

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

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«Розроблення конструкції ручного мобільного підгортача  
сіськогосподарських культур для присадибних ділянок»**

Виконав: студент групи Маш-41

Спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»  
(шифр і назва)

Назар ГУРЕЛИЧ  
(Ім'я та прізвище)

Керівник: Сергій БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ  
(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

**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.  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

### **З А В Д А Н Н Я**

на кваліфікаційну роботу студенту  
**Гуреличу Назару Миколайовичу**

1. Тема роботи: **«Розроблення конструкції ручного мобільного підгортача сільськогосподарських культур для присадибних ділянок»**

Керівник роботи: Березовецький Сергій Андрійович, к.т.н., доцент  
Затверджена наказом по університету від 27.11.2023 року № 461/К-С

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 21.06.2024 року

3. Вихідні дані: технічні характеристики мотоблоків; патенти на корисні моделі та винаходи; літературні джерела за тематикою одноколісних 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

1. Аналіз конструкцій мотоблоків - 1-ий аркуш.

2. Загальний вигляд одноколісного мотоблока - 2-ий аркуш.

3. Складальні одиниці та деталі одноколісного мотоблока – 3-ий аркуш.

4. Складальні одиниці та деталі одноколісного мотоблока – 4-ий аркуш.

5. Результати розрахунку показників економічної ефективності конструктивної розробки – 5-ий арк.

#### 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., доцент кафедри машинобудування			
4	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання: 30.12.2023 р.

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про вико- нання
1.	<i>Виконання розділу: «Аналіз об'єкта проекткування»</i>	<i>22.01.24-16.02.24</i>	
2.	<i>Виконання другого розділу: «Технологічна частина»</i>	<i>19.02.24-15.03.24</i>	
3.	<i>Виконання третього розділу: «Конструктивна частина»</i>	<i>18.03.24-03.05.24</i>	
4.	<i>Виконання розділу: «Охорона праці»</i>	<i>06.05.24-31.05.24</i>	
5.	<i>Виконання розділу: «Економічна частина»</i>	<i>03.06.24-14.06.24</i>	
6.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної затиски. Завершення роботи в цілому</i>	<i>17.06.24-21.06.24</i>	

Студент \_\_\_\_\_ Назар ГУРЕЛИЧ  
(підпис)

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

УДК 631.316.023

Кваліфікаційна робота: 56 с. текст. част., 37 рис., 6 табл., 6 арк. формату А1 (презентація), 19 джерел літератури.

«Розроблення конструкції ручного мобільного підгортача сільськогосподарських культур для присадибних ділянок».

Гурелич Назар Миколайович – Кваліфікаційна робота першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Кафедра машинобудування – Дубляни, Львівський національний університет природокористування, 2024.

Проведено аналіз конструкцій ручного мобільного одноколісного мотоблока та їх робочих органів для технологічного процесу підгортання сільськогосподарських культур.

На основі аналізу в розрахунково-конструкторській частині розроблено конструкцію ручного мобільного одноколісного мотоблока.

Проаналізовано стан травматизму та техніки безпеки, а також стан виробничої санітарії. Оцінено безпеку та розроблено заходи щодо безпечної експлуатації ручного мобільного одноколісного мотоблока. Проаналізовано стан пожежної безпеки та безпека життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях. Розроблено заходи безпеки під час підгортання картоплі.

