

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ ____ ” _____ 2026 р.

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

Механізація вирощування еспарцету з удосконаленням
плуга ПНЯ-4-42

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,
групи AI-22-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Чайка Кирило Павлович

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник проєкту

доц., канд. техн. наук

_____ Юрій МАЧОК

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

доц., канд. техн. наук

_____ Сергій МАГОПЕЦЬ

« ____ » _____ 2026 р.

Кропивницький

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				<u>Документація загальна</u>		
				<u>Заново розроблена</u>		
A4			МВЕ 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	47	
A1			МВЕ 00.000 ТЧ1	Технологічна карта на	1	
				виращування еспарцету		
A1			МВЕ 00.000 ТЧ2	Операційно-технологічна	1	
				карта на оранку		
				<u>Документація по інженерній</u>		
				частині		
				<u>Заново розроблена</u>		
					1	
A0			ПНЯ 00.000	Плуг ярусний		
				ПНЯ-4-42		
				<u>Документація по складальних</u>		
				<u>одиницях</u>		
				<u>Заново розроблена</u>		
A2			ПНЯ 10.100	Ніж дисковий	1	
				МВЕ 00.000 ВР		
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	Відомість роботи	
Розробив	Чайка					
Перевірив	Мачок					
Н. контр.	Артеменко					
Затвердив	Васильковський				ЦНТУ гр. АІ-22-1	
					Літера	Аркуш
						3
						2

[illegible]

ЗМІСТ

	стор.
1. Вступ	7
2. Аналіз типової технології вирощування еспарцету з визначенням шляхів її удосконалення	9
3. Операційна технологія оранки ..	20
4. Інженерна частина	30
5. Охорона праці	36
6. Висновки	38
Список використаної літератури	40
Додатки	43

					МВЕ 00.000 ПЗ	Арх.
Вм.	Арх.	№ док-м.	Підпис	Дата		6

1. Вступ

Сучасний розвиток аграрного сектору України потребує впровадження ефективних технологій виробництва сільськогосподарської продукції, спрямованих на підвищення врожайності культур, зниження виробничих витрат та раціональне використання земельних ресурсів. Одним із перспективних напрямів розвитку кормовиробництва є вирощування еспарцету – багаторічної бобової культури, яка характеризується високою кормовою цінністю, значною продуктивністю та здатністю покращувати родючість ґрунту завдяки накопиченню біологічного азоту [7,12,13,20].

Еспарцет відіграє важливу роль у створенні міцної кормової бази для тваринництва, оскільки забезпечує отримання якісного зеленого корму, сіна та сінажу. Крім того, ця культура відзначається посухостійкістю, довговічністю та добрими медоносними властивостями, що робить її особливо актуальною для вирощування в умовах змін клімату та нестабільного зволоження. Водночас ефективність виробництва еспарцету значною мірою залежить від дотримання сучасних технологічних вимог та рівня механізації виробничих процесів.

Однією з найважливіших операцій технології вирощування еспарцету є основний обробіток ґрунту. Від якості виконання оранки залежать водно-повітряний режим ґрунту, рівномірність загортання рослинних решток, накопичення вологи та створення сприятливих умов для розвитку кореневої системи рослин. Саме тому вдосконалення ґрунтообробних машин і знарядь залишається актуальним завданням агроінженерної науки та практики [20].

Серед поширених технічних засобів для виконання основного обробітку ґрунту значне місце займають навісні плуги серії ПНЯ. Проте в умовах сучасного землеробства існує потреба у підвищенні їхньої продуктивності, покращенні якості обробітку та зниженні енергетичних витрат. Досягнення цих

					МВЕ 00.000 ПЗ				
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Чайка				Пояснювальна записка		Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Мачок							7	
Н.контр	Артеменко								
Затвер.	Васильковський						ЦНТУ		гр. АІ-22-1

показників можливе шляхом конструктивного удосконалення робочих органів плуга та оптимізації його технологічних параметрів.

Метою даної кваліфікаційної бакалаврської роботи є розроблення заходів щодо удосконалення механізованого процесу оранки при вирощування еспарцету та удосконалення конструкції плуга ПНЯ-4-42 для підвищення ефективності виконання основного обробітку ґрунту.

					МВЕ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

2. Аналіз типової технології вирощування еспарцету з визначенням шляхів її удосконалення.

2.1. Господарське значення еспарцету.

Еспарцет належить до цінних багаторічних бобових культур, які широко використовуються у кормовиробництві та землеробстві. Завдяки своїм біологічним особливостям він займає важливе місце в системі польового кормовиробництва та сприяє підвищенню ефективності сільськогосподарського виробництва. Культура характеризується високою врожайністю зеленої маси, доброю поживною цінністю та здатністю формувати стабільні врожаї навіть за несприятливих погодних умов [7,13].

Основне господарське значення еспарцету полягає у виробництві високоякісних кормів для сільськогосподарських тварин. Зелена маса рослин містить значну кількість білка, амінокислот, мінеральних речовин і вітамінів, що забезпечує повноцінне живлення великої рогатої худоби, овець та інших видів тварин. Еспарцет використовують для заготівлі сіна, сінажу, трав'яного борошна та зеленого корму. Особливо цінною властивістю культури є те, що її зелена маса практично не викликає здуття рубця у жуйних тварин, що вигідно відрізняє її від деяких інших бобових трав.

Важливою перевагою еспарцету є його висока посухостійкість. Потужна коренева система здатна проникати на значну глибину, забезпечуючи рослини вологою навіть у періоди тривалої відсутності опадів. Завдяки цьому культура успішно вирощується в регіонах із недостатнім зволоженням, де інші кормові трави часто знижують продуктивність. Така властивість набуває особливого значення в умовах сучасних кліматичних змін та зростання ризиків посух.

Еспарцет має велике агротехнічне значення. Як представник родини бобових, він вступає у симбіоз із бульбочковими бактеріями, які здатні засвоювати атмосферний азот і накопичувати його в ґрунті. У результаті покращується азотне живлення наступних культур у сівозміні, зменшується потреба у внесенні мінеральних азотних добрив та підвищується родючість

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

грунту. Крім того, добре розвинена коренева система сприяє покращенню структури ґрунту, підвищенню його водопроникності та зменшенню небезпеки ерозійних процесів.

Важливим напрямом використання еспарцету є бджільництво. Рослина вважається одним із найкращих медоносів серед кормових культур. Її квітки інтенсивно виділяють нектар, що забезпечує високий медозбір протягом тривалого періоду цвітіння. Отриманий мед відзначається приємними смаковими якостями, світлим забарвленням та високою товарною цінністю.

Завдяки поєднанню кормових, агротехнічних та медоносних властивостей еспарцет є важливою складовою сучасного сільськогосподарського виробництва. Його вирощування сприяє зміцненню кормової бази господарств, підвищенню продуктивності тваринництва, поліпшенню стану ґрунтів та отриманню додаткової продукції бджільництва. Саме тому культура зберігає своє значення та перспективність для подальшого впровадження у виробничі системи різних природно-кліматичних зон України. [10,11,15,17,20].

2.2. Біологічні особливості еспарцету.

Еспарцет є багаторічною трав'янистою рослиною родини бобових, яка характеризується високою екологічною пластичністю та цінними господарськими властивостями. У сільськогосподарському виробництві найбільшого поширення набули посівний, піщаний та закавказький види еспарцету. Рослина добре пристосована до вирощування в умовах помірного клімату та відзначається здатністю ефективно використовувати вологу і поживні речовини з ґрунту.

Коренева система еспарцету стрижневого типу, добре розвинена і проникає на значну глибину. Головний корінь може досягати кількох метрів, що забезпечує рослину вологою навіть у посушливі періоди. Завдяки потужній кореневій системі еспарцет здатний засвоювати поживні речовини з нижніх шарів ґрунту та формувати високі врожаї за умов недостатнього зволоження. На коренях утворюються бульбочки з азотфіксувальними бактеріями, які

забезпечують накопичення атмосферного азоту та покращують азотний баланс ґрунту.

Стебла еспарцету прямостоячі, добре облиствені, залежно від виду та умов вирощування досягають висоти від 50 до 120 см. Листки складні, непарноперисті, складаються з декількох пар дрібних листочків. Значна облиственість рослин позитивно впливає на кормову цінність зеленої маси та якість сіна.

Суцвіття представлене видовженою китицею з великою кількістю квіток рожевого або червонувато-рожевого забарвлення. Запилення відбувається переважно за участю комах, особливо бджіл. Період цвітіння триває досить довго, що зумовлює високу медоносну продуктивність культури.

Плід еспарцету - однонасінний біб округлої або напівокруглої форми з твердою оболонкою.

