

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 люцерни з удосконаленням
плуга ПНЯ-6-42

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

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____Гоян Тимур Вікторович

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник проєкту

доц., канд. техн. наук

_____Юрій МАЧОК

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

професор, д-р. техн. наук

_____Юрій КУЛЄШКОВ

« ____ » _____ 2026 р.

Кропивницький

[illegible]

[illegible]

ЗМІСТ

	стор.
1. Вступ	7
2. Аналіз типової технології вирощування люцерни з визначенням шляхів її удосконалення	9
3. Операційна технологія оранки	18
4. Інженерна частина	29
5. Охорона праці	39
6. Висновки	43
Список використаної літератури	45
Додатки	48

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арх.
Вм.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1. Вступ

Сільське господарство України є однією з найважливіших галузей економіки, ефективність якої значною мірою залежить від рівня технічного забезпечення та впровадження сучасних технологій виробництва продукції рослинництва. В умовах зростання потреби у високоякісних кормах особливого значення набуває вирощування багаторічних бобових культур, серед яких важливе місце посідає люцерна. Ця культура характеризується високою поживною цінністю, значною врожайністю зеленої маси та позитивним впливом на родючість ґрунту завдяки здатності накопичувати атмосферний азот [1,2,11,12,13,14].

Ефективне вирощування люцерни потребує застосування комплексу агротехнічних заходів, важливе місце серед яких займає якісний обробіток ґрунту. Саме від стану ґрунтового середовища залежить характер розвитку кореневої системи рослин, накопичення вологи та забезпечення посівів поживними речовинами. Одним із головних напрямів удосконалення технологій вирощування є підвищення ефективності роботи ґрунтообробних машин для основного обробітку.

Тому, у сучасних умовах аграрного виробництва особливої актуальності набуває модернізація існуючих сільськогосподарських машин, що дозволяє підвищити їх продуктивність без значного збільшення матеріальних витрат. Серед технічних засобів для основного обробітку ґрунту широкого застосування набули плуги серії ПНЯ, які характеризуються надійністю та простотою конструкції. Проте в процесі експлуатації виникає потреба у вдосконаленні окремих робочих органів з метою покращення якості оранки, зменшення тягового опору та забезпечення більш ефективного подрібнення і загортання рослинних решток [3,5,25,26].

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

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності механізованого процесу вирощування люцерни та вдосконалення плуга ПНЯ-6-42, задіяного в зазначеній технології як засіб основного обробітку ґрунту.

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

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

2.1. Господарське значення люцерни.

Люцерна (*Medicago sativa* L.) належить до найважливіших багаторічних бобових кормових культур у світовому та українському землеробстві. Її господарське значення визначається високою врожайністю, поживною цінністю та здатністю позитивно впливати на родючість ґрунтів. В Україні люцерну вирощують переважно у степових і лісостепових районах, де вона є основою кормової бази для тваринництва [12,13,14,15,16,19].

Насамперед люцерна має велике кормове значення. Її зелена маса та сіно характеризуються високим вмістом білка, амінокислот, мінеральних речовин і вітамінів. Саме тому культура широко використовується для годівлі великої рогатої худоби, коней та овець. Люцерну заготовляють у вигляді сіна, сінажу, трав'яного борошна та гранульованих кормів. Завдяки швидкому відростанню після скошування вона дає кілька укосів за сезон, що забезпечує стабільне виробництво кормів навіть у посушливих умовах.

Важливою особливістю люцерни є її здатність накопичувати атмосферний азот у ґрунті за допомогою бульбочкових бактерій. У результаті ґрунт збагачується органічними речовинами та азотом, що покращує його структуру й підвищує родючість. За даними агрономічних досліджень, люцерна може залишати після себе значну кількість біологічного азоту, тому її вважають одним із найкращих попередників для зернових і технічних культур. Крім того, потужна коренева система рослини сприяє розпушенню ґрунту та зменшує прояви водної й вітрової ерозії.

Господарська цінність люцерни проявляється також у її високій посухостійкості. Корені рослини можуть проникати на значну глибину, використовуючи вологу з нижніх шарів ґрунту. Завдяки цьому культура добре переносить нестачу опадів і забезпечує стабільні врожаї у степових регіонах України. Люцерна відзначається довговічністю травостою: за правильної

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

агротехніки її можна використовувати протягом кількох років без пересівання, що зменшує витрати господарств.

Окрім кормового напрямку, люцерна має певне медоносне значення. Її квітки є джерелом нектару для бджіл, а отриманий мед характеризується приємним смаком і світлим кольором. У деяких країнах рослину також використовують у фармацевтичній та харчовій промисловості завдяки наявності біологічно активних речовин.

2.2. Біологічні особливості люцерни.

Люцерна належить до багаторічних бобових трав і є однією з найцінніших кормових культур у сільському господарстві. Її вирощують у багатьох країнах світу завдяки високій урожайності, поживності та здатності покращувати родючість ґрунту. Рослина характеризується значною екологічною гнучкістю та добре пристосовується до різних кліматичних умов [12,13,15].

Однією з головних біологічних особливостей люцерни є потужна коренева система стрижневого типу. Центральний корінь може проникати у ґрунт на глибину до 5–10 метрів, що дає можливість рослині використовувати вологу з нижніх горизонтів ґрунту. Завдяки цьому люцерна відзначається високою посухостійкістю та здатністю переносити тривалі періоди без опадів. На коренях формуються бульбочки, у яких живуть азотфіксувальні бактерії. Вони засвоюють азот із повітря та накопичують його у ґрунті, підвищуючи природну родючість.

Стебла люцерни прямі, гіллясті та добре облиствені. Залежно від сорту й умов вирощування їх висота може становити від 60 до 120 сантиметрів. Листки трійчасті, невеликі, містять велику кількість білка, каротину, амінокислот і мінеральних речовин. Саме завдяки високому вмісту поживних компонентів люцерна вважається одним із найкращих кормів для сільськогосподарських тварин [2,14].

Квітки люцерни зібрані у суцвіття-китицю та мають переважно синьо-фіолетове забарвлення. Рослина є ентомофільною, тобто запилюється комахами.

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Найбільшу роль у запиленні відіграють бджоли та дикі джмелі. Плід люцерни – багатонасінний біб спіралеподібної форми. Насіння дрібне, тверде та зберігає схожість протягом кількох років.

Люцерна належить до світлолюбних культур. Для нормального росту та формування високого врожаю їй потрібне достатнє освітлення. Найкраще рослина розвивається на родючих чорноземах і суглинкових ґрунтах із нейтральною реакцією середовища. Кислі та перезволожені ґрунти негативно впливають на розвиток кореневої системи й діяльність бульбочкових бактерій [13,15].

Важливою біологічною властивістю люцерни є її здатність швидко відростати після скошування. За сприятливих умов культура може давати декілька укосів за сезон. Це забезпечує високу продуктивність і робить люцерну незамінною у кормовиробництві.

Завдяки поєднанню високої врожайності, поживності та здатності покращувати стан ґрунту люцерна займає важливе місце у сучасному землеробстві та кормовиробництві.

2.3. Місце в сівоzmіні.

Люцерна займає важливе місце у сівоzmіні як цінна кормова та ґрунтополіпшувальна культура. Завдяки добре розвиненій кореневій системі вона покращує структуру ґрунту, підвищує його водопроникність і сприяє накопиченню органічної речовини. Особливе значення люцерна має у збагаченні ґрунту азотом, оскільки на її коренях розвиваються бульбочкові бактерії, здатні фіксувати атмосферний азот. Після вирощування люцерни значно підвищується врожайність зернових та технічних культур. Найчастіше її використовують як попередник для озимої пшениці, кукурудзи та цукрових буряків. Крім того, люцерна допомагає стримувати розвиток бур'янів і зменшує ризик ерозії ґрунту. У польових сівоzmінах її вирощують переважно протягом 2-3 років [1,2,15]. Відмінними попередниками для даної культури є зернові, як озимі так і ярі, соняшник, а також злакові трави [15].

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

2.4. Система удобрення.

Для формування стабільного врожаю люцерна потребує збалансованої системи удобрення, яка враховує особливості ґрунту, рівень його родючості та потреби культури в елементах живлення.

Особливістю люцерни є здатність засвоювати атмосферний азот завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями. Саме тому потреба культури в азотних добривах значно менша порівняно із зерновими культурами. На початкових етапах росту допускається внесення невеликих доз азоту, приблизно 20–30 кг діючої речовини на гектар. Це сприяє швидкому розвитку рослин до моменту активного формування бульбочок. Надмірне внесення азоту небажане, оскільки воно знижує активність азотфіксуючих бактерій та погіршує стійкість рослин [1,2,27].

Найважливішими елементами живлення для люцерни є фосфор і калій. Фосфор забезпечує розвиток кореневої системи, стимулює утворення бульбочок та покращує відростання після скошування. За нестачі фосфору рослини розвиваються повільно, знижується врожайність і якість корму. Залежно від забезпечення ґрунту рекомендують вносити від 60 до 90 кг фосфору на гектар у діючій речовині.

