

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Підвищення ефективності передпосівного обробітку ґрунту з
розробкою пристосування для вирівнювання ґрунту до
культиватора КПС-4

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГс-42
спеціальності 208

Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Мисак В.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Олексюк В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Сташків М.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Технічної механіки та сільськогосподарських машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Бабій А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« » 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія
(шифр і назва спеціальності)

студенту Мисаку Владиславу Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності передпосівного обробітку ґрунту з розробкою пристосування для вирівнювання ґрунту до культиватора КПС-4

Керівник роботи Олексюк Василь Петрович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 22 » січня 2025 року № 4/7-25

2. Термін подання студентом завершеної роботи 25 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи

Вид роботи – передпосівний обробіток ґрунту, Базова конструкція культиватора КПС-4,
склад агрегату: МТЗ-80/82+КПС-4, ширина захвату – 4 м,
глибина обробітку – 0,12 см, робоча швидкість – 8 км/год

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Реферат. Вступ. 1. Оглядова частина. 2. Рекомендації з підвищення ефективності
передпосівного обробітку ґрунту. 3. Проектна частина. 4. Безпека життєдіяльності, основи
охорони праці. Загальні висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Культиватор КПС-4. Загальний вигляд. - 1А4. 2. Схема розміщення робочих органів. – 1А4.
3. Вирівнювач ґрунту. Складальне креслення. – 1А4. 4. Дослідження НДС лапи культиватора. –
1А4. 5. Схеми до розрахунків робочих органів культиватора. – 1А4. 6. Деталювання. – А4.
7. Аналіз технологій передпосівного обробітку ґрунту. – 1А4. 8. Огляд агрегатів для
передпосівного обробітку ґрунту. – 2А4.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Комар Р.В., доцент		

7. Дата видачі завдання

27.01.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Оглядова частина.	02.02.2025 р.	
2	Рекомендації з підвищення ефективності передпосівного обробітку ґрунту.	09.02.2025 р.	
3	Проектна частина.	15.05.2025 р.	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	25.05.2025 р.	
5	Реферат. Вступ. Висновки.	05.06.2025 р.	
6	Ілюстративна частина. Додатки.	15.06.2025 р.	

Студент

(підпис)

Мисак В.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Олексюк В.П.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Мисак Владислав Олександрович.

Тема роботи – «Підвищення ефективності передпосівного обробітку ґрунту з розробкою пристосування для вирівнювання ґрунту до культиватора КПС-4».

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Олексюк Василь Петрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Актуальність теми роботи

В Україні використовуються різноманітні методи передпосівних обробітків ґрунтів. Проте, не всі з них повністю задовольняють вимоги отримання високих і стабільних врожаїв сільськогосподарських культурних рослин за мінімальних енергетичних витрат.

Все більшого значення набувають енергоощадні технології, в яких основну увагу приділено економії енергетичних ресурсів. Один із шляхів запровадження енергоощадних технологій – застосування комплексних багатоопераційних агрегатів.

Широке застосування отримали комплексні ґрунтообробні агрегати, які за один прохід виконують до шести операцій, тобто одночасно здійснюють повний цикл робіт із підготовки ґрунту, наприклад, для сівби зернових. Це забезпечує скорочення строків повного циклу обробітку ґрунту, що має особливе значення для передпосівного обробітку, зменшує ущільнення ґрунту колесами агрегатів та витрати пального, а також питому металомісткість агрегату на одиницю обробленої площі порівняно з аналогічним сумарним показником задіяних одноопераційних агрегатів. Причому якість кінцевого обробітку ґрунту не тільки не знижується, а навпаки – поліпшується.

Тому питання підвищення ефективності проведення робіт з передпосівного обробітку ґрунтів шляхом модернізації вітчизняних ґрунтообробних агрегатів є важливим.

Мета роботи

Основною метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності передпосівного обробітку ґрунту, шляхом застосування культиватора КПС-4 обладнаного пристосуванням для вирівнювання ґрунту.

Об'єкт, методи та джерела дослідження

Об'єкт дослідження. Технології передпосівного обробітку ґрунту.

Предмет дослідження. Культиватор КПС-4.

Методи дослідження. Економіко-статистичний, порівняльний, математичного моделювання, теоретико-емпіричний.

Отримані результати:

- здійснено аналіз технологій передпосівного обробітку ґрунту;
- проведено огляд агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту;
- розглянуто агротехнічні вимоги до передпосівного обробітку ґрунту;
- проведено розрахунок економічної ефективності застосування культиватора КПС-4;
- запропоновано рекомендації з підвищення ефективності передпосівного обробітку ґрунту;
- проведено обґрунтування конструкції культиватора КПС-4;
- розраховано основні параметри робочих органів культиватора;
- здійснено обґрунтування параметрів стійок культиватора та розрахунки напружено-деформованого стану лап культиватора;
- розроблені вказівки з охорони праці та пожежної безпеки, пов'язані з експлуатацією культиватора.

Практичне значення отриманих результатів.

Запропоноване вирівнювальне пристосування забезпечує високу якість вирівнювання поверхні поля, а також формування на глибині 5–8 см ущільненого прошарку ґрунту, який прикривається верхнім розпушеним, дрібногрудкуватим і вирівняним шаром завдяки роботі ланцюгового шлейфу. Така структура посівного ложа сприяє зменшенню втрат вологи та створенню

оптимальних умов для проростання насіння, що є критично важливим для досягнення високої врожайності сільськогосподарських культур.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 58, додатки – 2 арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 10 арк. формату А4.

Ключові слова: культиватор, машинно-тракторний агрегат, передпосівний обробіток, ґрунт, ланцюговий шлейф.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

Розділ 2:

- P – чиста вага знаряддя (пристосування для вирівнювання ґрунту), кг;
- Π – коефіцієнт конструкторської складності у порівнянні із серійним знаряддям;
- H – витрати на виробництво 1 кг чистої маси однотипної продукції, грн/кг;
- K_M – коефіцієнт зміни витрат на виробництво;
- M – вартість 1 кг чистої ваги матеріалу, що входить у знаряддя, грн/кг;
- D – вартість витрат, пов'язаних із транспортними витратами, грн;
- Π_H – нормативний прибуток, грн.;
- P_C – галузева нормативна рентабельність;
- B – коефіцієнт подорожчання, пов'язаний із підвищенням витрат виробництва продукції;
- C_{UH} і C_{UH} – питомі експлуатаційні витрати на одиницю продукції при вихідному і порівнювальному варіантах, грн.;
- K_{UH} і K_{UH} – питомі капітальні вкладення по тим же варіантам, грн. грн.;
- E_H і E_H – нормативні коефіцієнти ефективності капітальних вкладень;
- D – додатковий чистий дохід за рахунок збільшення кількості продукції, грн/га;
- Q_H – річний обсяг роботи, год.

Розділ 3:

- φ – кут тертя бур'янів по лезу лапи;
- L – відстань між задньою і передньою лапами, мм;
- δ – кут випадкового відхилення культиваторів від прямої лінії;
- b – ширина лапи, мм;
- a – глибина обробітку ґрунту, мм;
- θ – кут сколу ґрунту;
- α – кут входження робочих органів в ґрунт;

l – довжина прямої ділянки стійки культиватора, мм;

G – вага культиватора, Н;

Q – вага ґрунту, який знаходиться на робочих органах, Н;

Q_1 – зусилля, яке затрачається на відривання пласту, Н;

q – питома вага ґрунту, $кг/см^3$;

n – кількість робочих органів;

F_K – вага 2-х коліс культиватора, Н;

n_1, n_2, n_3 – плечі відповідних сил на планах швидкостей, мм;

f – коефіцієнт опору пересуванню коліс.

ЗМІСТ

Вступ	10
1. Оглядова частина	11
1.1. Аналіз технологій передпосівного обробітку ґрунту	11
1.2. Огляд агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту	14
1.3. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра	19
2. Рекомендації з підвищення ефективності передпосівного обробітку ґрунту	22
2.1. Агротехнічні вимоги до передпосівного обробітку ґрунту	22
2.2. Розрахунок економічної ефективності застосування культиватора КПС-4	25
3. Проектна частина	30
3.1. Обґрунтування конструкції культиватора КПС-4	30
3.2. Розрахунок параметрів робочих органів	37
3.3. Розрахунок параметрів стійок культиватора	41
3.4. Визначення зусиль в ланках механізмів причіпного культиватора	43
3.5. Аналіз напружено-деформованого стану лапи культиватора	45
4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	50
4.1. Загальна характеристика операції і нормативні вимоги безпеки при її виконанні	50
4.2. Вказівки з охорони праці та пожежної безпеки, пов'язані з експлуатацією агрегату	51
Загальні висновки	54
Перелік посилань	56
Додатки	58

ВСТУП

Весняний обробіток ґрунту перед посівом є завершальним етапом у системі агротехнічних заходів, які реалізуються із використанням сучасних агротехнологій. Ця стадія підготовки поля до сівби включає низку дій, зокрема вирівнювання поверхні та створення у верхньому розпушеному шарі ґрунту сприятливих умов для проростання насіння.

Підготовка ґрунту до весняного сезону відіграє ключову роль у формуванні оптимального середовища для сівби та подальшого розвитку сільськогосподарських культур. Якісне виконання таких агрооперацій, як боронування, культивація, коткування та розпушування, сприяє утворенню потрібної зернистої структури ґрунту. Це, своєю чергою, забезпечує збереження вологи, рівномірні сходи насіння, належний фітосанітарний стан полів, ефективну аерацію та стабільне прогрівання ґрунтової поверхні. Важливо також, щоб глибина обробітку відповідала глибині висіву насіння.

Весняну підготовку ґрунту здійснюють у при досягненні фізичної стиглості, тобто після танення снігу, коли ґрунт набуває такої вологості, за якої добре розпушується і не прилипає до робочих органів сільськогосподарських знарядь. Саме за таких умов забезпечується найвища ефективність обробітку з мінімальними витратами тягової сили.

Інтервал між весняним обробітком ґрунту та сівбою необхідно максимально скоротити, щоб зменшити втрати вологи з поверхні ґрунту.

Для належної підготовки ґрунтів до весняного сезону потрібно виконати низку важливих агротехнічних заходів:

- зберегти оптимальний рівень вологості у ґрунтовому шарі;
- ретельно подрібнити рослинні залишки та рівномірно змішати їх із ґрунтом відповідно до обраної технології;
- поверхню поля для безперешкодного проходження сівалки;
- забезпечити правильність внесення мінеральних добрив;
- розпушити ґрунт на необхідну глибину;
- провести механічне знищення проростків бур'янів.

1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз технологій передпосівного обробітку ґрунту

Весняна підготовка ґрунту до сівби є ключовим агротехнічним заходом, що створює сприятливі умови для успішного старту посівної кампанії та подальшого вирощування сільськогосподарських культур. Якісне виконання технологічних операцій, таких як боронування, культивація та прикочування (відповідно до обраної агротехнічної системи), забезпечує ефективне розпушення ґрунту та формування його оптимальної агрегатної структури.

Реалізація зазначених заходів сприяє збереженню вологи в орному шарі, покращенню якості висіву насіння, підвищенню фітосанітарного рівня поля, а також покращує аерацію та забезпечує рівномірне прогрівання поверхні ґрунту [15]. Особливу увагу слід приділяти відповідності глибини обробітку встановленій глибині висіву насіння, що є необхідною умовою для дружних та рівномірних сходів.



