

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ  
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«Розроблення конструкції культиватора з катком для  
мотоблока “Зубр-8»**

Виконав: студент групи Маш-42сп

Спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»  
(шифр і назва)

Максим БУЧОК  
(Ім'я та прізвище)

Керівник: Сергій БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ  
(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

д.т.н., професор Власовець В.М.  
“        ”        \_\_\_\_\_ 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я**

на кваліфікаційну роботу студенту  
**Бучок Максиму Володимировичу**

1. Тема роботи: **«Розроблення конструкції культиватора з катком для мотоблока “Зубр-8»**

Керівник роботи: Березовецький Сергій Андрійович, к.т.н., доцент

Затверджена наказом по університету від 25.02.2025 року № 123/к-с

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 10.06.2025 року

3. Вихідні дані: технічні характеристики мотоблоків; патенти на корисні моделі та винаходи; літературні джерела за тематикою одноколесних мотоблоків; методики розрахунку та проектування мотоблоків; методики визначення економічної ефективності конструктивного удосконалення машини.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

1. Аналіз об'єкта проектування.

2. Технологічна частина.

3. Конструктивна частина.

4. Охорона праці.

5. Економічна частина.

Висновки і пропозиції;

Бібліографічний список.

5. Перелік ілюстраційного матеріалу

Графічні матеріали до кваліфікаційної роботи виконати у вигляді презентації в середовищі Microsoft PowerPoint обсягом 10-12 слайдів

## 6. Консультанти розділів роботи

| Розділ  | Прізвище, ініціали та посада консультанта                                                            | Підпис, дата   |                  | Відмітка про виконання |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|------------------------|
|         |                                                                                                      | завдання видав | завдання прийняв |                        |
| 1,2,3,5 | Березовецький С.А. к.т.н.,<br>доцент кафедри<br>машинобудування                                      |                |                  |                        |
| 4       | Городецький І.М., к.т.н.,<br>доцент кафедри фізики,<br>інженерної механіки та<br>безпеки виробництва |                |                  |                        |

7. Дата видачі завдання: 26.02.2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Пор. № | Назва етапів кваліфікаційної роботи                                                         | Строк виконання етапів роботи | Відмітка про виконання |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 1.     | <i>Виконання розділу: «Аналіз об'єкта проектування»</i>                                     | 26.02.2025-14.03.2025         |                        |
| 2.     | <i>Виконання другого розділу: «Технологічна частина»</i>                                    | 17.03.2025-28.03.2025         |                        |
| 3.     | <i>Виконання третього розділу: «Конструктивна частина»</i>                                  | 31.03.2025-11.04.2025         |                        |
| 4.     | <i>Виконання розділу: «Охорона праці»</i>                                                   | 14.04.2025-25.04.2025         |                        |
| 5.     | <i>Виконання розділу: «Економічна частина»</i>                                              | 28.05.2025-09.05.2025         |                        |
| 6.     | <i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому</i> | 12.05.2025-10.06.2025         |                        |

Студент \_\_\_\_\_ Максим БУЧОК  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Сергій БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ  
(підпис)

**Бучок М.В.** «Розроблення конструкції культиватора з катком для мотоблока “Зубр-8» / Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького, 2025. 53 с.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання підвищення ефективності механізованого обробітку ґрунту на присадибних ділянках шляхом розроблення навісного культиватора з грудкоподрібнювачем для мотоблока Зубр-8 (Зубр JR-Q78). Проаналізовано класифікацію, технічні характеристики та особливості експлуатації засобів малої механізації, наведено порівняльну оцінку конструкцій сучасних культиваторів, що застосовуються в індивідуальному та дрібнотоварному землеробстві.

У результаті виконаних розрахунків встановлено, що оптимальною є конструкція культиватора з п'ятьма стрілчастими лапами шириною 200 мм, встановленими з міжряддям 160 мм, що забезпечує повноцінну культивацію на ширині 800 мм. Розраховано масу рами (18,1 кг) і катка (37,5 кг), проведено міцнісний аналіз із перевіркою профілю рами на згин. Розроблено креслення культиватора та обґрунтовано кінематичну схему з шарнірно прикріпленим грудкоподрібнювачем, що покращує адаптацію до мікрорельєфу ґрунту.

Проведено техніко-економічне обґрунтування доцільності виготовлення конструкції в умовах малого підприємництва. Повна собівартість виробу становить 4112 грн, а рекомендована відпускна ціна з рентабельністю 25 % - 5140 грн. За умови реалізації за ринковою ціною 6580 грн термін окупності становить менше двох одиниць реалізації. Отримані результати підтверджують доцільність виготовлення та впровадження розробленого культиватора в практику дрібного сільськогосподарського виробництва.

## ЗМІСТ

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП .....                                                                                           | 6  |
| 1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ .....                                                                  | 7  |
| 1.1. Види, сфера застосування та загальна характеристика засобів малої механізації (мотоблоків) ..... | 7  |
| 1.2 Аналіз проблем використання засобів малої механізації в агротехнологічних операціях .....         | 10 |
| 1.3. Переваги застосування мотоблоків на присадибних ділянках .....                                   | 12 |
| 1.4. Аналіз моделей засобів малої механізації .....                                                   | 13 |
| 1.5. Аналіз обладнання для обробітку ґрунту з катками на мотоблок .....                               | 20 |
| 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....                                                                         | 25 |
| 2.1. Обчислення тягово-зчіпної здатності мотоблочного агрегату .....                                  | 25 |
| 2.2 Розрахунок ширини захвату культиватора для мотоблока Зубр JR-Q78 ..                               | 28 |
| 2.3 Розрахунок конструктивних параметрів культиватора .....                                           | 30 |
| 2.4. Оцінка маси катка для стабілізації ходу .....                                                    | 31 |
| 2.4.1. Перерахунок з розміщенням 5 стрілочастих лап .....                                             | 31 |
| 2.5 Уточнення параметрів конструкції рами, робочих органів і катка для 5 стрілочастих лап .....       | 32 |
| 2.5.1. Визначення міжряддя та ширини лап .....                                                        | 32 |
| 2.5.2. Розрахунок маси рами .....                                                                     | 32 |
| 2.5.3. Розрахунок маси катка .....                                                                    | 33 |
| 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....                                                                      | 34 |
| 3.1 Обґрунтування розроблення конструкції культиватора .....                                          | 34 |
| 3.2 Опис пристрою розробленої конструкції культиватора для мотоблока ...                              | 34 |
| 3.3. Розрахунок рами культиватора на міцність .....                                                   | 37 |
| 3.4. Рекомендації щодо виготовлення зварної рами .....                                                | 38 |
| 4. ОХОРОНА ПРАЦІ .....                                                                                | 40 |
| 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....                                                                           | 46 |
| 5.1 Розрахунок собівартості .....                                                                     | 46 |
| 5.2 Орієнтовна відпускна ціна .....                                                                   | 48 |
| ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ .....                                                                           | 50 |
| БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК .....                                                                          | 52 |

## ВСТУП

У сучасних умовах ведення сільського господарства в Україні особливої актуальності набуває проблема ефективного обробітку невеликих земельних ділянок, що переважають у структурі особистих селянських господарств. Більшість із них мають площу до 1 га, складну геометрію меж і нерівний рельєф, що унеможлиблює застосування традиційних тракторних агрегатів. Оптимальним технічним рішенням у таких умовах стає використання засобів малої механізації, зокрема мотоблоків, які поєднують доступність, універсальність і маневреність.

Разом з тим ефективність використання мотоблоків багато в чому залежить від якості агрегатованого навісного обладнання, зокрема культиваторів. Сучасні вимоги до культиваторів передбачають не лише якісний обробіток ґрунту, а й формування рівного посівного ложа, подрібнення грудок і забезпечення стабільного заглиблення робочих органів. У зв'язку з цим виникає необхідність проєктування нової конструкції культиватора, яка б відповідала вимогам агротехнологій, була адаптована до конкретних моделей мотоблоків і відзначалась економічною доцільністю виготовлення.

Метою даної роботи є розроблення та обґрунтування конструкції навісного культиватора з грудкоподрібнювачем для мотоблока Зубр -8 (Зубр JR-Q78), здатного ефективно працювати на оброблених суглинках із шириною захвату до 800 мм. Завданнями дослідження є аналіз існуючих рішень у галузі малої механізації, розрахунок тягових можливостей агрегата, визначення оптимальних параметрів конструкції, перевірка міцності рами, а також оцінка економічної ефективності впровадження розробки.

## **1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ**

### **1.1. Види, сфера застосування та загальна характеристика засобів малої механізації (мотоблоків)**

Одним із пріоритетних завдань у сфері вирощування сільськогосподарських культур є зниження трудових витрат та скорочення часу на виконання агротехнічних операцій, що в підсумку дозволяє підвищити продуктивність особистих підсобних господарств. Водночас обмежена площа присадибних ділянок і складність під'їзду до них унеможлиблює використання повнорозмірних тракторів високої потужності. Саме тому найбільш ефективним рішенням у таких умовах є використання малогабаритної техніки, зокрема засобів класу 0,2 – мінітракторів, мотоблоків і мотокультиваторів.

В залежності від способу передачі обертового моменту від двигуна внутрішнього згоряння до ходової частини, а також конфігурації робочих органів, малогабаритні ґрунтообробні машини поділяються на три основні типи: мотоблоки, мотокультиватори та мінітрактори (рис. 1.1).

Серед усього спектра малої механізації найбільше поширення отримали мотоблоки, які завдяки своїй універсальності дозволяють виконувати майже всі типові аграрні операції на присадибній ділянці. Зокрема, мотоблоки активно застосовуються для виконання суцільного та міжрядного обробітку ґрунту, включаючи оранку, культивуацію, боронування, підгортання. При встановленні відповідного навісного обладнання вони також можуть використовуватись для скошування трави, викопування коренеплодів, прибирання снігу та сміття, підмітання твердих покриттів, перевезення вантажів або перекачування рідини [2, 3, 4].

Мінітрактори та мотокультиватори, на відміну від мотоблоків, мають обмежену функціональність, що зумовлено їхньою меншою універсальністю та специфікою конструкції.

Рис. 1.1 – Структурна схема засобів малої механізації з різними типами робочих органів

Типовий мотоблок включає в себе такі основні складові: силовий агрегат (двигун), систему трансмісії, ходову частину, а також навісне обладнання, що може бути змінним, у тому числі фрези або інші ґрунтообробні знаряддя. Саме поєднання мотоблока з культиватором дозволяє найбільш ефективно вирішувати завдання рихлення, підготовки ґрунту до сівби та міжрядного обробітку.