Калій відіграє важливу роль у підвищенні посухостійкості та зимостійкості люцерни. Він покращує водний обмін, підвищує стійкість до хвороб і сприяє накопиченню білка. Люцерна споживає значну кількість калію, тому його дефіцит швидко позначається на продуктивності травостою. Оптимальна норма внесення становить 90–150 кг калію на гектар.

Для нормального росту люцерни важливе значення має кислотність ґрунту. Найкраще культура росте за нейтральної або слабколужної реакції ґрунтового розчину. На кислих ґрунтах проводять вапнування, використовуючи вапнякові матеріали або доломітове борошно. Це покращує доступність поживних речовин і створює сприятливі умови для розвитку бульбочкових бактерій.

Окрім основних елементів живлення, люцерна потребує мікроелементів, зокрема бору та молібдену. Бор позитивно впливає на розвиток рослин і

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

формування генеративних органів, а молібден покращує процес азотфіксації. Ефективним є застосування мікродобрих для обробки насіння або проведення позакоренових підживлень. Згідно технологічної карти внесення основної дози мінеральних добрив забезпечує машина МВУ-8Б в агрегаті з трактором ХТЗ-17021.

2.5. Обробіток ґрунту.

Обробіток ґрунту під посів люцерни має важливе значення для формування високопродуктивного травостою та тривалого використання культури. Оскільки люцерна характеризується потужною кореневою системою, вона потребує добре розпушеного, вирівняного й очищеного від бур'янів ґрунту. Основною метою підготовки поля є створення оптимальних умов для проростання насіння, накопичення вологи та забезпечення доступу повітря до кореневої зони [1,12,13,15,24].

Підготовку ґрунту зазвичай починають після збирання попередника. Якщо поле засмічене рослинними рештками або бур'янами, проводять лущення стерні на глибину 6–8 см. Технологічною картою передбачено використання лущильника ЛДГ-10А для виконання даної роботи. Енергетичний засіб – трактор ХТЗ-17021. Такий захід сприяє збереженню вологи та стимулює проростання насіння бур'янів, які в подальшому знищуються під час основного обробітку.

Основний обробіток найчастіше виконують шляхом оранки на глибину 20–25 см. На важких і ущільнених ґрунтах глибину можуть збільшувати, щоб покращити водопроникність і розвиток кореневої системи. У посушливих районах доцільним є застосування безполицевого або комбінованого обробітку, який дозволяє краще зберігати запаси ґрунтової вологи. Якщо ґрунт має підвищену кислотність, перед оранкою проводять вапнування, оскільки люцерна погано росте на кислих землях. Для умов Кіровоградщини необхідно проводити більш глибоку оранку - до 30-35 см.

Навесні важливо забезпечити дрібногрудочкувату структуру посівного шару. Для цього застосовують боронування та передпосівну культивування на незначну глибину. Боронування проводять середніми боронами агрегатом: ХТЗ-

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

17021+ЗПГ-24. Передпосівну культивуацію проводять культиватором КПС-4 в поєднанні з трактором ХТЗ-17021. Надмірне розпушення небажане, адже дрібне насіння люцерни потребує ущільненого ложа для рівномірного проростання. Безпосередньо перед сівбою а особливо після сівби поле часто коткують, щоб покращити контакт насіння з ґрунтом і забезпечити дружні сходи. Для цього передбачено використання котків КЗК-6 в агрегаті з трактором МТЗ-80 [20,24].

Особливу увагу приділяють боротьбі з бур'янами, оскільки на початкових етапах росту люцерна розвивається повільно та легко пригнічується небажаною рослинністю. Саме тому система обробітку повинна поєднувати механічні та, за потреби, хімічні методи очищення поля. Правильно підготовлений ґрунт забезпечує рівномірне проростання рослин, формування густого травостою та високу врожайність люцерни протягом кількох років використання.

2.6. Сівба.

Для отримання стабільного врожаю важливо правильно організувати процес її сівби та врахувати біологічні особливості рослини.

Ґрунт повинен бути добре вирівняним, пухким і очищеним від бур'янів, оскільки на початкових етапах розвитку рослина росте повільно та не витримує сильної конкуренції.

Висівати культуру можна навесні або наприкінці літа. Весняна сівба забезпечує достатню кількість вологи для проростання насіння, тоді як літня дає можливість уникнути масового розвитку бур'янів. Насіння висівають на глибину 1–3 см залежно від типу ґрунту. На легких ґрунтах допускається дещо глибше загортання, а на важких – мілкіше. Надмірне заглиблення може призвести до нерівномірних сходів і зниження густоти посіву.

Для формування продуктивного травостою важливо дотримуватися оптимальної норми висіву. У середньому вона становить 12–18 кг насіння на гектар при чистому посіві. Часто перед висівом насіння обробляють спеціальними бактеріальними препаратами, що сприяють утворенню бульбочок на коренях і покращують засвоєння азоту з повітря.

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Після сівби поле рекомендують прикоткувати, щоб забезпечити щільний контакт насіння з ґрунтом та зберегти вологу. Посів проводять сівалками СЗТ-3,6, які формовані в трьохсівалковий агрегат за допомогою зчіпки. Забезпечує їх роботу трактор ХТЗ-17021. Як зазначалося раніше, посіви прикочують котком КЗК-6.

2.7. Догляд за посівами.

Догляд за посівами люцерни включає комплекс агротехнічних заходів, спрямованих на формування густого та продуктивного травостою. Після появи сходів важливо контролювати забур'яненість поля, оскільки молоді рослини люцерни повільно розвиваються й можуть пригнічуватися бур'янами. Для цього застосовують механічний обробіток міжрядь або дозволені гербіциди. Для запобігання появи бур'янів у посівах здійснюють передпосівну обробку ґрунту гербіцидами обприскувачом ОП-2000А з наступною суцільною культивацією культиватором КПС-4. У першому агрегаті застосовують трактор МТЗ-80, у другому – ХТЗ-17021.

Важливим етапом є забезпечення рослин поживними речовинами. Люцерна добре реагує на внесення фосфорних і калійних добрив, які сприяють розвитку кореневої системи та підвищують зимостійкість культури. Азотні добрива використовують обмежено, адже рослина здатна накопичувати азот завдяки бульбочковим бактеріям. Для підживлення застосовують сівалку СЗ-3,6, зібрану в трьохсівалковий агрегат з енергетичним засобом – трактором ХТЗ-17021.

У період активного росту необхідно стежити за вологістю ґрунту. За тривалої посухи ефективним є зрошення, особливо після укосів. Також слід проводити моніторинг шкідників і хвороб. Найчастіше люцерну пошкоджують попелиця, довгоносики та грибкові захворювання, тому за потреби застосовують засоби захисту рослин.

Для отримання високоякісного корму важливо своєчасно проводити скошування. Оптимальним вважається період бутонізації – початку цвітіння.

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

Регулярний догляд за посівами забезпечує довговічність травостою та стабільну врожайність люцерни.

2.8. Збирання урожаю.

Збирання люцерни у подрібненому стані є важливим етапом заготівлі кормів для тваринництва. Для виконання цієї операції застосовують кормозбиральний комбайн Е-281, який забезпечує скошування рослин, подрібнення зеленої маси та її завантаження у транспортні засоби. Найкращим строком збирання вважається фаза бутонізації або початок цвітіння, коли люцерна має високий вміст білка та поживних речовин.

Перед початком роботи проводять технічний огляд комбайна, перевіряють стан ножів, транспортерів і подрібнювального механізму. Поле очищують від сторонніх предметів, а висоту зрізу встановлюють так, щоб уникнути забруднення корму землею. Під час руху агрегату жатка зрізає стебла люцерни та подає їх у подрібнювальний барабан. У процесі роботи рослинна маса розрізається на дрібні частини однакової довжини, що покращує подальше ущільнення при силосуванні.

Подрібнена люцерна через вивантажувальний рукав надходить у причіп, який рухається поряд із комбайном. Для збереження якості корму необхідно забезпечити швидке транспортування зеленої маси до місця зберігання. Після завершення робіт комбайн очищують від залишків рослин та проводять технічне обслуговування основних вузлів.

2.9. Обґрунтування вибору орного агрегату.

Для виконання оранки доцільно використовувати орний агрегат у складі трактора John Deere 8430 та ярусного плуга ПНЯ-6-42 замість агрегату на базі трактора Т-150К і плуга ПЛН-5-35. Такий вибір обґрунтовується вищою продуктивністю, кращою якістю обробітку ґрунту та економічною ефективністю сучасної техніки.

Трактор John Deere 8430 має значно більшу потужність двигуна порівняно з Т-150К, що дозволяє працювати з широкозахватним плугом і підтримувати

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

стабільну швидкість руху навіть на важких ґрунтах. Завдяки цьому збільшується площа обробітку за одиницю часу та зменшуються витрати праці. Крім того, сучасна конструкція трактора забезпечує кращу паливну економічність, надійність та комфорт для механізатора.

Ярусний плуг ПНЯ-6-42 має переваги перед плугом ПЛН-5-35 завдяки більшій ширині захвату та особливій конструкції робочих органів. Плуг виконує глибоке розпушування (до 35 см) та якісне перевертання скиби, що сприяє покращенню структури ґрунту, накопиченню вологи та знищенню бур'янів. Використання ярусного плуга особливо ефективно на ущільнених ґрунтах і полях із великою кількістю рослинних решток.