Рисунок 1.1 – Передпосівний обробіток ґрунту

Весняний обробіток ґрунту розпочинається після досягнення ним фізичної стиглості, що відбувається після повного танення снігового покриву. Під фізичною стиглістю розуміють стан ґрунту, коли його вологість є оптимальною для проведення обробки – ґрунт легко розпушується, не прилипаючи до робочих органів агрегатів, що дозволяє забезпечити ефективність агротехнічних операцій із мінімальними витратами енергії.

Ключовим агротехнічним завданням є максимальне скорочення інтервалу між весняним обробітком і сівбою, оскільки це дозволяє зберегти вологу в орному шарі [15].

Результатом якісного виконання передпосівних операцій є утворення дрібногрудкуватого шару ґрунту, що забезпечує рівномірне висівання насіння, ефективне збереження вологи, а також створює сприятливі умови для проростання та подальшого розвитку рослин. Оптимальний водно-повітряний і тепловий режим у поєднанні з достатнім рівнем забезпечення елементами живлення формує середовище, яке відповідає біологічним потребам вирощуваних культур [15].

Вибір системи обробітку та визначення глибини передпосівного розпушування ґрунту залежать від низки факторів: гранулометричного складу ґрунту, рівня засміченості поля, біологічних особливостей запланованих до вирощування культур та строків посіву. Починати передпосівний обробіток доцільно лише після досягнення ґрунтом фізичної стиглості, адже передчасне проведення робіт на перезволоженому ґрунті призводить до його налипання на знаряддя, а надто пізніше – до інтенсивної втрати вологи, особливо на легких ґрунтах, що може негативно вплинути на майбутній урожай.

Передпосівний обробіток ґрунту зазвичай включає декілька послідовних етапів [15]:

Оранка здійснюється переважно в регіонах із підвищеною вологістю та є доцільною при вирощуванні просапних культур. Особливо ефективною вона є у

поєднанні з глибоким рихленням на підзолистих ґрунтах. За необхідності на цьому етапі проводять внесення органічних добрив, що сприяє поліпшенню структури ґрунту та підвищенню його родючості.

Боронування та шлейфування проводяться одразу після сходу снігового покриву. Вибір агрегатів для цих операцій залежить від фізичного стану ґрунту, зокрема його зволоженості, ступеня ущільнення, наявності залишків великогрудкуватої структури, вирівняності поверхні та утворення ґрунтової кірки. Зазвичай застосовують дискові борони з глибиною обробітку 6–10 см. Важливо дотримуватись оптимальної глибини, оскільки надмірне заглиблення може сприяти винесенню насіння бур'янів із глибших шарів на поверхню, що ускладнює фітосанітарний стан поля.

Культивація виконується через 1–3 доби після боронування, зазвичай у ранньовесняний період. Кількість проходів і глибина культивування визначаються рядом факторів: механічним складом ґрунту, рівнем вологості, попередніми агротехнічними заходами та біологічними вимогами культур. Для більшості пізніх ярих культур рекомендується проведення не менш ніж двох культивувань. У роботі використовуються агрегати, оснащені стрілочастими лапами, що забезпечують не лише розпушення верхнього шару ґрунту, а й ефективно знищення бур'янів. Культиватори формують ущільнене ложе для насіння та рівномірно обробляють верхній шар, що сприяє якісному висіву та рівномірному проростанню посівного матеріалу.

Прикочування є завершальним етапом механічної підготовки поля після виконання інтенсивних обробіток. За допомогою котків забезпечується вирівнювання поверхні ділянки, дроблення грудок і зменшення розміру ґрунтових брил, часткове заглиблення каміння, а також ущільнення верхнього шару ґрунту. Ці дії сприяють збереженню вологості у посівному шарі, що є важливою умовою для дружних і рівномірних сходів сільськогосподарських культур.

Внесення мінеральних добрив є важливою складовою весняної підготовки ґрунту, особливо при вирощуванні пізніх ярих культур. Зазвичай використовують комплексні мінеральні добрива, зокрема нітроамофоску, нітрофоску або амофосфат, які є як екологічно безпечними, так і економічно доцільними. Добрива вносять на глибину 5–12 см для зернових культур і до 20 см – для просапних. Застосування сучасної техніки, зокрема прямосівних сівалок, зернотукових сівалок та комбінованих культиваторів-підживлювачів, забезпечує ефективне розміщення поживних речовин у зоні розвитку кореневої системи рослин, що підвищує ефективність засвоєння добрив.

Застосування гербіцидів є необхідним заходом для контролю бур'янової рослинності. Вибір препаратів та терміни їх внесення визначаються залежно від спектра дії, селективності та особливостей вирощуваних культур. У системах зяблевого обробітку для знищення багаторічних кореневищних і паросткових бур'янів широко застосовуються гербіциди на основі гліфосату. Ґрунтові гербіциди доцільно вносити під час передпосівної культивації з обов'язковим загортанням у ґрунт. Поєднання хімічного методу боротьби з бур'янами з механічною обробкою дозволяє досягти високої ефективності агротехнічних заходів у передпосівний період.

1.2. Огляд агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту

Однією з ключових вимог до технічних засобів, що застосовуються для передпосівного обробітку ґрунту, є забезпечення стабільної, невеликої та рівномірної глибини обробки, яка має відповідати глибині загортання насіння.

На сучасному ринку сільськогосподарської техніки представлений широкий вибір агрегатів для виконання передпосівних операцій. Особливої уваги заслуговують моделі провідних зарубіжних виробників, які, хоча й мають

високу вартість, вирізняються значним ресурсом експлуатації та високим рівнем технічної надійності. Їхні конструктивні особливості адаптовані до інтенсивної експлуатації на великих за площею землеволодіннях, що є характерним як для ринку країн-виробників, так і для умов вітчизняного аграрного сектору. Завдяки цьому зазначені агрегати здатні ефективно функціонувати протягом багатьох років за умов високих навантажень.

Агрегат для передпосівного обробітку ґрунту FLEX

Серед сучасних технічних засобів для передпосівного обробітку ґрунту значне поширення отримав агрегат **FLEX** від компанії **Mandam**, який представлений у модифікаціях із робочою шириною 3,0; 4,5 та 5,8 м. Конструкція агрегата передбачає наявність дворядних пружинних зубів із лемішами, а також секції для розпушування, розміщеної між переднім струнним валом діаметром 350 мм та заднім валом типу Crosskill діаметром 400 мм.

Також передбачена модифікація з трирядним розташуванням зубів та додатковим різаком, що підвищує якість обробітку та забезпечує кращу стабілізацію структури верхнього шару ґрунту. Робочі секції агрегата закріплені на незалежних поворотних осях, що дозволяє агрегату адаптуватися до мікрорельєфу поля і підтримувати сталу глибину обробки по всій ширині захвату.



Рисунок 1.2 – Агрегат для передпосівного обробітку ґрунту FLEX

Модель із робочою шириною 3,0 м має масу 1160 кг і потребує трактора потужністю щонайменше 110 к.с., тоді як агрегат шириною 5,8 м має масу 3100 кг і вимагає застосування трактора з потужністю не менше 210 к.с. Така варіативність дозволяє адаптувати технічний засіб до умов конкретного господарства, залежно від розмірів оброблюваних площ і наявного тягового парку.

Широкозахватний передпосівний компактор SWIFTER SE12000

Серед сучасних високопродуктивних агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту значне поширення отримав широкозахватний компактор SWIFTER SE, розроблений чеським виробником сільськогосподарської техніки **BEDNAR FMT**. Модель із робочою шириною 12 м вирізняється модульною конструкцією – окремі секції кріпляться до основної рами незалежно, що забезпечує високий рівень копіювання рельєфу поля.

Агрегат оснащений телескопічними тягами, опорними боковими колесами та переднім розташуванням транспортних коліс, що сприяє стабільності агрегата при роботі на великих площах. Робоча глибина агрегата

становить від 2 до 12 см і точно підтримується навіть на полях зі складним мікрорельєфом.



Рисунок 1.3 – Передпосівний агрегат SWIFTER SE12000

SWIFTER SE здатен виконувати до восьми технологічних операцій за один прохід, зокрема вирівнювання поверхні, подрібнення грудок та формування якісного посівного ложа. Завдяки вдосконаленій рамі, агрегат може здійснювати розвороти на краях поля без втрати стабільності та зносу робочих органів, що значно підвищує загальну продуктивність.

Попри велику робочу ширину, агрегат легко транспортується завдяки можливості складання до 3 м. Для ефективної експлуатації компактор агрегатується з гусеничним трактором **Challenger MT 875 B**, потужність якого становить 590 к.с., що відповідає вимогам до тягового забезпечення агрегата такого класу.

Передпосівний агрегат Germinator

Серед ефективних технічних засобів для передпосівного обробітку ґрунту слід виділити агрегати **Germinator**, що розроблені компанією **Kongsilde** (нині є частиною корпорації **New Holland**). Модельний ряд представлений версіями

SP та модернізованою **Pro**, які широко застосовуються у передпосівній підготовці завдяки своїй функціональній гнучкості та конструктивній досконалості.

Агрегат оснащено розпушувальною секцією з пружинними зубами, які працюють під мінусовим кутом атаки, що забезпечує якісне розпушення верхнього шару ґрунту. У конфігурації **Germinator SP** передбачено кілька робочих модулів, серед яких струнні вали, котки, п'ять рядів розпушувальних зубів, а також задній вал типу "Crosskill" або його комбінація зі струнним валом. Секції мають щільне розташування – 19 зубів на кожний метр робочої ширини з міжряддям у 5 см, що забезпечує рівномірну дію на ґрунт по всій ширині захвату. Притиск кожної секції до поверхні здійснюється за допомогою гідроциліндрів.

Особливістю конструкції є гідравлічне регулювання тиску, яке дозволяє точно налаштовувати глибину обробітку залежно від типу ґрунту й агротехнічних вимог вирощуваної культури. Це особливо актуально при поверхневому посіві культур із дрібним насінням, наприклад, цукрових буряків, де необхідна висока точність розпушування.

Агрегати **Germinator SP** виробляються у причіпному виконанні та мають робочу ширину від 3 до 7 м. Для їх ефективної експлуатації потрібні трактори потужністю від 85 до 175 к.с., що дозволяє використовувати їх як у середніх, так і у великих сільськогосподарських господарствах.



Рисунок 1.4 – Ґрунтообробний агрегат Germinator версії SP

Особливу увагу також заслуговують вітчизняні агрегати для передпосівного обробітку ґрунту, які часто є адаптованими зразками американських конструкцій. Вони комплектуються робочими органами відомих світових виробників, проте мають значно доступнішу вартість, що робить їх привабливими для широкого кола сільськогосподарських підприємств.

Культиватор протиерозійний причіпний КПЄ-3,8 застосовується як для передпосівного, так і для основного обробітку ґрунту. Його основною метою є збереження стерні на поверхні поля та ефективне розпушення ущільненого шару ґрунту після збирання врожаю кукурудзи чи соняшнику на зерно. Така технологія сприяє зниженню ерозійних процесів і поліпшенню структури орного шару.