Одним із визначальних елементів конструкції мотоблока є його силовий агрегат - двигун. У сучасних моделях переважно використовуються

бензинові або дизельні двигуни внутрішнього згорання, які забезпечують необхідну потужність для виконання ґрунтообробних і допоміжних операцій. Значно рідше, переважно в легких побутових моделях, застосовуються електричні двигуни, обмежені в автономності та тягових можливостях.

Відповідно до класифікації, наведеної у ГОСТ 28523-90, мотоблоки поділяються за потужністю двигуна на три основні категорії: легкі - з потужністю до 4 кВт, середні - у межах від 4 до 9 кВт, та важкі - понад 9 кВт.

Легкі мотоблоки, як правило, оснащуються лише фрезами та призначені для виконання базових операцій на невеликих ділянках. У свою чергу, середні та важкі моделі мають змінні колісні рушії, що дозволяє агрегатувати їх з тяговими та причіпними знаряддями, наприклад, з культиваторами, підгортальниками, причепами тощо. Такий підхід розширює сферу застосування техніки та дозволяє виконувати значно більший обсяг агротехнічних і транспортних робіт.

Сучасні моделі мотоблоків комплектуються різноманітними типами трансмісій, серед яких найчастіше зустрічаються зубчасті, зубчасто-черв'ячні та комбіновані пасово-зубчасто-ланцюгові передачі. Вибір конкретного типу трансмісії залежить від класу мотоблока та передбачуваних навантажень.

Найпоширенішим конструктивним рішенням є пасово-зубчасто-ланцюгова передача. У цій системі крутний момент від двигуна передається на тихохідний (вхідний) вал редуктора за допомогою клинопасової передачі, яка виконує не лише передавальну функцію, а й діє як механічне зчеплення з можливістю реверсу. Один зі струмків ведучого шківа при цьому може виконувати роль приводу для вала відбору потужності, що дає змогу використовувати мотоблок із навісними знаряддями, зокрема з культиваторами.

Далі крутний момент передається на зубчасту передачу, яка може бути одноступеневою або багаступеневою та служить для подальшої передачі обертання на ланцюгову передачу. Остання забезпечує надійну передачу зусилля на рушії мотоблока (колеса або гусениці) й водночас дозволяє

зберігати достатній агротехнічний кліренс, що важливо для роботи в рослинних міжрядях.

Класифікація засобів малої механізації може здійснюватися за різними критеріями [2]. Згідно з підходом, запропонованим у праці [3], основою для систематизації машин є прагнення підвищити продуктивність праці, що передбачає врахування трьох основних факторів:

- принцип взаємодії оператора з технічним засобом та техніки з об'єктом обробки або транспортування;
- загальна конструктивна побудова машини, пов'язана з її призначенням;
- адаптованість до виконання конкретних технологічних операцій у складі машинно-механізованих агрегатів.

На основі способу взаємодії оператора з машиною малогабаритні ґрунтообробні агрегати поділяються на:

- пішохідні - керування відбувається за допомогою рукояток, а оператор переміщується пішки позаду машини (найтиповіший приклад - мотоблок з культиватором);
- їздові - машини обладнані сидінням для оператора (переважно мінітрактори);
- пішохідно-їздові - універсальні модифікації, які можуть працювати як у пішохідному, так і в їздовому режимі за умови дооснащення транспортною платформою або причепом.

## **1.2 Аналіз проблем використання засобів малої механізації в агротехнологічних операціях**

На сьогодні фермерські господарства охоплюють близько 55–56% у структурі сільськогосподарського виробництва України [1]. У невеликих агроформуваннях більшість технологічних процесів, окрім механізованого обробітку ґрунту трактором або проведення передпосівного рихлення,

виконується вручну. Особливо це стосується міжрядної культивації, післяпосівного розпушування та догляду за ґрунтом, де ефективно застосування культиваторів для мотоблоків може значно підвищити продуктивність і зменшити трудові витрати.

Станом на сьогодні існує широкий спектр засобів малої механізації, що застосовуються в сільському господарстві [3–5]. Орієнтовний поділ цих технічних засобів за функціональним призначенням подано у вигляді схеми (рис. 1.2).



Рис. 1.2 – Класифікація малогабаритних засобів за функціональним призначенням

Зі схеми можна зробити висновок, що за принципом взаємодії з оператором засоби малої механізації поділяються на три основні типи: пішохідні, їздові та комбіновані – пішохідно-їздові [6].

Залежно від загальної конструктивної побудови, до міні-техніки відносять мотознаряддя (тобто самохідні агрегати для спеціалізованих операцій), мотоблоки та малогабаритні мікротрактори. Сучасні тенденції розвитку малогабаритної техніки в аграрному секторі зосереджені на забезпеченні екологічної безпеки та надійності конструкції [6].

Ручний обробіток ґрунту, особливо на невеликих ділянках, пов'язаний зі значними фізичними навантаженнями на працівника, що швидко призводить до втоми. Через низьку продуктивність така робота займає надто багато часу. Наприклад, зрихлювання картоплі вручну виконується за допомогою сапи, лопати, мотики або невеликого плужка. Ця операція є трудомісткою та малоефективною. Використання для цього культиватора забезпечує значну економію зусиль, хоча і потребує фінансових витрат. Крім того, при застосуванні мотоблока з культиватором важливо дотримуватись правильної міжрядної відстані, аби уникнути пошкодження рослин.

### **1.3. Переваги застосування мотоблоків на присадибних ділянках**

Застосування мотоблоків у дрібнотоварному сільському виробництві та на присадибних площах дозволяє істотно підвищити ефективність агротехнічних операцій, зокрема обробітку ґрунту, завдяки зменшенню фізичного навантаження на людину та збільшенню продуктивності праці. Мотоблоки є універсальними агрегатами, які легко агрегуються з широким спектром навісного обладнання - зокрема з культиваторами для рихлення ґрунту, підгортання, боротьби з бур'янами тощо. Їхня компактність дає змогу обробляти вузькі міжряддя, ділянки зі складним рельєфом і обмеженим простором.

Використання культиваторів у складі з мотоблоками забезпечує якісне рихлення ґрунту без перевертання пласта, сприяє збереженню вологи та покращенню повітряного режиму в кореневій зоні рослин. Крім того, агрегати цього типу вирізняються відносно низькою витратою пального, простотою технічного обслуговування і доступною вартістю в порівнянні з більшими механізованими системами.

Мотоблоки - це універсальні технічні засоби, що активно застосовуються в аграрній сфері для механізації обробітку ґрунту та виконання широкого спектра допоміжних сільськогосподарських операцій. Завдяки своїм компактным габаритам, хорошій маневреності та доступній

вартості, вони користуються попитом серед фермерів, власників присадибних ділянок і садівників.

Конструктивно мотоблок являє собою силову раму з двигуном, ходовою частиною та вузлами для приєднання змінного обладнання. Серед найбільш поширених агрегатів, що працюють у зв'язці з мотоблоками, особливе місце посідають культиватори, які забезпечують якісне рихлення верхнього шару ґрунту без порушення його структури.

Переважна більшість мотоблоків обладнані бензиновими двигунами потужністю від кількох до кількох десятків кінських сил, що забезпечує можливість роботи на різних типах ґрунтів. У поєднанні з відповідними навісними агрегатами такі машини виконують операції з передпосівного обробітку, підгортання, міжрядної культивації, сівби, викопування коренеплодів тощо. Завдяки високій маневреності мотоблок з культиватором зручно використовувати на ділянках зі складним рельєфом або обмеженим простором [4].

Застосування таких технічних рішень дозволяє значно підвищити продуктивність праці, скоротити тривалість виконання робіт і знизити фізичне навантаження на людину, що робить мотоблоки з ґрунтообробними агрегатами доцільним і економічно виправданим вибором у дрібному сільськогосподарському виробництві.

#### **1.4. Аналіз моделей засобів малої механізації**

Мотоблоки зарекомендували себе як надзвичайно зручні та універсальні агрегати, які дедалі активніше впроваджуються в господарствах українських аграріїв. Завдяки багатофункціональності та широким можливостям агрегатування з навісними знаряддями, зокрема з культиваторами, мотоблок здатен замінити значну частину фізичної праці під час виконання основних польових робіт [2, 3].

Сьогодні на ринку представлений широкий асортимент мотоблоків різних виробників і модифікацій, що охоплює як вітчизняну, так і закордонну техніку. Серед імпортних моделей поширення набули марки *Honda* (Японія), *Meccanica Benassi*, *Oleo-Mac*, *Goldoni*, *Grillo*, *Bertolini* (Італія), *Solo*, *Gardena*, *MTD*, *Hater* (Німеччина), *Stiga*, *Husqvarna* (Швеція), *Texas* (Данія). Більшість з них обладнані надійними двигунами провідних світових брендів: японських *Mitsubishi*, *Honda*, *Robin-Subaru*; американських *Briggs&Stratton*; італійських *Lambardini*; іспанських *Minsel* тощо.

Серед найпопулярніших моделей, які ефективно застосовуються на присадибних ділянках для виконання широкого комплексу агротехнічних завдань, слід відзначити потужний мотоблок-культиватор *Hyundai T1050* [7] (рис. 1.3). Він призначений для обробітку різноманітних типів ґрунтів, зокрема для культивації, передпосівного рихлення, внесення добрив, сівби, а також для допоміжних господарських операцій - зокрема перевезення вантажів.

Агрегат оснащений коробкою передач із двома швидкостями вперед і однією назад, що забезпечує хорошу маневреність навіть на складному рельєфі. Надійна ланцюгова трансмісія захищена від пилу, вологи та механічних пошкоджень. Двигун потужністю 7 к.с. має підвищений моторесурс до 3500 мотогодин. Сталеві вигнуті фрези ефективно працюють навіть на щільному необробленому ґрунті, а захисні диски запобігають пошкодженню рослин. Ручки керування мають регулювання по висоті, що дозволяє адаптувати агрегат під зріст оператора для зручності в роботі.



Рис. 1.3 – Мотоблок *Hyundai T1050*

Модель *Konner & Sohnen* (рис. 1.4) являє собою сучасну розробку німецьких інженерів з удосконаленою рамною конструкцією, орієнтованою на тривалу й ефективну експлуатацію в умовах польових робіт. Особливістю агрегату є розташування повітряного фільтра - він винесений у зону над фрезами, де повітря чистіше, а кількість пилу мінімальна, що позитивно впливає на довговічність двигуна.