Виконані економічні розрахунки показують певну економічну ефективність проектних та конструкторських рішень. Передбачувана ефективність від впровадження конструкторської розробки складе на рік 175000 грн., при термін окупності протягом 1,04 року.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
1. АНАЛІЗ ОБ’ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ .....	7
1.1 Аналіз проблеми застосування засобів малої (ручної) механізації технологічних процесів .....	7
1.2. Переваги застосування мотоблоків на присадибних ділянках.....	9
1.3. Аналіз моделей засобів малої механізації для виконання технологічних операцій в умовах присадибних ділянок .....	10
1.4. Аналіз обладнання для рядкового обробітку картоплі .....	17
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	21
2.1. Розрахунок тягово-зчіпних властивостей мотоагрегату .....	21
2.2. Технологія проектування підгортача для мотоагрегатів .....	23
2.3. Рекомендації з вибору підгортача для мотоблока .....	29
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....	33
3.1 Обґрунтування розроблення конструкції ручного мобільного підгортача.....	33
3.2 Опис пристрою розробленої конструкції ручного мобільного підгортача.....	33
3.3. Розрахунок ланцюгово-роликової передачі .....	35
3.4. Розрахунок на міцність рами мотоблока .....	37
4. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	43
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	49
5.1 Розрахунок собівартості .....	49
5.2 Розрахунок величини капітальних вкладень.....	51
5.3 Економічна ефективність проекту.....	52
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ .....	54
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК .....	55

## ВСТУП

У сучасному сільському господарстві ефективне використання технічних засобів стає ключовим фактором у забезпеченні високих врожаїв та економічної ефективності. У цьому контексті, ручні мобільні одноколісні мотоблоки здобувають все більшу популярність як невід'ємна складова сучасного сільськогосподарського виробництва.

**Актуальність проблеми:** В умовах постійного зростання вимог до екологічності та сталого розвитку сільськогосподарського сектору, ручні мотоблоки стають важливим інструментом для зменшення використання важкої техніки, що має негативний вплив на ґрунтові ресурси та довкілля.

**Мета дослідження:** Ця кваліфікаційна робота присвячена аналізу конструкції та функціональних можливостей ручного мобільного одноколісного мотоблока для підгортання сільськогосподарських культур. Основною метою є розробка оптимальної конструкції такого мотоблока, яка б відповідала потребам сучасного фермерського господарства, забезпечуючи високу продуктивність та економічність використання.

### **Завдання дослідження:**

1. Провести аналіз сучасних технологій та матеріалів, які можуть бути використані при конструюванні ручного мотоблока.

2. Розробити концепцію конструкції ручного мобільного одноколісного мотоблока з урахуванням його функціональних можливостей та потреб користувачів.

Кваліфікаційна робота спрямована на сприяння подальшого розвитку малої сільськогосподарської техніки та підвищенню її ефективності. Конструкція ручного мобільного одноколісного мотоблока, розроблена в рамках цієї роботи, може стати цінним ресурсом для фермерів та садоводів, які прагнуть оптимізувати свою фізичну працю та збільшити врожаї.

## 1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ

### 1.1 Аналіз проблеми застосування засобів малої (ручної) механізації технологічних процесів

У структурі сільського господарства частка фермерських господарств України становить 55...56% [1]. У дрібних господарствах, за винятком тракторної оранки та передпосівної обробки, весь виробничий ланцюг базується на ручній праці.

Основним нормативним документом на засоби малої механізації до недавнього часу був ГОСТ 28523-90 «Мобільні засоби малої механізації сільськогосподарських робіт. Трактори малогабаритні. Типи та основні параметри» [2].

На сьогоднішній день є велика різноманітність різних засобів малої механізації сільського господарства [3-5]. Умовна класифікація засобів малої механізації наведена на схемі (рис. 1.1).

