереднього укріплення насіння, а згодом - формування верхнього покривного шару із сухішого ґрунту. Особливу увагу слід приділити конструкціям пружинного типу з дисковими робочими органами, які мають значний потенціал для подальших досліджень.

Такі загортачі відзначаються простотою будови, зручністю регулювання та високою експлуатаційною надійністю. Завдяки пружній взаємодії з ґрунтом вони ефективно самоочищуються від рослинних решток і налипання вологого ґрунту, що додатково підвищує стабільність їх роботи [20-22].

З метою підвищення ефективності роботи загортаючих робочих органів і усунення виявлених недоліків було розроблено вдосконалену конструкцію комбінованого загортача пружинно-дискового типу (рис. 4.5).

Запропонований дисковий загортач виконаний у вигляді плоского диска з одностороннім загостренням, який встановлено під певним кутом до напрямку руху. На його внутрішній поверхні розміщено конічний ущільнювач, а зовні ступицю, в якій закріплена N-подібна пружна стійка. Остання створює необхідне притискне зусилля на робочий орган, причому її розташування під кутом до осі рядка у вертикальній площині забезпечує оптимальні умови взаємодії з ґрунтом.

На (рис. 4.5) наведено дві проекції запропонованої конструкції дискового загортача. Його основними елементами є пружна стійка 1, маточина 2, плоский диск 3 та конічний ущільнювач 4.

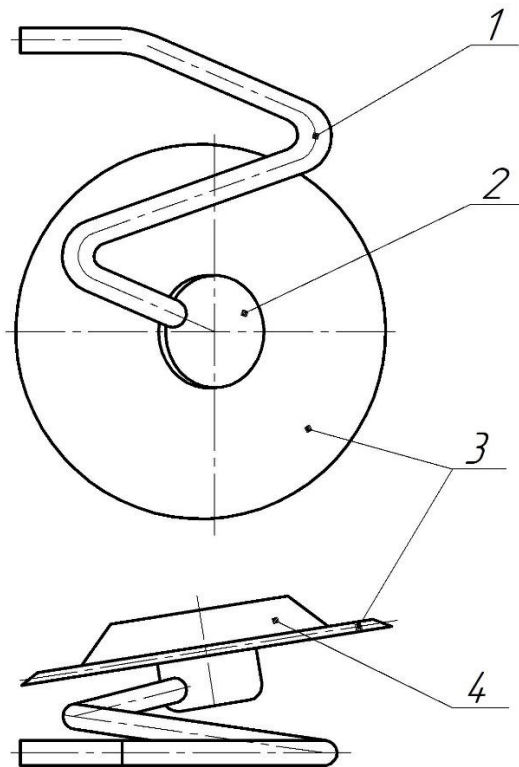


Рис. 4.5 Удосконалений комбінований загортач:

1 – пружна стійка; 2 – маточина; 3 – плоский диск; 4 – конічний ущільнювач

Принцип роботи полягає в наступному. Під час руху сівалки пружна стійка 1 передає навантаження на диск 3, забезпечуючи стабільність його ходу за глибиною. У процесі заглиблення диск взаємодіє з ґрунтом, а обмеження глибини досягається за рахунок конічного ущільнювача 4. Під дією пружної стійки ущільнювач ущільнює ґрунт по краях борозни, що підвищує стійкість

руху диска в горизонтальній площині та покращує умови відокремлення ґрунтового шару для подальшого переміщення в борозну. Завдяки встановленню загортача під кутом до центра борозни, диск у процесі обертання спрямовує ґрунт до насіннєвого рядка, формуючи насип заданого об'єму у вигляді гребеня.

Ефективність функціонування запропонованого дискового загортача визначається такими основними чинниками:

завдяки взаємодії конічного ущільнювача та пружної стійки забезпечується стабільне ведення робочого органа по глибині з відокремленням оптимальної кількості ґрунту, необхідної для формування рівномірного шару над насінням;

просторове розташування пружної стійки (у горизонтальній і вертикальній площинах) у поєднанні з обертальним рухом диска сприяє створенню мульчувального ефекту та формуванню необхідного тиску в зоні борозни, що забезпечує утворення насипу заданої геометрії;

конструктивні особливості робочого органа забезпечують його здатність до самоочищення при роботі в умовах підвищеної вологості ґрунту та наявності рослинних решток, що підвищує надійність і стабільність технологічного процесу.