Рульове керування регулюється по висоті, що забезпечує комфорт оператора під час тривалого обробітку ґрунту. Глибина обробки легко налаштовується залежно від типу ділянки, що дозволяє використовувати культиватор не лише для рихлення, а й для оранки цілинних земель. Двигун потужністю 7 к.с. забезпечує достатній запас тяги для роботи в умовах щільного ґрунту з вмістом дрібного каміння. Окрему увагу виробник приділив захисту важливих вузлів - зокрема, трансмісія та глушник мають посилений захист від механічних ушкоджень, що підвищує загальну надійність агрегату.



Рис. 1.4 – Мотоблок-культиватор *Konner&Sohnen KS 7HP-950S* (Німеччина)

Ґрунтофреза *Iron Angel GT90M3 FAVORITE* (рис. 1.5) є ефективним рішенням для обробітки ділянок середньої площі [7] та добре підходить для індивідуального користування в присадибному чи фермерському господарстві. Конструкція агрегату передбачає можливість приєднання широкого асортименту навісного обладнання, що значно розширює його функціональні можливості.

Окрім основного призначення - рихлення ґрунту, дана модель дозволяє виконувати підгортання, нарізання борозен, викопування коренеплодів, посадку культур та інші агротехнічні операції. При потребі ґрунтофрезу можна переоснастити пневматичними колесами, що покращує її прохідність на вологому або пухкому ґрунті.

Фрезерний робочий орган складається з 8 наборних секцій із шаблеподібними лезами, які ефективно розробляють ґрунт навіть після тривалої перерви в обробітку. Трансмісія передбачає три передачі вперед і одну назад, що дає змогу здійснювати маневри на обмежених за площею

ділянках або на територіях зі складною геометрією. Така комплектація забезпечує високу маневреність і точність обробки.



Рис. 1.5 – Ґрунтофреза *Iron Angel GT90M3 FAVORITE* (Голландія)

До популярних і затребуваних моделей серед сільськогосподарських агрегатів належать і мотоблоки *Forte MD-101E*, Кентавр, Зубр (рис. 1.6) виробництва китайського бренду. Цей агрегат відноситься до класу важкої малої техніки та обладнаний дизельним двигуном із системою електричного запуску [7, 11]. Завдяки впровадженню водяного охолодження забезпечується стабільна робота двигуна навіть за тривалого навантаження, без перегріву та втрати потужності.

*Forte MD-101E* вирізняється високим рівнем функціональності, що робить його придатним для агрегування з різноманітним навісним обладнанням, зокрема, з культиваторами для обробітку цілинних і ущільнених ґрунтів. Наявність фари дає змогу виконувати роботи у вечірній час, а великі пневматичні колеса зі збільшеним протектором забезпечують впевнене зчеплення як із сухим ґрунтом, так і з вологим дорожнім покриттям. Такий мотоблок є доцільним вибором для фермерських господарств, які потребують потужної, надійної та універсальної техніки для обробки значних площ [11].



Рис. 1.6 – Мотоблоки *Forte MD-101E*, Кентавр, Зубр (Китай)

Мотокультиватор *Weima WM 10010* (рис. 1.7) вирізняються доступнішою вартістю, однак поступаються за рівнем оснащення, комплектації та функціональних можливостей у порівнянні з попередньо розглянутими моделями китайського виробника *Forte* (Кентавр, Зубр). Агрегат оснащено понижуючою коробкою передач, що дозволяє реалізувати чотири швидкості руху вперед і дві назад, що розширює можливості керування швидкістю обробітку ґрунту та маневреністю [11].

У конструкції передбачено важіль керування валом відбору потужності, завдяки чому мотоблок можна агрегувати з додатковим обладнанням для виконання широкого спектра робіт, зокрема косіння, відкачування води, прибирання снігу, миття твердого покриття. Наявність пневматичних коліс забезпечує кращу прохідність на пухких або зволжених ґрунтах. Робочі фрези мають можливість регулювання по ширині захвату, що дозволяє адаптувати культиваторну секцію під конкретні агротехнічні умови або тип культур. Попри базову комплектацію, модель *Weima* залишається функціональним і практичним рішенням для невеликих фермерських або присадибних господарств.



Рис. 1.7 – Мотокультиватор *Weima WM10010* (Китай)

Мотоблок ДТЗ (рис. 1.8) є найпотужнішим представником дизельної лінійки цього бренду [8, 10] і розроблений для інтенсивної експлуатації в умовах польових робіт. Оснащення електростартером є виваженим інженерним рішенням, яке значно спрощує запуск двигуна, особливо в умовах низьких температур.

Агрегат укомплектовано надійним дизельним двигуном потужністю 12 к.с., що забезпечує стабільну тягу для ефективної роботи з ґрунтообробним навісним обладнанням, зокрема з широкозахватними культиваторами. Привід до коробки передач реалізований через пряме з'єднання, що знижує втрати потужності. Конструкція передбачає оновлену систему зчеплення - дискову, нормально розімкнутого типу, яка гарантує плавність увімкнення передач і підвищену надійність. Шестерінчаста коробка передач включає три швидкості вперед і одну назад. Для безпеки оператора передбачено блокування важеля заднього ходу від випадкового спрацювання.

Окремої уваги заслуговує система очищення повітря, де використано фільтр із прозорим циклоном, що значно покращує фільтрацію в запиленому середовищі. У базовій комплектації ДТЗ постачається з ґрунтофрезою шириною захвату 1400 мм - найширшою серед моделей цього бренду та великими транспортними колесами розміру 5.00-12, що забезпечують високу

прохідність і стійкість агрегату під час роботи на різних типах ґрунту. Така модель є оптимальним вибором для господарств, які потребують потужного мотоблока для обробки значних площ землі [8, 10].



Рис. 1.8 – Мотоблок ДТЗ (Україна)

Цей мотоблок є універсальним і підходить не лише для використання в особистих селянських господарствах, а й для професійного застосування у сфері дрібнотоварного виробництва, зокрема, на овочевих плантаціях, у садових масивах, тепличних господарствах. Завдяки потужності, стійкій ходовій частині та можливості агрегування з причепом, агрегат може виконувати функції транспортного засобу для перевезення вантажів у межах господарства [8].

### **1.5. Аналіз обладнання для обробітку ґрунту з катками на мотоблок**

Культиватор передпосівної обробки на мотоблок стрільчастий з катком КН-1 (рис. 1.9) відрізняється негабаритним компактними розмірами, що дозволяють ефективно використовувати обладнання на невеликих ділянках з нестандартною площею. Має посилену прямокутну зварену раму з шириною захвату 1 м, оснащену спеціальним кронштейном для установки прикочуючого барабана [7].



Рис. 1.9 - Культиватор з котком КН-1 стрільчастий дворядковий передпосівної обробки на мотоблок

Приєднується культиватор передпосівний КН-1 до мотоблока потужністю від 7 кінських сил одноточковою навісною системою, розташованою на передній балці рами. П'ять стрілоподібних лап закріплені на двох поперечних трубах таким чином, щоб максимально охопити оброблювану площу - дві на передній трубі, три на задній. Міцні сталеві знаряддя стабільно зафіксовані на рамах болтами на оптимально зручній відстані один від одного [7].

Важкий коток розташований в задній частині рами, прикріплений до кронштейну за допомогою гвинтового з'єднання, що відповідає за плавну роботу агрегату на будь-якій місцевості і регулювання глибини обробки - до 10 см. Даний культиватор передпосівної обробки на мотоблок стрільчастий з катком КН-1 відмінно справляється з ґрунтами різної складності, якісно розпушує верхній шар ґрунту на глибину закладення культур, зрізує бур'яни, розбиває тверді земляні грудки, за допомогою котка вирівнює поверхню, показуючи хорошу продуктивність - до 0,3 га/год.

Переваги культиватора передпосівної обробки на мотоблок стрільчастий з катком КН-1: оснащений п'ятьма стрілоподібними лапами; є важкий коток; компактний розмір; всі робочі елементи виконані з міцної якісної сталі.

Конструкція культиватора міжрядної обробки КН-1П з ґрунтобоєм (рис. 1.10) розроблена конструкторським бюро нашого підприємства з урахуванням всіх тонкощів обробки раніше підготовленого ґрунту [7].



Рис. 1.10 - Культиватор міжрядної обробки КН-1П з ґрунтобоєм.

Правильно підібраний матеріал у виробництві культиватора гарантує витримування помірних механічних перешкод, що забезпечує довговічне використання культиватора в будь-яких видах ґрунту. Технологічний підхід до виробництва складових частин культиватора забезпечує видалення бур'янів, необхідне розпушування, які здійснюють збереження вологи, при цьому не порушуючи цілісності складу ґрунту, завдяки чому він залишає без зміни всю біологічну цінність гумусного шару і збагачує необхідною кількістю кисню в ґрунті, що сприяє протіканню всіх необхідних хімічних процесів на оброблюваній ділянці, в результаті чого підвищується врожайність [7].

Культиватор суцільного обробітку КН-1П з ґрунтобоєм спрямований на підготовку ґрунту перед посівом і посадкою різних культур. Наявність катка забезпечує додаткове вирівнювання та коткування ґрунту на оброблюваній території.

Універсальний культиватор КУ-120/1т (рис. 1.11) шириною захвату 120 см із грудобійним катком для дроблення землі після проходження лапами.



Рис. 1.11 - Універсальний культиватор КУ-120/1т

Кріплення універсальне на будь-який мототрактор або важкий мотоблок [7].

Технічні дані культиватора КУ-120/1т: ширина -120 см; кількість лап - 5 шт; вага - 60 кг; потужність - від 6 к.с.; діаметр штопорного пальця на кріпленні - 20мм

Культиватор для суцільного обробітку з котком КН-1,25М (рис. 1.12) постачається в комплекті з прикочувальним котком, який виконує дві функції:

- основна - додаткове вирівнювання поверхні ґрунту після культивації;
- допоміжна - регулювання глибини культивації, оскільки коток є опорно-прикочувальним, то, підіймаючи або опускаючи коток, змінюється глибина обробітку.

Літня культивація виконується під час обробітку парових полів із метою розпушування ґрунту й знищення бур'янів.



Рис. 1.12 - Культиватор для суцільного обробітку з котком КН-1,25М

Основою конструкції культиватора суцільного обробітку з котком КН-1,25М для мототрактора є міцна рама з профільної труби прямокутного перерізу  $50 \times 30$  мм. У передній частині рами встановлено одноточковий навісний механізм, що є головною особливістю культиваторів для мототракторів.