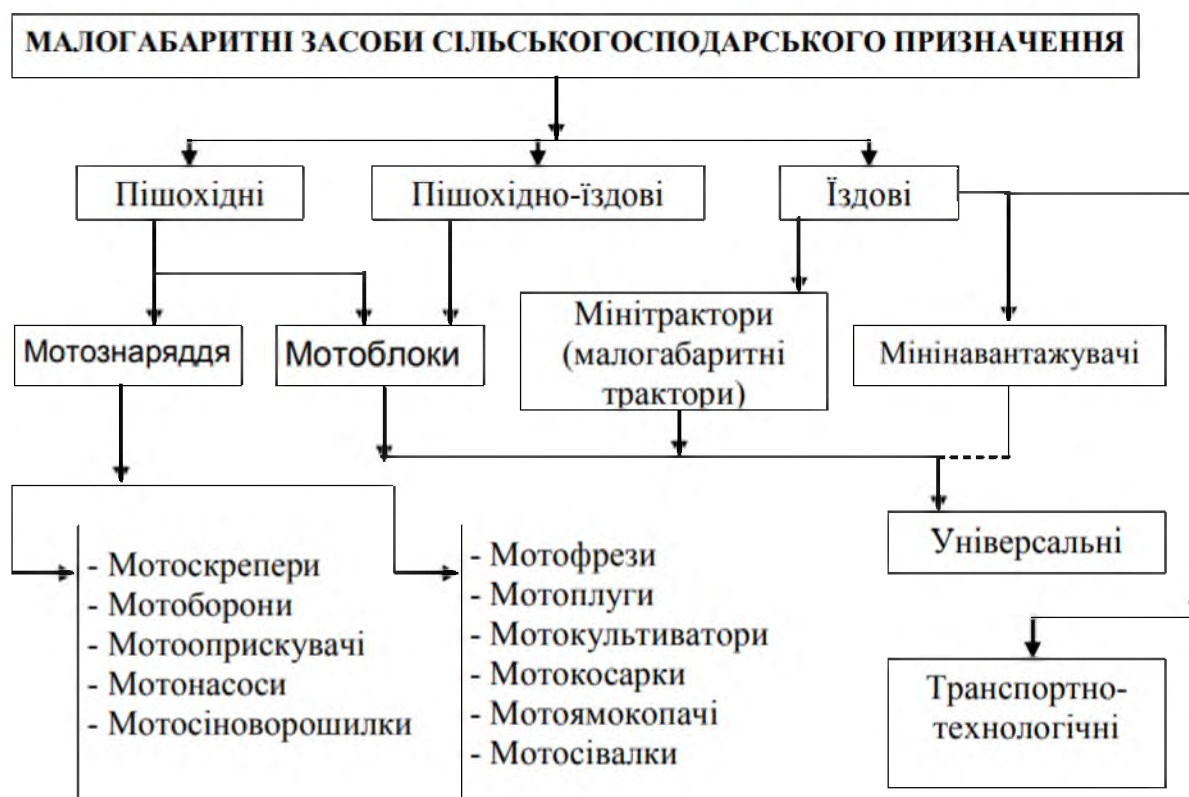


Рис. 1.1 – Умовна класифікація малогабаритних засобів сільськогосподарського призначення

З даного рисунку можна побачити, що за способом взаємодії оператора з машиною, засоби механізації поділяються на наступні типи: пішохідні, їздові та пішохідно-їздові [6].

За загальною конструктивною схемою міні-трактори в роботі поділяються на мотознаряддя (спеціалізовані самохідні знаряддя), мотоблоки і мікротрактори (малогабаритні). На сучасному етапі розвитку засобів малої механізації для агропромислового комплексу на перший план виходять вимоги екології і конструктивної безпеки [6].

Традиційний спосіб ручного обробітку ґрунту на невеликих присадибних ділянках характеризується великими тяговими навантаженнями, які долає людина в процесі роботи, і це призводить до швидкої її стомлюваності. В наслідок малої продуктивності роботи неприпустимо збільшується тривалість тяжкої людської праці. Підгортати картоплю вручну можна звичайною лопатою, сапою, мотикою або плужком. Процес цей є досить трудомістким. Найдорожчий спосіб підгортання за допомогою культиватора. Це досить дорогий спосіб, крім того, використання мотоблока вимагає чіткого дотримання відстані між рядами картоплі і може травмувати коренеплоди.

Також, традиційно великі тягові навантаження, які долає людина в процесі ручного підгортання сільськогосподарських культур, призводять до швидкої її стомлюваності. Водночас відсутність контролю інформації щодо прикладеного зусилля, твердості ґрунту і відстані пройденого шляху не дозволяє людині правильно використати свою силу в процесі роботи, із можливістю отримання травм тощо. До того ж, швидкість переміщення людиною ручного підгортача за допомогою ходьби кроками досить низька. Внаслідок малої продуктивності роботи в разі збільшується тривалість тяжкої людської праці. Також, реалізація традиційного (ручного) способу підгортання неможлива в темний час доби, або за недостатнього освітлення. Прикладом тому є застосування засобів малої (ручної) механізації сільськогосподарських робіт для підгортання (рис. 1.2). Роботу з такими



засобами у більшості випадків можна вважати важкою фізичною працею, оскільки вона пов'язана з напруженням м'язів, що, в свою чергу, є однією з причин професійних захворювань опорно-рухового апарату людини [6].