Комбінована машина РВК-5,4 призначена для виконання комплексу операцій, таких як культивація, вирівнювання та ущільнення ґрунту, за один прохід енергозасобу без переривання технологічного процесу. Це дозволяє суттєво зменшити витрати пального, часу та трудових ресурсів.

Культиватор комбінований ККП-3,7 (напівпричіпного типу) використовується для основного обробітку ґрунтів після збирання високостеблових і просапних культур, а також для передпосівної підготовки. Його конструкція забезпечує ефективне розпушення верхнього шару ґрунту та закладення рослинних решток.

Агрегат ґрунтообробний АГ-4 призначений для безполицевого пошарового обробітку ґрунту. Він виконує інтенсивне перемішування ґрунту з рослинними залишками та добривами, забезпечуючи якісну підготовку поля до сівби зернових культур або повторного посіву. АГ-4 є ефективним рішенням для господарств, які застосовують мінімальний або нульовий обробіток ґрунту.

1.3. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра

Досягнення високої врожайності зернових культур значною мірою залежить від якості передпосівної підготовки ґрунту. Одним із ключових чинників цього процесу є формування рівної поверхні поля, що забезпечує оптимальні умови для подальшого механізованого збирання врожаю, зокрема дозволяє знизити висоту зрізу при роботі зернозбиральних машин.

Для вирівнювання поверхні поля можуть застосовуватись різні технічні засоби. Однією з ефективних агротехнічних операцій є прикочування ґрунту після сівби, яке сприяє ущільненню поверхні, покращенню контакту насіння з ґрунтом, а також забезпечує стабільність роботи збиральної техніки, підвищуючи ефективність усієї технологічної лінії.

Незважаючи на наявність численних методів передпосівного обробітку, не всі з них демонструють високу ефективність у контексті забезпечення сталих і високих урожаїв за умов обмежених енергетичних ресурсів. Для досягнення зростання продуктивності аграрного виробництва – зокрема, підвищення врожайності та зниження енерговитрат і собівартості продукції – важливо

впроваджувати науково обґрунтовані системи обробітку ґрунтів, які враховують ґрунтово-кліматичні особливості регіону та біологічні потреби вирощуваних культур.

Застосування ґрунтообробних знарядь, які функціонують у режимі одноопераційності з багаторазовими проходами, може негативно впливати на стан ґрунту: знижувати його природну родючість, змінювати агрофізичні властивості та порушувати біологічні процеси в орному шарі. Зменшити ці негативні наслідки можливо шляхом впровадження систем мінімальної обробітку, що передбачають використання комбінованих агрегатів, здатних виконувати кілька технологічних операцій за один прохід.

У сучасному агровиробництві дедалі більшого значення набувають енергозберігаючі технології, які орієнтовані на скорочення споживання паливно-енергетичних ресурсів. Одним із перспективних напрямів реалізації таких технологій є застосування багатоопераційних комплексних агрегатів, які дозволяють суттєво підвищити ефективність обробітку ґрунту.

На практиці все ширше впроваджуються універсальні ґрунтообробні агрегати, здатні виконувати до шести агротехнічних операцій за один прохід, включаючи розпушування, вирівнювання, ущільнення та інші дії, необхідні для передпосівної підготовки ґрунту. Це не лише суттєво скорочує загальний строк технологічного циклу, що є критично важливим у період весняних польових робіт, але й знижує ступінь ущільнення ґрунту внаслідок меншої кількості проходів техніки. Крім того, зменшуються витрати пального та питома металомісткість обладнання на одиницю обробленої площі порівняно з використанням сукупності одноопераційних агрегатів.

Якість кінцевої підготовки ґрунту при цьому не тільки не погіршується, а навпаки – покращується за рахунок комплексної дії робочих органів агрегату.

З огляду на це, питання підвищення ефективності передпосівної обробітку ґрунтів шляхом вдосконалення та модернізації вітчизняних комбінованих ґрунтообробних агрегатів є надзвичайно актуальним і потребує подальшого науково-технічного опрацювання.

2. РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

2.1. Агротехнічні вимоги до передпосівного обробітку ґрунту

У весняний період ґрунт містить максимальну кількість вологи, оскільки на той час більшість капілярних і некапілярних пор заповнені водою. З метою збереження цієї вологи надзвичайно важливо забезпечити розпушення верхнього шару ґрунту до стану дрібногрудкуватої структури, що дозволяє порушити систему капілярів і, відповідно, зменшити випаровування води. Одним із ключових завдань поверхневої обробки навесні є також створення оптимальних умов для сівби: насіння повинно бути загорнуте на задану глибину у щільне вологе ложе й прикрите розпушеним, дрібноструктурованим шаром. Ще одним важливим елементом передпосівної підготовки є боротьба з бур'янами, що включає комплекс операцій: луцення стерні, зяблеву оранку та обробітку безпосередньо перед посівом.

На полях, які були оброблені восени методом зяблевої оранки, весняна передпосівна підготовка, як правило, включає ранньовесняне розпушування, вирівнювання та поверхневе ущільнення ґрунту, яке здійснюється після досягнення фізичної стиглості ґрунту. Ефективність зазначених заходів залежить насамперед від своєчасності їх проведення.

На початковому етапі передпосівної підготовки доцільно використовувати зубові борони, шлейфи, волокуші або шлейф-борони. Найкращі результати досягаються при комплексному застосуванні боронування та шлейфування. Зокрема, борони забезпечують розпушення верхнього шару ґрунту, руйнуючи капіляри й зменшуючи втрати вологи у рідкому стані, тоді як шлейфи вирівнюють поверхню поля, подрібнюють грудки і водночас здійснюють поверхневе ущільнення, що перешкоджає випаровуванню вологи у вигляді пари. Таким чином, раціональне поєднання розпушення і ущільнення дає змогу створити оптимальний режим вологи в посівному шарі, що є

критично важливим для забезпечення дружних сходів і формування високої врожайності.

У процесі виконання передпосівних обробітків ґрунту необхідно суворо дотримуватись основних агротехнічних вимог, серед яких: руйнування ґрунтової кірки, розпушення верхнього шару, подрібнення обробленого шару до агрегатів розміром не більше 3 см, ретельне вирівнювання поверхні ріллі, дотримання регламентованої глибини обробітку, запобігання винесенню вологого ґрунту на поверхню, а також ефективне знищення бур'янів [16].

Одним із ключових завдань весняної передпосівної підготовки є раціональний вибір і правильна експлуатація культиваторів, що дозволяє зберегти залишкову вологу, яка є критично важливою у початковій фазі вегетації культур, особливо в умовах дефіциту вологи протягом сезону.

Для забезпечення високої якості обробітку культиватор має бути укомплектований відповідним додатковим обладнанням. Робочі лапи повинні забезпечувати якісне розпушення орного шару з повним перекриттям оброблюваної площі. Недопустимим є залишення необроблених ділянок, оскільки це призводить до утворення нерівномірних сходів, що в подальшому знижує врожайність.

Окрім того, важливу роль відіграють такі додаткові елементи, як розпушувачі колій трактора, вирівнювальні планки, зубчасті борінки та котки. Їхнє використання дозволяє досягти утворення дрібногрудкуватої структури верхнього шару ґрунту, у якій частка великих грудок не перевищує 10%. Така структура не лише оптимальна для збереження вологи, але й створює часовий резерв для сівби – у межах кількох годин або навіть днів – без ризику істотної втрати вологи.

Особливо важливо забезпечити структуру ґрунту, за якої насіння, після висіву та прикочування, має максимальний контакт із ґрунтовими частками та мінімальний – із рослинними залишками. Це є критично важливим для стартового розвитку проростків і формування потужної кореневої системи, що визначає подальшу продуктивність культур.

Механічне знищення бур'янів

Незважаючи на ефективність передпосівного обробітку, повністю виключити появу бур'янів у посівах неможливо. У подальшому все одно виникає потреба у внесенні гербіцидів або застосуванні просапних культиваторів. Проте надзвичайно важливо на початковому етапі вегетації забезпечити мінімальну конкуренцію за вологу, щонайменше протягом 1–2 тижнів після проростання, щоб основні запаси води використовували виключно культурні рослини.

У разі тривалого періоду без опадів (у межах 1–2 місяців після сівби) ефект від попереднього знищення бур'янів у ході передпосівного обробітку буде ще більш помітним, адже за таких умов навіть тимчасове обмеження конкуренції за вологу відіграє критичну роль.

Рациональним рішенням є поєднання обробітку ґрунту з одночасним внесенням добрив, що досягається шляхом встановлення відповідних ємностей на передпосівні культиватори. Такий підхід дозволяє значно зменшити витрати часу, сприяє збереженню вологи в ґрунті та знижує загальні експлуатаційні витрати. З технічної точки зору, реалізація цієї функції не є складною та фінансово доступна для більшості господарств, оскільки потребує лише встановлення простого навісного обладнання.

Крім гранульованих, таким способом ефективно вносяться рідкі мінеральні добрива, які мають високу ефективність у контексті пролонгованого живлення культур, зокрема азотом.

Варто враховувати, що за певних погодних умов застосування важких передпосівних агрегатів може бути недоцільним. Зокрема, в окремі роки весняне потепління настає надзвичайно стрімко: упродовж декількох днів температура може сягати травневих показників. Якщо у ґрунті на момент початку весняної кампанії вже спостерігається дефіцит вологи, найбільш доцільним агроприйомом буде неглибоке закриття вологи легкими боронами та безпосередня підготовка до сівби.

У таких умовах важливо мати у розпорядженні сучасну сівалку,

обладнану потужними ґрунтообробними та вирівнювальними елементами, здатними забезпечити якісне формування посівного ложа, навіть за наявності значної кількості пожнивних решток на поверхні поля.

2.2. Розрахунок економічної ефективності застосування культиватора КПС-4

У межах запропонованої технології передпосівного обробітку ґрунту передбачається використання культиватора КПС-4. Для забезпечення вирівнювання поверхні поля в базовій комплектації агрегат доукомплектується бородами типу БЗТС-1,0 та БЗСС-1,0, які навішуються у кількості чотирьох одиниць на кожен культиватор КПС-4.

З метою підвищення техніко-економічної ефективності, скорочення трудових витрат та прямих експлуатаційних витрат під час проведення передпосівних операцій, доцільним є впровадження альтернативного пристосування для вирівнювання ґрунту замість традиційного використання борін. Така модернізація дозволяє покращити агротехнічні показники виконання робіт, забезпечити більш рівномірну структуру посівного ложа та підвищити загальну ефективність технологічного процесу.

Для обґрунтування доцільності впровадження проектного рішення проводиться розрахунок річного економічного ефекту від використання вдосконаленого варіанту ґрунтообробного агрегата КПС-4.