Під час виконання технологічної операції штатний задній прикочуючий коток секції здійснює ущільнення ґрунту безпосередньо в зоні розміщення насіння. Проте при висіві нуту його значна ширина виявляється суттєвим недоліком, оскільки для забезпечення необхідного ступеня ущільнення виникає потреба у підвищенні притискного зусилля. Це, в свою чергу, призводить до утворення глибоких колій та сприяє формуванню ущільненої ґрунтової кірки на поверхні поля.

Зазначені негативні явища погіршують умови проростання, знижуючи швидкість і рівномірність появи сходів, що робить використання серійного котка малоефективним у технології висіву нуту. З метою усунення виявлених недоліків запропоновано вдосконалену конструкцію котка (рис. 4.6), яка

					<i>МВН 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

дозволяє зменшити негативний вплив на ґрунтову структуру та створити більш оптимальні умови для проростання насіння нуту.

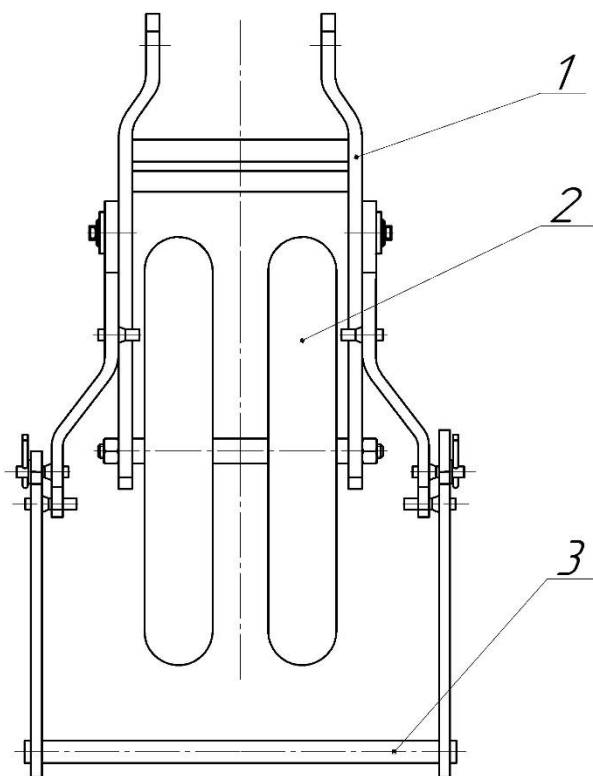


Рис. 4.6 Конструкція запропонованого котка:

1 – кронштейн; 2 – коток; 3 - шлейф

Робоча поверхня котка представляє собою два окремих котка, закріплених на спільній осі, із шиною атмосферного тиску, яка має криволінійний профіль. Відстань між котками повинна бути трохи більша за ширину борозни, яку утворює сошник.

Підвищення ефективності функціонування розробленого прикочуючого котка досягається завдяки вертикальній дії навантаження і ряду конструктивних особливостей. Зокрема, забезпечується локалізоване ущільнення ґрунту безпосередньо в зоні залягання насіння з обох боків від нього, що сприяє збереженню вологи та підвищенню польової схожості. Одночасно з цим зменшується ступінь ущільнення ґрунту над насінням, що створює сприятливі умови для його швидкого проростання. Додатково, наявність криволінійного профілю робочих поверхонь котка забезпечує

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МВН 00.000 ПЗ

Арк.

36

стабільність руху котка та обмежує надмірні вертикальні навантаження в критичній близькості від зони залягання насіння.

Взагалі, слід зазначити, що впровадження запропонованих робочих органів в конструкцію модернізованої просапної сівалки УПС 8 дозволяє суттєво підвищити якість виконання технологічного процесу висіву та загортання насіння нуту порівняно із серійними аналогами. Враховуючи підвищену чутливість насіння цієї культури до забезпечення вологою на початкових етапах розвитку, застосування розроблених рішень створює необхідні умови для реалізації їх біологічного потенціалу.

4.3 Обґрунтування параметрів модернізованих робочих органів

Для забезпечення якісного загортання насіння нуту на задану глибину 6 см у підготовлений суглинистий чорнозем, проведемо числовий розрахунок основних конструктивних параметрів комбінованого пружинно-дискового загортача. Розрахунок базується на кінематичних моделях взаємодії робочих органів з ґрунтом та агротехнічних вимогах до роботи сівалки УПС 8.