Рис. 1.2 – Приклади засобів малої (ручної) механізації сільськогосподарських робіт для підгортання картоплі

З метою підвищення продуктивності ручної праці, економії витрат на оплату праці та створення більш комфортних умов праці за останні 25-30 років з появою складних машин були створені спрощені технічні засоби, які дозволяють працювати без використання фізичних навантажень, полегшують роботу та допомагає запобігти професійним захворюванням.

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

Мотоблоки - це сільськогосподарська техніка, яка використовується для обробки ґрунту та виконання різних сільськогосподарських робіт. Вони є популярними серед фермерів, городників та садівників завдяки своїй

універсальності, невеликим розмірам, маневреності та відносно невеликій вартості.

Мотоблоки складаються з базового шасі з двигуном, колісної системи та з'єднувальних механізмів, до яких можуть бути під'єднані різноманітні агротехнічні пристрої. Більшість мотоблоків оснащені бензиновими двигунами потужністю від кількох до кількох десятків кінських сил, що дозволяє їм працювати ефективно на різних типах ґрунтів та виконувати різноманітні завдання.

Мотоблоки використовуються для різноманітних сільськогосподарських робіт, включаючи оранку, рихлення ґрунту, підгортання, культивуацію, сівбу, садіння, скошування тощо і відрізняються високою маневреністю та легкістю у використанні, що дозволяє легко керувати ними на присадибних ділянках, садах, городах та малих сільськогосподарських угіддях. Використання мотоблоків дозволяє збільшити продуктивність роботи та ефективно виконувати сільськогосподарські завдання за короткий час, що робить їх економічно вигідними для фермерів та городників.

Мотоблоки є важливим інструментом для підготовки ґрунту та вирощування рослин у сільському господарстві та садівництві, допомагаючи забезпечити високі врожаї та ефективного використання земельних ресурсів, а також виключити фізичну працю людей.

### **1.3. Аналіз моделей засобів малої механізації для виконання технологічних операцій в умовах присадибних ділянок**

Мотоблок настільки зручний та універсальний агрегат, що останнім часом все більше українських аграріїв віддають їм перевагу. Він функціональний, універсальний та виконує весь перелік неймовірно складних польових робіт на заміну фізичній праці.

Різноманітність виробників мотоблоків різних моделей та модифікацій має надвичайно широку географію. Закордонні мотоблоки представлені на нашому ринку такими, як Honda (Японія); Meccanica Benassi, Oleo-Mac, Goldoni, Grillo, Bertolini (Італія); Solo, Gardena, MTD і Hater (Німеччина); Stiga, Husqvarna (Швеція); Texas (Данія), які обладнані імпортованими двигунами - японськими Mitsubishi, Honda, Robin-Subaru, американськими Briggs&Stratton, італійськими Lombardini, іспанськими Minsel тощо.

Найпопулярнішими мотоблоками, які застосовуються на присадибних ділянках України і за допомогою яких можна якісно виконувати широкий спектр завдань та механізувати аграрну працю наведемо нижче.

Потужний мотоблок-культиватор Hundai T1050 [7] (рис. 1.3) призначений для обробки різних типів ґрунтів, культивування ділянок, городів, газонів, посіву, внесення добрива, а також перевезення вантажів. Коробка передач має дві швидкості вперед та одну назад, що дозволяє легко маневрувати та швидко обробляти великі площі зі складним рельєфом. Трансмсія ланцюгова, надійно захищена від пилу та вологи та можливих обривів. Двигун потужністю 7 к.с., ресурс збільшений до 3500 мотогодин. Фрези сталеві, вигнуті, проникають у найтвердіший ґрунт, у тому числі й у неораний. З боків встановлені захисні диски, завдяки яким рослини не ушкоджуються гострою фрезою. Ручки управління піднімаються та фіксуються на потрібній висоті.