Галузеву собівартість експлуатації оновленого агрегата доцільно визначати відповідно до типової методики, використовуючи розрахункову залежність:

$$З = P \cdot (П \cdot Н \cdot K_M + M) + Д, \quad (2.1)$$

$$З = 108 \cdot (1,0 \cdot 2,4 \cdot 1,1 + 37) + 280 = 4561,12 \text{ грн.}$$

Знайдемо нижню межу ціни за формулою:

$$Ц_{НЛ} = З + П_H, \quad (2.2)$$

$$П_H = \frac{P_C \cdot C_0}{100}, \quad (2.3)$$

$$П_H = \frac{7 \cdot 4561,12}{100} = 319,3 \text{ грн.}$$

Тоді

$$Ц_{НЛ} = 4561,12 + 319,3 = 4880,4 \text{ грн.}$$

Величина лімітної ціни (галузевої):

$$Ц_{Л} = B \cdot Ц_{НЛ}, \quad (2.4)$$

$$Ц_{Л} = 1,2 \cdot 4880,4 = 5856,5 \text{ грн.}$$

Таким чином, галузева вартість одного пристосування для вирівнювання ґрунту становить 5856,5 грн.

Для порівняння, вартість стандартного комплексу борін БЗТС-1,0 та БЗСС-1,0, які входять до базової комплектації культиватора КПС-4, становить 3910 грн.

Оскільки до складу модернізованого агрегата входять два вирівнювальних пристосування, загальна вартість оновленого ґрунтообробного агрегата з урахуванням заміни борін на вирівнювальні пристосування становитиме:

$$Ц_{ЛА} = 180000 + 2 \cdot 5856,5 = 191713 \text{ грн.}$$

Вихідні дані для проведення розрахунків річної економічної ефективності подано у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані до розрахунків економічної ефективності запропонованого культиватора КПС-4

Назва і позначення показників	Одиниці виміру	КПС-4 базова	КПС-4 проектна
Оптова ціна агрегату	грн	195640	191713
Оптова ціна трактора МТЗ-80	грн	765000	765000
Продуктивність агрегату	га/год	4,8	4,8
Кількість обслуговуючого персоналу	чол.	1	1
Тарифна ставка, $t_{год}$	грн./год	160,84	160,84
Норми відрахувань:			
- на амортизацію	%	14,2	14,2
- на поточний ремонт і ТО	%	16	16
Нормативне річне завантаження			
- трактора	год	1950	1950
- культиватора		360	360
Ціна 1 кг палива	грн	50	50
Питомі витрати палива	кг/га	12,6	12,4
Коефіцієнти:			
- експлуатаційної надійності	-	0,95	0,95
- використання часу зміни	-	0,7	0,7
- ефективності капіталовкладень	-	0,15	0,15
Збільшення врожаю	%	-	3-5

Проведемо розрахунки вартісних показників (таблиця 2.2) для проведення обробітку ґрунту перед посівом.

Таблиця 2.2 – Розрахунок вартісних показників роботи знаряддя

Показник	Нове ґрунтообробне знаряддя	Базове ґрунтообробне знаряддя
Зарплата, <i>грн./га</i>	$\frac{160.84}{8.5} = 18.92$	$\frac{160.84}{8.5} = 18.92$
Ремонтні відрахування і амортизація по знаряддю, <i>грн./га</i>	$\frac{1.1 \cdot 191713 \cdot (14.2 + 16)}{100 \cdot 6 \cdot 360} = 29.48$	$\frac{1.1 \cdot 195640 \cdot (14.2 + 16)}{100 \cdot 6 \cdot 360} = 30.09$
Ремонтні відрахування і амортизація по трактору, <i>грн./га</i>	$\frac{1.1 \cdot 765000 \cdot (24.5 + 22)}{100 \cdot 6 \cdot 1950} = 33.44$	$\frac{1.1 \cdot 765000 \cdot (24.5 + 22)}{100 \cdot 6 \cdot 1950} = 33.44$
Вартість палива, <i>грн./га</i>	$50 \cdot 12.4 = 620$	$50 \cdot 12.6 = 630$
Разом витрати, <i>грн./га</i>	701,84	712,45
Питомі капітальні витрати, <i>грн./га</i>	807,12	819,32

Тоді, фактичний річний економічний ефект від застосування нового знаряддя для проведення передпосівних обробітків ґрунту знайдемо згідно формули:

$$E_{\Gamma} = [(C_{\text{уи}} + E_{\text{и}} \cdot K_{\text{уи}}) - (C_{\text{ун}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{ун}}) + D] \cdot Q_{\text{н}}, \quad (2.5)$$

$$E_{\Gamma} = [(712.45 + 0.15 \cdot 819.32) - (701.84 + 0.15 \cdot 807.12) + 260,25] \cdot 360 \cdot 8,5 = 834431.4 \text{ грн.}$$

Отже, на основі проведених розрахунків, річний економічний ефект від

впровадження модернізованого агрегату для передпосівного обробітку ґрунту, оснащеного новим пристосуванням для вирівнювання, становить: $E_T=834431.4$ грн.

Термін окупності культиватора:

$$T_{ок} = \frac{C_{ЛА}}{E_T} = \frac{191713}{834431.4} = 0,23 \text{ роки.} \quad (2.6)$$

Отримані показники свідчать про економічну доцільність модернізації базового варіанту агрегату, що забезпечує значне зниження витрат на обробіток одиниці площі, оптимізацію використання енергетичних ресурсів та підвищення загальної продуктивності технологічного процесу передпосівної підготовки ґрунту.

3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

3.1. Обґрунтування конструкції культиватора КПС-4

Культиватор КПС-4 (рис. 3.1) призначений для проведення передпосівного обробітку ґрунту та догляду за парами із застосуванням одночасного боронування. Виробляється у навісному та причіпному виконанні, що дозволяє використовувати його з різними типами тракторів залежно від умов господарства.

Причіпний варіант культиватора складається з основних конструктивних елементів, серед яких:

- рама (11),
- сниця (1),
- два ходові колеса (10) з гвинтовими механізмами регулювання,
- гряділі переднього та заднього рядів, до яких закріплюються робочі органи (4),
- гідроциліндр (9),
- пристрій для навішування борін (8).

Культиватор комплектується різними типами універсальних робочих органів. Зокрема, застосовуються стріловидні лапи з шириною захвату 270 мм (8 шт.) та 330 мм (16 шт.), пружинні зуби з шириною захвату 50 мм (16 шт.), а також розпушувальні лапи, закріплені на жорстких стояках.

До складу агрегата також входить набір гряділів, зокрема:

- 6 довгих,
- 2 обвідних,
- 3 коротких,
- 5 однобічних.

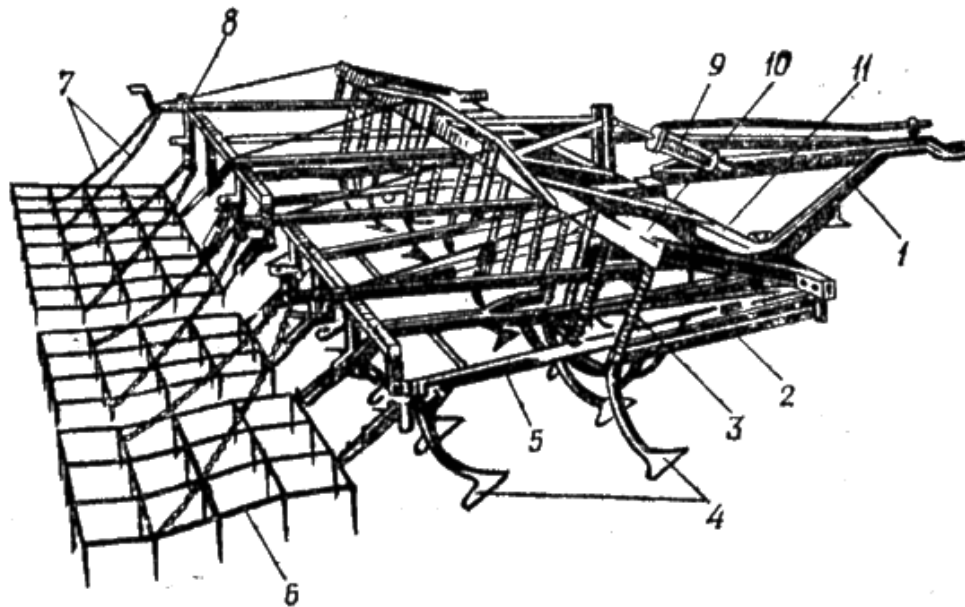
Для малозабур'ячених полів рекомендується встановлювати на передній гряділь стріловидні лапи шириною 270 мм, а на задній – лапи шириною 330 мм, що дозволяє забезпечити оптимальне перекриття. У разі обробітку сильно

забур'янених ділянок доцільно використовувати лише стріловидні лапи шириною 330 мм, які забезпечують ефективне знищення бур'янової рослинності.

Для ефективного вичісування кореневищ паросткових бур'янів конструкція культиватора передбачає встановлення одинарних тримачів пружинних стояків на гряділях переднього ряду. У той же час на гряділях заднього ряду встановлюються здвоєні тримачі, на яких закріплюються розпушувальні лапи, що забезпечують інтенсивну дію на ущільнені шари ґрунту та бур'янову рослинність.

Пристосування для навішування борін складається з чотирьох штанг, об'єднаних у пари за допомогою поперечних брусів. До цих брусів, через кронштейни, прикріплюються повідки з регульованою довжиною (по чотири на кожен брус), які забезпечують гнучке з'єднання. Борони приєднуються до повідків за допомогою ланцюгів (7), що дозволяє їм вільно адаптуватися до мікрорельєфу поля під час руху агрегата.

Навісні модифікації культиватора КПС-4 мають низку конструктивних відмінностей порівняно з причіпними. Зокрема, вони обладнані замком для автоматичного зчеплення, що забезпечує швидке приєднання до трактора, але при цьому не мають сниці та гідрофікованого механізму підйому, що притаманні причіпним варіантам.



1 – сниця; 2 – короткий гряділь; 3 – штанга з пружиною; 4 – стрілчасті лапи; 5 – довгий гряділь; 6 – борони; 7 – ланцюги; 8 – пристрій для начіплювання борін; 9 – гідроциліндр; 10 – колесо; 11 – рама.