Еспарцет належить до холодостійких культур. Насіння починає проростати вже за температури $2-3^{\circ}\text{C}$, а дружні сходи з'являються при прогріванні ґрунту до $8-10^{\circ}\text{C}$. Молоді рослини здатні переносити короточасні весняні приморозки. Добре розвинені посіви характеризуються високою зимостійкістю, особливо за наявності достатнього снігового покриву.

Культура відзначається підвищеною посухостійкістю порівняно з багатьма іншими багаторічними бобовими травами. Вона добре переносить високі температури та нестачу опадів завдяки здатності кореневої системи використовувати запаси вологи з глибоких шарів ґрунту. Найкраще еспарцет росте на чорноземах, каштанових і карбонатних ґрунтах із нейтральною або слабколужною реакцією середовища. Водночас рослина погано переносить кислі, заболочені та перезволожені ґрунти.

У перший рік життя еспарцет формує переважно кореневу систему та листову розетку, а максимальна продуктивність спостерігається на другому і наступних роках використання. Тривалість господарського використання травостою за сприятливих умов може становити від трьох до п'яти років. Сукупність біологічних особливостей забезпечує еспарцету важливе значення як

високопродуктивної кормової культури, придатної для вирощування в різних природно-кліматичних умовах України [8,14,20].

2.3. Місце в сівозміні.

Еспарцет займає важливе місце в польових сівозмінах як багаторічна бобова культура. Його вирощують переважно після озимих та просапних культур, на полях, чистих від бур'янів. Завдяки здатності накопичувати азот у ґрунті еспарцет покращує його родючість і створює сприятливі умови для наступних культур. Після розорювання травостою високі врожаї забезпечують зернові, кукурудза та технічні культури. Еспарцет також сприяє поліпшенню структури ґрунту, зменшує прояви ерозії та підвищує ефективність використання поживних речовин у сівозміні. [8,14,20].

2.4. Система удобрення.

Еспарцет є цінною багаторічною бобовою кормовою культурою, яка характеризується високою поживністю зеленої маси та здатністю покращувати родючість ґрунту завдяки симбіотичній фіксації атмосферного азоту. Для формування стабільних урожаїв необхідно забезпечити рослини достатньою кількістю елементів живлення, враховуючи особливості ґрунтово-кліматичних умов та запланований рівень продуктивності посівів.

Система удобрення еспарцету базується на поєднанні органічних і мінеральних добрив. Особливе значення має основне внесення добрив перед закладанням культури. Під основний обробіток ґрунту рекомендується вносити органічні добрива, зокрема гній або компост, які сприяють покращенню структури ґрунту, підвищують його вологостійкість та активізують мікробіологічні процеси. На родючих ґрунтах органічні добрива можуть вноситися під попередню культуру сівозміни.

Серед мінеральних елементів найбільше значення для еспарцету мають фосфор і калій. Фосфор забезпечує розвиток кореневої системи, прискорює формування бульбочкових бактерій та сприяє накопиченню поживних речовин у рослинах. Калій підвищує стійкість культури до посухи, покращує зимостійкість і сприяє ефективнішому використанню вологи. Тому перед сівбою доцільно

					МВЕ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

вносити фосфорно-калійні добрива у дозах, визначених результатами агрохімічного аналізу ґрунту. Таку групу добрив вносять розкидачем МВУ-8Б, який працює з трактором ХТЗ-17221.

Азотні добрива для еспарцету застосовують обмежено. Це пояснюється здатністю культури засвоювати азот із повітря за допомогою бульбочкових бактерій. Невеликі стартові дози азоту можуть використовуватися на малородючих ґрунтах або за несприятливих умов для початкового росту рослин. Надмірне азотне живлення є небажаним, оскільки воно знижує інтенсивність азотфіксації та може спричиняти вилягання посівів.

Важливим елементом системи удобрення є застосування мікродобрив. Для еспарцету особливе значення мають бор і молібден. Бор бере участь у процесах цвітіння та формування насіння, а молібден покращує діяльність азотфіксуючих бактерій. Передпосівна обробка насіння молібденовмісними препаратами або позакореневе підживлення у період вегетації сприяють підвищенню врожайності та якості кормової маси.

На багаторічних посівах після кожного укосу або ранньою весною доцільно проводити підживлення фосфорними та калійними добривами залежно від забезпеченості ґрунту поживними речовинами. Такий захід сприяє швидкому відростанню рослин та подовжує продуктивне використання травостою.

Отже, ефективна система удобрення еспарцету повинна враховувати біологічні особливості культури та стан ґрунту. Раціональне поєднання органічних добрив, фосфорно-калійного живлення та мікроелементів забезпечує високу продуктивність посівів, покращує якість корму і сприяє збереженню родючості ґрунтів у довгостроковій перспективі [8,14,20].

2.5. Обробіток ґрунту.

Обробіток ґрунту при вирощуванні еспарцету є важливим елементом технології, оскільки ця культура потребує добре підготовленого посівного ложа та достатнього запасу вологи. Основною метою обробітку є створення сприятливих умов для проростання насіння, розвитку кореневої системи та накопичення поживних речовин у ґрунті.

					МВЕ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Підготовка поля розпочинається після збирання попередника, пшениці озимої. Луцильником ЛДГ-10А проводять лущення стерні у два сліди на глибину 6–8 см. Цей захід сприяє збереженню вологи, знищенню сходів бур'янів і прискорює розкладання рослинних решток. За значної засміченості поля можливе повторне лущення через 10–15 днів, але така операція технологічною картою не передбачена.

Основний обробіток ґрунту зазвичай виконують восени шляхом оранки на глибину 25–27 см плугом ПЛН-4-35, енергетичним засобом для якого є трактор Т-150. Глибокий обробіток забезпечує розпушення орного шару, покращує водопроникність та створює сприятливі умови для розвитку потужної кореневої системи еспарцету. На важких за механічним складом ґрунтах глибину оранки можуть збільшувати до 30 і більше см, враховуючи особливості поля та попередника.

Навесні проводять закриття вологи боронуванням боронами БЗСС1,0. Після цього виконують передпосівну культивуацію культиватором КПС-4 на глибину загортання насіння. Особливу увагу приділяють вирівнюванню поверхні поля та подрібненню грудок, оскільки насіння еспарцету є відносно дрібним і потребує якісного контакту з ґрунтом.

На легких і добре окультурених ґрунтах можливе застосування мінімального обробітку, який дозволяє зменшити витрати пального та зберегти структуру ґрунту. Водночас необхідно забезпечити ефективний контроль бур'янів і достатній рівень розпушення орного шару.

Таким чином, система обробітку ґрунту під еспарцет повинна бути спрямована на накопичення та збереження вологи, знищення бур'янів, покращення фізичних властивостей ґрунту й створення оптимальних умов для формування високопродуктивного травостою. Якісне виконання всіх агротехнічних заходів є запорукою отримання стабільних урожаїв культури протягом кількох років використання посіву [1,3,8,14,18,19].

2.6. Сівба еспарцету.

Підготовка насіння та проведення сівби еспарцету є важливими етапами технології вирощування культури, оскільки від їхньої якості значною мірою залежить польова схожість, густота травостою та подальша продуктивність посівів. Для отримання дружних сходів використовують кондиційне насіння, яке відповідає вимогам щодо чистоти, схожості та вологості.

Перед висівом насіннєвий матеріал ретельно очищають від механічних домішок, насіння бур'янів і пошкоджених зернин. Сортивання дозволяє відібрати найбільш виповнене та життєздатне насіння, що забезпечує рівномірний розвиток рослин у посіві. За необхідності проводять повітряно-тепловий обігрів насіння, який сприяє активізації фізіологічних процесів і підвищує енергію проростання.

Важливим агротехнічним заходом є передпосівна обробка насіння бактеріальними препаратами, що містять бульбочкові бактерії з використанням протруювача ПК-20 «Супер» (П). Така інокуляція сприяє швидшому утворенню бульбочок на коренях рослин і покращує засвоєння атмосферного азоту. Завдяки цьому підвищується життєздатність посівів та ефективність використання поживних речовин. Обробку насіння рекомендується проводити безпосередньо перед сівбою, дотримуючись рекомендацій виробника препарату.

Сівбу еспарцету здійснюють коли ґрунт достатньо прогрівається та містить необхідний запас продуктивної вологи широкозахватним агрегатом в основі якого є три сівалки СЗТ-3,6, з'єднані між собою зчіпкою СП-11. Енергетичний засіб – трактор Т-150. У регіонах із м'яким кліматом можливий також літній або ранньоосінній строк висіву.

Глибина загортання насіння залежить від механічного складу та вологості ґрунту. На важких ґрунтах насіння висівають дрібніше, тоді як на легких його можна загортати дещо глибше. Надмірне заглиблення може призвести до зрідження сходів і нерівномірного розвитку рослин. Після завершення сівби поле зазвичай коткують котками ЗКВГ-1,4, що покращує контакт насіння з ґрунтом, сприяє підтягуванню вологи до посівного шару та прискорює появу сходів.