На рамі в два ряди рівномірно встановлено сім стрілочастих лап шириною захвату по 200 мм кожна, що забезпечує загальну ширину захвату 1250 мм.

У задній частині культиватора на регульованих кронштейнах встановлено опорно-прикочувальний коток, який виконує дві функції - прикочування ґрунту після обробітку з метою вирівнювання поверхні, а також регулювання глибини культивації шляхом зміни висоти встановлення котка.

Глибина культивації на цьому агрегаті регулюється в межах 50–140 мм. Основними перевагами цього культиватора є проста, надійна конструкція й невисока вартість.

Оскільки культиватор КН-1,25М виготовляється з вітчизняних матеріалів і комплектувальних на українському підприємстві, його вартість є цілком доступною для більшості українських аграріїв, які мають у користуванні мототрактори.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Обчислення тягово-зчіпної здатності мотоблочного агрегату

За інформацією Державної служби статистики України, частка продукції, що виробляється в присадибних господарствах, становить до 45–48% загального обсягу сільськогосподарського виробництва. Серед неї — картопля (приблизно 8%), овочі відкритого ґрунту (67–69%), молочна та м'ясна продукція (по 45–48%), а також ягоди й фрукти. Уся ця продукція належить до категорії трудомісткої, що вимагає постійного контролю, регулярного догляду та значних фізичних затрат [13].

Площа середньостатистичної присадибної ділянки коливається в межах 0,2–0,8 га, з яких до 50% відводиться під городництво. Багато таких ділянок мають витягнуту форму, складну геометрію меж і нерівний рельєф, що суттєво ускладнює використання традиційних польових ґрунтообробних агрегатів. У більшості випадків механізоване землеробство обмежується лише осінньою зяблевою оранкою та весняною культивацією, тоді як решта операцій виконується вручну [2].

Підвищити ефективність праці на таких ділянках можливо завдяки впровадженню засобів малої механізації, до яких належать мотознаряддя, мотоагрегати на базі мотоблоків і мінітрактори. Вибір техніки визначається переважно площею та конфігурацією земельної ділянки. Основним критерієм раціонального вибору конкретного засобу механізації є досягнення максимальної продуктивності агрегату в заданих умовах експлуатації. Під продуктивністю розуміють кількість виконаної роботи (площа, обсяг, довжина або відстань) за одиницю часу.

У контексті присадибного землеробства продуктивність зазвичай виражається в площі обробленої поверхні ( $\text{м}^2$ , га), рідше - в погонних метрах під час міжрядної обробки або в кубічних метрах при перекачуванні рідин. Теоретична продуктивність ґрунтообробних агрегатів у загальному вигляді визначається за формулою (2.1) [14].

$$W = V_T \cdot B_T, \text{ м}^2/\text{с}, \quad (2.1)$$

де  $B_T$  - теоретична ширина захвату знаряддя, м;

$V_T$  – теоретична швидкість руху, м/с.

У процесі експлуатації фактична швидкість агрегату зменшується через пробуксовування рушіїв і становить:

$$V_6 = V_T \cdot (1 - \delta), \text{ м/с}, \quad (2.2)$$

де  $\delta$  – коефіцієнт буксування.

Рівень пробуксовування залежить від сукупності факторів, які умовно поділяються на три основні групи [14]:

- фізико-механічні характеристики ґрунту, що змінюються залежно від його стану (вологість, щільність, структура);
- конструктивні параметри рушійної установки, зокрема тип та характеристики двигуна, передавальних механізмів і рушіїв;
- режим експлуатації агрегату, включаючи швидкість руху, навантаження, глибину обробітку та характер ґрунтообробних операцій.

Поведінку ґрунту під дією вертикальних і горизонтальних сил досліджували такі науковці, як Гуськов В.В., Овсянніков С.І., Золотаревська Д. та інші. У більшості їхніх праць сила тяги розглядається як функція від ступеня прослизання або деформації ґрунту, тобто від величини буксування. Цизь І.Є. [13] пропонує трактувати буксування як результат деформації ґрунтового шару під дією тягових елементів, які передають обертовий момент, з урахуванням сили опору руху. Такий підхід дозволяє визначити миттєве значення буксування як функцію від прикладеного крутного моменту на колесі.

Загалом ефективність роботи рушіїв у складі тягових агрегатів оцінюється за допомогою коефіцієнта зчеплення або коефіцієнта зчпної ваги - величини, яка визначає залежність між тяговим зусиллям і нормальним навантаженням (тобто масою, що припадає на рушій). Саме цей показник є критично важливим при проектуванні та виборі конструкції культиваторів для роботи з мотоблоками в умовах змінного опору ґрунту.

$$\varphi = \frac{N_H}{G_{зч}} \quad (2.3)$$

Залежно від типу рушія та колісної формули базової машини, коефіцієнт зчеплення може змінюватися в межах від 0,4 до 1,2. Найвищі значення досягаються у гусеничних і повнопривідних тягових машин, які мають покращене зчеплення з ґрунтом. За інформацією деяких виробників, мотоагрегати на базі мотоблоків демонструють коефіцієнт зчеплення в діапазоні 0,9–1,1, за умови використання металевих коліс із глибокими ґрунтозачепами та збільшеною шириною обода [15].

Попри достатньо високі значення зчіпних характеристик, такі агрегати часто не забезпечують необхідного тягового зусилля. При власній вазі 1 кН мотоблок у середньому генерує тягове зусилля 1,0–1,1 кН, тоді як тяговий опір плуга на ґрунтах середньої щільності становить 1,8–2,0 кН. Для культиваторів і підгортальників цей показник коливається в межах 1,4–1,7 кН [3, 4].

Нестачу тягового зусилля часто компенсує оператор, прикладаючи додаткове фізичне зусилля шляхом натискання на рукоятки керування. Це призводить до швидкої втоми, частих зупинок та зниження ефективності виконання ґрунтообробних робіт [4].

Рівень тягового опору робочих органів визначається не лише типом знаряддя, а й геометричними та фізико-механічними властивостями ґрунту. За допомогою математичного моделювання можна попередньо оцінити здатність мотоагрегату взаємодіяти з тим чи іншим знаряддям. Розрахунки показують, що легкі та середні мотоагрегати не завжди мають достатню зчіпну здатність для ефективної роботи з пасивними робочими органами. Результати натурних експериментів [6] підтверджують ці висновки. В умовах нестачі тягового зусилля оператор змушений підштовхувати агрегат, що погіршує ергономіку праці та призводить до зниження продуктивності.

Одним із ефективних технічних рішень для покращення умов роботи є підвищення зчіпних властивостей мотоагрегату шляхом застосування додаткових вантажів - довантажувачів. Це дає змогу зменшити фізичне навантаження на оператора та забезпечити стабільну роботу ґрунтообробних знарядь [16].

Мотоагрегати дають змогу суттєво підвищити продуктивність виконання сільськогосподарських операцій. Проте умови роботи з такою технікою залишаються складними та виснажливими для оператора. Основною причиною цього є необхідність безпосередньої фізичної участі людини у реалізації тягового зусилля агрегату через обмежені зчіпні характеристики базової конструкції.

## **2.2 Розрахунок ширини захвату культиватора для мотоблока Зубр JR-Q78**

Для визначення доцільної ширини захвату культиватора, що працює в агрегаті з мотоблоком Зубр JR-Q78, проведемо техніко-аналітичний розрахунок на основі тягових можливостей машини та умов ґрунтообробки [18].

Вихідні дані:

Номінальне тягове зусилля мотоблока  $F_{\text{тн}}=1510$  Н

Глибина обробітку ґрунту  $h=0,06$  м

Питомий опір обробленого суглинку  $q=60000$  Па

Коефіцієнт використання ширини захвату  $\eta=0,85$

Формула (2.4) розрахунку тягового опору:

$$F_{\text{оп}} = b \cdot h \cdot q \quad (2.4)$$

де  $b$  - ширина захвату, м;

$h$  - глибина обробітку, м;

$q$  - питомий опір ґрунту, Па.

Підставивши значення, можна обернено визначити граничну допустиму ширину захвату:

$$b_{\max} = \frac{F_{\text{тп}}}{h \cdot q} \quad (2.5)$$

$$b_{\max} = \frac{1510}{0,06 \cdot 60\,000} = \frac{1510}{3600} \approx 0,42 \text{ м}$$

Коригування на коефіцієнт ефективного використання ширини [15]:

$$b_{\text{еф}} = \frac{b_{\max}}{\eta} = \frac{0,42}{0,85} \approx 0,49 \text{ м} \quad (2.6)$$

Отже, максимальна рекомендована ширина захвату культиватора, що забезпечить роботу без перевищення номінального тягового зусилля, становить приблизно 490 мм.

Практичний розрахунок тягового опору при заданій ширині.

Для перевірки можливості роботи при більшій ширині, обчислимо тяговий опір для обраної ширини 800 мм:

$$F_{\text{оп}} = 0,8 \cdot 0,06 \cdot 60\,000 = 2880 \text{ Н}$$

Це значення перевищує номінальне тягове зусилля мотоблока, однак на практиці ця різниця може бути частково скомпенсована за рахунок:

- маси агрегата (186 кг  $\approx$  1826 Н тиску на ґрунт);
- використання ґрунтозачепів, що підвищують коефіцієнт зчеплення до  $\varphi \approx 1,2$ ;
- часткової допомоги оператора (штовхання, навантаження на ручки);
- зменшення глибини обробітку або використання катка як стабілізатора.

У стандартних умовах культивації обробленого суглинку на глибину до 60 мм оптимальною шириною захвату є 490 мм. Проте при використанні додаткових засобів підвищення зчеплення (ґрунтозачеми, каток, довантажувач) та належній масі агрегату, допустимою може бути ширина захвату до 800 мм.

### 2.3 Розрахунок конструктивних параметрів культиватора

Для забезпечення надійної та стабільної роботи культиватора в агрегаті з мотоблоком Зубр JR-Q78 шириною захвату 800 мм необхідно обґрунтувати основні геометричні параметри конструкції - зокрема, рами, робочих органів (стрілчастих лап) та грудобійного катка.

Робочими органами культиватора приймаємо стрілчасті лапи шириною захвату  $b_{\text{лап}}=0,25$  м. Щоб забезпечити рівномірний обробіток без пропусків і перекриттів, відстань між лапами приймаємо  $s=0,2$  м (на 20% менше за ширину лапи) [18].