Рисунок 3.1 – Культиватор КПС-4

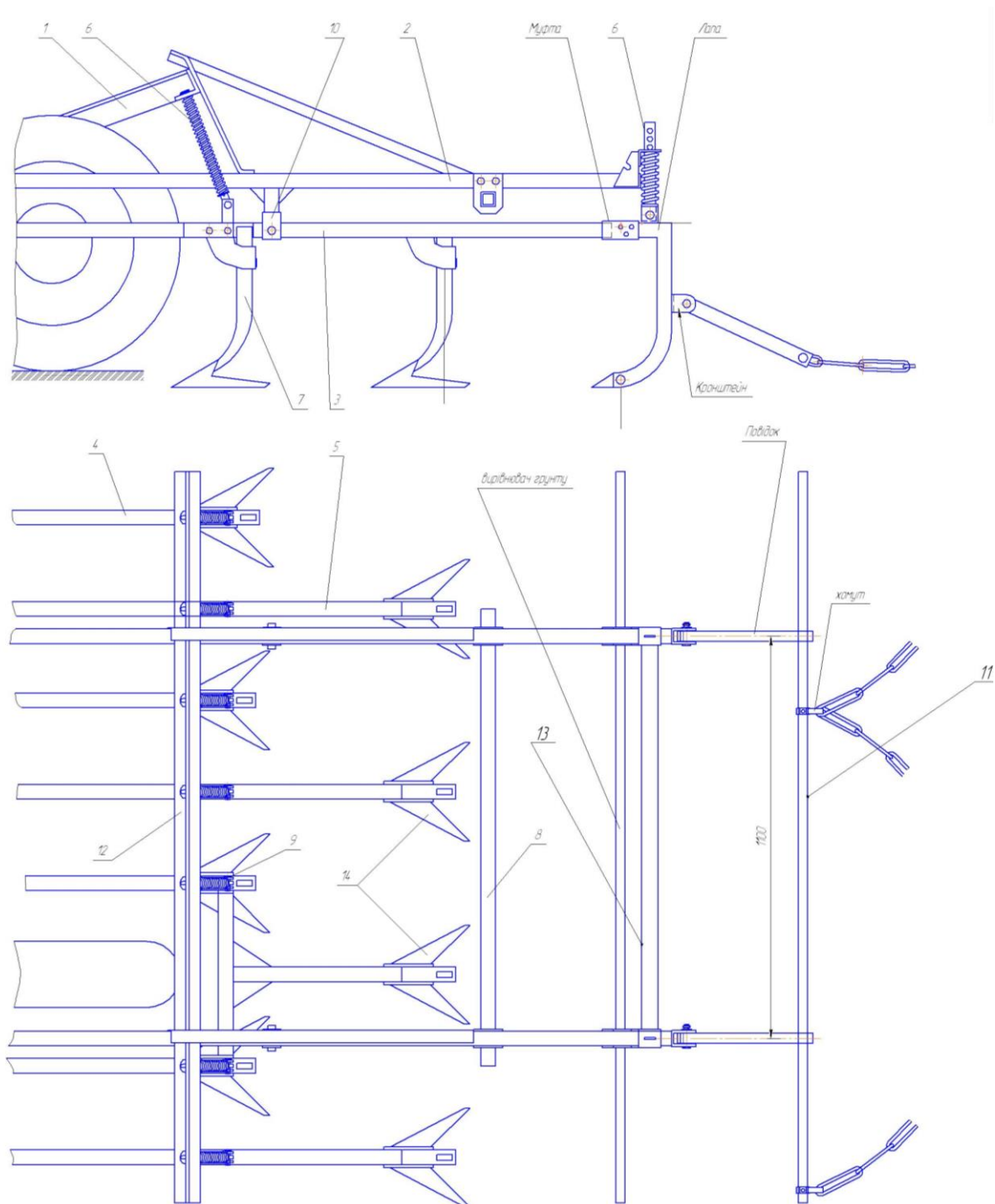
Культиватори КПС-4 агрегатуються з тракторними енергозасобами МТЗ-80/82, а також у складі двох або трьох агрегатів – з гусеничними чи колісними тракторами тягового класу 3 тс. Робоча ширина захвату культиватора становить 4 м, а максимальна глибина обробітку ґрунту перебуває в межах 5–12 см, залежно від типу ґрунту та умов роботи.

Для вирівнювання поверхні поля до базового культиватора доукомплектовуються борони типу БЗТС-1,0 та БЗСС-1,0. Робочі зуби на боролах розташовані таким чином, що кожен із них формує окрему борозну на поверхні поля, забезпечуючи рівномірне розпушення та вирівнювання шару ґрунту. Відстань між борознами становить 49 мм, що дозволяє досягти оптимального агрофізичного стану посівного шару. Для повноцінного передпосівного обробітку ґрунту до культиватора КПС-4 зазвичай навішується чотири борони.

З метою підвищення ефективності технологічного процесу, зменшення трудомісткості та зниження прямих експлуатаційних витрат, у роботі

пропонується заміна стандартних борін на спеціальне пристосування для вирівнювання ґрунту, яке виконує ті ж функції з вищою якістю та економічною доцільністю.

Схема модернізованого культиватора КПС-4, оснащеного пристосуванням для вирівнювання ґрунту, представлена на рисунку 3.2.



1 - культиватор; 2 - гряділь пристосування; 3 - повздовжній брус;
 4 - направляюча штанга; 5 - кронштейн; 6 - натискна пружина; 7 - стійка;
 8 - поперечний кутник з вушками; 9 - поводок; 10 - труба; 11 - ланцюговий
 шлейф; 12 - башмак; 13 - штанговий робочий орган; 14 - лапи культиватора

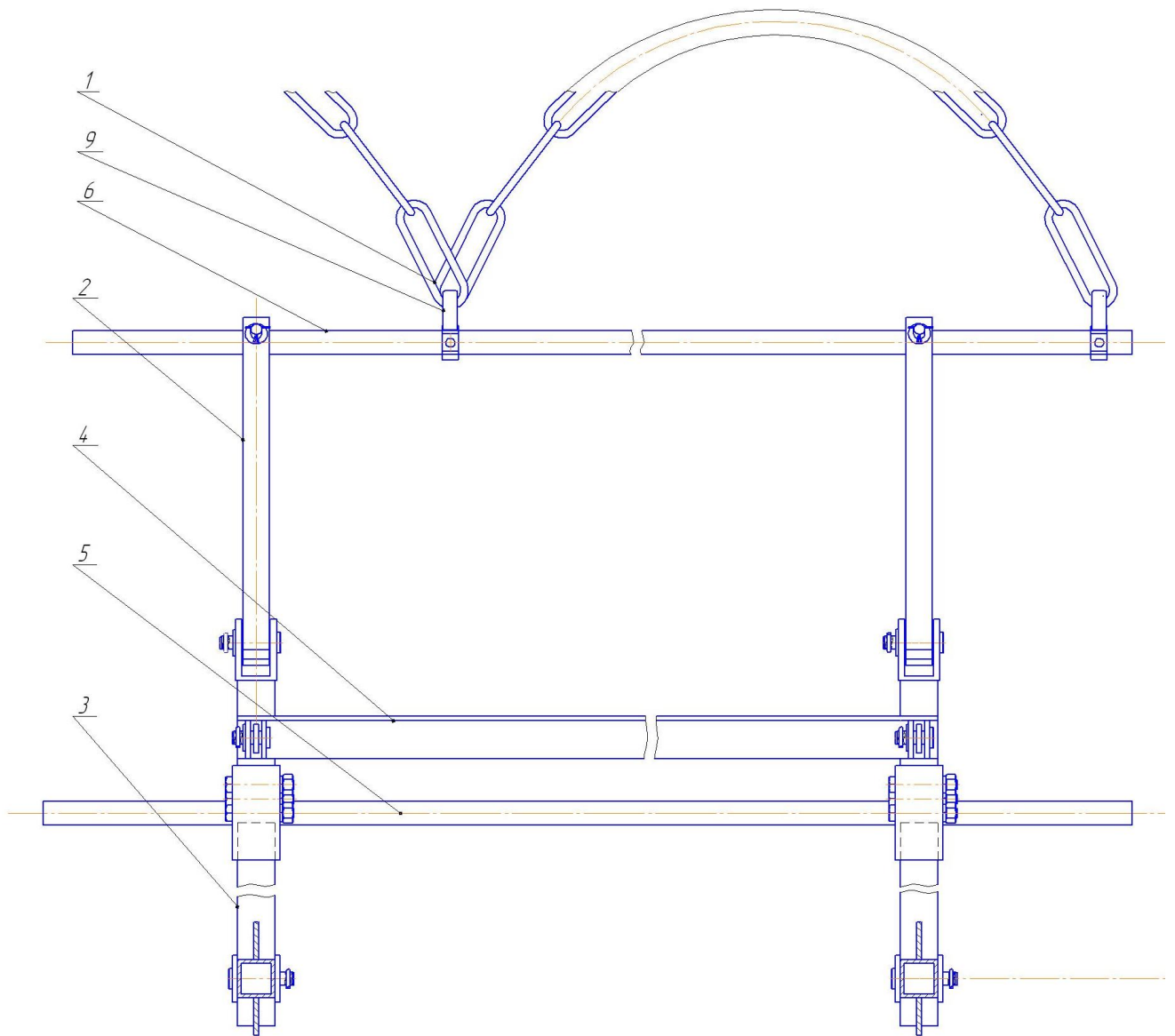
Рисунок 3.2 – Культиватор КПС-4 з пристосуванням для вирівнювання ґрунту

Штангові робочі органи вирівнювального пристосування мають круглий поперечний переріз $\varnothing$ 25 мм і вільно обертаються у відповідних отворах шарнірно закріплених поводків (поз. 9). У ці отвори встановлюється поперечна труба (поз. 11) також діаметром 25 мм, яка слугує елементом кріплення для ланцюгового шлейфу.

Шлейф (рис. 3.3) складається з трьох секцій, довжина кожної з яких становить 0,4 від ширини захвату культиватора. Кожна секція шлейфу складається з окремих ланок, що забезпечують гнучкість та ефективне копіювання рельєфу поля. Шлейф приєднується до труби 11 за допомогою хомутів та гаків, що забезпечує надійність з'єднання і водночас допускає його демонтаж.

Пристосування для вирівнювання ґрунту, яке навішується на культиватор, складається з двох окремих секцій, що дає змогу ефективно копіювати мікрорельєф поверхні поля. Конструктивна схема передбачає вирівнювання площини поля та рівномірне проходження робочих органів на заданій глибині обробітку. Лівий і правий кутники (поз. 4) з'єднують між собою одну пару гряділів вирівнювального пристрою, що забезпечує їх узгоджену роботу. Кожна із секцій шарнірно приєднана до рами пристосування, що дозволяє секціям вільно адаптуватися до змін рельєфу в поперечному і повздовжньому напрямках.

Зазначене пристосування призначене для використання в умовах передпосівної обробки ґрунту як на рівнинних, так і на похилених полях. Завдяки штанговим робочим органам, що формують ущільнені прошарки ґрунту, шлейф перекривається верхнім, розпушеним, неомкуватим і вирівняним шаром, що позитивно впливає на збереження вологи та створення якісного посівного ложа.



1- ланцюговий шлейф; 2- поводок; 3- гряділь; 4- поперечний кутник;

5- штанговий робочий орган; 6- труба з гачками

Рисунок 3.3 – Штангово-ланцюгове пристосування

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика пристосування

Найменування	Значення
Агрегатується з культиватором	КПС-4
Спосіб агрегування	Начіпний
Продуктивність за годину чистої роботи, га/год	6
Глибина обробітку, м	0,08
Робоча ширина захвату, м	4
Кількість секцій, шт.	2
Захват однієї секції, м	2
Габаритні розміри: мм	
довжина	1200
ширина	4000
висота	400
Вага пристосування, кг	86
Обслуговуючий персонал, чел.	1
Робоча швидкість, км/год	до 15
Транспортна швидкість, км/год	не більше 20
Питомий тяговий опір, кН/м	0,2 – 0,5

Запропоноване пристосування для вирівнювання ґрунту забезпечує вищу якість вирівнювання поверхні порівняно з традиційними боронами. Його конструкція передбачає застосування штангових робочих органів, які на глибині 5–8 см формують ущільнений прошарок ґрунту, що сприяє зменшенню втрат вологи через випаровування та покращенню водоутримуючої здатності посівного шару.

Крім того, конструкція пристосування дозволяє застосовувати його на підвищених швидкостях руху – до 15 км/год, що підвищує продуктивність передпосівних робіт та забезпечує зменшення витрат часу на підготовку поля до сівби без втрати агротехнічної якості обробітку.