Обґрунтування діаметрів диска та конічного ущільнювача

Загострений диск занурюється в ґрунт, але обмежує свій хід по глибині завдяки дії конічного ущільнювача. Для сівалки УПС 8 із полозковим сошником глибина борозни під нут становить 6 см. Загортач не повинен руйнувати насіннєве ложе, його завдання - зсунути розпушений поверхневий шар ґрунту в борозну та ущільнити його.

Оптимальна глибина ходу диска ($h_{\max}$) у дрібногрудкуватому ґрунті для виконання цієї операції становить 2,5 см (25 мм).

Глибина ходу визначається різницею радіусів диска та основи конічного ущільнювача:

$$h_{\max} = \frac{d - d_k}{2}.$$

З конструктивних міркувань, щоб уникнути забивання рослинними рештками, кінцевий діаметр диска приймаємо $d = 150 \text{ мм}$. Виходячи з цього, знайдемо діаметр основи конічного ущільнювача (d_k):

$$d_k = d - 2h_{\max},$$

$$d_k = 150 - 2 \cdot (25) = 100 \text{ мм}.$$

Кінематичний розрахунок та визначення відстані між загортачами

Диск загортача встановлений під кутом атаки до напрямку руху сівалки, що забезпечує переміщення ґрунту в бік борозни (рис. 4.7). Відстань між осями дисків (L) залежить від швидкості руху сівалки, кута атаки та фізико-механічних властивостей ґрунту.

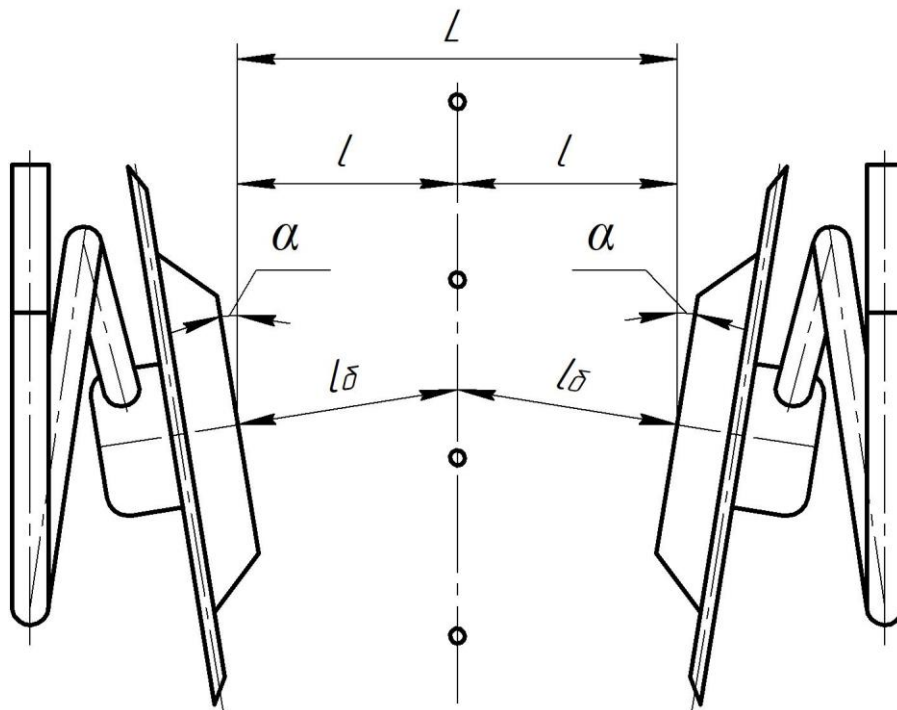


Рис. 4.7 Схема до визначення відстані між загортачами

Приймаємо наступні вихідні дані:

швидкість посіву $V_c = 2,0 \text{ м/с}$ (7,2 км/год), що відповідає агротехнічному діапазону 6 - 8 км/год;

кут тертя ґрунту по сталі (суглинистий чорнозем) - $\varphi = 30^\circ$;

кут атаки диска - $\alpha = 20^\circ$;

початковий кут відриву частинки ґрунту - $\gamma = 20^\circ$;

висота осі диска над дном борозни - $h = 0,05 \text{ м}$;

висота пагорба над насінням - $h_n = 0,02 \text{ м}$.