Рис. 1.3 – Мотоблок-культиватор Hundai T1050

Модель від Konner&Sohnen (рис. 1.4) – новаторське рішення німецьких інженерів з рамною конструкцією. Повітряний фільтр винесений вище працюючих фрез, де мало пилу та багато повітря, що збільшує ресурс двигуна. Кермо регулюється по вертикалі. Глибину оранки можна регулювати. Потужність двигуна становить 7 к.с., що дозволяє орати цілину з безліччю дрібних каменів. Трансмсія та глушник надійно захищені від пошкоджень.



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

Ґрунтофрез Iron Angel GT90M3 FAVORITE (рис. 1.5) чудово підійде для обробітку ділянок середніх розмірів [7]. Передбачена можливість встановлювати навісне обладнання для розширення спектру сільськогосподарських робіт. Він не тільки розпушує землю, а й підгортає, копає, викопує коренеплоди, нарізує борони тощо. На ньому допускається встановлення пневматичних коліс. Фрези представлені 8 секціями, гострі, шаблеподібні, набірні. Трансмсія має три швидкості вперед і задній хід, що полегшує розвороти та повороти на ділянках малої площі і не правильної форми.



Рис. 1.5 – Мотоблок Iron Angel GT90M3 FAVORITE (Голландія)

До затребуваних сільськогосподарських агрегатів увійшов і мотоблок від китайського бренду Forte MD-101E (рис. 1.6). Модель належить до класу важких машин і оснащена дизельним двигуном з електричним стартером [7. 11]. Виробник встановив водяне охолодження для двигуна, що сприяє тривалій безперервній роботі без перегріву та падіння потужності. Перевага даної моделі у її багатофункціональності. Фара освітлює дорогу під час проїзду у вечірній час. Колеса збільшені, мають відмінне зчеплення з ґрунтом та з дорожнім покриттям.



Рис. 1.6 – Мотоблок Forte MD-101E (Китай)

Мотоблоки Weima WM1100A (10010) (рис. 1.7) вартують дешевше, функціонал, комплектація та оснащення бідніші, ніж у попередньої моделі від Форте. Присутня понижуюча коробка передач завдяки якій можна включати 4 передні швидкості та дві задніх. Є важіль управління валом відбору потужності, тому даним агрегатом можна косити, качати воду, забирати сніг, мити асфальт тощо. Пневмо-колеса забезпечують підвищену прохідність, а фрези можна регулювати по ширині [7, 10].



Рис. 1.7 – Мотоблок Weima WM1100A (10010) (Китай)

Мотоблок ДТЗ 512ДНЕ (рис. 1.8) - найпотужніший серед дизельних мотоблоків ДТЗ [8], встановлення на нього електростартера є цілком обґрунтованим рішенням, що дозволяє значно полегшити запуск двигуна, особливо в холодну пору року. Комплектується надійним двигуном потужністю 12 к.с., має прямий привід на коробку передач, нове безпечне дискове зчеплення нормально розімкнутого типу, шестерінчаста КПП на три швидкості руху вперед і одну для руху заднім ходом, блокування важеля заднього ходу від випадкового включення, вискоефективний повітряний фільтр з прозорим циклоном.

Крім того, ДТЗ 512ДНЕ також комплектується ґрунтофрезою з максимальною шириною захвату 1400 мм і транспортними колесами



великого розміру 5.00-12. Це найбільші захват фрези і розмір коліс серед мотоблоків ДТЗ.



Рис. 1.8 – Мотоблок ДТЗ 512ДНЕ (Україна, м.Дніпро)

Цей мотоблок цілком придатний не тільки для застосування в особистих господарствах, а й для професійного використання на городніх, садових і тепличних комплексах, а також як транспортний засіб для перевезення вантажів на спеціальному причепі [8].