Застосування агрегату John Deere 8430 + ПНЯ-6-42 дозволить скоротити строки виконання польових робіт, підвищити якість оранки та забезпечити більш раціональне використання паливних ресурсів. Такі передбачення мають підтвердитись подальшими розрахунками.

Висновки по розділу. У даному розділі проведено аналіз типової технології вирощування люцерни та визначено основні напрями її удосконалення. Встановлено, що культура має високу кормову цінність, здатна збагачувати ґрунт азотом і є важливим елементом сівозміни. Розглянуто біологічні особливості, систему удобрення, обробіток ґрунту, сівбу, догляд та збирання врожаю. Показано, що оптимізація агротехнічних заходів і використання сучасної техніки дозволяють підвищити продуктивність посівів, зменшити витрати та покращити якість корму. Рекомендовано основний обробіток проводити орним агрегатом John Deere 8430 + ПНЯ-6-42. Запропоновані підходи створюють передумови для більш ефективного та стабільного вирощування люцерни в умовах Кіровоградщини.

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

3. Операційна технологія оранки.

3.1. Розрахунок агрегату.

Вихідні дані:

- агрегат John Deere 8430 + ПНЯ-6-42
- площа поля – 45га;
- довжина загінки - 715м;
- кут схилу - $i = 3,1^0$
- питомий опір ґрунту - $\kappa = 5,45 \cdot 10^4 \text{ Н / м}^2$;
- глибина оранки - $a = 0,31\text{м}$
- ширина захвату корпусів обох ярусів - $b = 0,42\text{м}$
- ширина захвату агрегату - $B = 2,52\text{м}$

3.2. Розрахунок орного агрегату.

Виконаємо розрахунок для запропонованого машинно-тракторного агрегату згідно з методикою, наведеною в джерелах [5, 19,17,181].

Згідно з технічною характеристикою плуга ПНЯ-6-42, його робоча швидкість залежно від ґрунтових умов може досягати 9 км/год. Враховуючи тягові можливості трактора, орний агрегат здатний працювати за умови, що його оснащено механічною трансмісією, максимально на дев'ятій або десятій передачах.

Потужність на гаку для зазначених передач

$$P_{\text{зак}} = \frac{10^4 \cdot N_{\text{е. пот.}} \cdot i_{\text{тр}} \cdot \eta_{\text{тр}}}{n_{\text{дв}} \cdot r_0} - G_{\text{тракт}}(f + i), \text{кН} \quad (3.1)$$

де $N_{\text{е. пот}} = 217 \text{ кВт}$ – ефективна потужність двигуна;

$i_{\text{тр}}$ – передаточне число трансмісії ($i_{\text{тр}9} = 72,9$; $i_{\text{тр}10} = 67,5$);

$\eta_{\text{тр}} = 0,92$ – ККД трансмісії;

$n_{\text{дв}} = 2100 \text{ об / хв}$ – номінальні оберти колінчастого валу;

$r_0 = 0,95\text{м}$ – дотичний радіус приводних коліс, з урахуванням усадки
призначаємо $r_0 = 0,9\text{м}$);

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

$G_{\text{тракт}} = 117,7 \text{ кН}$ – маса трактора;

$f = 0,14$ – коефіцієнт опору коченню;

$i = 0,031$ – величина схилу.

Тоді

$$P_{\text{зак}}^9 = \frac{10^4 \cdot 217 \cdot 72,9 \cdot 0,92}{2100 \cdot 0,9} - 117700(0,165 + 0,031) = 55111,8 \text{ Н} = 55,1 \text{ кН}$$

$$P_{\text{зак}}^{10} = \frac{10^4 \cdot 217 \cdot 67,5 \cdot 0,92}{2100 \cdot 0,9} - 117700(0,165 + 0,021) = 49407,8 \text{ Н} = 49,4 \text{ кН}$$

Теоретична швидкість на 9 та 10 передачах відповідно складає

$$V_m^9 = 7,5 \text{ км / год}; \quad V_m^{10} = 8,6 \text{ км / год}$$

З урахуванням буксування, швидкість визначиться

$$V_p = V_m \left(1 - \frac{\delta}{100} \right) \quad (3.2)$$

де $\delta = 11\%$ – коефіцієнт буксування [17,18]

Тоді

$$V_p^9 = 7,5 \left(1 - \frac{0,11}{100} \right) = 6,7 \text{ км / год}$$

$$V_p^{10} = 8,6 \left(1 - \frac{0,11}{100} \right) = 7,7 \text{ км / год}$$

Тягове

Очевидно, що зі збільшенням швидкості руху зростає і питомий опір.

Значення питомого опору при підвищенні швидкості визначається за наведеною формулою

$$K_o^v = K_o [1 + 0,006(V_p^2 - V_0^2)], \quad (3.3)$$

де $K_0 = 49$ – питомий опір при значенні швидкості $V_0 = 5 \text{ км / год}$ [17,18];

Тоді

$$K_o^9 = 49 [1 + 0,006(6,7^2 - 5,0^2)] = 54,8 \text{ кН / м}^2$$

$$K_o^{10} = 49 [1 + 0,006(7,7^2 - 5,0^2)] = 59,1 \text{ кН / м}^2$$

Максимальна ширина захвату на 9 і 10 передачах

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

$$B_{\max} = \frac{P_{\text{зак}}}{K_0^v \cdot a + R_i}, \quad (3.4)$$

де $a = 0,31\text{м}$ – глибина оранки;

R_i – додатковий опір, при русі на підйом, $\kappa\text{Н} / \text{м}$

$$R_i = \frac{G_{\text{пл}}}{B_{\kappa}} i, \quad (3.5)$$

де $B_{\kappa} = 2,52\text{м}$ – ширина захвату плуга

$G_{\text{пл}} = 19,2\kappa\text{Н}$ - маса плуга.

Тоді

$$R_i = \frac{19,2}{2,52} 0,031 = 0,24\kappa\text{Н} / \text{м},$$

Отже

$$B_{\max}^9 = \frac{55,1}{54,8 \cdot 0,31 + 0,24} = 3,2\text{м}$$

$$B_{\max}^{10} = \frac{49,4}{59,1 \cdot 0,31 + 0,16} = 2,87\text{м}$$

Кількість корпусів на обраних передачах

$$n_{\kappa} = \frac{B_{\max}}{B_{\kappa}}, \quad (3.6)$$

де $B_{\kappa} = 0,42\text{м}$ – ширина захвату плужного корпусу.

Тоді

$$n_{\kappa}^9 = \frac{3,2}{0,42} = 7,6 \text{ призначаємо } 7 \text{ корпусів}$$

$$n_{\kappa}^{10} = \frac{2,87}{0,42} = 6,8 \text{ призначаємо } 6 \text{ корпусів}$$

Обчислимо робочий опір машини для відповідної ширини на 9 і 10 передачах

$$R_{\text{пл}}^v = (K_0^v \cdot a + R_i) B_{\kappa} \cdot n_{\kappa}, \quad (3.7)$$

$$R_{\text{пл}}^9 = (54,8 \cdot 0,31 + 0,24) 0,42 \cdot 7 = 50,65\kappa\text{Н}$$

$$R_{\text{пл}}^{10} = (59,1 \cdot 0,31 + 0,24) 0,42 \cdot 6 = 46,8\kappa\text{Н}$$

Обчислимо коефіцієнт ефективності використання тягового зусилля трактора

$$\eta_{mз} = \frac{R_{пл}^v}{P_{гак}^v} \quad (3.8)$$

$$\eta_{mз}^9 = \frac{50,65}{55,1} = 0,92$$

$$\eta_{mз}^{10} = \frac{46,8}{49,4} = 0,94$$

Бачимо, що для обох режимів розрахований коефіцієнт є оптимальним.

Продуктивність агрегату.

Продуктивність орного агрегату за зміну

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_p, га / зм \quad (3.9)$$

де V_p - робоча швидкість, км/год

T_p – робочий час зміни

$$T_p = T_{зм} \cdot \tau \quad (3.10)$$

де $T_{зм} = 7 год$ - час зміни

$\tau = 0,81$ – коефіцієнт використання робочого часу зміни;

$$T_p = 7 \cdot 0,81 = 5,67 год$$

B_p – ширина захвату агрегату, м;

$$B_p = B_k \cdot \beta \quad (3.11)$$

$\beta = 1,05 - 1,1$ – коефіцієнт використання ширини захвату, $\beta = 1,06$ [17,18].

З урахуванням зазначеного ширина захвату визначиться

$$B_p^9 = 0,42 \cdot 1,06 \cdot 7 = 3,1 м$$

$$B_p^{10} = 0,42 \cdot 1,06 \cdot 6 = 2,67 м$$

Тоді

$$W_{зм}^9 = 0,1 \cdot 3,1 \cdot 6,7 \cdot 5,67 = 11,78 га / зм$$

$$W_{зм}^{10} = 0,1 \cdot 2,67 \cdot 7,7 \cdot 5,67 = 11,65 га / зм$$

Бачимо, що на обох швидкостях агрегат показує дуже близькі експлуатаційні показники. Тому, подальші розрахунки будемо вести для десятої передачі так на ній використовується реальний шестикорпусний плуг.