					МВЕ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Отже, правильна підготовка насіння та дотримання оптимальної технології сівби створюють сприятливі умови для формування рівномірного травостою еспарцету. Комплексне виконання цих заходів забезпечує швидке укорінення рослин, високу польову схожість і створює передумови для отримання стабільних урожаїв зеленої маси та насіння [1,3,8,14,18,19].

2.7. Догляд за посівами еспарцету.

Догляд за посівами еспарцету забезпечує формування густого травостою, високу продуктивність рослин і тривалий період використання посівів. Комплекс агротехнічних заходів спрямований на створення сприятливих умов для росту й розвитку рослин, збереження вологи в ґрунті та захист посівів від негативного впливу бур'янів, шкідників і хвороб.

Після проведення сівби важливе значення має контроль за появою сходів. У разі утворення ґрунтової кірки здійснюють легке боронування впоперек напрямку рядків боронами БЗСС-1,0. Цей захід покращує доступ повітря до насіння, сприяє збереженню вологи та полегшує проростання молодих рослин. Особливо актуальним він є на важких ґрунтах після рясних опадів.

У перший рік життя еспарцет росте відносно повільно, тому значну увагу приділяють боротьбі з бур'янами. За необхідності проводять механічні обробітки міжрядь або застосовують дозволені засоби захисту рослин. Своєчасне усунення небажаної рослинності зменшує конкуренцію за світло, воду та поживні речовини, що позитивно впливає на розвиток культури.

Важливим елементом догляду є забезпечення оптимального живлення рослин. Еспарцет належить до бобових культур і здатний засвоювати атмосферний азот завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями. Тому основну увагу приділяють забезпеченню рослин фосфором, калієм та іншими елементами живлення, необхідними для формування потужної кореневої системи та високої врожайності.

Протягом вегетаційного періоду регулярно здійснюють моніторинг стану посівів для своєчасного виявлення ознак пошкодження шкідниками або ураження хворобами. За перевищення економічного порогу шкодочинності

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

застосовують відповідні заходи захисту. Важливим профілактичним чинником є дотримання сівозміни та використання здорового насіннєвого матеріалу.

На багаторічних посівах ранньою весною часто проводять боронування для видалення відмерлих рослинних решток і покращення аерації ґрунту. Такий прийом стимулює відростання рослин після зимового періоду та сприяє формуванню більш продуктивного травостою.

Отже, система догляду за посівами еспарцету передбачає поєднання агротехнічних, профілактичних і захисних заходів. Їх своєчасне виконання забезпечує нормальний розвиток культури, підвищує її стійкість до несприятливих факторів середовища та сприяє отриманню високих і стабільних урожаїв [1,3,8,14,18,19].

2.8. Збирання урожаю.

Збирання врожаю еспарцету на сінаж є відповідальним етапом технології вирощування культури, оскільки від своєчасності та якості виконання робіт значною мірою залежить поживна цінність корму. Еспарцет характеризується високим вмістом білка, доброю перетравністю та придатністю для заготівлі якісного сінажу, тому важливо правильно визначити строки скошування та забезпечити дотримання технологічних вимог під час збирання.

Найбільш сприятливим періодом для заготівлі еспарцету на сінаж вважається фаза бутонізації – початку цвітіння. У цей час рослини містять максимальну кількість поживних речовин, мають високу кормову цінність і забезпечують оптимальне співвідношення між урожайністю та якістю зеленої маси. Запізнення зі збиранням призводить до огрубіння стебел, зниження вмісту протеїну та погіршення засвоюваності корму тваринами.

Скошування посівів здійснюють косаркою КС-2,1 які забезпечують рівномірне зрізання рослин. Для отримання якісного сінажу зелена маса повинна бути підв'ялена до вологості, що забезпечує належне проходження процесів консервування. Під час підв'ялювання рослинну масу за потреби ворують граблями ГВК-6,0.

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

Після досягнення необхідної вологості масу згрібають цими ж граблями у валки, підбирають і подрібнюють кормозбиральним комбайном КСК-100А. Подрібнення є важливою операцією, оскільки сприяє кращому ущільненню корму під час закладання на зберігання. Підготовлену масу транспортують автотранспортом до місця консервування, де її рівномірно розподіляють і ретельно ущільнюють для витіснення повітря трактором Т-150Д.

Для зберігання сінажу використовують траншеї, башти або спеціальні полімерні рукави. Після завершення закладання корм обов'язково герметизують, що створює анаеробні умови та забезпечує розвиток корисних молочнокислих бактерій. Саме вони сприяють стабільному консервуванню зеленої маси та збереженню її поживної цінності протягом тривалого періоду [1,3,8,14,18,19].

2.9. Обґрунтування вибору орного агрегату.

Заміна орного агрегату (Т-150+ПЛН-4-35) задіяного в базовій технології обумовлена декількома причинами. В першу чергу, він володіє відносно низькою продуктивністю. Другим важливим фактором, який вплинув на дане рішення – низька якість виконання процесу. У зв'язку з цим слід повернутися до раніше сформульованих біологічних особливостей еспарцету. Рослина має дуже розвинену кореневу систему, яка потребує розпушування ґрунту на глибину, мінімум на 30 см, а зазначений агрегат працює на глибину 25 см. Завдяки глибокому розпушуванню створюються відмінні умови для функціонування бульбочкових бактерій. Задовільнити цим критеріям базовий агрегат не може.

Більш привабливим виглядає проєктний агрегат - ХТЗ-17221+ПНЯ-4-42. Навіть геометричні параметри корпусів вказують на ймовірно вищу продуктивність. Крім того, зазначений ярусний плуг, за необхідності, може працювати на глибину до 35 см, забезпечувати взаємне переміщення та активне розпушування оброблюваних шарів, а більш потужний і сучасний трактор здатний забезпечити стабільну роботу орного агрегату.

Впровадження проєктного агрегату у виробництво зможе позитивно вплинути на протікання процесу оранки.

					МВЕ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Висновки по розділу. Аналіз базової технології вирощування еспарцету підтвердив його високу кормову, агротехнічну та медоносну цінність для агросектору України. Встановлено, що формування потужної кореневої системи й активізація азотфіксації культури критично залежать від глибини та якості обробітку ґрунту. Дійсний агрегат (Т-150 + ПЛН-4-35) через низьку продуктивність і неможливість глибокого розпушування (від 30 см) стримує потенціал урожайності. Обґрунтовано впровадження енергонасиченого агрегату ХТЗ-17221 із ярусним плугом ПНЯ-4-42. Це забезпечить пошарове кришіння скиби на глибину до 30 см, оптимізує агрофізичний стан ріллі, скоротить терміни робіт і підвищить загальну рентабельність виробництва.

					МВЕ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

3. Операційна технологія оранки.

3.1. Порівняльний розрахунок орних агрегатів.

Порівняльний розрахунок виконано для двох орних агрегатів: базового у складі трактора Т-150 з плугом ПЛН-4-35 та проєктного у складі трактора ХТЗ 17221 з плугом ПНЯ-4-42. Метою розрахунку є визначення продуктивності кожного агрегату й витрат пального в однакових умовах роботи, що дає змогу обґрунтувати вибір раціональнішого технічного засобу [3,6,9,10].

Вихідні дані, що характеризують агрофон поля та організаційно-технологічні нормативи, наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Вихідні дані для розрахунку орних агрегатів

№ п/п	Найменування показника	Позначення	Значення	Одиниця виміру
1	Площа поля	F	53	га
2	Довжина загінки	L	812	м
3	Питомий опір ґрунту	k	53,8	кН / м ²
4	Глибина оранки: базовим/проєктним	a	0,25/0,30	м
5	Коефіцієнт використання часу зміни	τ	0,78	–
6	Тривалість робочої зміни	T	7	год

3.2. Технічні характеристики агрегатів

Паспортні технічні характеристики тракторів і плугів, використані при розрахунку, наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Технічні характеристики порівнюваних агрегатів

Показник	Позна-чення	Базовий Т-150+ПЛН-4-35	Проєктний ХТЗ 17221+ПНЯ-4-42
Потужність двигуна, кВт	N_e	132	170
Кількість корпусів плуга, шт	n	4	4
Ширина захвату одного корпусу, м	b_k	0,35	0,42
Робоча швидкість агрегату, км / год	V_p	7,5	9,0
Питома витрата палива, л / (кВт · год)	g_e	0,286	0,262

Робочі швидкості прийнято відповідно до рекомендацій керівництв з експлуатації: для трактора Т-150 – 7,5 км/год, для ХТЗ 17221 – 9,0 км/год.