Знайдемо абсолютну швидкість ґрунту (V_a) від дії загортача:

$$V_a = V_c \frac{\sin(\alpha)}{\cos(\varphi - \alpha)},$$

$$V_a = 2,0 \cdot \frac{\sin(20^\circ)}{\cos(30^\circ - 20^\circ)} = 2,0 \cdot \frac{0,342}{0,984} = 0,695 \text{ м/с}.$$

Визначимо дальність переміщення часток ґрунту в бік борозни (l_ϕ):

$$l_\phi = \frac{V_a \cos(\gamma)}{g} \left(V_a \sin(\gamma) + \sqrt{V_a^2 \sin^2(\gamma) + 2g(h - h_n)} \right).$$

Підставляємо розраховані значення ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$):

$$V_a \cdot \cos(20^\circ) = 0,695 \cdot 0,939 = 0,653$$

$$V_a \cdot \sin(20^\circ) = 0,695 \cdot 0,342 = 0,237$$

$$2g(h - h_n) = 2 \cdot 9,81 \cdot 0,03 = 0,5886$$

$$l_\phi = \frac{0,653}{9,81} \left(0,237 + \sqrt{0,237^2 + 0,5886} \right) = 0,066 \cdot (0,237 + 0,803) = 0,069 \text{ м}$$

Тепер знайдемо загальну відстань між осями дисків (L):

$$L = d \cdot \cos(\alpha) + 2l_\phi,$$

$$L = 150 \cdot \cos(20^\circ) + 2 \cdot 69 = 150 \cdot 0,939 + 138 = 140,85 + 138 = 279 \text{ мм}$$

Цей параметр $L = 280 \text{ мм}$ є оптимальним для просапної сівалки, оскільки дозволяє дискам захоплювати достатній об'єм ґрунту з обох боків борозни без ризику взаємного забивання.

					МВН 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Розрахунок параметрів пружини вертикального тиску.

Пружина вертикального тиску створює навантаження на диск, утримуючи його на заданій глибині. Сила тиску має компенсувати тяговий опір ґрунту та виштовхуючу силу. Для суглинистого чорнозему під час посіву щільність буде складати $0,9 \text{ г/см}^3$, питомий опір різанню $k = 2,5 \text{ Н/см}^2$ [23-25].

Площа перерізу ґрунту, що зрізається одним диском (S):

$$S = h_{\max} \cdot (d \cdot \sin(\alpha)),$$

$$S = 2,5 \cdot (15 \cdot \sin(20^\circ)) = 2,5 \cdot 5,13 = 12,8 \text{ см}^2$$

Тяговий опір (P_x):

$$P_x = k \cdot S,$$

$$P_x = 2,5 \cdot 12,8 = 32 \text{ Н}$$

Щоб конічний ущільнювач стабільно зсував і ущільнював ґрунт, вертикальне навантаження P_z від пружини повинно бути приблизно у 1,5 - 2 рази більшим за тяговий опір, тобто $P_z = 50...65 \text{ Н}$.

Щоб забезпечити таке зусилля без залишкових деформацій при вібраціях на швидкості 7 км/год, використовується N-подібна пружина згину. Оптимальним для створення зусилля $\sim 60 \text{ Н}$ є дріт діаметром 10 мм.

Розрахунок параметрів конічної частини загортача.

Конічний ущільнювач виконує дві критично важливі функції: обмежує глибину занурення диска та ущільнює зсунутий ґрунт над насінням.

Розрахунок його параметрів базується на умовах безперешкодного ковзання ґрунту (самоочищення) та створення оптимального агротехнічного тиску для насіння нуту.

Як було визначено раніше, діаметр більшої основи конуса (D_1) залежить від максимальної глибини ходу диска ($h_{\max} = 25 \text{ мм}$) і дорівнює:

$$D_1 = d - 2h_{\max} = 150 - 50 = 100 \text{ мм}$$

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

Діаметр меншої основи (вершини) конуса (D_2) обумовлений конструктивними міркуваннями - розміром підшипникового вузла (ступиці), який має витримувати радіальні та осьові навантаження при швидкості 7 км/год. Для стандартних підшипників, що застосовуються в подібних вузлах сівалок (наприклад, серії 180503 або аналогів), зовнішній діаметр корпусу ступиці зазвичай становить близько 70 - 75 мм. Приймаємо за кресленням діаметр вершини конуса $D_2 = 72 \text{ мм}$.

Проведем розрахунок висоти конуса та умови самоочищення (кут ковзання). Щоб вологий суглинистий чорнозем не налипав на конічну поверхню, кут нахилу твірної конуса (γ_k) до площини диска повинен бути більшим за кут зовнішнього тертя ґрунту по сталі (φ). Для суглинистого ґрунту в стані фізичної стиглості кут тертя становить $\varphi = 30...35^\circ$.