Для розрахунку кількості лап скористаємось формулою:

$$n = \frac{B}{s} = \frac{0,8}{0,2} = 4 \text{ шт.} \quad (2.7)$$

Таким чином, на рамі передбачено 4 стрілчасті лапи, розташовані з рівномірним міжряддям по ширині захвату.

Каркас рами виконується у вигляді двох горизонтальних балок з профільної сталевий труби перерізом 40×40 мм, товщина стінки - 3 мм. Довжина кожної балки дорівнює ширині захвату:  $L=0,8$  м.

Площа поперечного перерізу труби:

$$A = \frac{40}{1000} \cdot \frac{40}{1000} = 0,0016 \text{ м}^2$$

Об'єм однієї балки,  $\text{м}^3$

$$V_{1б} = A \cdot L = 0,0016 \cdot 0,8 = 0,00128 \text{ м}^3 \quad (2.8)$$

Оскільки передбачено дві балки, загальний об'єм,  $\text{м}^3$ :

$$V_{\text{заг}} = 0,00128 \cdot 2 = 0,00256 \text{ м}^3$$

Маса рами з урахуванням густини сталі ( $\rho=7850 \text{ кг/м}^3$ ):

$$m_{\text{рами}} = V \cdot \rho = 0,00256 \cdot 7850 \approx 20,1 \text{ кг} \quad (2.9)$$

## 2.4. Оцінка маси катка для стабілізації ходу

Грудобійний каток виконує не лише функцію подрібнення грудок і вирівнювання поверхні, а й обмежує глибину заглиблення робочих органів, забезпечуючи стабільність.

Приймаємо, що каток - це сталевий циліндричний вал діаметром  $D=0,2$  м, довжиною  $L=0,8$  м, з товщиною стінки  $t=0,01$  м (10 мм).

Зовнішній радіус, м

$$R_{\text{зовн}} = \frac{0,2}{2} = 0,1 \text{ м}$$

Внутрішній радіус, м

$$R_{\text{вн}} = R_{\text{зовн}} - t = 0,1 - 0,01 = 0,09 \text{ м} \quad (2.10)$$

Об'єм обичайки катка, м<sup>3</sup>

$$V_{\text{катка}} = \pi \cdot (R_{\text{зовн}}^2 - R_{\text{вн}}^2) \cdot L = 3,1416 \cdot (0,1^2 - 0,09^2) \cdot 0,8 \quad (2.11)$$

$$V_{\text{катка}} \approx 3,1416 \cdot (0,01 - 0,0081) \cdot 0,8 \approx 3,1416 \cdot 0,0019 \cdot 0,8 \approx 0,00477 \text{ м}^3$$

Маса катка, кг

$$m_{\text{катка}} = V \cdot \rho = 0,00477 \cdot 7850 \approx 37,5 \text{ кг} \quad (2.12)$$

Розроблений культиватор із шириною захвату 800 мм має наступні конструктивні параметри:

- Кількість стрілчастих лап: 4 шт.
- Відстань між лапами: 200 мм
- Маса рами з профілю 40×40×3 мм:  $\approx 20,1$  кг
- Грудобійний каток Ø200 мм з товщиною стінки 10 мм:  $\approx 37,5$  кг

Загальна маса навісного знаряддя становить близько 58 кг, що сприяє підвищенню зчіпних властивостей мотоблока і стабілізує хід агрегата при роботі на обробленому суглинку.

### 2.4.1. Перерахунок з розміщенням 5 стрілчастих лап

Загальна ширина захвату:  $B=0,8$  м

Кількість лап:  $n=5$

Розрахунок нового міжряддя:

$$s = \frac{B}{n} = \frac{0,8}{5} = 0,16 \text{ м}$$

Уточнення ширини стрілкової лапи. Щоб уникнути необроблених смуг, ширина однієї лапи повинна перекривати простір між сусідніми лапами з запасом:

$$b_{\text{лап}} \geq s = 0,16 \text{ м}$$

Рекомендовано встановити лапи шириною 180–200 мм, наприклад, типу ЛСТ-180 або ЛСТ-200, що забезпечить повний перекриття.

## **2.5 Уточнення параметрів конструкції рами, робочих органів і катка для 5 стрілочастих лап**

З метою підвищення рівномірності обробітку ґрунту, а також оптимального розподілу навантаження по ширині захвату, доцільно застосовувати п'ять стрілочастих лап у конструкції культиватора шириною 800 мм. Це вимагає відповідного коригування розрахунків кількості робочих органів, маси рами та параметрів грудобійного катка.

### **2.5.1. Визначення міжряддя та ширини лап**

При загальній ширині захвату культиватора  $B=0,8$  м і кількості робочих органів  $n=5$ , розраховуємо міжряддя:

$$s = \frac{B}{n} = \frac{0,8}{5} = 0,16 \text{ м}$$

Щоб забезпечити перекриття слідів при культивації, слід обрати лапи шириною не менше  $b_{\text{лап}}=0,2$  м. Таке перекриття дає змогу уникнути необроблених смуг навіть при незначних відхиленнях у напрямку руху агрегата.

### **2.5.2. Розрахунок маси рами**

Для виготовлення рами культиватора приймається профільна сталеві труба з перерізом 40×40 мм та товщиною стінки 3 мм. Каркас формується з

двох паралельних балок довжиною 800 мм. З урахуванням внутрішньої порожнини труби (близько 10% об'єму) ефективна площа поперечного перерізу становить:

$$A = 0,04 \cdot 0,04 \cdot 0,9 = 0,00144 \text{ м}^2$$

Загальний об'єм металу для двох балок, м<sup>3</sup>

$$V = A \cdot L \cdot 2 = 0,00144 \cdot 0,8 \cdot 2 = 0,0023 \text{ м}^3$$

Маса рами визначається за формулою

$$m_{\text{рами}} = V \cdot \rho = 0,0023 \cdot 7850 \approx 18,1 \text{ кг}$$

### 2.5.3. Розрахунок маси катка

Грудобійний каток виконується у вигляді сталеві обичайки (труби) діаметром 200 мм, довжиною 800 мм, зі стінкою 10 мм. Його зовнішній радіус становить  $R_{\text{зовн}}=0,1$  м, а внутрішній -  $R_{\text{вн}}=0,09$  м. Об'єм порожнистого циліндра:

$$V_{\text{катка}} = \pi(R_{\text{зовн}}^2 - R_{\text{вн}}^2) \cdot L = 3,1416 \cdot (0,01 - 0,0081) \cdot 0,8 \approx 0,00477 \text{ м}^3$$

Тоді маса катка, кг

$$m_{\text{катка}} = V \cdot \rho = 0,00477 \cdot 7850 \approx 37,5 \text{ кг}$$

За умови використання 5 стрілочастих лап шириною 200 мм з міжряддям 160 мм конструкція культиватора забезпечує повноцінний суцільний обробіток ґрунту на ширині 800 мм. Для такої компоновки маса рами з профільної труби становить близько 18,1 кг, а маса грудобійного катка приблизно 37,5 кг. Ці параметри забезпечуватимуть достатню жорсткість та стійкість конструкції під час роботи на оброблених ґрунтах із глибиною обробітку до 60 мм і можуть частково використовуватись для довантаження, що покращує зчіпні властивості мотоблока з поверхнею поля [16].

### **3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА**

#### **3.1 Обґрунтування розроблення конструкції культиватора**

Мотоблоки активно використовуються на присадибних ділянках, проте мають спільне обмеження - культивація сільськогосподарських культур можлива лише за дотримання певних умов: достатнього зчеплення рушіїв із ґрунтом, правильного налаштування глибини обробітку та відповідного агрегування мотоблока з культиватором, потужність якого відповідає типу ґрунту й характеру виконуваних робіт. Крім того, важливими умовами є наявність правильно підібраного навісного обладнання, рівномірна вологість ґрунту та дотримання встановленої швидкості руху агрегата [7].

Для проведення технологічної операції культивування необхідно мати відповідну конструкцію навісного обладнання, адаптовану для роботи з мотоблоком. Культиватор повинен складатися з міцної рами, оснащеної стрілочастими або лапчастими робочими органами, механізмом кріплення до мотоблока та системою регулювання глибини обробітку, що забезпечується опорними колесами або катком [13].

Крім того, доцільним є оснащення агрегата грудкоподрібнювачем, який дозволяє подрібнювати великі фракції ґрунту після основної обробітку. Це сприяє створенню більш рівномірного посівного ложа, покращує структуру верхнього шару та підвищує якість передпосівної підготовки ґрунту..

#### **3.2 Опис пристрою розробленої конструкції культиватора для мотоблока**

Зображений на рис. 3.1 агрегат є навісним культиватором зі стрілочастими лапами 6 та вбудованим грудкоподрібнювачем 8, змонтованим на рамі 4, призначеним для роботи з мотоблоком. Конструкція дозволяє виконувати повноцінний обробіток ґрунту на присадибних

ділянках, включаючи розпушення, знищення бур'янів і вирівнювання поверхні.

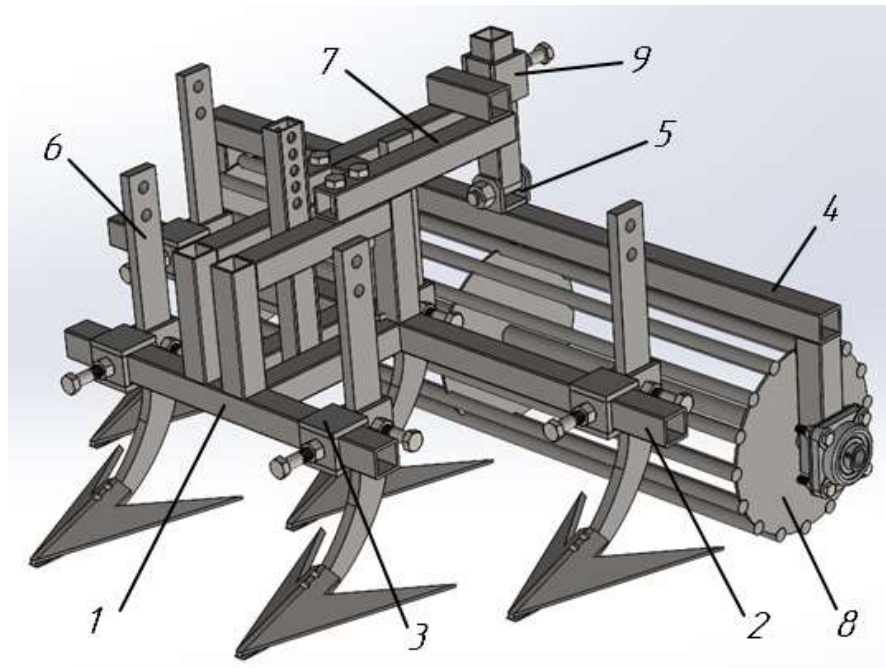


Рис. 3.1 – Будова проєктованого культиватора: 1, 2 – рама; 3 – кронштейн кріплення лапи; 4 – рамка грудкоподрібнювача (катка); 5 – шарнір кріплення катка; 6 – стрілчаста лапа; 7 – рама-подовження для катка; 8 – каток; 9 – регулятор висоти встановлення катка.