Розрахунок витрат палива на 10 передачі.

$$Q_{га} = \frac{Q_{зм}}{W_{зм}}, \quad (3.12)$$

де $Q_{зм}$ - змінні витрати, кг;

$$Q_{зм} = Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot t_x + Q_z \cdot t_z, \text{ кг/год} \quad (3.13)$$

де Q_p, Q_x, Q_z - відповідно, визначаються годинні витрати палива під час виконання робочих операцій, у режимі холостого ходу та на зупинках із увімкненим двигуном, кг/год;

T_p, t_x, t_z - відповідно час затрачений на робочі і холості ходи і на зупинки з увімкненим двигуном.

Для даних розрахунків призначаємо $t_x = t_z$

Тоді

$$t_x = t_z = \frac{T_{зм} - T_p}{2} = \frac{7 - 5,67}{2} = 0,67 \text{ год} \quad (3.14)$$

Значення витрат палива на обраних режимах роботи

Q_p, Q_x, Q_z

$$Q_p = 40,5 \text{ кг/год}, Q_x = 8,0 \text{ кг/год}, Q_z = 4,2 \text{ кг/год}$$

Тоді

$$Q_{зм}^{np} = 40,5 \cdot 5,67 + 8,0 \cdot 0,67 + 4,2 \cdot 0,67 = 237,8 \text{ кг/зм}$$

$$Q_{га}^{np} = \frac{237,8}{11,65} = 20,4 \text{ кг/га}$$

Відповідні обчислення виконаємо для базового агрегату (Т-150К+ПЛН-5-35) з урахуванням проектних ґрунтових умов. Відомо, що зазначений плуг якісно працює на швидкості до 9 км/год [17,18,25,26]. Прийнятними передачами трансмісії трактора може бути перша та друга передачі. Теоретична швидкість для них відповідно - $V_m^1 = 8,53 \text{ км/год}, V_m^2 = 10,08 \text{ км/год}$ [17,18].

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

Бачимо, що режим другої передачі виходить за межі агротехнічно допустимої швидкості і вирішувати питання процесами буксування вважаємо недоцільним. Тому подальший розрахунок ведемо по першій передачі на якій [17,18]

$$P_{\text{зак}}^1 = 35 \text{кН}$$

Робоча швидкість враховуючи буксування

$$V_p^1 = 8,53 \left(1 - \frac{11}{100}\right) = 7,59 \text{км / год}$$

Величина питомого опору

$$K_0^1 = 49 \left[1 + 0,006(7,59^2 - 5,0^2)\right] = 58,6 \text{кН / м}^2$$

Визначаємо B_{max} на 1 передачі

$$B_{\text{max}} = \frac{P_{\text{зак}}}{K_0^v \cdot a + R_i}, \quad (3.15)$$

де a – глибина оранки ($a = 0,27 \text{м}$)

R_i – додатковий опір, кН / м

$$R_i = \frac{G_{\text{пл}}}{B_{\kappa}} i \quad (3.16)$$

де $B_{\kappa} = 1,75 \text{м}$ – конструктивна ширина плуга

$G_{\text{пл}} = 8,8 \text{кН}$ – маса плуга

Тоді

$$R_i = \frac{8,8}{1,75} 0,031 = 0,16 \text{кН / м}$$

Отже

$$B_{\text{max}}^1 = \frac{35}{58,6 \cdot 0,27 + 0,16} = 2,18 \text{м}$$

Кількість корпусів на плугові на 1 передачі

$$n_{\kappa}^1 = \frac{2,18}{0,35} = 6,2 \text{ приймаємо } 6 \text{ корпусів}$$

Робочий опір плуга

$$R_{\text{пл}}^1 = (58,6 \cdot 0,27 + 0,16) 0,35 \cdot 6 = 33,5 \text{кН}$$

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Коефіцієнт використання тяги трактора

$$\eta_{m.з} = \frac{R_{пл}}{P_{гак}} \quad (3.17)$$

$$\eta_{mз}^1 = \frac{33,5}{35} = 0,95$$

Бачимо, що робота плуга з шістьма корпусами дещо перевантажує двигун трактора. Особливо для оранки це недопустимо. Тому, розрахунок продуктивності проведемо з урахуванням базового, п'ятикорпусного варіанту.

$$W_{зм.баз}^1 = 0,1 \cdot 1,75 \cdot 7,59 \cdot 5,67 = 7,53 \text{га} / \text{зм}$$

Значення витрат палива

$$Q_p = 33,7 \text{кг} / \text{год}, Q_x = 17,7 \text{кг} / \text{год}, Q_z = 4,3 \text{кг} / \text{год}$$

Тоді

$$Q_{зм}^{баз} = 36,1 \cdot 5,67 + 17,7 \cdot 0,67 + 4,3 \cdot 0,67 = 219,6 \text{кг} / \text{зм}$$

$$Q_{га}^{баз} = \frac{219,6}{7,53} = 29,2 \text{кг} / \text{га}$$

Отже, виконані розрахунки підтверджують економічну та виробничу доцільність впровадження проєктного орного агрегату у виробництво.

На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що змінна продуктивність проєктного орного агрегату перевищує аналогічний показник базового агрегату на 4,12 га за зміну. Крім того, питомі витрати пального зменшуються на 8,8 кг/га, що свідчить про підвищення ефективності роботи агрегату та підтверджує обґрунтованість обраного технічного рішення.

3.3. Розрахунок операційно – технологічної карти на оранку.

Оптимальна ширина загінки для виконання оранки петльовим комбінованим способом [17,18]

$$C_{опт} = \sqrt{2 \cdot 1,5 \cdot B_p \cdot L} \quad (3.18)$$

$$C_{опт} = \sqrt{2 \cdot 1,5 \cdot 2,52 \cdot 715} = 73,5 \text{м}$$

Оптимальна ширина загінки враховуючи робочу ширину плуга та парні його проходи матиме значення

$$C_{опт} = 75,6 \text{м}$$

Кількість заїнок

$$n_3 = \frac{F \cdot 10^4}{L \cdot C_{onm}} = \frac{45 \cdot 10^4}{715 \cdot 75,6} = 8 \quad (3.19)$$

Ширина поворотної смуги [17,18]

$$E_{\min} = h_n + d_k + e \quad (3.20)$$

де $h_n = \lambda_E \cdot R_{нов}$ - параметр, що визначає розміри поворотної петлі

$\lambda_E = 2,8$ - коефіцієнт пропорційності [17,18]

$R_{нов}$ - радіус повороту

$$R_{нов} = 3B_p \cdot a_R = 3 \cdot 2,52 = 9,1м \quad (3.21)$$

$$h_n = 2,8 \cdot 9,1 = 25,5м$$

де $a_R = 1,2$ - коефіцієнт підвищення;

d_k - кінематична ширина агрегату

$$d_k = v_E \cdot B_k$$

$v_E = 1,2$ - коефіцієнт несиметричності агрегату [17,18]

$$d_k = 1,2 \cdot 2,52 = 3,0м$$

e - довжина виїзду.

$$e = a_E \cdot l_a$$

де $a_E = 0,13$ - поправочний коефіцієнт [17,18]

l_a - кінематична довжина агрегату

$$l_a = l_{mp} + l_m \quad (3.22)$$

де - l_{mp}, l_m - кінематичні довжини трактора і плуга [17,18]

$$l_{mp} = 1,75м, l_m = 1,8м$$

Тоді

$$l_a = 1,75 + 1,8 = 3,55м$$

Тоді

$$e = 0,13 \cdot 3,55 = 0,46м$$

Остаточню

$$E_{\min} = 25,5 + 3,0 + 0,46 = 28,96м$$

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

З урахуванням кратності ширині захвату плуга призначаємо

$$E = 30,0 м$$

Довжина робочого ходу

$$L_p = L_z - 2E = 715 - 2 \cdot 30 = 655 м$$

$$\lambda_{px} = L - 2E = 800 - 2 \cdot 17 = 756 м \quad (3.23)$$

Довжину холостого ходу

$$l_{xx} = L_n + 2e \quad (3.24)$$

де L_n - довжина петлі при виконанні повороту, м

$$L_n = \gamma_n \cdot R_n \quad (3.25)$$

де $\gamma_n = 6,8$ - коефіцієнт, що пов'язує довжину петлі і радіус повороту

Тоді

$$L_n = 6,8 \cdot 9,1 = 61,9 м$$

З урахуванням цього

$$l_{xx} = 61,9 + 2 \cdot 0,46 = 62,8 м$$

Тривалість циклу визначимо за формулою:

$$T_{\text{ц}} = 60 \left(\frac{\ell_p \cdot n_{px}}{10^3 V_h} + \frac{\ell_{xx} \cdot n_{xx}}{10^3 V_x} \right) \quad (3.26)$$

де n_{px} – кількість робочих ходів в циклі;

n_{xx} – кількість холостих ходів у циклі;

$V_p = 7,7 км / год$ – робоча швидкість агрегату;

$V_{xx} = 5,0 км / год$ – швидкість холостого ходу

Тоді,

$$T_{\text{ц}} = 60 \left(\frac{655 \cdot 2}{10^3 \cdot 7,7} + \frac{62,8 \cdot 2}{10^3 \cdot 5,0} \right) = 11,7 хв$$

По величині тривалості циклу $T_{\text{ц}}$ визначається напрацювання за цикл і здійснюється змінний контроль виробітку.