Умова самоочищення:

$$\gamma_k > \varphi.$$

Визначимо кут γ_k , виходячи з висоти конуса $h_k = 19 \text{ мм}$:

$$\operatorname{tg}(\gamma_k) = \frac{h_k}{\frac{D_1 - D_2}{2}},$$

$$\operatorname{tg}(\gamma_k) = \frac{19}{\frac{100 - 72}{2}} = \frac{19}{14} = 1,357.$$

Звідси кут нахилу:

$$\gamma_k = \operatorname{arctg}(1,357) \approx 54^\circ.$$

Оскільки $54^\circ > 35^\circ$, умова ковзання ґрунту по поверхні виконується із значним запасом, а у випадках підвищеної вологості конструкція забезпечує ефективне самоочищення.

					МВН 00.000 ПЗ	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Проведемо розрахунок ущільнюючої здатності (тиск на ґрунт).

Конічний ущільнювач має створити над насінням нуту оптимальний тиск, щоб відновити капілярність ґрунту для підтягування вологи. Згідно з агротехнічними вимогами, оптимальний тиск ущільнення (q_{on}) для насіння середнього розміру (нут, соя) становить $q_{on} = 0,02...0,05 \text{ МПа}$ ($2...5 \text{ Н/см}^2$). Визначимо фактичний тиск, який створює ущільнювач. Під час роботи в контакті з ґрунтом знаходиться приблизно половина площі проекції конічного кільця.

Площа контакту (S_k):

$$S_k = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi(D_1^2 - D_2^2)}{4},$$

$$S_k = \frac{3,14 \cdot (100^2 - 72^2)}{8} = \frac{3,14 \cdot (10000 - 5184)}{8} = 1890 \text{ мм}^2 = 18,9 \text{ см}^2.$$

Враховуючи, що вертикальне зусилля від пружини (P_z), як ми визначили раніше, становить близько 60 Н, знайдемо питомий тиск на ґрунт (q):

$$q = \frac{P_z}{S_k},$$

$$q = \frac{60}{18,9} = 3,17 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2} = 0,031 \text{ МПа}.$$

Розрахункове значення 0,031 МПа ідеально вписується в агротехнічний діапазон (0,02...0,05 МПа). Це доводить, що розміри конуса (основа 100 мм, вершина 72 мм) у поєднанні з пружиною забезпечать якісне формування укривного шару ґрунту із необхідною щільністю для дружніх сходів нуту.

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

Перевірка на міцність дроту пружини в місці її закріплення (кріплення до ступиці).

Саме ця точка приймає на себе максимальні згинальні та крутні моменти від реакцій ґрунту. Для розрахунку використаємо силові параметри, визначені нами на попередніх етапах, та геометричні розміри з креслення загортача.

Враховуючи, що диск загортача встановлений під кутом атаки $\alpha = 20^\circ$ то на нього діють три складові зусилля:

вертикальна реакція (від пружини) - $P_z = 60H$;

тяговий опір (горизонтальна поздовжнє) - $P_x = 32H$;

бокова реакція (горизонтальна поперечна) - визначається через тяговий опір та кут атаки:

$$P_y = P_x \cdot \operatorname{tg}(\alpha),$$

$$P_y = 32 \cdot \operatorname{tg}(20^\circ) = 32 \cdot 0,364 = 11,6H .$$

Згідно з креслення загортача, плечі дії цих сил відносно точки кріплення (горизонтального кінця пружини) становлять:

горизонтальне винесення диска (плече для вертикальної сили)

$$l_x = 146 \text{ мм} = 0,146 \text{ м} ;$$

вертикальне винесення (плече для горизонтальних сил): загальна висота

$$\text{загортача } l_z = 196 \text{ мм} = 0,196 \text{ м} ;$$

діаметр дроту пружини приймаємо $d = 10$ мм (з попереднього розрахунку жорсткості).

Визначаємо максимальні моменти у місці кріплення. Точка закріплення пружини працює в умовах складного опору (згин з крутінням).