					МВЕ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

3.3. Розрахунок продуктивності агрегатів

Розрахунок виконується за методикою агрономічно-технологічного нормування, що передбачає послідовне визначення конструктивної ширини захвату, тягового опору ґрунтообробного знаряддя, годинної та змінної продуктивності агрегату [9,10].

Конструктивна ширина захвату агрегату визначається як добуток кількості корпусів плуга на ширину захвату одного корпусу [1,18,19]

$$B = n \cdot b_k \quad (3.1)$$

де n - число корпусів;

b_k – ширина захвату корпусу, м.

Для базового агрегату ($T-150+ПЛН-4-35$)

$$B_{\sigma} = 4 \cdot 0,35 = 1,40 \text{ м}$$

Для проєктного агрегату ($ХТ317221+ПНЯ-4-42$)

$$B_{np} = 4 \cdot 0,42 = 1,68 \text{ м}$$

Тяговий опір плуга визначається залежно від питомого опору ґрунту, конструктивної ширини захвату та глибини оранки [3,6,9,10]

$$R_x = k \cdot B_k \cdot a \quad (3.2)$$

де k – питомий опір ґрунту, $\kappa\text{Н} / \text{м}^2$;

a – глибина оранки, м.

Для базового агрегату

$$R_x^{\sigma} = 53,8 \cdot 1,40 \cdot 0,25 = 18,8 \kappa\text{Н}$$

Для проєктного агрегату

$$R_x^{np} = 53,8 \cdot 1,68 \cdot 0,30 = 27,12 \kappa\text{Н}$$

Годинна продуктивність агрегату при оранці [3,6,9,10]

$$W_z = 0,1 \cdot B \cdot V_p \quad (3.3)$$

де V_p – робоча швидкість агрегату, $\text{км} / \text{год}$;

Для базового агрегату ($V_p = 7,5 \text{ км} / \text{год}$)

$$W_z = 0,1 \cdot 1,4 \cdot 7,5 = 1,050 \text{ га} / \text{год}$$

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

Для проєктного агрегату ($V_p = 9,0 \text{ км/год}$)

$$W_z = 0,1 \cdot 1,68 \cdot 9,0 = 1,512 \text{ га/год}$$

Змінна продуктивність агрегату з урахуванням тривалості зміни та коефіцієнта використання часу [3,6,9,10]

$$W_{zm} = W_z \cdot T \cdot \tau \quad (3.4)$$

де T – тривалість зміни, *год*;

τ – коефіцієнт використання часу зміни.

Для базового агрегату

$$W_{zm}^b = 1,050 \cdot 7 \cdot 0,78 = 5,733 \text{ га/зм}$$

Для проєктного агрегату:

$$W_{zm}^{np} = 1,512 \cdot 7 \cdot 0,78 = 8,256 \text{ га/зм}$$

Необхідна кількість змін для обробітку поля заданої площі [3,6,9,10]

$$n_{zm} = \frac{F}{W_{zm}} \quad (3.5)$$

де F – площа поля, *га*.

Для базового агрегату:

$$n_{zm}^b = \frac{53}{5,733} \approx 9,2$$

Приймаємо 10 змін.

Для проєктного агрегату

$$n_{zm}^{np} = \frac{53}{8,256} \approx 6,4$$

Приймаємо 7 змін.

3.4. Розрахунок витрат пального

Погодинна витрата пального агрегату визначається через питому витрату та ефективну потужність двигуна. Приймаємо, що при оранці двигун завантажений на рівні 80 % від номінальної потужності [3,6,9,10].

$$G_z = g_e \cdot 0,8 \cdot N_e \quad (3.6)$$

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

де g_e – питома витрата пального, $л / кВт \cdot год$;

N_e – номінальна потужність двигуна, $кВт$.

Для базового агрегату

$$G_2^6 = 0,286 \cdot 0,8 \cdot 132 = 30,2 л / год$$

Для проєктного агрегату:

$$G_2^6 = 0,262 \cdot 0,8 \cdot 170 = 35,63 л / год$$

Питома витрата пального на один гектар оброблюваної площі

$$G_{га} = \frac{G_2}{W_2} \quad (3.7)$$

Для базового агрегату

$$G_{га}^6 = \frac{30,2}{1,05} = 28,76 л / га$$

Для проєктного агрегату

$$G_{га}^{np} = \frac{35,63}{1,512} = 23,57 л / га$$

Загальна витрата пального для обробітку поля площею 53га

$$G_{заг} = G_{га} \cdot F \quad (3.8)$$

Для базового агрегату

$$G_{заг}^6 = 28,76 \cdot 53 = 1524 л$$

Для проєктного агрегату

$$G_{заг}^{np} = 23,57 \cdot 53 = 1249 л$$

Економія пального проєктного агрегату відносно базового на один гектар площі

$$\Delta G_{га} = G_{га}^6 - G_{га}^{np} \quad (3.9)$$

$$\Delta G_{га} = 28,76 - 23,57 = 5,19 л / га$$

3.5. Порівняльний аналіз результатів

Зведені результати розрахунку обох агрегатів наведено у таблиці 3.3.

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

Зведені результати порівняльного розрахунку

Показник	Од. вим.	Базовий Т-150+ПЛН-4-35	Проектний ХТЗ 17221+ПНЯ-4-42	Зміна, %
Конструктивна ширина захвату, B	m	1,40	1,68	+20,0
Тяговий опір плуга, R_x	kH	18,80	27,12	+44,0
Робоча швидкість, V_p	$км / год$	7,5	9,0	+20,0
Годинна продуктивність, W_g	$га / год$	1,050	1,512	+44,0
Змінна продуктивність, $W_{зм}$	$га / зм$	5,733	8,256	+44,0
Кількість змін для обробітку поля	$зм$	10	7	-30,0
Питома витрата палива, $G_{га}$	$л / га$	28,76	23,57	-18,1
Загальна витрата палива, $G_{заг}$	$л$	1 524	1 249	-18,1

Аналіз отриманих результатів підтверджує суттєву перевагу проектного агрегату ХТЗ 17221 з плугом ПНЯ-4-42 за всіма ключовими показниками. Завдяки вищій продуктивності загальна кількість змін, потрібних для оранки поля площею 53 га, скорочується з 10 до 7, тобто на 3 зміни (30,0 %). Це дозволяє виконати оранку у стисліші агротехнічні строки, що є критично важливим під час осінніх польових робіт.

Незважаючи на дещо більшу погодинну витрату пального проектного агрегату (35,63 л/год проти 30,20 л/год), значно вища продуктивність забезпечує нижчі питомі витрати: 23,57 л/га проти 28,76 л/га, тобто економія становить 5,19 л на кожному гектарі оброблюваної площі, або 18,1 % відносно базового варіанту. У перерахунку на всю площу поля сукупна економія пального складає 275 л.

Отже, застосування проектного агрегату ХТЗ 17221 + ПНЯ-4-42 є агротехнічно й економічно обґрунтованим та рекомендується для впровадження у господарстві.

3.6. Розрахунок операційно – технологічної карти для виконання оранки.

Визначення ширини поля.

Це значення визначаємо за формулою

$$B_n = \frac{F \cdot 10^4}{L} \quad (3.10)$$

$$B_n = \frac{53 \cdot 10^4}{812} = 652,7 \text{ м}$$

Мінімального радіусу повороту

Мінімальний радіус повороту для колісних тракторів 3-го тягового класу визначають на основі їхніх паспортних характеристик [3,6,9,10].

Приймаємо

$$R_{\min} = 7,5 \text{ м}$$

Робочий радіус повороту

$$R_p = 1,3 \cdot R_{\min} \quad (3.11)$$

$$R_p = 1,3 \cdot 7,5 = 9,75 \text{ м}$$

Визначення ширини поворотної смуги

При загінному комбінованому способі для петльових поворотів визначиться

$$E = 4 \cdot R \quad (3.12)$$

$$E = 4 \cdot 7,5 = 30,0 \text{ м}$$

Приймаємо

$$E = 30,0 \text{ м}$$

Оптимальна ширина загінки

Для даних умов роботи рекомендовано [3,6,9,10]

$$C_{\text{опт}} = 8 \cdot R + 2 \cdot B_p \quad (3.13)$$

$$C_{\text{опт}} = 8 \cdot 9,75 + 2 \cdot 1,68 = 81,4 \text{ м}$$

Приймаємо

$$C_{\text{опт}} = 80,6 \text{ м}$$

Кількість проходів у загінці

Кількість робочих проходів визначаємо [3,6,9,10]

$$n = \frac{C_{ont}}{B_p} = \frac{80,6}{1,68} = 48,0 \text{ проходів}$$

Довжина робочого ходу [3,6,9,10]

$$L_p = L - 2 \cdot E \quad (3.14)$$

$$L_p = 812 - 2 \cdot 30 = 752 \text{ м}$$

$$L_p = 752 \text{ м}$$

Тобто, фактичний процес обробітку ґрунту протікає на ділянці довжиною 752 метри.