Продуктивність за цикл

$$W_{\text{ц}} = \frac{L_p n_{px} B_k}{10^4} = \frac{655 \cdot 2 \cdot 2,52}{10^4} = 0,33 га / цикл \quad (3.27)$$

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Годинна продуктивність

$$W_z = 60 \frac{W_y}{T_y} = 60 \frac{0,33}{11,7} = 1,72 \text{ га / ч} \quad (3.28)$$

3.4. Підготовка поля до роботи.

Перед виконанням оранки поле попередньо обстежують, визначають його розміри, конфігурацію та наявність перешкод, які можуть впливати на роботу агрегату. За потреби територію очищають від каміння, рослинних залишків та сторонніх предметів. Встановлюють напрямок руху агрегату з урахуванням рельєфу місцевості та розмічують поворотні смуги.

3.5. Підготовка агрегату до роботи.

Підготовка агрегату John Deere 8430 з плугом ПНЯ-6-42 передбачає перевірку технічного стану трактора та плуга, рівня пально-мастильних матеріалів, справності гідросистеми й навісного механізму. Після агрегування контролюють надійність кріплень, регулюють положення плуга в поздовжній і поперечній площинах, а також встановлюють необхідну глибину оранки. Завершальним етапом є пробний прохід, під час якого оцінюють якість роботи агрегату та за потреби виконують додаткові налаштування.

3.6. Організація роботи агрегату в заїнці.

Спосіб руху – петльовий комбінований. Організація роботи агрегату John Deere 8430 з плугом ПНЯ-6-42 передбачає виконання оранки за попередньо визначеним маршрутом із мінімізацією непродуктивних переїздів. Перед початком роботи поле розбивають на заїнки та виділяють поворотні смуги. Рух агрегату здійснюють прямолінійними проходами з дотриманням установленої глибини обробітку та ширини захвату. На поворотах плуг переводять у транспортне положення.

3.7. Контроль якості оранки

Контроль якості оранки здійснюють шляхом перевірки глибини обробітку, рівномірності поверхні поля, повноти загортання рослинних решток та відсутності огріхів. Глибину оранки вимірюють у кількох точках по діагоналі поля; допустиме відхилення від заданої глибини не повинно перевищувати $\pm 2 \text{ см}$.

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Відхилення ширини захвату агрегату допускається в межах $\pm 10\%$ від номінального значення. Висота гребенів на поверхні ріллі не повинна перевищувати 5 см. Не допускаються необроблені смуги, пропуски та незагорнуті рослинні рештки, що можуть негативно впливати на подальші технологічні операції.

Висновки по розділу. У розділі виконано розрахунок та обґрунтування параметрів орного агрегату на базі трактора John Deere 8430 і плуга ПНЯ-6-42. Визначено раціональний режим роботи, показники продуктивності та витрат палива. Результати розрахунків свідчать про перевагу проєктного агрегату над базовим за рівнем виробітку та паливної економічності. Також розроблено операційно-технологічну карту оранки, наведено вимоги до підготовки поля й агрегату та встановлено показники контролю якості виконання робіт.

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

4. Інженерна частина.

4.1. Стан питання про машину

4.1.1. Призначення машини

Ярусний плуг ПНЯ-6-42 використовується для виконання глибокої оранки ґрунту на глибину до 35 см під вирощування просапних культур. До таких культур належать зернові (кукурудза, гречка, просо), технічні (соняшник, цукрові і кормові буряки), овочеві (капуста, томати, огірки тощо), а також кормові культури в тому числі і багаторічні трави.

Агрегат призначений для роботи на ґрунтах без каміння та сторонніх перешкод, із питомим опором не більше 0,11 МПа. Конструкція плуга забезпечує повне загортання пожнивних і рослинних залишків у ґрунт.

Плуг ПНЯ-6-42 придатний для експлуатації в усіх природно-кліматичних регіонах України.

4.1.2. Агротехнічні вимоги до оранки

Під час виконання оранки необхідно дотримуватися таких основних агротехнічних вимог: глибина обробітку ґрунту має відповідати встановленим параметрам, при цьому допустиме середнє відхилення не повинно перевищувати $\pm 2\text{см}$. Усі бур'яни повинні бути повністю підрізані.

На полях із оптимальним рівнем вологості кількість грудок ґрунту розміром понад 10 см допускається в межах 10–20% від загальної площі. Перевертання скиби має забезпечувати загортання не менше 98% рослинних залишків і бур'янів на глибину щонайменше 12 см.

Після оранки поверхня поля повинна залишатися рівною та суцільною, без необроблених ділянок. Допустима висота гребенів не повинна перевищувати 5 см, а глибина розгінних борозен має становити 7–10 см [3,25,26].

4.1.3. Будова та процес роботи плуга

Плуг ПНЯ-6-42 складається з робочих і допоміжних елементів. До основних робочих органів належать корпуси верхнього та нижнього ярусів, а також дисковий ніж. Допоміжними складовими є рама, опорні колеса з гвинтовими механізмами регулювання, навісний пристрій та причіпка для борін.

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

Принцип роботи плуга полягає в такому: корпус верхнього ярусу зрізає скибу верхнього шару ґрунту, перевертає його та укладає на дно борозни, яку сформував корпус нижнього ярусу під час попереднього проходу. Після цього перевернутий шар накривається скибою, піднятою наступним корпусом нижнього ярусу.

У результаті вертикального переміщення шарів ґрунту забезпечується якісне та глибоке загортання бур'янів і пожнивних залишків. За потреби разом з оранкою може одночасно виконуватися боронування ґрунту.

4.1.4. Аналіз недоліків вузлів плуга і їх удосконалення

Для агрегування плуга з трактором використовується триточковий навісний механізм. Однак, через великі розміри плуга та складний доступ до правого шарніра тракторної навіски під час складання орного агрегату створюються небезпечні умови праці для механізатора. Крім того, підготовка агрегату до роботи потребує значних витрат часу.

З метою вдосконалення конструкції запропоновано замінити традиційну триточкову систему навішування на напівавтоматичний навісний механізм, оснащений швидкознімною штангою. Таке технічне рішення дає можливість зменшити масу плуга, прискорити процес складання агрегату та покращити умови роботи обслуговуючого персоналу.

4.2. Технологічні розрахунки

4.2.1. Розрахунок сил, що діють на корпус

На окремі поверхні плужного корпусу під час роботи діють як нормальні так і дотичні зусилля, які на різних ділянках криволінійної поверхні відрізняються як за величиною, так і за напрямком. Унаслідок цього вони не можуть бути зведені до однієї рівнодійної сили [25,26].

Разом із тим для розв'язання практичних питань, зокрема визначення тиску на польову дошку, оцінку стійкості руху плуга, встановлення глибини та ширини захвату й інших параметрів, необхідно знати значення сил у трьох площинах проекцій, напрямки їх дії та точки прикладання.

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Визначення цих сил здійснюють методом просторового динамометрування плужного корпусу під час роботи без польової дошки: у напрямку руху корпусу плуга в горизонтальній площині R_x , у площині, перпендикулярній до руху плуга R_y , а також у вертикальній площині R_z (рис. 4.1) [25,26].

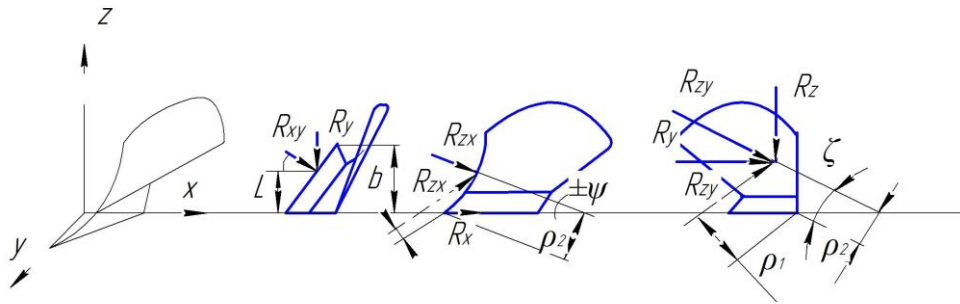


Рис. 4.1. Сили, які діють на корпус плуга.

У горизонтальній площині проєкцій на плужний корпус впливає сила R_{xy} , що напрямлена під деяким кутом $\delta = 15...25^\circ$ до траєкторії руху агрегату (рис. 4.1).