Вертикальна сила P_z створює згинальний момент у вертикальній площині:

$$M_{z1} = P_z \cdot l_x ,$$

$$M_{z1} = 60 \cdot 0,146 = 8,76 \text{ Нм} .$$

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

Тяговий опір P_x створює згинальний момент в горизонтальній площині:

$$M_{z2} = P_x \cdot l_z,$$

$$M_{z2} = 32 \cdot 0,196 = 6,27 \text{ Нм}$$

Сумарний згинальний момент (M_b) дорівнює геометричній сумі:

$$M_b = \sqrt{M_{z1}^2 + M_{z2}^2},$$

$$M_b = \sqrt{8,76^2 + 6,27^2} = \sqrt{76,74 + 39,31} = 10,77 \text{ Нм}.$$

Бокова реакція P_y створює крутний момент (M_t) на горизонтальній ділянці кріплення:

$$M_t = P_y \cdot l_z,$$

$$M_t = 11,6 \cdot 0,196 = 2,27 \text{ Нм}.$$

За третьою теорією міцності (теорія найбільших дотичних напружень), яка найкраще підходить для пластичних матеріалів (сталей), еквівалентний момент визначається як [26]:

$$M_{ек} = \sqrt{M_b^2 + M_t^2},$$

$$M_{ек} = \sqrt{10,77^2 + 2,27^2} = \sqrt{115,99 + 5,15} = 11,0 \text{ Нм} = 11000 \text{ Нмм}.$$

Момент опору перерізу (W) круглого дроту діаметром $d = 10$ мм:

$$W = \frac{\pi d^3}{32} \approx 0,1 \cdot d^3 = 0,1 \cdot 10^3 = 100 \text{ мм}^3.$$

Максимальне розрахункове напруження ($\sigma_{\max}$) в небезпечному перерізі (точці кріплення):

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{ек}}{W} = \frac{11000}{100} = 110 \text{ МПа}.$$

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

Пружини сільськогосподарських машин зазвичай виготовляються з ресорно-пружинних сталей, наприклад, 60С2А або 65Г. Для сталі 65Г межа плинності становить $\sigma_T \geq 800 \text{ МПа}$, а допустиме напруження при динамічних і циклічних навантаженнях приймається $[\sigma] \approx 400 \dots 500 \text{ МПа}$.

Коефіцієнт запасу міцності (n) складатиме:

$$n = \frac{[\sigma]}{\sigma_{\max}},$$

$$n = \frac{400}{110} = 3,6.$$

Отриманий коефіцієнт запасу міцності 3,6 є оптимальним для ґрунтообробної техніки. Він гарантує, що місце кріплення пружини витримає не лише розрахункові навантаження під час посіву нуту на глибину 6 см, а і раптові динамічні удари (наприклад, при наїзді на камінь або тверду грудку), не допускаючи залишкової деформації чи зламу робочого органу.

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

5. Охорона праці

5.1 Аналіз і усунення небезпечних факторів які можуть виникати під час посіву нуту:

Під час сівби нуту агрегатом у складі трактора та пневматичної сівалки (УПС 8) виникає комплекс небезпечних факторів. Їх ігнорування може призвести до травматизму, отруєнь або поломки техніки.

Механічні фактори (рухомі частини та агрегування) [27-33].

Сівалка УПС 8 використовує вакуумний вентилятор, що працює від ВВП трактора (540 об/хв). Необережний рух поблизу відкритого вала може призвести до захоплення одягу.

Експлуатація агрегату дозволяється виключно за наявності цілого захисного пластикового або металевих кожуха на карданному валі, який вільно обертається відносно самого вала. Перебування людей між трактором і сівалкою під час роботи ВВП категорично заборонено.

Маркери сівалки УПС 8 мають значну вагу і великий виліт. Раптове падіння через розрив гідравлічного шланга або помилку тракториста становить смертельну загрозу.

Під час транспортування та налаштування на майданчику маркери повинні бути зафіксовані механічними стопорними пальцями/гаками, а не триматися лише на гідравліці. Забороняється стояти в зоні можливого падіння маркера.

Забивання сошників вологим ґрунтом або пожнивними залишками змушує персонал чистити їх. Робота біля опущеної сівалки, коли трактор не заглушений, може призвести до наїзду або травмування рук.

Очищення, регулювання висіваючих апаратів (заміна дисків, налаштування вилок), підтягування болтів проводиться тільки при повністю зупиненому агрегаті, вимкненому ВВП та заглушеному двигуні трактора. Використовувати спеціальні чистики (дерев'яні або металеві лопатки), а не голі руки.

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

Хіміко-біологічні фактори (робоче середовище) [27-33].

Специфіка нуту полягає в обов'язковому протруюванні насіння фунгіцидами та обробці бактеріями-інокулянтами безпосередньо перед посівом.

Під час засипання насіння з мішків або біг-бегів у бункери УПС 8 утворюється хмара токсичного пилу. Вакуумний вентилятор сівалки також видуває пил від насіння з висіваючих апаратів.