Особливістю даного культиватора є шарнірне кріплення 5 грудкоподрібнювача, яке забезпечує копіювання мікрорельєфу поля під час руху. Завдяки цьому каток 8 зберігає постійний контакт із поверхнею ґрунту навіть при незначних нерівностях, що дозволяє досягти більш рівномірного подрібнення грудок та вирівнювання обробленого шару. Така кінематична схема також знижує навантаження на раму 1, 2 та виключає ривкові навантаження при наїзді на тверді включення або локальні ущільнення ґрунту. Крім того, шарнірне з'єднання 5 спрощує обслуговування катка 8 і дозволяє швидко від'єднати його завдяки 9 у випадку, коли використання грудкоподрібнювача не є необхідним.

Основу складає жорстка рама 1, 2 прямокутного перерізу, зібрана з квадратних сталевих профілів. На передній частині рами 1 та 2 встановлено

п'ять стрілочастих лап 6, закріплених до поперечної балки за допомогою кронштейнів з болтовим з'єднанням 3. Така кінематична схема (рис. 3.2) дає можливість регулювання положення лап по ширині та висоті 3 (рис. 3.1), а також дозволяє легко проводити їхню заміну при зношенні.

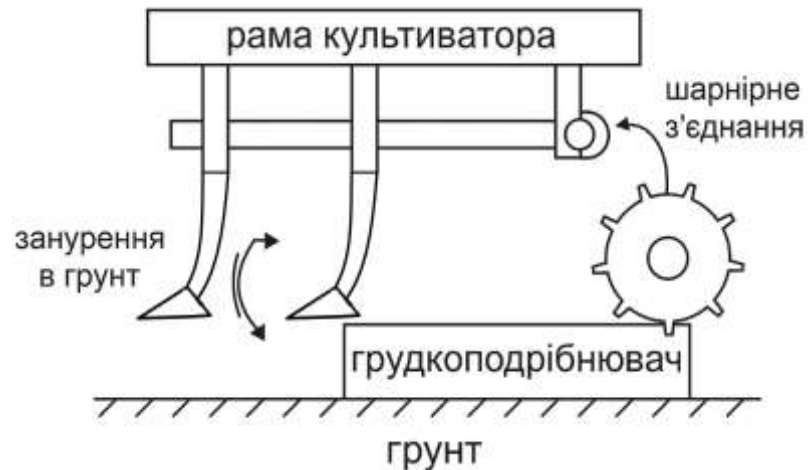


Рис. 3.2 - Кінематична схема культиватора з шарнірним кріпленням грудкоподрібнювача

Позаду лап встановлено грудкоподрібнювач барабанного типу, що складається з металевих планок, паралельно розташованих навколо осі. Він обертається вільно завдяки підшипниковим вузлам, закріпленим у бокових щитах. Кріплення грудкоподрібнювача до рами здійснюється через П-подібний кронштейн з отворами, які дають змогу змінювати висоту положення катка відносно площини обробки. Це дозволяє не тільки подрібнювати великі грудки після проходу лап, а й регулювати глибину обробітку та стабілізувати хід агрегата.

Грудкоподрібнювач виконує кілька функцій: покращує структуру обробленого шару, забезпечує рівномірність обробки, знижує енерговитрати завдяки кращому перекочуванню агрегата та сприяє формуванню якісного посівного ложа. Його наявність у конструкції культиватора є важливою перевагою при роботі в умовах середніх і важких ґрунтів.

Конструкція рами також передбачає вузол для приєднання до навісної системи мотоблока. Наявність регульовальних отворів дозволяє адаптувати

агрегат до різних типів машин і умов експлуатації. У цілому дана конструкція є універсальною і придатною для виконання комплексу передпосівних операцій на оброблених полях.

### 3.3. Розрахунок рами культиватора на міцність

Рама культиватора, до якої кріпляться робочі органи, піддається дії сил, що виникають під час взаємодії лап із ґрунтом. З урахуванням характеру роботи (передпосівна культивація на обробленому полі) та конструктивної схеми культиватора, рама сприймає розподілене зосереджене навантаження від п'яти стрілочастих лап, встановлених з рівномірним кроком [18].

Для перевірки працездатності обраного профілю проводиться розрахунок балки на згин з урахуванням циклічного й ударного навантаження. Довжина передньої балки рами, на якій закріплено п'ять лап, становить  $L=0,8$  м. Загальне зусилля опору ґрунту  $F$ , що передається через робочі органи, визначено раніше й становить  $F=2880$  Н.

Оскільки лапи розміщені симетрично, визначимо їх крок

$$s = \frac{L}{n - 1} = \frac{0,8}{4} = 0,2 \text{ м} \quad (2.13)$$

Сила  $F_{\text{лапи}}$ , яка діє на одну лапу становить:

$$F_{\text{лапи}} = \frac{F}{5} = 576 \text{ Н} \quad (2.14)$$

Максимальний згинальний момент виникає під третьою (центральною) лапою. Для умовно двоопорної балки з рівномірно розташованими п'ятьма точками прикладання сили, згинальний момент у центрі визначається як:

$$M_{\text{max}} = R \cdot \frac{L}{2} - F_{\text{лапи}} \cdot s \quad (2.15)$$

$$R = \frac{F}{2} = 1440 \text{ Н}$$

$$\text{Тоді } M_{\text{max}} = 1440 \cdot 0,4 - 576 \cdot 0,2 = 576 - 115,2 = 460,8 \text{ Н/м}$$

Рама виготовляється з квадратної сталеві труби розміром 38×38 мм, товщиною стінки 4 мм. Матеріал - вуглецева конструкційна сталь Ст3 згідно ГОСТ 380-94.

Зовнішній розмір сторони перерізу  $a=0,038\text{м}$ , товщина стінки  $t=0,004\text{м}$ , внутрішня сторона труби  $a_{\text{вн}}=a-2t=0,03\text{м}$ .

Момент інерції порожнистої квадратної труби

$$I = \frac{a^4 - a_{\text{вн}}^4}{12} = \frac{0,038^4 - 0,03^4}{12} = 1,06 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4 \quad (2.16)$$

Опірний момент перерізу

$$W = \frac{I}{a/2} = \frac{1,06 \cdot 10^{-7}}{0,019} = 5,59 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \quad (2.17)$$

Допустиме напруження для сталі Ст3 при циклічному навантаженні  $[\sigma]=140 \cdot 10^6 \text{ Па}$  приймається з урахуванням коефіцієнтів зниження.

Фактичне напруження  $\sigma$

$$\sigma = \frac{M_{\text{max}}}{W} = \frac{460,8}{5,59 \cdot 10^{-6}} = 8,24 \cdot 10^7 \text{ Па} = 82,4 \text{ МПа} \quad (2.18)$$

Коефіцієнт запасу міцності:

$$n = \frac{[\sigma]}{\sigma} = \frac{140}{82,4} \approx 1,70 \quad (2.19)$$

Таким чином, обраний профіль витримує розрахункове навантаження з достатнім запасом міцності для умов експлуатації на оброблених ґрунтах.

### 3.4. Рекомендації щодо виготовлення зварної рами

Зварювання рами здійснюється ручним дуговим зварюванням з використанням електродів типу Е42 або Е50А відповідно до ГОСТ 9467-75. Рекомендований діаметр електродів – 3...4 мм. Струм зварювання залежить від діаметра електрода і становить у середньому 90–160 А.

Тип зварного з'єднання - кутовий шов, переріз трикутний, з мінімальним катетом не менше 4 мм. Шви накладаються у нижньому

положенні. Попередній підігрів не потрібен. Після зварювання рекомендовано провести візуально-мірительний контроль та, за необхідності, ультразвукову перевірку на наявність внутрішніх дефектів.

У місцях найбільшого навантаження (зони кріплення лап і грудкоподрібнювача) доцільно використовувати підсилюючі накладки, що зменшують концентрацію напружень біля зварних швів.

#### 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці в умовах сільського виробництва - важливе завдання, вирішення якого забезпечить безпечні умови праці працівниками сільського господарства [19]. Передбачаються наступні заходи: поліпшення і оздоровлення умов праці, широке впровадження сучасних засобів безпеки, усунення причин, що породжують травматизм, створення на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

Умови праці - це складне об'єктивне суспільне явище, що формується в процесі трудової діяльності під впливом взаємопов'язаних факторів соціально-економічного характеру, що впливають на здоров'я, працездатність людини, на її відношення до праці та ступінь задоволення від неї, на ефективність праці та інші економічні результати виробництва. Вони характеризуються оціночними показниками мікроклімату, наявністю в робочій зоні шкідливих та небезпечних виробничих факторів, психофізичним та естетичними елементами діяльності працівників господарства [18, 19].

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по подальшому полегшенні умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів охорони праці, усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці.

Кожна людина і, людина з вищою освітою повинна усвідомлювати важливість питань уникнення ризиків у житті та праці.

Актуальність проблеми охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в світі значно зросла на початку третього тисячоліття. Охорона життя та здоров'я громадян у процесі їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці є одним з найважливіших державних завдань. Успішне вирішення цього завдання значною мірою залежить від належної підготовки фахівців усіх освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань охорони праці.

Проведений аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що їх можна поділити на групи, які:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини;
- спонукають працюючого допускати похибки у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;
- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону в наслідок відсутності відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці, та інші.

Всяке порушення аналітичної цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину, дії будь-якого небезпечного фактора визначається як травма. Якщо внаслідок аварії технічної системи виникли травми у людей, то сам випадок травми необхідно розглянути як подію, що є наслідком аварії. Це стосується тих систем, у яких підсистемами одночасно є машина і людина (див. табл. 4.1).