3.2. Розрахунок параметрів робочих органів

Культиваторна лапа під час роботи діє на ґрунт подібно до клина, що

рухається під певним кутом підйому α . У результаті її проходження в орному шарі виникають стискаючі та зсувні напруження, які забезпечують розпушення ґрунту та підрізання бур'янів.

Кут між різальними лезами лапи в горизонтальній площині 2γ називають кутом розхилу. Його значення безпосередньо впливає на ефективність підрізання бур'янів: чим менший цей кут, тим краще здійснюється підрізання, але при надмірно малому куті зростає ризик обволікання леза ґрунтом та рослинними рештками.

Щоб запобігти налипанню ґрунту та намотуванню бур'янів на лезо, необхідно, щоб:

$$\gamma < 90^0 - \varphi, \quad (3.1)$$

Для піщаних ґрунтів $2\gamma = 75...80^0$, тому в нашому випадку стрільчаста лапа буде універсальною.

Для забезпечення повного підрізання бур'янів та запобігання забиванню міжрядь культиваторні лапи доцільно встановлювати у два або три ряди. Така компоновка сприяє рівномірному розпушенню ґрунту та ефективнішому знищенню бур'янової рослинності.

Для досягнення більш стабільної глибини обробітку та формування рівної поверхні поля рекомендується розміщення стріловидних лап у передньому ряду, а односторонніх лап – у задньому. Це дозволяє рівномірніше розподілити навантаження по ширині захвату агрегату.

При цьому механічні навантаження, що сприймаються лапами першого ряду, зазвичай у 1,8–2 рази перевищують навантаження на лапи другого та третього рядів. Це пояснюється тим, що передній ряд працює з недеформованим (щільним) шаром ґрунту, що чинить більший опір робочим органам.

Оптимальна відстань між лапами по ходу руху агрегату визначається залежно від ширини захвату лапи та необхідного перекриття, за виразом:

$$L \geq l_0 + atg(\alpha + \varphi); \quad (3.2)$$

$$L_1 \geq 254 + 120tg(18^0 + 26.5^0) = 372 \text{ мм}$$

$L_1 \geq 372 \text{ мм}$ З конструктивних міркувань приймемо 700 мм.

Іноді внаслідок надто короткої траєкторії переміщення бур'янів по лезу коріння на кінцях лап може не підрізатися повністю. Для усунення цього недоліку лапи культиватора розташовують у два ряди з певним поздовжнім перекриттям, величина якого визначається з умови гарантованого підрізання всієї бур'янової рослинності по ширині захвату. Таке перекриття забезпечує повне перекриття зон дії лез, компенсуючи можливі пропуски на кінцях робочих органів:

$$\Delta b = L \cdot tg\delta, \quad (3.3)$$

$$\Delta b = 700 \cdot tg7^0 \approx 50 \text{ мм}.$$

Знайдемо мінімальну ширину захвату стрільчастих лап для односторонніх культиваторів:

$$\begin{aligned} b_{\min} &> 3 \cdot \Delta b \\ b_{\min} &> 3 \cdot 50 \\ b_{\min} &> 150 \text{ мм} \end{aligned} \quad (3.4)$$

У випадку зменшення ширини захвату лап, зростає ймовірність

забивання культиватора рослинними рештками та ґрунтом, що зумовлено збільшенням кількості стояків у конструкції агрегату.

Знайдемо ширину смуги деформування на поверхні поля:

$$B = b + \frac{2atg(\theta/2)}{\cos(\alpha + \varphi)}, \quad (3.5)$$

$$B = 270 + \frac{2 \cdot 120 \cdot tg25}{\cos(18 + 26.5)} = 270 + \frac{111.9}{0.71} = 426.7 \text{ мм}.$$

Площина сколу матиме довжину:

$$N = \frac{a}{\cos(\alpha + \varphi)}, \quad (3.6)$$

$$N = \frac{120}{\cos(18 + 26.5)} = \frac{120}{0.71} = 169 \text{ мм}.$$

Необхідну кількість робочих органів n знайдемо із залежності:

$$n = \frac{B - \Delta b}{b - \Delta b} = \frac{4000 - 50}{270 - 50} = \frac{3950}{220} = 16 \quad (3.7)$$

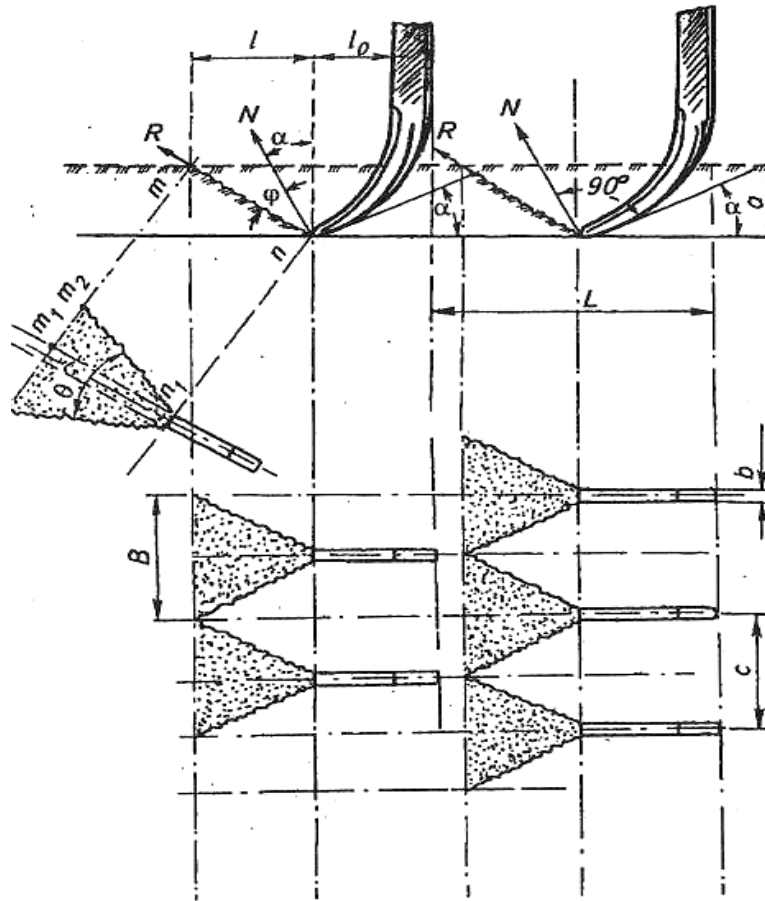


Рисунок 3.4 – Схема деформації ґрунту при руху лапи культиватора

3.3. Розрахунок параметрів стійок культиватора

Параметри, що характеризують профіль стійки культиваторів: виліт L , радіус R і висота H_R .

Радіус можна визначити із формули:

$$R = \frac{H_R - l \sin \alpha}{\cos \alpha}, \quad (3.8)$$

$$H_R \geq 2a$$

$$H_R \geq 2 \cdot 120$$

$$H_R \geq 240 \text{ мм}$$

$$l = 105 \text{ мм}.$$

Величина кута підйому α пов'язана з кутами крошіння і розхилу.

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \beta \times \sin \gamma. \quad (3.9)$$

Кут крошіння β у випадку універсальних стріловидних лап складає $\beta = 28 \div 30^\circ$.

Конструктивно кут розхилу для даного виду стріловидних лап складає $2\gamma = 65^\circ \rightarrow \gamma = 32,5^\circ$.

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} 30^\circ \times \sin 32,5^\circ$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 0.31$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} 0.31 = 18^\circ$$

$$R = \frac{H_R - l \cdot \sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{240 - 105 \cdot 0.3}{0.95} = 220 \text{ мм}.$$

Виліт знайдемо згідно виразу:

$$L = R(1 - \sin \alpha) + l \cos \alpha ;$$

$$L = 220(1 - 0.3) + 105 \cdot 0.95 = 154 + 99.75 = 253.75 \approx 254 \text{ мм} \quad (3.10)$$

Висоту знайдемо із умови незабивання культиватора:

$$H = H_1 + a, \quad (3.11)$$

$H_1 \geq 280$ - для парових культиваторів.

$$H = 280 + 120 = 400 \text{ мм},$$

$$H > 400 \text{ мм}.$$

Конструктивно висота стійки складатиме 450 мм.

3.4. Визначення зусиль в ланках механізмів причіпного культиватора

Зусилля в ланках механізмів причіпних культиваторів змінюються залежно від режиму роботи й не залишаються сталими протягом усього циклу функціонування агрегату. Найбільші навантаження виникають у момент заглиблення робочих органів у ґрунт, оскільки в цей період на культиватор одночасно діють кілька значних силових компонентів:

- сила ваги ґрунту, що розміщений на робочих органах,
- зусилля, необхідне для відриву ґрунтового пласта,
- власна вага машини.

Сумарна дія цих чинників формує рівнодійну вертикальних сил і діє на культиватор у напрямку вниз визначається згідно формули:

$$F = G + Q + Q_1, \quad (3.12)$$

Знайдемо вага ґрунту, який міститься на робочих органах:

$$Q = \frac{1}{2} a \cdot b^2 \operatorname{ctg} \gamma \cdot q \cdot n, \quad (3.13)$$

Сила, необхідна для відривання пласта ґрунту, за величиною орієнтовно дорівнює вазі самого ґрунту, що розміщується на робочих органах культиватора, тобто $Q_1 = Q$.

$$G = 969 \cdot 10 = 9690 \text{ Н}.$$

$$Q = \frac{1}{2} ab^2 \operatorname{ctg} \gamma q n = \frac{1}{2} \cdot 12 \cdot 27^2 \cdot \operatorname{ctg} 32.5 \cdot 0.0025 \cdot 8 = 7698 \text{ Н}.$$

$$Q = \frac{1}{2} ab^2 \operatorname{ctg} \gamma q n = \frac{1}{2} \cdot 12 \cdot 33^2 \cdot \operatorname{ctg} 32.5 \cdot 0.0025 \cdot 8 = 11499 \text{ Н}.$$

$$Q_1 \approx Q = 19197 \text{ Н}.$$

$$F = Q + G + Q_1 = 19197 \cdot 2 + 9690 = 48084 \text{ Н}.$$

Знайдемо реакції на колесах та причепі:

$$P_K = F \frac{l_1 + l_2}{l_1}; \quad (3.14)$$

$$P_C = \frac{F l_2}{l_1}. \quad (3.15)$$

$$P_K = 48084 \frac{50 + 15}{50} = 62509 \text{ Н};$$

$$P_C = \frac{48084 \cdot 15}{50} = 14425 \text{ Н}.$$

Реакція, що припадає на одне колесо:

$$P_{K_1} = \frac{P_K}{2} = F \frac{l_1 + l_2}{2l_1} = \frac{62509}{2} = 31254.5H . \quad (3.16)$$

Для визначення зусиль, що діють уздовж штока гідроциліндра під час переведення культиватора з робочого положення у транспортне, необхідно побудувати кінематичну схему та виконати побудову плану швидкостей із розміщенням полюса в точці О. Це дозволить визначити кінематичні параметри елементів механізму, зокрема напрямки та відносні значення швидкостей, що є основою для подальших динамічних розрахунків зусиль у штоку.