Довжина холостого ходу

Для даного способу руху [3,6,9,10]

$$L_{xx} = 6 \cdot R \quad (3.15)$$

$$L_{xx} = 6 \cdot 9,75 = 58,5 \text{ м}$$

Приймаємо

$$L_{xx} = 60 \text{ м}$$

Час на виконання робочого ходу

Час робочого ходу

$$t_p = \frac{L_p}{V_p} \quad (3.16)$$

де $V_p = 9,0 \text{ км / год} = 2,5 \text{ м / с}$ - робоча швидкість

$$t_p = \frac{752}{2,5} = 300 \text{ с} = 5,01 \text{ хв}$$

Обираємо час робочого ходу

$$t_p = 5,01 \text{ хв}$$

Час на виконання холостого ходу

Призначаємо швидкість руху при проведенні повороту [3,6,9,10]

$$V_{xx} = 5,0 \text{ км / год} = 1,39 \text{ м / с}$$

$$t_{xx} = \frac{L_{xx}}{V_{xx}} \quad (3.17)$$

					МВЕ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Тоді

$$t_{xx} = \frac{60}{1,39} = 43,17c = 0,72xв$$

Обираємо

$$t_{xx} = 0,72xв$$

Тривалість одного циклу

Він складається з робочого 1 холостого ходів.

$$T_u = t_p + t_{xx} \quad (3.18)$$

$$T_u = 5,01 + 0,72 = 5,73xв$$

Приймаємо

$$T_u = 5,73xв = 0,0955год$$

Площа, що обробляється за один цикл

Площа за цикл [3,6,9,10]

$$F_u = \frac{B_p \cdot L_p}{10^4} \quad (3.19)$$

Тоді

$$F_u = \frac{1,68 \cdot 752}{10^4} = 0,126га$$

Обираємо

$$F_u = 0,126га$$

Тобто, за один цикл агрегат обробляє 0,108 га.

Продуктивність за цикл визначиться

Продуктивність агрегату за цикл [3,6,9,10]

$$W_u = \frac{F_u}{T_u} \quad (3.20)$$

$$W_u = \frac{0,126}{0,0955} = 1,32га / ц$$

Обираємо

$$W_u = 1,32га / год$$

Кількість циклів за зміну

Тривалість зміни

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

$$T_{зм} = 7200$$

Кількість циклів

$$N_{ц} = \frac{T_{зм}}{T_{ц}} \quad (3.21)$$

$$N_{ц} = \frac{7}{0,0955} = 73,3 \text{ цикли}$$

Враховуючи можливі організаційні простої, обираємо

$$N_{ц} = 72 \text{ цикли}$$

Коефіцієнт робочих ходів [3,6,9,10]

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_{xx}} \quad (3.22)$$

$$\varphi = \frac{752}{752 + 60} = 0,926$$

Розраховане значення підтверджує ефективне використання часу руху агрегату та мінімальні часові втрати на виконання поворотів.

3.7. Підготовка поля до роботи.

Підготовка поля до оранки агрегатом у складі трактора ХТЗ-17221 (або ХТЗ-17121) та плуга ПНЯ-4-42 розпочинається з очищення площі від крупних рослинних решток і соломи. Далі проводять лушення стерні для закриття вологи й провокування проростання бур'янів. Обов'язковим етапом є вирівнювання поверхні ґрунту, що забезпечує стабільну глибину ходу робочих органів плуга. Перед виїздом техніки поле розбивають на загінки, відбивають поворотні смуги оптимальної ширини для розворотів масивного колісного трактора та проорюють перші борозни. Це мінімізує холості ходи й гарантує високу якість обробітку [3,6,9,10].

3.8. Підготовка агрегату до роботи.

Підготовка орного агрегату ХТЗ-17121 та плуга ПНЯ-4-42 починається з технічного огляду: перевіряють тиск у шинах трактора та затяжку кріплень. Навіску трактора налаштовують за триточковою схемою. На плугові контролюють стан лемешів, польових дощок, замінюючи зношені деталі. З'єднавши машини, проводять попереднє регулювання на рівному майданчику:

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

вирівнюють раму плуга за допомогою центральної тяги та розкосів навіски, щоб досягти паралельності відносно землі. Встановлюють орієнтовну глибину оранки опорним колесом. Фінальне налаштування та усунення перекосів здійснюють безпосередньо у полі під час перших проходів [3,6,9,10].

3.9. Контроль якості оранки

Контроль якісних показників роботи агрегату ХТЗ-17121 з плугом ПНЯ-4-42 здійснюють під час перших проходів у полі та протягом усієї зміни. Головний критерій – рівномірність глибини оранки, яку вимірюють борозноміром у кількох точках загінки. Також оцінюють повноту загортання рослинних решток і бур'янів, що залежить від правильного налаштування корпусів верхнього ярусу. Поверхня ріллі має бути зливою, без глибоких розвальних борозен чи високих звальних гребенів. Обов'язково перевіряють ступінь кришіння скиби й відсутність огріхів (неораних ділянок). Своєчасний моніторинг гарантує оптимальний стан ґрунту під майбутній посів.

Висновки по розділу. Порівняльний аналіз підтвердив високу ефективність проєктного агрегату ХТЗ-17221+ПНЯ-4-42. Завдяки збільшенню робочої швидкості до 9,0 км/год та ширини захвату до 1,68 м його змінна продуктивність зросла на 44%, що дозволило скоротити термін виконання робіт на 3 зміни. Питома витрата палива знизилася на 18,1%, забезпечивши сумарну економію 275 л на площі 53 га. Розрахований коефіцієнт робочих ходів свідчить про раціональну організацію руху, а чітке дотримання технології налаштування й контролю гарантує високу якість оранки.

					МВЕ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

4. Інженерна частина.

4.1. Стан питання про машину

4.1.1. Призначення машини

Плуг ПНЯ-4-42 призначений для основного обробітку ґрунту на сільськогосподарських угіддях. Агрегат забезпечує якісне розпушування та перевертання орного шару, сприяючи загортанню рослинних решток, бур'янів і добрив. Використовується для підготовки поля до сівби різних культур (значною мірою просапних, багаторічних трав), покращення водно-повітряного режиму ґрунту та підвищення ефективності подальших агротехнічних операцій.

4.1.2. Будова та процес роботи плуга

До складу основних робочих органів плуга ПНЯ-4-42 входять корпуси верхнього та нижнього ярусів, а також дисковий ніж. Допоміжними елементами конструкції є несуча рама, опорне колесо з гвинтовим механізмом налаштування глибини оранки, навісний пристрій.

Робочий процес плуга подібний до роботи звичайних плугів. Під час руху корпус верхнього ярусу зрізає верхню задернілу частину ґрунту, піднімає її, частково розпушує, перевертає та вкладає на дно борозни, утвореної попереднім проходом агрегату. Після цього корпус нижнього ярусу піднімає нижній шар ґрунту і накриває ним раніше укладену скибу. Завдяки такій послідовності забезпечується надійне загортання рослинних решток, бур'янів та інших органічних залишків на значну глибину [1,3,6,18,19].

4.1.3. Заходи по удосконаленню конструкції плуга.

На базовій моделі машини застосовується стандартний дисковий ніж, аналогічний тим, що встановлюються на плугах загального призначення. До основних недоліків такої конструкції належить підвищений опір руху в ґрунті, що зумовлено розташуванням ріжучої кромки під прямим кутом до поверхні поля. Крім того, диск характеризується недостатньою міцністю та зносостійкістю, оскільки під час контакту з твердими сторонніми предметами або перешкодами існує висока ймовірність його пошкодження чи руйнування.

					МВЕ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Замість штатного дискового ножа з гладким диском пропонується використовувати модернізований варіант, оснащений гофрованим ріжучим диском і пружинним механізмом захисту. Таке конструктивне рішення призводить лише до незначного збільшення маси плуга, однак дозволяє підвищити якість обробітку ґрунту та зменшити тягове зусилля, необхідне для роботи агрегату. Додатковою перевагою є зростання надійності ножа завдяки захисному пристрою, що знижує ризик пошкоджень під час експлуатації.

4.2. Технологічні розрахунки.

4.2.1. Розрахунок параметрів дискового ножа

Розрахунок ведемо за рекомендаціями [1,3,6,18,19].