Основні безпеки, які виникають на виробництві приведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Аналіз процесів формування травмонебезпечних ситуацій при роботі машин для міжрядкового обробітку ґрунту

| Вид робіт, виробничий підрозділ, робоче місце, виробниче обладнання, склад агрегату | Виробнича безпека                                                            |                                                                                  |                               | Можливі наслідки        | Заходи запобігання небезпечним ситуаціям                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                     | Небезпечна умова НУ                                                          | Небезпечна дія НД                                                                | Небезпечна ситуація НС        |                         |                                                                                                                      |
| 1                                                                                   | 2                                                                            | 3                                                                                | 4                             | 5                       | 6                                                                                                                    |
| Міжрядний обробіток ґрунту                                                          | Необхідність регулювання робочих органів по глибині на ґрунтообробній машині | Відсутність спеціальних підставок НД1<br>Недотримання правил з охорони праці НД2 | Падіння знаряддя на робітника | Нещасний випадок травма | Укомплектування ґрунтообробної машини спеціальними підставками, проведення позапланового інструктажу з охорони праці |

Продовження табл. 4.1

| 1                                                                                 | 2                                                                                                                  | 3                                                                                | 4                                                                            | 5              | 6                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Відпочинок працівників під час польових робіт                                     | Відпочинок працівників поза спеціально відведеними майданчиками                                                    | Наїзд техніки на працівника                                                      | Небезпечний рух техніки                                                      | Травма, смерть | Обладнати спец, майданчики для відпочинку працівників під час польових робіт, провести інструктаж охорони праці                                   |
| Вмикання важеля гідропіднімача стоячи на землі біля ґрунтообробної машини         | Проведення робіт пов'язаних з підніманням та опусканням націпної машини, що вмикається безпосередньо біля трактора | Робота без підставок, використання несправного інвентаря                         | Можливе придавлення робітника при падінні націпного ґрунтообробного знаряддя | Травма         | Важіль гідропіднімача вмикати тільки із сидіння трактора<br>Працювати з використанням спеціальних підставок, контролювати стан робочого інвентаря |
| Очищення робочих органів від бур'яну та пожнивних решток                          | Бур'ян намотався на стійки робочих органів                                                                         | Очищення бур'яну руками                                                          | Можливість поранення                                                         | Травма         | Очищення проводити спеціальним крючками і в рукавицях                                                                                             |
| Проведення ремонтних робіт ґрунтообробного знаряддя з піднятими робочими органами | Підняті робочі органи ґрунтообробного знаряддя не зафіксовані штифтами у транспортне положення                     | Працівник проводить роботи з ТО знаходячись під не зафіксованою секцією знаряддя | Самовільне опускання чи падіння секції на робітника                          | Травма, смерть | Для фіксування піднятої секції використовувати спеціальні заводські упорні пальці                                                                 |

Якщо при функціонуванні таких систем з ладу вийшла машина, раптово припинивши свої функції внаслідок руйнування окремих деталей або самої машини, і це привело до значного матеріального збитку, то таке випадкове явище необхідно назвати аварією [20].

Провівши аналіз формування умов виникнення і розвитку аварій, ми прийшли до висновку, то переважна більшість випадків виникнення нещасних випадків можна представити у вигляді ступеневої логіко-імітаційної моделі представленої на рис. 4.1.



Рис. 4.1 - Схема побудови сценарію виникнення й розвитку нещасного випадку

Схема поетапного виникнення та розвитку аварії представлена на рис. 4.2. Розгорнутий коментар до схеми по етапного виникнення та розвитку аварії представлений у таблиці 4.2.

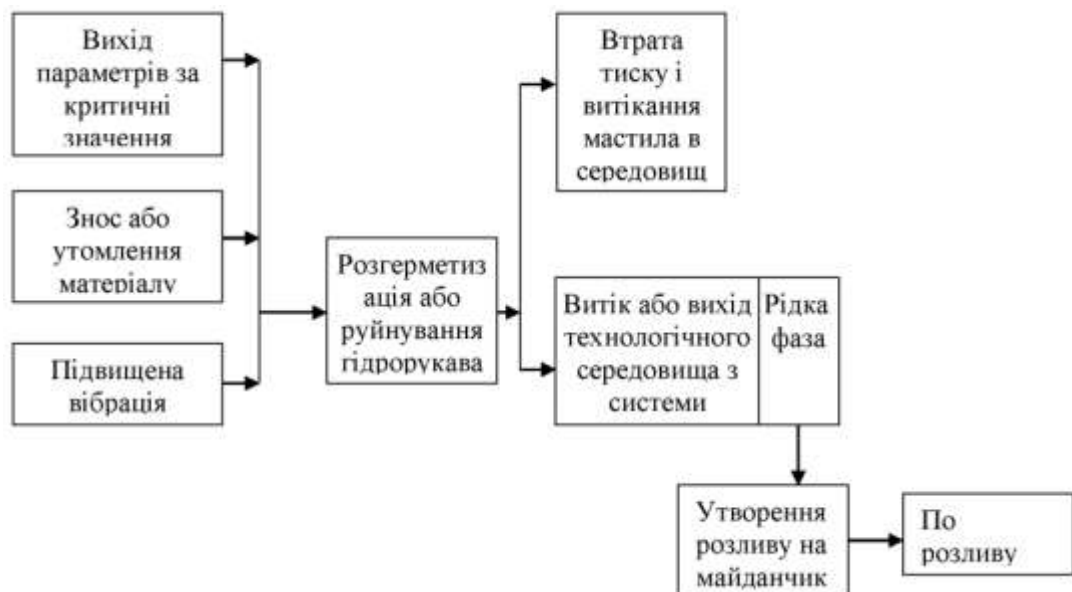


Рис. 4.2 - Схема виникнення та поетапного розвитку аварії

Таблиця 4.2 - Схема постадійного аналізу умов виникнення і розвитку аварій

| Назва стадії розвитку аварійної ситуації (аварії) | Основні принципи аналізу умов виникнення (переходу на іншу стадію) аварійної ситуації (аварії та її наслідків)                                                                                                                                                                                                  | Способи і засоби попередження, локалізації аварії                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Вихід параметрів за критичні значення             | Виявлення особливо небезпечних речовин; виявлення параметрів, які визначають небезпечність технологічних процесів і їх критичні значення; оцінка достатності оснащення засобами, які включають вихід параметрів за припустимі межі, їх ефективність, надійність                                                 | До оснащення технологічних процесів засобами контролю, управління й протиаварійного захисту, підвищення їх надійності й ефективності; удосконалення технологічних процесів                     |
| Знос, втома матеріалу апарата                     | Перевірка вивченості корозійних властивостей застосовуваних речовин; наявність даних щодо швидкості корозії і зносу; відповідність матеріалу устаткування (трубопроводів), захисного покриття, ущільнювальних матеріалів.                                                                                       | Застосування обладнання підвищеної надійності, ефективного захисного покриття і захисних пристроїв                                                                                             |
| Підвищена вібрація                                | Перевірка надійності й вірності кріплення апаратів, машин, гідрорукавів, співвісності з'єднань пристроїв, що обертаються                                                                                                                                                                                        | Своєчасне проведення планово-запобіжних ремонтів                                                                                                                                               |
| Зруйнування апаратури                             | Аналіз кількісних енергетичних характеристик вибуху (надлишковий тиск, швидкість наростання тиску) й порівняння їх із характеристиками міцності апаратури. Наявність засобів захисту устаткування від зруйнування при вибуху (запобіжні клапани).                                                               | Оснащення запобіжними пристроями, підвищення характеристик міцності апаратури                                                                                                                  |
| Розгерметизація апаратури                         | Перевірка відповідності устаткування, трубопроводів, запірної арматури, гідрорукавів, запобіжних і ущільнюючих пристроїв вимогам нормативів; оцінка технічного стану апаратури (якість зварних з'єднань, складання роз'ємних з'єднань, ступінь зносу і т.і.); оцінка порядку й повноти діагностичного контролю. | Розвиток бази діагностування і дефектоскопії устаткування; вдосконалення системи планово-запобіжного ремонту; заміна морально застарілого, зношеного й не відповідного нормативам устаткування |

Висновки щодо підвищення стану охорони праці.

1. Обладнати спеціальні місця для відпочинку за межами поля.
2. Забезпечити працівника засобами індивідуального захисту.
3. Організувати вчасне проведення періодичних медичних оглядів працівників.

4. Забезпечити оптимальні мікрокліматичні умови в кабіні трактора для відчуття теплового комфорту, та створити передумови для високого рівня працездатності.

5. Забезпечити надійну роботу світлових та світло відбивних засобів у темну пору доби під час транспортування широкозахватних культиваторів.

## 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Для спроектованої конструкції визначаємо: витрати на виготовлення, капітальні вкладення, експлуатаційні витрати, збільшення доходу від запровадження конструкції, рентабельність проекту, термін окупності [21, 22].

### 5.1 Розрахунок собівартості

У рамках економічної оцінки ефективності розробки конструкції навісного культиватора з грудкоподрібнювачем для мотоблока здійснимо попередній розрахунок повної собівартості його виготовлення в умовах дрібносерійного виробництва.

Собівартість виробу включає:

- вартість матеріалів;
- витрати на зварювання, механічну обробку та складання;
- накладні витрати (електроенергія, амортизація, зарплата тощо);
- податки й відрахування;
- прибуток підприємства.

Визначаємо витрати за вказаними статтями.