Персонал (механізатор та працівники-сівачі) обов'язково забезпечується засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), респіраторами класу не нижче FFP2, захисними окулярами та прогумованими рукавицями. Завантаження бункерів повинно відбуватися виключно з підвітряного боку (вітер має дуети в спину працівнику, відносячи пил у поле).

Хоча азотфіксуючі бактерії не є високотоксичними, вони можуть викликати алергічні реакції або подразнення слизових оболонок.

Після завантаження насіння та перед прийомом їжі або курінням обов'язкове ретельне миття рук з милом (в кабіні трактора або біля місця завантаження має бути рукомийник і чиста вода).

Організаційні фактори (людська помилка та втома) [27-33].

Ефективність сівби залежить від чіткої комунікації. Рух трактора під час того, як працівник ще засипає насіння або стоїть на підніжці сівалки, призводить до падіння під прикочуючі колеса.

Категорично забороняється перевозити людей на сівалці під час руху (якщо конструкцією не передбачені спеціальні безпечні підніжки з поручнями). Тракторист має право починати рух лише після подачі звукового сигналу та отримання зворотного візуального підтвердження (помаху руки) від усіх працівників, що вони відійшли на безпечну відстань.

Ручне завантаження насіння нуту (маса мішка може бути 25-50 кг) та добрив у високі бункери сівалки УПС 8 призводить до травм спини.

Організувати механізоване завантаження за допомогою шнеків-завантажувачів (бортових на автомобілях) або використовувати маніпулятори

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

для біг-бегів. При ручному завантаженні дотримуватись норм підняття ваги, використовувати спеціальні підставки-сходи́нки біля сівалки.

Пожежна та екологічна безпека [27-33].

Загоряння техніки або сухої стерні. Трактор (особливо вихлопна труба) має бути очищений від пожнивних залишків та мастила. На агрегаті повинен бути справний, повірений вогнегасник (порошковий або вуглекислотний) ємністю не менше 5 л, а також штикова лопата.

При розсипанні насіння його необхідно негайно зібрати і засипати в бункер або утилізувати. Залишати протруєний нут на поверхні ґрунту заборонено, оскільки це призводить до масового отруєння птахів та диких тварин.

					<i>МВН 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

1. Аналіз агротехніки вирощування нуту показав, що забезпечення сприятливих умов його проростання є фундаментальною вимогою технології, оскільки ця велико та важконасінна культура потребує точного розміщення на глибині 6 - 8 см із гарантованим доступом до ґрунтової вологи, то загортаючі робочі органи просапних сівалок повинні забезпечувати ці вимоги.

2. Модернізація загортачів та заднього прикочуючого котка є критично необхідним кроком для адаптації УПС 8 під біологічні особливості нуту, паростки якого мають низьку пробивну здатність і не витримують наявності ґрунтової кірки. Стандартні пасивні загортачі та гладкі котки створюють надлишковий вертикальний тиск, що в умовах пересихання призводить до переущільнення поверхні. Перехід на конструкції з активними дисковими робочими органами та котками комбінованої конструкції кардинально змінює умови проростання, борозна закривається вологим ґрунтом зі стінок, ущільнення відбувається виключно з боків (ліквідовуючи повітряні кишені), а шар ґрунту безпосередньо над насінною залишається пухким і насиченим киснем. Це унеможливує утворення кірки та гарантує отримання рівномірних і дружніх сходів.

3. Встановлено, що для забезпечення якісного загортання насіння нуту на глибину 6 см при швидкості руху сівалки 7,2 км/год та куті атаки дисків 20°, раціональна відстань між осями симетричних загортачів становить 279 мм. Доведено, що використання плоского загостреного диска діаметром 150 мм у поєднанні з конічним ущільнювачем (діаметр основи 100 мм, кут нахилу твірної 54°) забезпечує стабільний хід робочого органу на глибині 25 мм та гарантує ефективне самоочищення від вологого суглинистого ґрунту.

4. Визначено силові характеристики ущільнення ґрунту та підтверджено експлуатаційну надійність конструкції. Розрахунки показали, що вертикальне зусилля N-подібної пружини на рівні 60 Н створює питомий тиск конічного ущільнювача на ґрунт у межах 0,031 МПа, що повністю відповідає агротехнічним вимогам для формування щільного контакту насіння з ґрунтом

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

і відновлення його капілярності. Перевірка на міцність консольної ділянки кріплення пружини (при діаметрі дроту 10 мм) за еквівалентними напруженнями підтвердила високий рівень надійності вузла з коефіцієнтом запасу міцності 3,6, що гарантує стійкість системи до динамічних перевантажень.