Діаметр диска

$$D = 2(a + \Delta l) + d_c, \quad (4.1)$$

де $a = 0,12\text{ м}$ - глибина переміщення диска;

$\Delta l = 0,03\text{ м}$ – запас діаметру диску на мікрорельєф поверхні поля;

$d_m = 0,25D$ – діаметр фланця маточини.

Обираємо – $d_m = 0,15\text{ м}$

Тоді

$$D = 2(0,12 + 0,03) + 0,15 = 0,45\text{ м}$$

Обираємо діаметр диска – $D = 0,45\text{ м}$.

Товщина диска з урахуванням рекомендацій [1,3,6,18,19] визначиться

$$b = 0,01 \cdot D = 0,01 \cdot 0,45 = 0,0045\text{ м} \quad (4.2)$$

Обираємо $b = 0,0045\text{ м}$.

Оберемо параметри гофрованої частини диска

Максимальна довжина гофр – $67,5\text{ мм}$; крок гофр – $28,26\text{ мм}$.

4.2.2. Розрахунок силового навантаження на дисковий ніж.

Згідно з [1,18,19], сили опору, що виникають під час перерізання рослинних залишків та взаємодії диска з ґрунтом, трансформуються у загальну рівнодіючу силу R_{xz} (рис. 4.1). Горизонтальний складник цієї сили протидіє ходу ножа, а вертикальний – намагається виштовхнути його з ґрунтового середовища.

Динаміка цих зусиль на пряму корелює з гостротою леза: у міру його затуплення опір зростає. Додатковим зовнішнім фактором, який визначає кінцеві значення складових сил, є фізико-механічні властивості середовища, зокрема питомий опір ґрунту.

Ураховуючи, що $\kappa = 5,38 \cdot 10^4 \text{ н/м}^2$ то з вимогами рекомендацій [1,18,19] значення горизонтальної сили $R_x = 1032 \text{ Н}$.

Величина вертикальної складової

$$R_z = (1-1,3) R_x \quad (4.3)$$

$$R_z = 1,17 \cdot 1032 = 1207,4 \text{ Н}$$

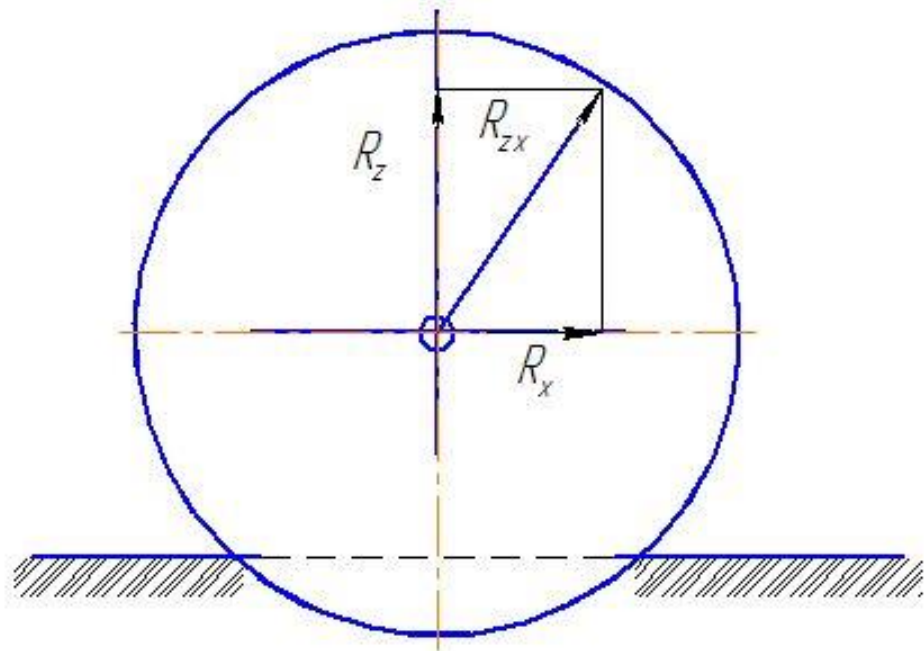


Рис. 4.1 Схema до розрахунку силового навантаження.

Рівнодіюча сили R_{xz} визначиться

$$R_{xz} = \sqrt{R_x^2 + R_z^2} = \sqrt{1032^2 + 1207,4^2} = 1588,3 \text{ Н} \quad (4.4)$$

4.2.3. Розрахунок запобіжного пристрою дискового ножа

На сучасних плугах як правило встановлюють різні типи (механічні, гідравлічні) запобіжників, що запобігає пошкодженню і втрати працездатності корпусів чи ножів. В даній конструкції ножа задіяний механічний запобіжник.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МВЕ 00.000 ПЗ

Арк.

32

При наїзді дискового ножа на перешкоду створюється сила $R = R_{\max}$, в результаті чого відносно точки O виникає момент сили (рис. 4.2) [1,18,19].

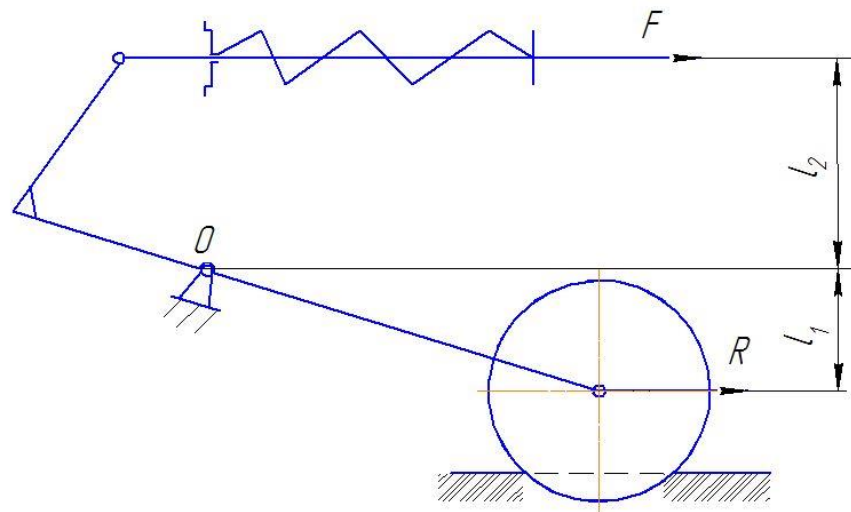


Рис. 4.2. Схема ножа, який має пружинний запобіжник.

Баланс сил у нашому випадку забезпечує сила F , і яка підтримує ніж в робочому стані.

Сила, яка виникає від протидії пружини утворює баланс сил утримуючи ніж в робочому стані до контакту диска з перешкодою.

Умова рівноваги в даному випадку запишеться так

$$R_{\max} \cdot l_1 = F \cdot l_2, \quad (4.5)$$

$$R_{\max} = R_{xz} \cdot k = 1588,3 \cdot 1,23 = 1953,6H$$

де $k = 1,2 - 1,4$ - коефіцієнт зростання зусилля;

l_1 та l_2 - плечі сил $R_{\max}$ і F

Зусилля пружини буде

$$F = R_{\max} \frac{l_1}{l_2} = 1953,6 \frac{0,2}{0,09} = 4341,3H$$

З урахуванням коефіцієнта корисної дії пружинного запобіжного пристрою ($\mu = 0,6 - 0,7$), гранична величина зусилля, що створюється робочою пружиною, становитиме

$$F_{zp} = 4341,3 \cdot 0,66 = 2865,3H$$

Таким чином, розкриття (спрацьовування) пружинного захисного механізму відбудеться в момент, коли зовнішнє навантаження на дисковий ніж від взаємодії з перешкодою досягне граничного значення $2865,3H$.

4.3. Розрахунок на міцність.

4.3.1. Розрахунок на міцність напіввісі дискового ножа.

Диск, а також напіввісь, на якій змонтовано його маточину піддається впливу рівнодіючої $R_{xz} = 1588,3H$

Обираємо матеріал, з якого виготовлено напіввісь – *Сталь45ГОСТ1050–88*. Для зазначеної сталі допустима величина напружень згину - $[\sigma_{32}] = 64MPa$ [4,16].

Згинаючий момент від рівнодіючої $R_{xz} = 1588,3H$ в перерізі A (рис. 4.3).

$$M_{32} = R_{xz} \cdot l = 1588,3 \cdot 0,045 = 71,5Hm \quad (4.6)$$

$$\frac{M_{32}}{W} \leq [\sigma_{32}] \quad (4.7)$$

де W – момент опору перерізу згину;

$$W = \frac{\pi d^3}{32} \quad (4.8)$$

де d – діаметр напіввісі.

Після перетворень отримаємо

$$d = \sqrt[3]{\frac{32M_{32}}{\pi[\sigma_u]}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 71,5}{3,14 \cdot 64 \cdot 10^6}} = 0,022m$$

Для забезпечення конструктивної відповідності вузла, діаметр напіввісі в місці з'єднання з кронштейном стояка $d_k = 0,037m$ та на ділянках посадки підшипників $d_n = 0,030m$ встановлюється на основі конструктивних міркувань.