Скористаємося формулою:

$$F_{III} = \frac{(P_K - F_K)n_1 - P_K fn_3}{n_2} = \frac{(62509 - 1000)50 - 62509 \cdot 20 \cdot 0,5}{35} = 70кН . \quad (3.17)$$

За отриманими максимальними значеннями F_{III} можна визначити параметри гідроциліндра.

3.5. Аналіз напружено-деформованого стану лапи культиватора

У системі тривимірного моделювання SolidWorks створюємо твердотільну модель лапи (рис. 3.5).



Рисунок 3.5 – Твердотільна модель культиваторної лапи

Використовуючи модуль кінцевоелементного аналізу CosmosWorks здійснимо аналіз напружено-деформованого стану лапи культиватора.

Створюємо “сітку кінцевих елементів на 3D-моделі” лапи культиватора (рис. 3.6, а).

Задаємо умови закріплення – зацімлення стійки лапи.

Задаємо навантаження на лапу – нормальне зусилля 100 Н (рис. 3.6, б).

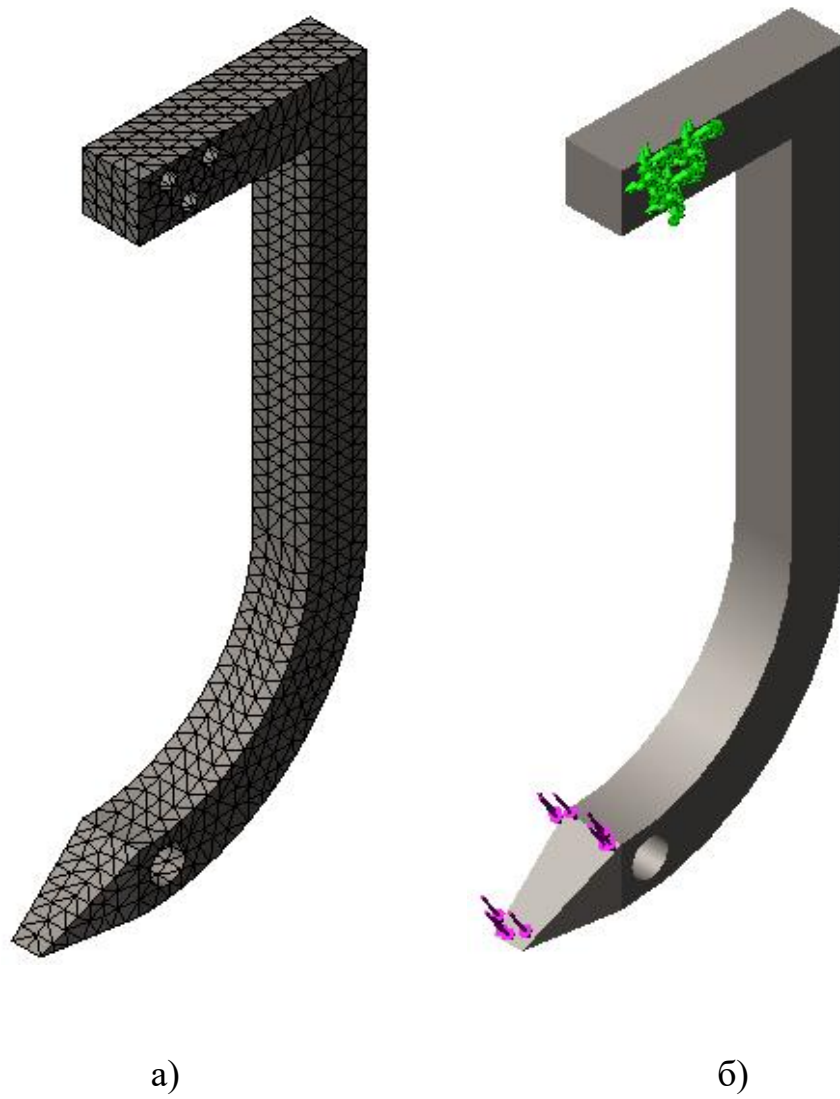


Рисунок 3.6 – Моделювання лапи культиватора

Результати розрахунку НДС лапи культиватора подано на рис. 3.7.

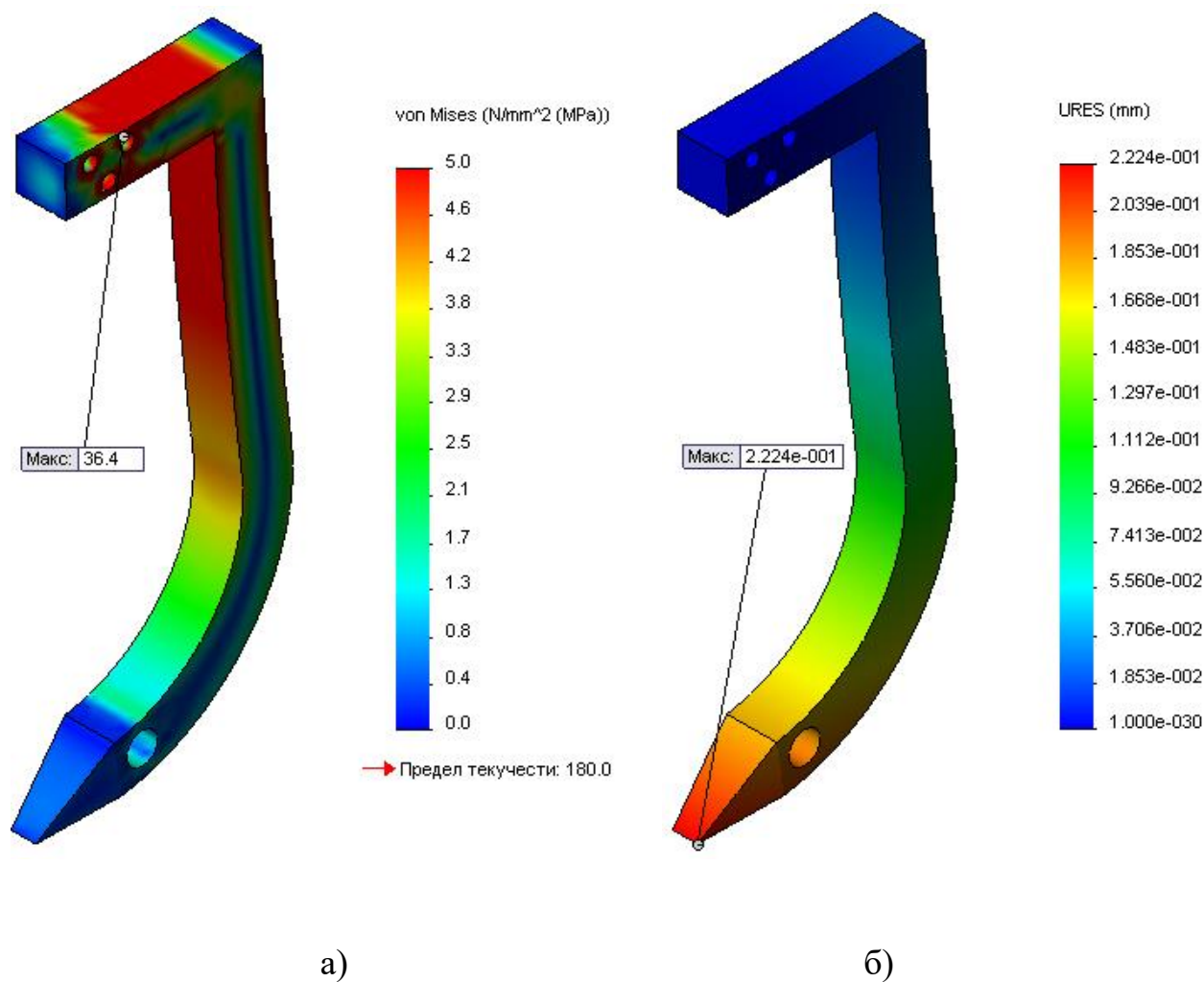


Рисунок 3.7 – Результати розрахунку НДС лапи культиватора:

а - напруження, МПа; б - переміщення точок, мм.

Як свідчать результати розрахунків, отримані за допомогою методу скінчених елементів, максимальні контактні напруження спостерігаються в зоні кріплення стійки до рами культиватора та становлять 36,4 МПа.

Найбільша деформація елемента (вигин стійки лапи) досягає приблизно 0,22 мм, що вказує на достатній рівень жорсткості конструкції при роботі в умовах передбачених експлуатаційних навантажень.

Розподіл коефіцієнтів запасів міцності показано на рис. 3.8.

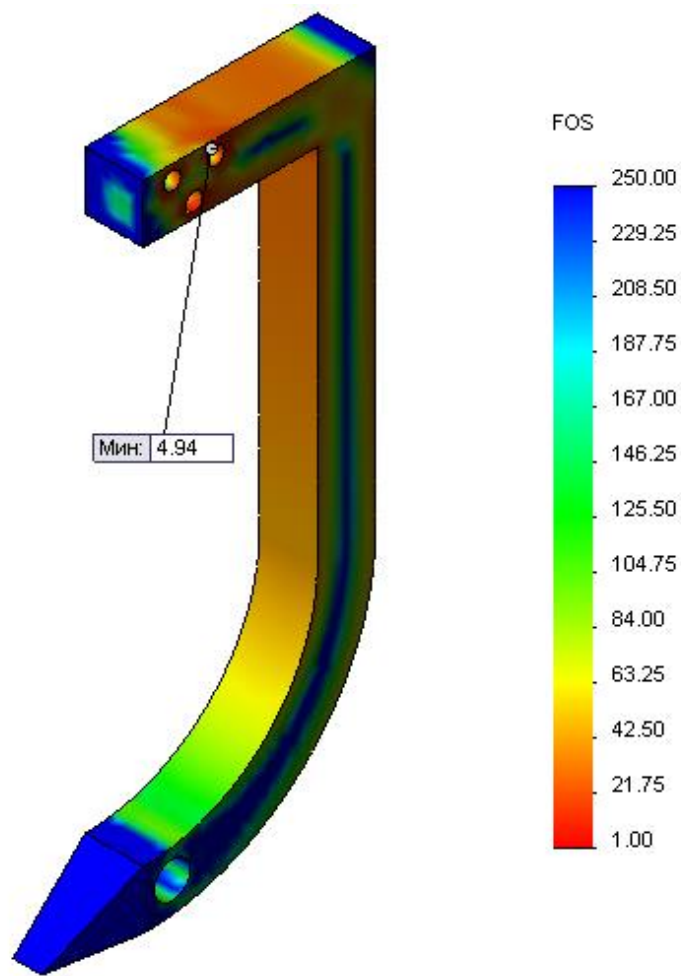


Рисунок 3.8 – Розподіл запасу міцності по лапі культиватора

Мінімальне значення коефіцієнта запасу міцності, отримане в результаті чисельного моделювання для конструкції лапи культиватора, становить приблизно 4,94, що свідчить про високу надійність елемента під час експлуатації в заданих умовах навантаження.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Загальна характеристика операції і нормативні вимоги безпеки при її виконанні

Операція передпосівного обробітку ґрунту за допомогою ґрунтообробних агрегатів виконується для скорочення затрат праці при підготовці до сівби зернових і інших культур.

Технологія процесу передпосівного обробітку ґрунту полягає в тому, що агрегат керований одним трактористом, рухаючись по полю здійснює культивуацію ґрунту розпушуючи його верхні шари.