5. Використання розроблених робочих органів в складі просапної сівалки УПС 8, дає можливість більш якісно виконувати посів бобових культур, зокрема нуту, і може забезпечувати підвищення врожайності культури до 12%.

					МВН 00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Січкач В.І. Нут. Ботанічна характеристика, біологічні особливості, агротехніка та нові сорти / В.І. Січкач, О.В. Бушулян. – Одеса: СГІ-НАЦ НАІС, 2007. – 24 с.
2. Колесніков М.О., Кадиров Т.Р. Рекомендації по вирощуванню нуту в умовах півдня України. - Мелітополь: ТДАТУ. – 2022. – 44 с.
3. Ідентифікація ознак зернобобових культур (квасоля, нут, сочевиця): навч. посібник / В.В. Кириченко, Л.Н. Кобизєва, В.П. Петренкова [та ін.]; за ред. В.В. Кириченка. – Харків : ІР ім. В.Я. Юр'єва УААН, 2009. – 117 с.
4. Бушулян О.В., Січкач В.І. Нут: генетика, селекція, насінництво, технологія вирощування: Монографія. – Одеса, 2009. – 248 с.
5. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві: навч. посібник / В.Д. Паламарчук, І.С. Поліщук, О.М. Венедиктов. – Вінниця: Данилюк В.Г., 2011. – 432.
6. Бушулян О.В. Нут у сівоzmіні / О.В. Бушулян, В.І. Січкач // Насінництво. - 2011. - № 12. - С. 13-15.
7. Мазур В.А., Ткачук О.П., Дідур І.М., Панцирева Г.В. Особливості технології вирощування малопоширених зернобобових культур: монографія. Вінниця: ТВОРИ, 2021. 172 с. <http://repository.vsau.org/getfile.php/29427.pdf>
8. Зернобобові культури в інтенсивному землеробстві /А.М. Розвадовський, А.О. Бабич, В.Ф. Петриченко та ін.; За ред. А.М. Розвадовського. - К.: Урожай, 1990. - 176 с.
9. Лихочвор В.В., Бомба М.І., Дубковецький С.В. Довідник з вирощування зернових та зернобобових культур. Львів: Українські технології, 1991. 408 с.
10. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур / В.В. Лихочвор, В.Ф. Петриченко, П.В. Іващук, О.В. Корнійчук; заред. В.В. Лихочвора, В.Ф. Петриченко. - 3-є вид., вип. та доп. - Львів: НВФ «Українські технології», 2010. - 1088 с.

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

11. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування с/г культур. Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 808 с.
12. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології. Львів: НВФ «Українські технології», 2006. 729 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. Product Catalog. Technology in harmony with the nature. Elvorti - Chervona zirka. Ukraine, 2016. 20p. URL: https://www.elvorti.com/content/pdf/2016/KATALOG_2016_EN_SITE.pdf
16. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії і розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – С. 141 – 142. <https://studfiles.net/preview/5063474/page:25/>
17. Кушнар'єв А.С. Механіко – технологічні основи обробітку ґрунту / А.С. Кушнар'єв, В.І. Кочев. – К.: Урожай, 1989. – 144 с.
18. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 1, частина 2. Машини для сівби та садіння. – Харків: Око, 2002. – 452 с.
19. Сисолін П.В. та інші. 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.
20. Артеменко Д.Ю., Магопєць О.С. Теоретичне дослідження основного технологічного параметру удосконаленої конструкції пружинного загортача просапної сівалки. Вісник аграрної науки Причорномор'я: науково-

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

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

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

27. 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.

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

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

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

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

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

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

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

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

Додатки

Розрахунок параметрів операційної технології процесу посіву при вирощуванні нуту.

Проведемо розрахунок основних параметрів по роботі агрегату на посіві ріпаку. Враховуючи рекомендації [13,14], визначаємо номінальну силу тяги на гаку трактора та теоретичну швидкість передачі:

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

Розраховуємо максимальну ширину захвату агрегату на передачах 3 і 4:

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

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 [13,14]:

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

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 [13,14]:

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

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

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

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 [13,14]:

$$L_k = l_m + l_{\text{м}},$$

де $l_m + l_{\text{м}}$ – кінематична довжина трактора New Holland TD5.90 та сівалки УПС 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 [13,14]:

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

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:

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

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

Кількість циклів за зміну:

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

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

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

Змінні витрати палива:

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

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

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