Вартість основних матеріалів розраховується за специфікацією, виходячи з переліку деталей власного виготовлення, їх кількості, ваги, виду матеріалів та оптових цін за одиницю матеріалу. Розрахункова вартість основних матеріалів збільшується на вартість інших матеріалів розмірі 5-7 % вартості основних матеріалів на деталі власного виготовлення. Результати розрахунків наведено у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахунок вартості основних матеріалів

| Назва елемента  | Кількість | Матеріал | Ціна за одиницю, грн | Вартість, грн |
|-----------------|-----------|----------|----------------------|---------------|
| Профільна труба | 3 м       | Ст3      | 125 грн/м            | 375           |

|                                     |          |                   |            |      |
|-------------------------------------|----------|-------------------|------------|------|
| 38×38×4 мм                          |          |                   |            |      |
| Стрілчасті лапи<br>(тип ЛСТ-200)    | 5 шт     | Борована<br>сталь | 180 грн/шт | 900  |
| Вал катка (Ø25 мм,<br>L = 800 мм)   | 1 шт     | Сталь 45          | 250 грн/шт | 250  |
| Обичайка катка<br>(труба Ø200 мм)   | 0.8 м    | Ст3               | 480 грн/м  | 384  |
| Опори,<br>підшипники,<br>кронштейни | комплект | -                 | -          | 600  |
| Кріплення, болти,<br>фарба          | комплект | -                 | -          | 250  |
| Всього:                             | -        | -                 | -          | 2759 |

Матеріальні витрати, разом

$$M_b = 375 + 900 + 250 + 384 + 600 + 250 = 2759 \text{ грн}$$

Основна зарплата робітників (нормативна):

- Зварювальник – 3 години × 80 грн/год = 240 грн
- Слюсар-складальник – 2 години × 70 грн/год = 140 грн
- Токар – 1 година × 90 грн/год = 90 грн

Разом заробітна плата:

$$Z_{\pi} = 240 + 140 + 90 = 470 \text{ грн}$$

Відрахування на соціальні потреби (30 %):

$$P_c = 470 \times 0,3 = 141 \text{ грн}$$

Енергетичні витрати (зварювання, різання, свердління), орієнтовно  $B_e = 80$  грн

Загальновиробничі витрати ( $B_{зв} = 20\%$  від прямих витрат)

$$B_{зв} = 0,2 \times (2759 + 470 + 80) = 0,2 \times 3309 = 661,8 \approx 662 \text{ грн}$$

Таблиця 5.2 - Підсумкова калькуляція собівартості

| Стаття витрат                     | Сума (грн) |
|-----------------------------------|------------|
| Матеріали                         | 2759       |
| Основна зарплата                  | 470        |
| Відрахування на соціальні потреби | 141        |
| Електроенергія                    | 80         |
| Загальновиробничі витрати         | 662        |
| Повна собівартість виробу         | 4112 грн   |

## 5.2 Орієнтовна відпускна ціна

З урахуванням 25 % рентабельності:

$$Ц_{\text{відп.}} = 4112 + 0,25 \times 4112 = 4112 \times 1,25 = 5140 \text{ грн}$$

Орієнтовна собівартість виготовлення одного навісного культиватора з грудкоподрібнювачем для мотоблока становить близько 4112 грн, при цьому рекомендована відпускна ціна 5140 грн. Така вартість є конкурентоспроможною на ринку обладнання для малої механізації та дозволяє забезпечити рентабельність виробництва на рівні не менше 25 %.

Для визначення доцільності виготовлення розробленого культиватора доцільно порівняти його відпускну ціну з вартістю аналогічного серійного виробу, а також розрахувати термін окупності.

Ціна аналогічного культиватора КН-1 з катком (за даними інтернет-магазину станом на 1.05.2025 р.)  $Ц_{\text{аналог}} = 6580$  грн

Собівартість виготовлення нашої конструкції  $C = 4112$  грн. Відпускна ціна  $Ц_{\text{розр.}}$  з рентабельністю 25 % становить 5140 грн.

Економічна вигода з кожного проданого виробу

$$W = Ц_{\text{аналог}} - C = 6580 - 4112 = 2468 \text{ грн}$$

Це сума економії на одному виробі для споживача або потенційний прибуток при роздрібному продажу за ринковою ціною.

Термін окупності визначає кількість одиниць продукції, які потрібно реалізувати для повного покриття витрат на виготовлення одного зразка.

$$T = \frac{C}{W} = \frac{4112}{2468} \approx 1,67$$

Окупність витрат на виготовлення одного культиватора забезпечується після реалізації менш ніж двох одиниць за ціною ринкового аналога. Це свідчить про високу економічну ефективність і доцільність виробництва конструкції в умовах малого підприємництва або кооперативного виготовлення.

За умови виготовлення, наприклад, 4 культиваторів на місяць - це реалістичний показник для невеликого господарства, майстерні чи кооперативу, прибуток з кожного становитиме  $\Pi = 2468$  грн, а загальна сума витрат на виготовлення однієї одиниці  $I = 4112$  грн.

Розрахунок терміну окупності

$$T = \frac{I}{\Pi \cdot N} = \frac{4112}{2468 \cdot 4} = \frac{4112}{9872} \approx 0,42 \text{ місяця}$$

За умови реалізації 4 виробів на місяць, повне повернення витрат на виготовлення першого культиватора відбудеться менш ніж за пів місяця. Навіть при продажу одного культиватора на місяць, термін окупності становитиме, тобто вже на другий місяць виготовлення починає приносити чистий прибуток.

$$T = \frac{4112}{2468 \cdot 1} \approx 1,67 \text{ місяця}$$

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було проаналізовано особливості використання засобів малої механізації в аграрному секторі, обґрунтовано необхідність розроблення навісного культиватора з грудкоподрібнювачем для мотоблока Зубр JR-Q78 та здійснено його конструктивне проектування і техніко-економічне оцінювання.

Було встановлено, що оптимальна ширина захвату культиватора при стандартних умовах роботи становить 490 мм. Утім, за наявності підвищених зчіпних характеристик мотоблока, застосування ґрунтозачепів, довантаження агрегата та використання стабілізуючого катка дозволяє ефективно обробляти ґрунт на ширині до 800 мм. Проведені розрахунки показали, що конструкція з п'ятьма стрілочастими лапами шириною 200 мм, розміщеними міжряддям 160 мм, забезпечує рівномірний суцільний обробіток. Каркас рами з профілю 40×40×3 мм має масу близько 18,1 кг, а маса сталевих катків з товщиною стінки 10 мм становить 37,5 кг. Загальна маса конструкції – близько 58–60 кг, що підвищує зчіпні властивості агрегата та стабілізує його рух.

Розрахунок на міцність підтвердив працездатність рами, де максимальний згинальний момент 460,8 Н·м не перевищує допустиме навантаження, а коефіцієнт запасу міцності забезпечує надійність роботи в польових умовах. Шарнірне кріплення катка дозволяє копіювати мікрорельєф, зменшує динамічні навантаження та покращує якість вирівнювання поверхні поля.

Економічна частина роботи підтвердила доцільність впровадження конструкції у виробництво. Повна собівартість виробу становить 4112 грн, рекомендована відпускна ціна з рентабельністю 25 % - 5140 грн, при тому як ринкова ціна аналогічного культиватора сягає 6580 грн. Економічна вигода з кожної одиниці становить 2468 грн, а термін окупності - менше двох одиниць реалізації, що свідчить про високу ефективність виробництва.

У результаті проведених досліджень запропоновано виготовити дослідну партію культиваторів для перевірки їх експлуатаційних характеристик у реальних умовах. Конструкція рами потребує адаптації під різні моделі мотоблоків шляхом впровадження змінного вузла кріплення. Також доцільно передбачити можливість заміни катка на опорні колеса з метою підвищення універсальності агрегата.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Аналітичний звіт про стан і перспективи розвитку малого та середнього підприємництва в Україні. – К. : Державна служба України з питань регуляторної політики та розвитку підприємництва, 2014. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.dkrp.gov.ua/info/3023.htm>
2. Мобільні засоби малої механізації сільськогосподарських робіт. Трактори малогабаритні. Типи та основні параметри: ГОСТ 28523-90. К., 1990. 12 с.
3. Кравчук В.І., Присяжнюк М.В. Засоби малої механізації в рослинництві. В-во: Дослідницьке. 2012. 188 с.
4. Кравчук В.І., Мельник Ю.Ф.. Машини для обробітку ґрунту та сівби. В-во: Дослідницьке. 2010. 288 с.
5. Мітков В.Б. Методика визначення оцінки рівня екологічної безпеки сільськогосподарських агрегатів / В.Б. Мітков, В.П. Кувачов // Вісник Сумського НАУ. – Суми: Сумський НАУ, 2016. - Вип. 10/3 (31). - С. 6-10.
6. Жмаєва О. Обґрунтування схеми та параметрів транспортно-технологічних засобів малої механізації для їх використання у сільськогосподарському виробництві // Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного. Дипломна робота. Мелітополь, 2021. 80 с.
7. Культиватори. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://storgom.ua/ua/kultivatory.html>
8. Мотоблоки ДТЗ. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://dtz.ua/motoblocks/>
9. Farmcollector. Dedicated to the Preservation of Vintage Farm Equipment. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.farmcollector.com/collections/one-wheel-garden-tractors/>

10. Мотоблоки з повітряним охолодженням двигуна. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://storgom.ua/ua/motobloki/2783-vozdushnoe.html>
11. Мотоблоки з водяним охолодженням двигуна. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://storgom.ua/ua/motobloki/2783-vodianoe.html>
12. Овсянніков С. Сільськогосподарські домогосподарства України: проблеми і перспективи // Науково-виробничий журнал «Техніка і технології АПК», - № 12, - 2014. - С. 16-20.
13. Цизь І.Є. Конструювання і розрахунок сільськогосподарських машин: Навчальний посібник. – Луцьк: Ред.-вид. відділ Луцького НТУ, 2016. – 172 с.
14. Овсянніков С.І. Мотоагрегати та мотознаряддя: відповідність умов роботи оператора санітарно-гігієнічним нормам // Техніка і технології АПК. № 7, - 2014,. - С. 14-16. № 8, - 2014. - С. 18 – 21.
15. Овсянніков С.І. Силова взаємодія оператора при управлінні мотоагрегатом // Вісник Національного технічного університету «ХП». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХП», 2012. - № 60 (966). - С. 25-31.
16. Овсянніков С.І. Методика визначення енерговитрат оператора під час керування мотоагрегатом // Сільськогосподарські машини. - 2013. № 25. - С. 93 - 101.
17. Сергій Овсянніков. Енергетичні затрати оператора при управлінні мотоагрегатом / С. Овсянніков // Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture. Vol. 15, № 7. – Lublin-Rzeszow 2013. - S. 45-50.
18. Пістун І. П., Березовецький А. П., Березовецький С. А. Охорона праці в галузі сільського господарства (тваринництво, птахівництво) : навч. посіб. / І. П. Пістун, А. П. Березовецький, С.А. Березовецький. Суми : Університетська книга, 2012. 503 с. - ISBN 978-966-680-626-3.

19. Пістун І. П., Березовецький А. П., Березовецький С. А. Охорона праці в галузі сільського господарства (рослинництво) : навч. посіб. / І. П. Пістун, А. П. Березовецький, С. А. Березовецький. Суми : Університетська книга, 2018. 367 с. - ISBN 978-966-680-430-6.
20. Пістун І. П., Кіт Ю. В., Березовецький А. Т. Практикум з охорони праці : навч. посіб. / І. П. Пістун, Ю. В. Кіт, А. Т. Березовецький. Суми : Університетська книга, 2001. 232 с.
21. Мазнєв Г.Є. Турченко М.М., Щетинін М.Д. Економічне обґрунтування інженерних рішень в сфері АПК. Харків: ХДТУСТ, 2001. 400с.
22. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування: ДСТУ 4397:2005. К., 2005.