Координата точки прикладання цієї сили визначаються за відповідною формулою [25,26].

$$\lambda = 0,4 \cdot v = 0,4 \cdot 0,42 = 0,168 \text{ м} \quad (4.1)$$

Значення сили, яка є проєкцією сили R_{xy} на вісь абсцис x обчислюємо з виразу

$$R_x = \eta \cdot \kappa \cdot a \cdot v \quad (4.2)$$

де $\eta = 0,6...0,8$ - ККД плуга;

$\kappa = 5,45 \cdot 10^4 \text{ Н / м}^2$ - питомий опір ґрунту/

Тоді

$$R_x = 0,7 \cdot 5,45 \cdot 10^4 \cdot 0,31 \cdot 0,42 = 4967,1 \text{ Н}$$

Реакція

$$R_y = R_x / 3 = 4967,1 / 3 = 1655,7 \text{ Н} \quad (4.3)$$

Сумарна реакція

$$R_{xy} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{4967,1^2 + 1655,7^2} = 5235,8 \text{ Н} \quad (4.4)$$

У вертикальній площині Z_{ox} на корпус плуга впливає сила R_{zx} , напрямком якої формує з траєкторією руху деякий кут ψ . Величина цього кута переважно визначається фізико-механічними характеристиками ґрунту, ступенем загострення леза леміша та глибиною виконання оранки. Практично значення кута змінюється в діапазоні від $+18^\circ$ до -23° . Негативні значення ψ спостерігаються під час роботи із затупленими лемешами, а на важких ґрунтах кут може досягати граничного значення -23° [25,26].

Для подальших розрахунків приймаємо значення кута $\psi = \pm 12^\circ$. Приблизне значення реакції R_z можна визначити за таким співвідношенням:

$$R_z = R_x \cdot \operatorname{tg} \psi = \pm 0,2 \cdot 4967,1 = 993,4 \text{ Н} \quad (4.5)$$

Відстань від ніска леміша до вектору сили R_x визначиться

$$\rho = \frac{1}{2} \cdot a = \frac{0,31}{2} = 0,155 \text{ м} - \text{при додатній величині кута } \psi;$$

$$\rho_2 = \frac{1}{3} \cdot a = \frac{0,31}{3} = 0,103 \text{ м} - \text{при від'ємній величині кута } \psi;$$

У поперечній площині проекції ZOY до корпусу прикладена сила R_{zy} , напрямком якої утворює кут ξ із напрямком сили R_y . Тангенс зазначеного кута становить

$$\operatorname{tg} \xi = \frac{tq \delta}{tq \psi} = \frac{tq \cdot 15^\circ}{tq \cdot 12^\circ} = \frac{0,2697}{0,2126} = 1,268 \quad (4.6)$$

Таким чином, кут ξ може бути як додатним, так і від'ємним. Сила R_{zy} є результатом геометричного додавання сил R_z та R_y .

$$R_{zy} = R_x \sqrt{tq^2 \delta + tq^2 \psi} = 4967,1 \cdot \sqrt{tq^2 15^\circ + tq^2 12^\circ} = 1698,8 \text{ Н} \quad (4.7)$$

Відстань ρ від носка леміша до вектору R_{zx} визначиться

$$\rho_1 = \frac{1}{2} \cdot a = \frac{0,31}{2} = 0,155 \text{ м} - \text{при додатній величині кута } \xi;$$

$$\rho_2 = \frac{3}{4} \cdot a = \frac{3 \cdot 0,31}{4} = 0,233 \text{ м} - \text{при від'ємній величині кута } \xi.$$

4.2.2. Аналіз сил, які діють на плуг

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Для визначення сил, що діють на навісний механізм плуга, використаємо аналітичний метод [25,26].

Побудуємо схему навантаження навісного плуга в процесі оранки (рис. 4.2).

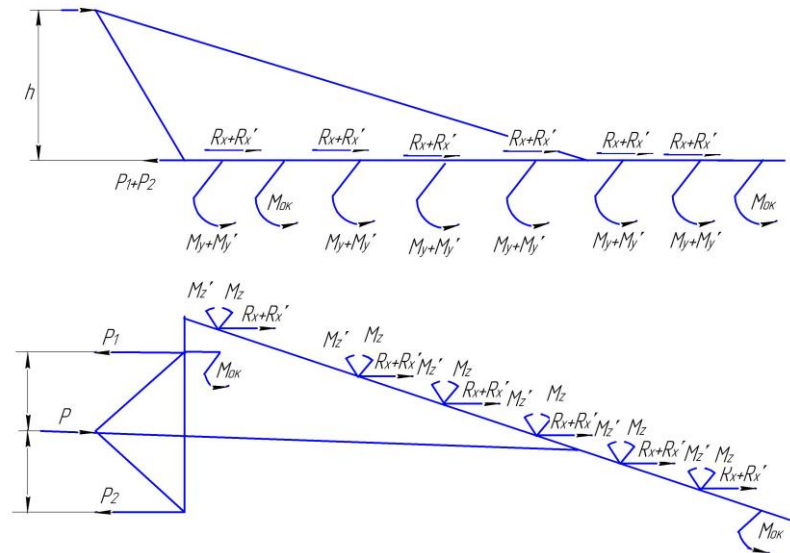


Рис. 4.2. Схема навантаження плуга

Поздовжні складові опору ґрунтового середовища для одного корпусу становитимуть $R_x = 4967,1H$

$$R'_x = 0,7 \cdot R_x = 0,7 \cdot 4967,1 = 3477,0H \quad (4.8)$$

$$R''_x = 0,35 \cdot R_x = 0,35 \cdot 4967,1 = 1738,5H \quad (4.9)$$

Поперечні складові сили

$$R'_y = \frac{R'_x}{3} = \frac{3477,0}{3} = 1159,0H \quad (4.10)$$

$$R''_y = \frac{R''_x}{3} = \frac{1738,5}{3} = 579,5H$$

Визначимо опір дискового ножа.

На ніж діє реакція ґрунту та пожнивних залишків в процесі різання. За рекомендаціями [25,26] призначаємо значення горизонтальної складової $R_x = 1050H$. З урахуванням цих же рекомендацій вертикальна складова визначиться

$$R_z = 1,2 \cdot R_x = 1,2 \cdot 1050 = 1260,0H$$

Сумарний опір ножа

$$R_{xz} = \sqrt{R_x^2 + R_z^2} = \sqrt{1080^2 + 1296^2} = 1687,0H$$

Для подальших розрахунків скористаємось значенням $R_{xz} = 1687,0H$

Коли корпуси верхнього й нижнього ярусів взаємодіють із ґрунтом, сили опору передаються через стояки на раму плуга. Вони діють як поздовжні й поперечні сили, а також викликають згинання та кручення. При цьому момент у вертикальній площині від поздовжньої складової сили загалом дорівнює

$$M_y = R_x \cdot H \quad (4.11)$$

де $H = 0,7m$ – плече дії даної сили відносно поперечної осі, що збігається з площиною рами плуга.

Моменти M_y і M'_y викликані силами R_x і R'_x , також діють у вертикальних площинах, що збігаються з напрямком руху плуга. Поперечні складові сил R_x і R_y і R'_x і R'_y , які діють на корпуси, врівноважуються реакцією стінки борозни, що передається на польову дошку. Взаємодія цих сил і реакції стінки створює в горизонтальній площині момент M_z , який скручує стояк корпусу проти годинникової стрілки. Складові сили R'_x і R'_y , що діють на корпус верхнього ярусу, створюють у горизонтальній площині момент M'_z , який крутить стояк уже за годинниковою стрілкою. Крім того, поперечна складова сила R'_y викликає момент M'_x , який зумовлює кручення рами на ділянці між корпусами верхнього та нижнього ярусів. Вертикальну складову сили R_z за умов середнього зношення лемішів можна прийняти рівною нулю. З огляду на це, моменти сил у вертикальній площині визначаються так

$$M_y = R_x \cdot H = 4967,1 \cdot 0,7 = 3476,0Hm$$

$$M'_y = R'_x \cdot H = 3477,0 \cdot 0,7 = 2433,9Hm$$

$$M''_y = R''_x \cdot 0,52 = 1738,5 \cdot 0,52 = 904,0Hm$$

Моменти сил в горизонтальній площині

$$M'_z = 0,25 \cdot M'_y = 0,25 \cdot 2433,9 = 608,5Hm$$

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$M_z'' = -0,35 \cdot M_y'' = -0,35 \cdot 904,0 = -316,4 \text{ Нм}$$

Момент сил в поперечній площині

$$M_x'' = 0,3 \cdot M_y'' = 0,3 \cdot 904,0 = 271,2 \text{ Нм}$$

Поздовжні складові опори ґрунту R_x і R_x' , включаючи сили тертя на опорних поверхнях корпусів і на польових дошках, реакція на опорному колесі і моменти в вертикальних площинах M_y і M_y' і $M_{ок}$ долаються зусиллями трактора P , P_1 , P_2 , які передаються через центральну і поздовжні тяги механізму навіски. для визначення зусиль P , P_1 , P_2 можна скласти для врівноваженого руху агрегату наступні рівняння рівноваги.

Зусилля трактора P_1, P_2, P_3 , які передаються через центральну й поздовжні тяги механізму навішування, долають поздовжні складові опору ґрунту R_x і R_x' (зокрема сили тертя на польових дошках і опорних поверхнях корпусів), реакцію опорного колеса та моменти M_y і M_y' і $M_{ок}$, що діють у вертикальних площинах. Щоб розрахувати зусилля P_1, P_2, P_3 для сталого руху агрегату, складають такі рівняння рівноваги:

$$\sum x = -P + P_1 + P_2 - 6(R_x' + R_x'') - \frac{f \cdot G}{2} = 0$$

$$\sum M = -P \cdot h + 6(M_y' + M_y'') + \frac{f \cdot G \cdot h_k}{2} = 0$$

$$\sum M_z = (P_2 - P_1) \cdot \frac{L}{2} - (R_x' + R_x'') \cdot 2b + 6(M_z' - M_z'') + \frac{f \cdot G \cdot l}{2} = 0$$

де $G = 19200 \text{ Н}$ – маса плуга;

$f = 0,2$ - коефіцієнт перекочування опорного колеса;

$h = 1,2 \text{ м}$ – висота навіски плуга;

$h_k = 0,1 \text{ м}$ – відстань від осі опорного колеса до рами плуга;

$L = 1,2 \text{ м}$ – відстань між боковими тягами навіски;

$l = 0,2 \text{ м}$ – відстань між опорним колесом і гряділем рами в горизонтальній площині.