Перевірка по напруженнях згину [4,16].

$$\sigma_{32} \leq [\sigma_{32}] \quad (4.9)$$

Обчислимо момент опору згину

$$W = \frac{3,14 \cdot 0,037^3}{32} = 4,9 \cdot 10^{-6} m^3$$

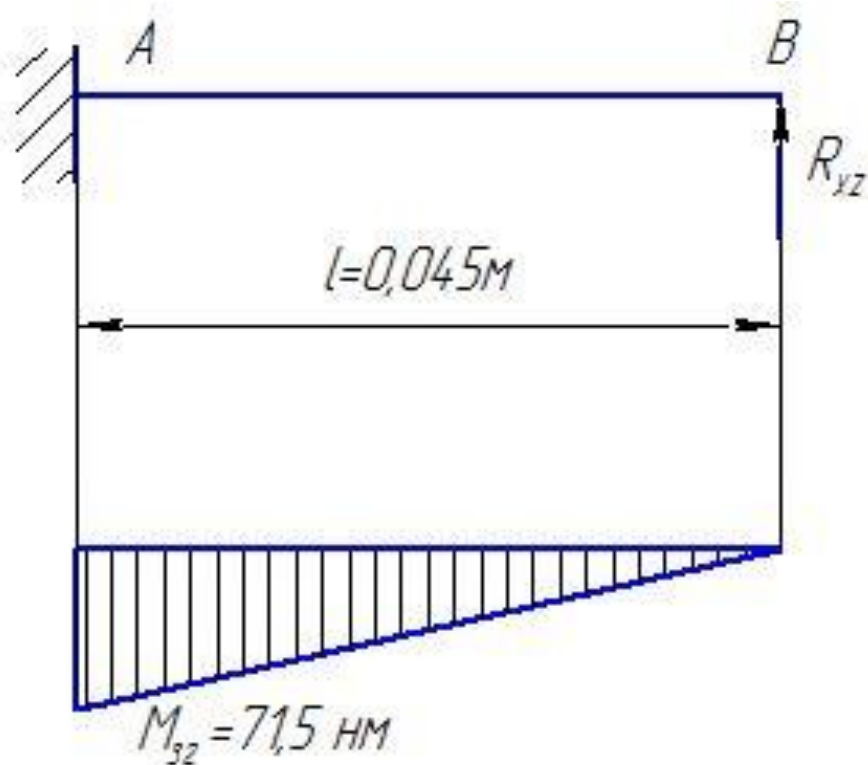


Рис. 4.3. Розрахункова схема напіввісі

Тоді напруження згину

$$\sigma_{32} = \frac{M_{32}}{W} = \frac{71,5}{4,9 \cdot 10^{-6}} = 15,6 \text{ МПа}$$

Тоді $15,6 \text{ МПа} < 64 \text{ МПа}$

Умова міцності забезпечується.

Висновки по розділу. У даному розділі виконано аналіз конструкції плуга ПНЯ-4-42 та запропоновано модернізацію дискового ножа шляхом застосування гофрованого диска з пружинним запобіжним механізмом. Проведено розрахунок основних параметрів ножа, силового навантаження, запобіжного пристрою та перевірку міцності напіввісі. Отримані результати підтверджують працездатність, надійність і достатню міцність удосконаленої конструкції.

5. Охорона праці.

Вирощування еспарцету із застосуванням сучасних засобів механізації пов'язане з виконанням комплексу польових робіт, під час яких працівники зазнають впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Особлива увага повинна приділятися безпечній експлуатації машинно-тракторних агрегатів, що використовуються для основного обробітку ґрунту, зокрема удосконаленого плуга ПНЯ-4-42.

Основними небезпечними факторами під час виконання оранки є рухомі частини сільськогосподарських машин, можливість перекидання агрегату на нерівностях поля, підвищений рівень шуму та вібрації, запиленість повітря робочої зони, а також несприятливі метеорологічні умови. Крім того, ризик травмування виникає під час агрегування плуга з трактором, проведення технічного обслуговування та усунення несправностей [2,17].

До роботи на тракторі допускаються особи, які пройшли медичний огляд, відповідне навчання, інструктаж з охорони праці та мають посвідчення на право керування технікою. Перед початком роботи механізатор зобов'язаний перевірити технічний стан трактора і плуга, справність гальмівної системи, рульового керування, освітлювальних приладів та надійність кріплення робочих органів. Експлуатація несправної техніки забороняється.

Під час з'єднання плуга з трактором необхідно дотримуватися особливої обережності. Агрегування виконується на рівному майданчику при вимкненому двигуні або на мінімальних обертах під контролем механізатора. Забороняється перебування людей між трактором і плугом під час руху трактора заднім ходом. Усі з'єднувальні елементи повинні бути надійно зафіксовані [2,17].

Під час роботи машинно-тракторного агрегату працівник повинен дотримуватися встановленої швидкості руху та контролювати стан робочих органів плуга. Забороняється очищення корпусів, стояків та інших елементів від рослинних решток або ґрунту при працюючому двигуні. У разі виникнення

					МВЕ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

несправностей агрегат необхідно зупинити, заглушити двигун та лише після цього приступати до ремонтних робіт.

Удосконалення конструкції плуга ПНЯ-4-42 повинно бути спрямоване не лише на підвищення продуктивності, але й на покращення умов праці механізатора. Зменшення тягового опору сприяє зниженню навантаження на трактор, скороченню витрат пального та зменшенню рівня вібрацій, що позитивно впливає на безпеку праці. Конструкція модернізованих вузлів повинна забезпечувати надійність кріплення та виключати можливість їх самовільного від'єднання під час роботи [2,17].

Важливе значення має забезпечення пожежної безпеки. Польові роботи виконуються в умовах наявності сухої рослинності, що підвищує ризик займання. Трактор повинен бути укомплектований справним вогнегасником, а місця можливого витоку пального чи мастильних матеріалів необхідно своєчасно усувати. Забороняється паління поблизу техніки та заправлення паливом при працюючому двигуні.

Для зменшення негативного впливу виробничих факторів механізатор повинен використовувати засоби індивідуального захисту: спецодяг, захисне взуття, рукавиці та за потреби засоби захисту органів слуху. Під час роботи в умовах підвищеної запиленості рекомендується застосовувати респіратори [2,17].

Висновки по розділу. Дотримання вимог охорони праці під час механізованого вирощування еспарцету та експлуатації удосконаленого плуга ПНЯ-4-42 забезпечує зниження виробничого травматизму, підвищення безпеки технологічних процесів і створення належних умов праці для механізаторів.

6. Висновки.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі вирішено завдання щодо підвищення ефективності механізованого виробництва еспарцету шляхом удосконалення технології основного обробітку ґрунту та модернізації конструкції плуга ПНЯ-4-42.

Проведений аналіз господарського значення та біологічних особливостей еспарцету підтвердив його провідну роль у кормовиробництві та збагаченні ґрунту азотом. Встановлено, що стрижнева коренева система культури проникає на глибину понад 30 см, тому глибина основного обробітку є критично важливим параметром для формування продуктивного травостою та активізації азотфіксуючих мікроорганізмів.

Аналіз базової технології вирощування засвідчив, що застосування агрегату трактора Т-150 з плугом ПЛН-4-35 не забезпечує потрібної глибини оранки і характеризується недостатньою змінною продуктивністю. Зазначені недоліки обґрунтували доцільність створення проєктного варіанту.

Порівняльний розрахунок орних агрегатів підтвердив суттєву перевагу проєктного варіанту – ХТЗ-17221 з плугом ПНЯ-4-42. Збільшення робочої швидкості до 9,0 км/год і конструктивної ширини захвату до 1,68 м забезпечило приріст змінної продуктивності на 44 % – з 5,73 до 8,26 га/зміну. Тривалість польових робіт на полі площею 53 га скоротилась з 10 до 7 змін.

Розрахунок витрат пального виявив, що попри вищу погодинну витрату проєктного агрегату, висока продуктивність дозволяє знизити питомі витрати до 23,57 л/га, що на 18,1 % менше порівняно з базовим варіантом (28,76 л/га). Загальна економія пального на всій площі обробітку становить 275 літрів.

У процесі розроблення операційно-технологічної карти оранки встановлено раціональні параметри організації руху агрегату. Розрахований коефіцієнт робочих ходів дорівнює 0,86, що свідчить про мінімальні втрати часу на холості переїзди та раціональне використання зміни.