У технологічну схему операції входять: безпосередній виконавець (тракторист); засоби технологічного оснащення (трактор, сільськогосподарська машина – ґрунтообробний агрегат) і предмет праці (ґрунт). Даний процес відповідає структурній моделі: "людина-організація-техніка-рослина-виробниче середовище" чи прибігаючи до умовних позначок "л-о-т-р-вс". Відповідно до неї складаються вимоги по безпеці праці відповідно до наявного на дані елементи нормативними документами. Виробниче середовище в який виконується операція - кабіна трактора.

Механізатор постійно знаходиться в кабіні, залишаючи на незначні інтервали часу для виконання регулювань, контролю якості роботи, огляду агрегату і по особистих потребах. У кабіні трактора він піддається постійному впливу таких факторів як: висока температура, вологість повітря, атмосферний тиск, шуми, вібрації, інтенсивне освітлення. Поза межами кабіни він піддається небезпеці травмуватися від рухомих частин агрегату.

Основні вимоги безпеки до елементів розглянутої системи і виробничого середовища встановлюються на основі галузевих стандартів ОСТ46.4.2.143-83 ССБТ. Основними вимогами до виконавця процесу є:

- тракторист повинен бути не молодше 16 років;
- мати права на водіння тракторів даного класу;

- повинен бути здоровий (пройти медичний огляд на предмет загальних і професійних захворювань (радикуліт, бронхіт та ін.);
- знати трактор і комбінований ґрунтообробний агрегат;
- повинен бути атестованим для робіт на машинах з підвищеною небезпекою відповідно до Типового Положення про навчання питанням охорони праці.

При виконанні робіт і при переїздах агрегату з місця на місце ухил місцевості не повинен перевищувати 20° згідно вимог його стійкості.

Вимоги до загальних вимог безпеки визначені змістом галузевих стандартів, основна мета яких виключити за допомогою визначеної організації праці травмонебезпечні ситуації і захворювання виконавця процесу.

Організація виробничого процесу буде залежати від конкретних умов господарства і рішень господаря про хід робіт.

Рівень організації охорони праці цілком залежить від дій голови сільськогосподарського фермерського господарства і відповідальності самих працівників що виконують той чи інший технологічний процес.

4.2. Вказівки з охорони праці та пожежної безпеки, пов'язані з експлуатацією агрегату

Перед початком роботи перевіряють справність і комплектність агрегату. На рівній горизонтальній площадці встановлюють робочі органи на задану глибину обробітку, перевіряють норму висіву мінеральних добрив, підтягують болти кріплення і кронштейна.

Важелі керування причіпною (начіпною) машиною повинні мати справні та надійні фіксатори. Керування начіпним культиватором-розпушувачем слід здійснювати з кабіни трактора.

Працівників, що обслуговують культиватор, слід забезпечити засобами індивідуального захисту, чистками та лопатками для очищення робочих органів.

Підготовляючи до роботи культиватор, перевіряють кріплення, регулюють положення лап, норму висіву добрив, змащують підшипники і встановлюють необхідний кут атаки дисків, щільно підтягують і стопорять гайки.

Якщо робочі органи заглиблені в ґрунт, не можна робити крутих поворотів, бо це призводить до поломок і аварій. Перед поворотом робочі органи витягують, а на початку прямолінійного руху знову заглиблюють. Для заміни лап в польових умовах слід від'єднати машину від трактора або вимкнути його двигун, під раму начіпної машини підставляють надійні підставки. Якщо ці роботи тракторист виконує з помічником, то після їх закінчення і перед початком руху слід переконатись, що помічник перебуває на безпечній відстані від агрегату.

При роботі в умовах надмірної запиленості, під час заправки туковисівних апаратів, а також при заточуванні робочих органів ґрунтообробних машин слід користуватись протипиловим респіратором, захисними окулярами та рукавицями.

Не допускається перебування на агрегаті, а також на полі, де проводиться обробіток ґрунту, людей, що не беруть участі у виконанні технологічного процесу.

Регулювання та очищення робочих органів від сторонніх предметів, налиплого ґрунту і рослинних залишків слід проводити тільки спеціальними чистками в рукавицях при зупиненому, загальмованому агрегаті з виключеним двигуном.

Комбінований культиватор очищаються лише при повністю зупиненому агрегаті.

Забороняється працювати в спецодязі, просоченому паливом і мастилами — це пожежо-небезпечно.

Будь-які предмети та засоби пожежегасіння не дозволяється захащувати.

Охорона праці є важливим аспектом на будь-якому виробництві, тому їй слід приділяти велику увагу та розглядати як окреме не менш важливе питання, адже саме від цього залежить продуктивність праці людей. Оскільки, працювати на нескладних сільськогосподарських навісних машинах, якщо є права на керування ними, дозволяється особам не молодше 16 років, що вивчили будову машини, вміють її відрегулювати та пройшли інструктажі з техніки безпеки. А керувати складними і спеціалізованими причіпними та навісними машинами дозволяється особам не молодше 17 років, що пройшли спеціальне навчання і отримали права на керування даною машиною, а також пройшли інструктаж з техніки безпеки.

Машинно-тракторний агрегат, який, крім тракториста, обслуговують допоміжні працівники, повинен бути обладнаний двосторонньою сигналізацією. Також для правильної експлуатації агрегатів та машин, застосовуються певні правила охорони праці що описані вище у даному розділі яких слід обов'язково дотримуватись.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Основною метою даної кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності передпосівного обробітку ґрунту шляхом удосконалення конструкції культиватора КПС-4 через оснащення його пристосуванням для вирівнювання ґрунту.

У межах дослідження було проведено аналіз сучасних технологій передпосівного обробітку, виконано огляд технічних рішень культиваторів аналогічного призначення, а також розглянуто основні агротехнічні вимоги, які пред'являються до якісної підготовки ґрунту до сівби.

У ході роботи також здійснено розрахунок економічної ефективності впровадження удосконаленої конструкції культиватора КПС-4, що підтверджує доцільність її використання в умовах сучасного аграрного виробництва.

Крім того, сформульовано рекомендації щодо підвищення ефективності передпосівної обробки ґрунту, які можуть бути впроваджені у виробничу практику.

У проектній частині виконано конструктивне обґрунтування удосконаленого варіанту культиватора КПС-4, розраховано основні параметри робочих органів та проведено розрахунки параметрів стійок. Також проаналізовано напружено-деформований стан лапи культиватора методом скінчених елементів. Отримані результати дозволили встановити оптимальні параметри та режими роботи машинно-тракторного агрегату, необхідні для ефективного виконання передпосівних робіт.

Проведені технологічні, конструктивні та міцнісні розрахунки підтверджують, що запропонована модернізована конструкція культиватора забезпечує ефективне виконання передпосівного обробітку ґрунту з урахуванням сучасних агротехнічних вимог.

У процесі розробки також були сформульовані вказівки з охорони праці та пожежної безпеки, що регламентують умови експлуатації культиватора КПС-4 та спрямовані на створення безпечного виробничого середовища.

Оснащення культиватора КПС-4 вирівнювальним пристосуванням дозволяє досягти покращення техніко-економічних показників, зокрема

зменшення трудовитрат і прямих експлуатаційних витрат, що позитивно впливає на ефективність підготовки ґрунту до сівби.

Запропоноване вирівнювальне пристосування забезпечує високу якість вирівнювання поверхні поля, а також формування на глибині 5–8 см ущільненого прошарку ґрунту, який прикривається верхнім розпушеним, дрібногрудкуватим і вирівняним шаром завдяки роботі ланцюгового шлейфу. Така структура посівного ложа сприяє зменшенню втрат вологи та створенню оптимальних умов для проростання насіння, що є критично важливим для досягнення високої врожайності сільськогосподарських культур.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Войтюк В.С., Гапоненко Д.Г. Сільськогосподарські машини. К.: Урожай, 1988. 384с.
2. Гарькавий А.Д. Обґрунтування рішень при модернізації технологій і оновленні парку машин / А.Д. Гарькавий, Л.П. Середа, А.В. Спірін та ін. Вінниця. 2000. №3 (15). с. 10 –15.
3. Гречкосій В.Д. Довідник сільського інженера. Київ: «Урожай», 1988. 354 с.
4. Довбуш Т.А. Методи проектування сільськогосподарських машин: навчально-методичний посібник до курсового проектування /Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. 72 с.
5. Довідник з машиновикористання в землеробстві /За ред. В.І. Пастухова. Х.: Веста, 2001. 347 с.
6. Економічний довідник аграрника / В.І. Дробот, Г.І. Зуб, М.П. Кононенко та ін. / За ред. Ю.Я. Лузана, П.Т. Каблука. К.: Преса України, 2003. 800 с.
7. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1 (частина1) Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Харків: ОКО, 2001. 444 с.
8. Олексюк В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2022. 47 с.
9. Олексюк В.П. Енергетичні засоби сільськогосподарського виробництва. Методичні вказівки до виконання розрахункових робіт для студентів денної та заочної форм здобуття освіти за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2023. 31 с.
10. Охорона праці в сільському господарстві [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: http://ipal.at.ua/publ/okhorona_praci/mozhlivi.

11. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. К.: Вища школа, 1993. 556 с.
12. Рослинництво з основами землеробства /М.А. Білоножка, І.С. Руденко, В.І. Мойсєєнко та ін.; за ред. М.А. Білоножка, І.С. Руденка. К.: Урожай, 1986. 224 с.
13. Сисолін П.В, Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1. Машини для рільництва /За ред. Чорновола М.І. К.: Урожай, 2001. 384с.
14. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2005. 464 с.
15. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник (курс лекцій) / Н. І. Хомик, Г. Б. Цьонь, Т. А. Довбуш, В. П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 232 с.
16. <http://credobooks.com/3-organizaciya-osnovnogo-i-peredposivnogo-obrobitku-gruntu>.
17. Hevko R., Stashkiv M., Lyashuk O., Vovk Y., Oleksyuk V., Tson O., Bortnyk I. Investigation of internal efforts in the components of the crop sprayer boom section. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. Volume 105, Issue 1 (2021), 33 – 41.
18. Roman Hevko; Yurii Nykerui; Taras Dovbush; Vasyl Oleksyuk. Substantiation of constructive parameters of a frame structure elements of the rope mechanism transport system for storing piece loadings into small warehouses. Scientific Journal of TNTU. Tern.: TNTU, 2020. Vol 100. No 4. P. 62–74.
19. Гудь, М., Ворощук, В., Олексюк, В., Гагалюк, А. (2024). Оцінка впливу фізико-механічних параметрів наповнювача на динамічну поведінку циліндричної оболонки. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 345 №6(2), 248-253.
20. Pidgurskyi M., Stashkiv M., Pidgurskyi I., Oleksyuk V., Pidluzhnyi O., Bykiv D., Borys I., Bulaienko R., Stashkiv V., Mushak A. (2024) Methodology of

experimental and analytical research of technical systems. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol 116, no 4, pp. 50–58.

21. Sustainable and smart logistics centers: Challenges and opportunities for Ukraine's transport system. Y Vovk, I Vovk, U Plekan, O Tson, V Oleksyuk Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics. Vol. 10 No. 1 (2025), 116-124.

ДОДАТКИ