Оскільки кути нахилу тяг механізму навішування плуга є незначними, косинуси цих кутів зазвичай приймають рівними одиниці.

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Після підстановки в рівняння рівноваги числових значень геометричних параметрів (відстаней) та силових факторів, що діють на раму, визначаються зусилля, які трактор передає на навісний пристрій плуга під час роботи.

Ці зусилля становитимуть:

$$P = 13871H$$

$$P_1 = 18028H$$

$$P_2 = 21118H$$

4.3. Розрахунок на міцність деталей і вузлів плуга

4.3.1. Розрахунок на міцність штанги навісного пристрою

Під час роботи на штангу навіски плуга передаються зусилля

$$P_1 = 18028H \text{ та } P_2 = 21118H$$

Приймаємо матеріал труби штанги - Сталь 45 ГОСТ 1050-88, для якої допустимі напруження на згин дорівнюють $[\sigma_{\text{зг}}] = 64 \text{ МПа}$ [6,21]

$$[\sigma_{\text{н}}] = 64 \text{ МПа}$$

Наведемо розрахункову схему (рис. 4.3).

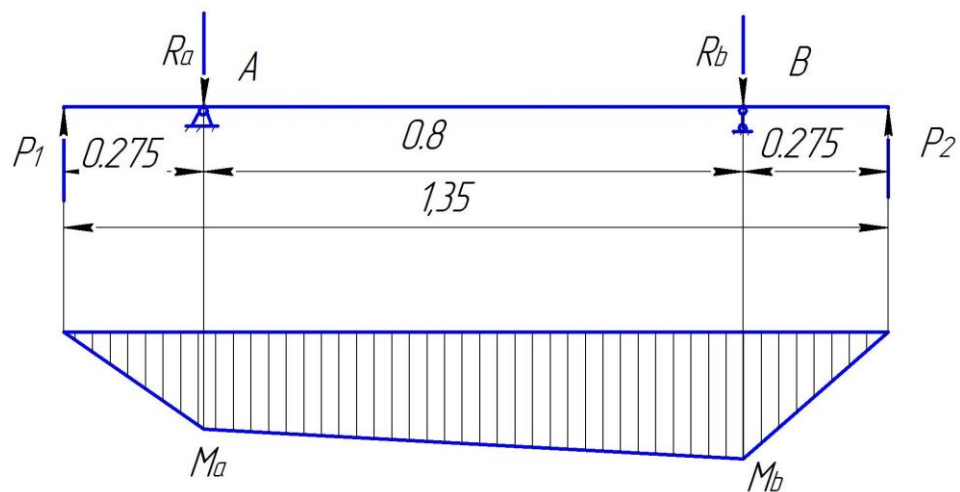


Рис. 4.3. Розрахункова схема труби штанги

Визначаємо реакції в опорах A та B .

Для розрахунку реакції в опорі B складемо рівняння суми моментів відносно опори A .

$$\sum M_a = -P_1 \cdot 0,275 - R_b \cdot 0,8 + P_2 \cdot 1,075 = 0 \quad (4.12)$$

Звідки

$$-R_b = \frac{P_1 \cdot 0,275 - P_2 \cdot 1,075}{0,8} = -\frac{18028 \cdot 0,275 - 21118 \cdot 1,075}{0,8} = 22180,3H$$

Рівняння суми моментів відносно точки B .

$$\sum M_B = -P_1 \cdot 1,075 + R_a \cdot 0,8 + P_2 \cdot 0,275 = 0$$

Звідки

$$R_a = \frac{P_1 \cdot 1,075 - P_2 \cdot 0,275}{0,8} = \frac{18028 \cdot 1,075 - 21118 \cdot 0,275}{0,8} = \frac{19566 - 5862,2}{0,8} = 16964,5 \text{ Н}$$

Визначимо згинаючі моменти в даних опорах

$$M_A = P_1 \cdot 0,275 = 18028 \cdot 0,275 = 4957,7 \text{ Нм}$$

$$M_B = P_2 \cdot 0,275 = 21118 \cdot 0,275 = 5807,5 \text{ Нм}$$

Представлена епюра (рис. 4.3) свідчить, що найбільший згинальний момент виникає на опорі B . Штанга в зоні цієї опори має круглий поперечний переріз діаметром $d = 35 \text{ мм}$.

Запишемо умову міцності

$$\sigma_{\text{зг}} = \frac{M_B}{0,1 \cdot d_m^3} \leq [\sigma_{\text{зг}}] \quad (4.13)$$

де $d_m = 0,07 \text{ м}$ – діаметр труби штанги.

Тоді

$$\sigma_{\text{зг}} = \frac{5807,5}{0,1 \cdot 0,07^3} = 17,0 \text{ МПа} \leq [\sigma_{\text{зг}}] 64 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{зг}} = \frac{5862,2}{0,1 \cdot 0,07^3} = 17,1 \text{ МПа} \leq 64 \text{ МПа}$$

Умова міцності на згин виконується

Характер навантаження штанги (рис. 4.3) свідчить про те, що небезпечним може бути не лише переріз в опорах A чи B , а й ділянка між ними. Під дією сил P_1 та P_2 деформація штанги може відбуватися в напрямку, протилежному до вектору їхньої дії. Для спрощення розрахунку приймемо такі припущення: оскільки сила P_2 за величиною дещо перевищує P_1 , у подальших обчисленнях використаємо саме її значення, вважаючи навантаження штанги симетричним з обох боків.

Величина можливої деформації визначається за такою залежністю [9,21]

$$f = \frac{P_2 \cdot c^2}{3EJ} \left(c + \frac{3l}{2} \right), \quad (4.14)$$

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

де $c = 0,275\text{ м}$ – відстань від точки прикладення сили P_2 до опор B і C ;

$l = 0,8\text{ м}$ – відстань між опорами A і B ;

$E = 2,15 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ – модуль пружності сталі;

J – осьовий момент інерції для труби

$$J = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) = \frac{3,14}{64} (0,085^4 - 0,055^4) = 2,1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4, \quad (4.15)$$

де $D = 0,085\text{ м}$ і $d = 0,055\text{ м}$ – відповідно зовнішній та внутрішній діаметр труби з якої виготовлено штангу.

Тоді

$$f = \frac{21118 \cdot 0,275^2}{3 \cdot 2,15 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 2,1 \cdot 10^{-5}} \cdot \left(0,275 + \frac{3 \cdot 0,8}{2} \right) = 1,63 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

Таким чином, проведені розрахунки підтверджують, що прогин штанги між опорами практично відсутній, а спроектований навісний пристрій повністю задовольняє вимогам надійності.

Висновок по розділу. Проведено аналіз конструкції ярусного плуга ПНЯ-6-42 та умов його роботи. Визначено сили й моменти, що діють на корпуси та навісний механізм під час оранки, а також виконано розрахунок навантажень на штангу начіпного пристрою. Запропоноване вдосконалення навіски зі швидкознімною штангою дозволяє підвищити зручність агрегування, скоротити час підготовки до роботи та забезпечити необхідну міцність і надійність конструкції.

5. Охорона праці.

5.1. Аналіз умов праці під час механізованого вирощування люцерни

Технологічний процес вирощування люцерни включає комплекс механізованих операцій, пов'язаних із підготовкою ґрунту, внесенням добрив, сівбою, доглядом за посівами та заготівлею кормової маси. Виконання зазначених робіт супроводжується впливом на працівників небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть призвести до виробничого травматизму або професійних захворювань.

Особливо відповідальною операцією є основний обробіток ґрунту із застосуванням удосконаленого плуга ПНЯ-6-42 у складі машинно-тракторного агрегату. Під час роботи агрегату на механізатора діють підвищений рівень шуму, загальна та локальна вібрація, пил, несприятливі метеорологічні умови, а також нервово-психічні навантаження, пов'язані з контролем технологічного процесу.

Згідно із Законом України «Про охорону праці», роботодавець зобов'язаний створити безпечні та нешкідливі умови праці, забезпечити працівників засобами індивідуального захисту та організувати проведення інструктажів з питань безпеки праці.

Основними небезпечними факторами при роботі з плугом ПНЯ-6-42 є [4,8,23]:

- рухомі елементи навісної системи трактора;
- гострі різальні кромки лемішів;
- можливість обриву кріпильних елементів під навантаженням;
- перекидання агрегату на схилах;
- можливість наїзду на сторонні предмети або людей;
- підвищений рівень запиленості повітря робочої зони.