					МВЕ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

В інженерній частині запропоновано модернізацію дискового ножа плуга ПНЯ-4-42: замість стандартного гладкого диска впроваджено гофрований аналог із пружинним запобіжним механізмом. Розрахунками підтверджено, що обраний діаметр диска 450 мм і товщина 6 мм забезпечують необхідну міцність. Перевірка напіввісі на згин показала, що діючі напруження не перевищують допустимих значень, а пружинний запобіжник спрацьовує при досягненні граничного навантаження, надійно захищаючи вузол від поломки.

Розроблені заходи з охорони праці охоплюють вимоги безпечної експлуатації агрегату ХТЗ-17221 + ПНЯ-4-42, регламентують порядок агрегування, технічного обслуговування й усунення несправностей, а також визначають засоби індивідуального захисту механізатора. Отримані результати підтверджують агротехнічну та економічну доцільність впровадження запропонованих рішень у господарствах, що спеціалізуються на вирощуванні кормових культур.

					МВЕ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Список використаної літератури.

1. Бендера І.М., Рудь А.В., Козій Я.В. та ін.. Проектування сільськогосподарських машин. Навчальний посібник для виконання курсових проектів з розробки сільськогосподарської техніки при підготовці фахівців напряму 6.100202 “Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва”. – Кам’янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2011.- 640 с.

2. Березуцький В. В. Охорона праці : навчальний посібник. Харків : Факт, 2021. 480 с.

3. Боженко В.О. Сільськогосподарські машини та їх використання: Навчальний посібник. Київ: Аграрна освіта, 2009. 420 с.

4. Деталі машин. Розрахунок та конструювання [Текст] : підручник / Г. В. Архангельський, М. С. Воробйов, В. С. Гапонов [та ін.]. Київ : Талком, 2014. 684с.

5. ДСТУ 2189-93 Система стандартів безпеки праці. Машини сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки. Зі зміною № 1 та поправкою.

6. Експлуатація машино-тракторного парку в аграрному виробництві / В. Ю. Ільченко, П. І. Карасьов, А. С. Лімот та ін.; За ред. В. Ю.Ільченка. – К.: Урожай, 1993. – 288 с.

7. Еспарцет. URL: Еспарцет на зелений корм. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/suchasne-tvarynnytstvo/item/13725-espartset-na-zelenyi-korm.html>.

8. Лихочвор В. В., Петричук Р. Ф. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. – Львів: НВФ «Українські технології», 2006. – 730 с.

9. Машиновикористання в рослинництві: методичні рекомендації до виконання практичних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавр спеціальності 201 – "Агрономія" освітньо-професійна програма "Агрономія" / [уклад.: П.Г. Лузан, І.М. Осипов, О.Р. Лузан]; М-во освіти і науки України,

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

Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. с.-г. машинобуд. – Кропивницький: ЦНТУ, 2021.– 65 с.

10. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсів «Технологія механізованих робіт в рослинництві» та «Машиновикористання в рослинництві» для студентів спеціальностей 208 «Агроінженерія» та 133 «Галузеве машинобудування» / Укладачі: В. М. Сало, С. М. Лещенко, Д. І. Петренко, О. М. Васильковський, П. Г. Лузан. – Кропивницький : ЦНТУ, 2018. – 170 с.

11. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні. – Київ: МВС України, 2014. – 98 с.

12. Післядія сидерації еспарцетом відчутна протягом трьох років. URL: <https://superagronom.com/news/17529-pislyadiya-sideratsiyi-espartsetom-vidchutna-protyagom-troh-rokiv>.

13. Особливості вирощування еспарцету на зелений корм, сіно та сінаж. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/13598-osoblyvosti-vyroshchuvannia-espartsetu-na-zelenyi-korm-sino-ta-sinazh.html>.

14. Основи агрономії: Навчальний посібник / Левицька Ю.М., Шевніков М.Я., Бакума А.В. – К.: Аграрна освіта, 2008.

15. Основи механізації сільськогосподарського виробництва: Навч. посібник. /І.І. Ріпка, Я.В. Семен, О.М. Крупич, І.М. Бендера, А.В. Рудь –Львів: ЛНАУ, 2013. –224 с.

16. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник.-К.: Вища шк., 1993.-556 с.

17. Правила охорони праці під час виробництва і зберігання продукції рослинництва: НПАОП 01.1-1.07-14. – Київ: Держгірпромнагляд, 2014. – 62 с.

18. Сільськогосподарські машини : підручник / Войтюк Д.Г. та ін. К.: "Агроосвіта", 2015. 679 с.

19. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. «Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування: Підручник для студ.

					МВЕ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

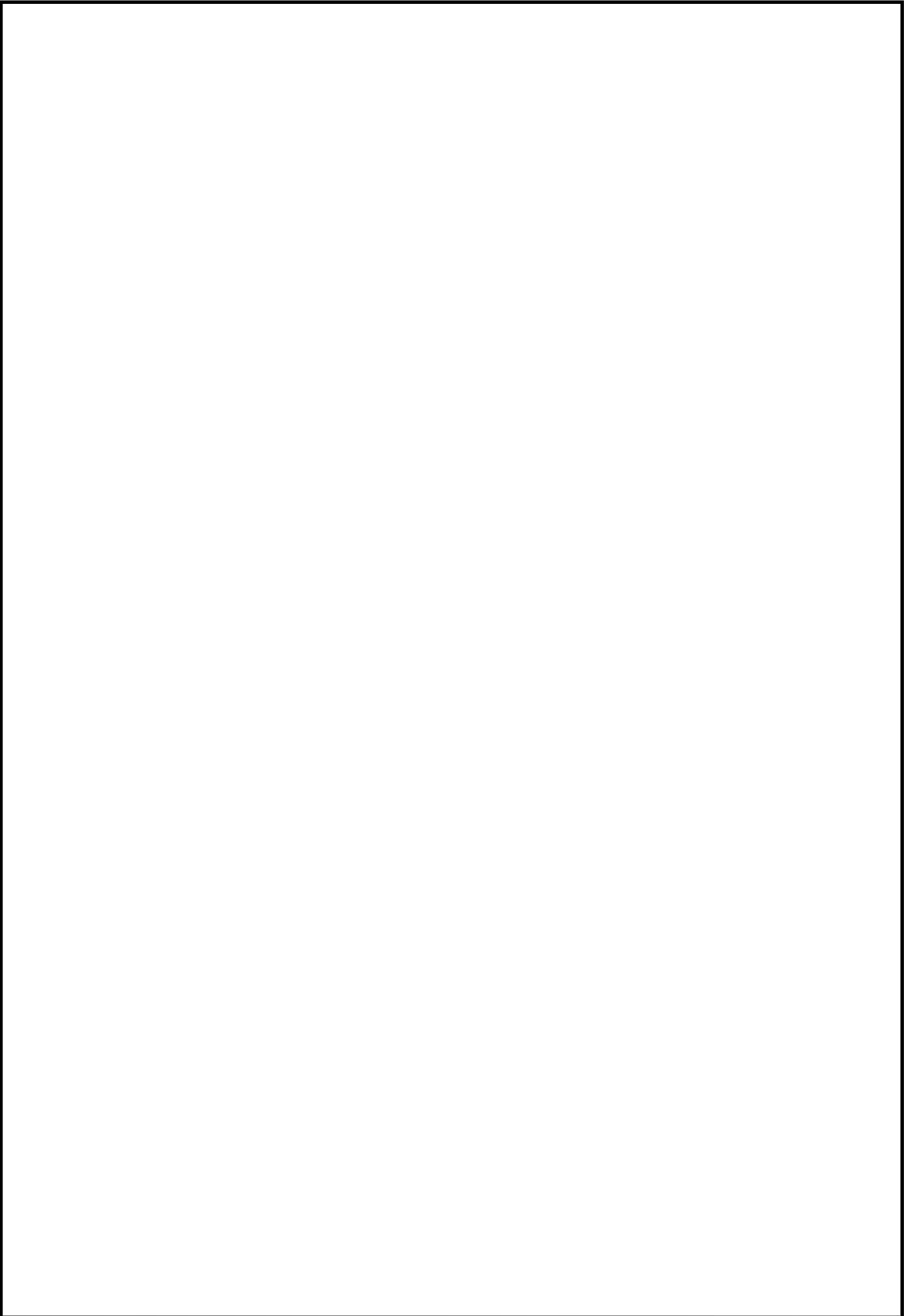
вищ. навч. закл. із спец. „Машини та облад. с.-г. вир-ва». Кн. 1: Машини для
рільництва. -Київ, Урожай, 2001, 384 с.

20. Технологія вирощування еспарцету. URL:
<https://osen.goroh.cx.ua/ukraincyam/tekhnologiya-viroshhuvannya-esparcetu.html>.

					МВЕ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

ДОДАТКИ

					МВЕ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43



					МВЕ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44