До шкідливих виробничих факторів належать шум двигуна, вібрація, відпрацьовані гази, підвищена температура повітря в кабіні трактора та значне статичне навантаження на опорно-руховий апарат механізатора [7].

5.2. Вимоги безпеки під час експлуатації удосконаленого плуга.

Перед початком роботи механізатор повинен провести технічний огляд агрегату, перевірити справність гідросистеми, навісного механізму трактора, стан робочих органів плуга та надійність усіх кріплень.

Під час агрегування плуга з трактором забороняється перебування людей між трактором і машиною. Зчіпку виконують лише після повної зупинки трактора та вимкнення двигуна [8,23].

Перед виїздом у поле необхідно перевірити:

- надійність кріплення корпусів плуга;
- справність гідравлічних шлангів;
- роботу освітлювальних приладів;
- комплектність засобів пожежогасіння;
- наявність аптечки першої допомоги.

Під час роботи агрегату забороняється:

- очищати робочі органи від ґрунту або рослинних решток при працюючому двигуні;
- виконувати регулювання механізмів під час руху;
- перевозити людей на рамі плуга;
- працювати при несправній гідросистемі;
- залишати трактор без нагляду з піднятим плугом.

Повороти агрегату необхідно виконувати плавно після піднімання плуга в транспортне положення. Під час руху дорогами загального користування робочі органи повинні бути переведені у транспортний стан та зафіксовані запобіжними пристроями.

5.3. Заходи щодо покращення умов праці механізатора.

Для зниження рівня виробничих ризиків доцільно застосовувати комплекс організаційних і технічних заходів.

Зменшення впливу шуму забезпечується використанням сучасних тракторів із шумоізованими кабінами та своєчасним технічним

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

обслуговуванням двигуна. Рівень шуму на робочому місці не повинен перевищувати нормативних значень, установлених санітарними нормами [7,8].

Для боротьби з вібрацією використовуються підресорені сидіння механізаторів, амортизувальні елементи кабіни та підтримання належного технічного стану ходової системи трактора.

Зниження запиленості повітря досягається застосуванням герметизованих кабін із системою вентиляції та очищення повітря. За необхідності механізатор повинен використовувати респіратор.

З метою профілактики професійної втоми рекомендується дотримуватися раціонального режиму праці та відпочинку. Тривалість безперервної роботи механізатора не повинна перевищувати встановлених нормативів.

Особлива увага приділяється забезпеченню працівників спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до вимог чинного законодавства.

5.4. Пожежна безпека під час виконання польових робіт.

Під час виконання механізованих робіт у польових умовах існує небезпека виникнення пожеж через несправність електрообладнання, потрапляння пально-мастильних матеріалів на нагріті поверхні двигуна або коротке замикання електропроводки [4].

Для попередження пожеж необхідно:

- регулярно очищати трактор і плуг від пилу та рослинних залишків;
- контролювати герметичність паливної системи;
- не допускати паління поблизу місць зберігання пального;
- проводити заправлення лише при вимкненому двигуні;
- забезпечувати техніку вогнегасниками.

У разі виникнення загоряння необхідно негайно зупинити агрегат, відключити електроживлення, застосувати первинні засоби пожежогасіння та повідомити пожежно-рятувальну службу.

Висновок по розділу. У розділі розглянуто основні небезпечні та шкідливі фактори під час механізованого вирощування люцерни із застосуванням плуга

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

ПНЯ-6-42. Наведено вимоги безпеки під час експлуатації агрегату, заходи щодо покращення умов праці механізатора та основні правила пожежної безпеки. Запропоновані заходи сприятимуть зниженню виробничого травматизму та підвищенню безпеки праці.

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

6. Висновки.

У кваліфікаційній бакалаврській роботі розглянуто питання підвищення ефективності механізованого вирощування люцерни шляхом удосконалення технології основного обробітку ґрунту та модернізації ярусного плуга ПНЯ-6-42. На основі проведеного аналізу встановлено, що люцерна є однією з найцінніших багаторічних бобових культур, яка характеризується високою кормовою цінністю, значною врожайністю та позитивним впливом на родючість ґрунту. Завдяки здатності накопичувати атмосферний азот культура сприяє покращенню агрофізичних властивостей ґрунту та є важливим попередником у сівозмінах.

У роботі проаналізовано типову технологію вирощування люцерни, зокрема систему удобрення, способи підготовки ґрунту, особливості сівби, догляду за посівами та збирання врожаю. Визначено, що для умов Кіровоградської області особливе значення має якісний основний обробіток ґрунту на глибину до 35 см, який забезпечує накопичення вологи, покращення структури орного шару та ефективне загортання рослинних решток.

Обґрунтовано доцільність використання орного агрегату у складі трактора John Deere 8430 та ярусного плуга ПНЯ-6-42. Проведені тягово-експлуатаційні розрахунки підтвердили переваги проєктного агрегату над базовим варіантом Т-150К + ПЛН-5-35. Установлено, що застосування запропонованого агрегату дозволяє підвищити змінну продуктивність на 4,12 га та зменшити питомі витрати пального на 8,8 кг/га, що свідчить про покращення техніко-економічних показників виконання оранки.

У процесі виконання інженерної частини проаналізовано конструкцію плуга ПНЯ-6-42, визначено сили та навантаження, які діють на корпуси і навісний механізм під час роботи. Запропоновано вдосконалення навісного пристрою шляхом використання напівавтоматичної навіски з швидкознімною штангою. Виконані розрахунки на міцність підтвердили надійність запропонованої конструкції та її відповідність умовам експлуатації.

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

У роботі також розглянуто питання охорони праці під час механізованого вирощування люцерни. Визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, наведено вимоги безпеки під час роботи з плугом, а також запропоновано заходи щодо покращення умов праці механізатора та забезпечення пожежної безпеки.

Отже, результати кваліфікаційної роботи підтверджують технічну та економічну доцільність використання удосконаленого плуга ПНЯ-6-42 у технології вирощування люцерни. Запропоновані рішення сприятимуть підвищенню ефективності виконання польових робіт, зниженню експлуатаційних витрат і покращенню умов праці механізаторів.

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

Список використаної літератури.

1. Вирощування люцерни. URL: <https://sadyba.com/viroshhuvannja-ljucerni>.
2. Вирощування люцерни та її кормова цінність. URL: <https://propozitsiya.com/articles/vyroshchuvannya-lyutserny-ta-yiyi-kormova-tsinnist>.
3. 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.
4. Березуцький В. В. Охорона праці : навчальний посібник. Харків : Факт, 2021. 480 с.
5. Боженко В.О. Сільськогосподарські машини та їх використання: Навчальний посібник. Київ: Аграрна освіта, 2009. 420 с.
6. Деталі машин. Розрахунок та конструювання [Текст] : підручник / Г. В. Архангельський, М. С. Воробйов, В. С. Гапонов [та ін.]. Київ : Талком, 2014. 684 с.
7. ДСТУ ISO 4872:2015. Акустика. Вимірювання шуму, що випромінюється будівельним обладнанням, призначеним для зовнішнього використання. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. – 28 с.
8. ДСТУ 2189-93 Система стандартів безпеки праці. Машини сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки. Зі зміною № 1 та поправкою.
9. 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.
10. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво. – К.: Аграрна освіта, 2001. – 591 с.
11. Значення люцерни у землеробстві. URL: <https://www.agroone.info/publication/znachennja-ljucerni-u-zemlerobstvi>.

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

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

13. Люцерна. URL: https://aoplatforma.com/reference/agro-dictionary/page/lyucerna?srsId=AfmBOorBVQf7x0OGgI2_Sw92gq5a7Xwjf1JE4siE_qd_lrXlqCByH7QBp.

14. Люцерна – королева фуражних культур. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/17607-liutserna-koroleva-furazhnykh-kultur.html>.

15. Люцерна: монографія. В. І. Гноєвий, М. П. Русько, І. В. Гноєвий [та ін.]; рец.: Ю. Д. Рубан, Я. І. Півторак, Т. І. Гопцій; М-во аграрної політики та продовольства України, НААН України, Харк. держ. зоовет. акад. Харків: ФОП Бровін О.В., 2014. 250 с.

16. Люцерна як сидерат і кормова культура. URL: <https://soncesad.com/statti/siderati/lyuczerna-yak-siderat-i-kormova-kultura.html>.

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

18. 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.

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

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

20. 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.

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

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

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

24. Ресурсоощадні технології вирощування люцерни на насіння в Південному Степу України: навчально - метод. посібник / Р. А. Вожегова, Г. В. Сахно, С. Ю. Булигін [та ін.]; ред.: Р. А. Вожегова, С. П. Голобородько, О. М. Димов [та ін.]. Херсон: Айлант, 2012. 130 с.

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

26. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. «Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування: Підручник для студ. вищ. навч. закл. із спец. „Машини та облад. с.-г. вир-ва». Кн. 1: Машини для рільництва. -Київ, Урожай, 2001, 384 с.

27. Якісні інокулянти — ефективний спосіб підвищення продуктивності люцерни. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/17384-yakisni-inokulianty-efektyvnyi-sposib-pidvyshchennia-produktyvnosti-liutserny.html>.

ДОДАТКИ

					МВЛ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

					МВЛ 00.000 ПЗ	
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Арк. 49	