Вищезгадані мотоблоки широко застосовуються на присадибних ділянках та, на жаль, всі мають один недолік – підгортання сільськогосподарських культур може відбуватися лише за умови парної кількості плужків, що є досить накладно, оскільки потребує додаткової рами для встановлення робочих органів. Дана конструкція під час роботи не забезпечує агротехнічних вимог оскільки мотоблок лівим/правим колесом пробуксовує, один з плужків може мати більший опір ґрунту, що призводить до постійного налаштування прямолінійності його руху.

Для проведення технологічної операції підгортання нам необхідно рядок пускати між колесами, і відповідно, корпус плужка буде йти по рядку, а не міжрядді. Для такого типу технологічних операцій виробники мотоблоків розробили одноколісні чи/або моногусеничні приводи, які мають можливість рухатися безпосередньо по мідряддю і без шкоди культурам її

обробляти (підгортати). До таких належать мотоблоки, які є не надто популярні, особливо в Україні. До їх недоліків можна віднести вартість, яка коливається у межах 50000 грн, що є досить дорого навіть у порівнянні з двоколісними мотоблоками [9, 10].

Одноколісний мотоблок Briggs & Stratton (рис. 1.9) з двигуном 127 куб.см – унікальний садовий мотоблок, який вже багато років користується популярністю на Півдні США.

Його можна використовувати в період дозрівання рослин. У колеса трактора 6-12 Super Sure Grip можна додати рідину для кращого зчеплення, а занижений центр ваги полегшує маневрування 80-кілограмовим мотоблоком. Вартість мотоблока Plow Boss приблизно 1340 доларів (52000 грн).

Plow Boss користується популярністю серед фермерів-любителів, садівників, які займаються фермерським ринком, а також людей, які мають великі сади.



Рис. 1.9 - Одноколісний садовий культиватор Plow Boss від компанії Maxim (США, Мінесота)

Одноколісний мотоблок Bolens (рис. 1.10) з двигуном Briggs моделі 6с [9] – вінтажний варіант 1950 року випуску, що доказує «глибину» використання такого типу мотоблоків.





Рис. 1.10 - Одноколісний садовий культиватор Bolens Huski FMC (США)

Одним із різновидів одноколісних мотоблоків є мотоблок Xinledn (рис. 1.11), особливістю конструкції якого є відсутність приводного колеса. Замість нього у даному мотоблоці застосували моногусеницю, що суттєво покращує його зчеплення з ґрунтом, зменшує пробуксовування, витрату пального, збільшує його продуктивність тощо [10].



Рис. 1.11 - Моногусеничний мотоблок Xinledn (Китай)

#### **1.4. Аналіз обладнання для рядкового обробітку картоплі**

Для міжрядного обробітку картоплі застосовують фрези (рис. 1.12). Культивацийні фрези є інструментом з усього ряду навісного обладнання мотоблоків [2]. Зміною кількості секцій фрез підбирають необхідну робочу

ширину захвату агрегату. На цілині або переущільнених ґрунтах кількість секцій зменшують. Максимальна глибина обробітку залежить від діаметра використовуваних фрез.



Рис. 1.12 - Культивацийна фреза мотоблока

Підгортач полицевий з V-подібним лемешем використовують для підгортання картоплі (рис. 1.13).



Рис. 1.13 - Підгортач полицевий мотоблока

Розвиток технологій рослинництва сприяв застосуванню даного виду підгортачів для нарізання борозен під посів чи посадку різних культур – картоплі, буряків, капусти тощо. Агрегування мотоблоку підгортачем на присадибних ділянках все частіше використовується для посадки картоплі. Для цього спочатку культиватором розпушують ґрунт, потім підгортачем нарізають борозни, а потім засипають з використанням даного пригортача

або вручну. Наведений метод садіння картоплі, досить складний та трудозатратний, вимагає багато фізичних сил і часу. До недоліків підгортача слід віднести низьку якість його виготовлення, оскільки виробники начіпного обладнання спрощують технологію виготовлення і заощаджують на цьому; для правильної роботи вимагає складних регулювань кутів сходу пласта ґрунту; не працює за великої вологості ґрунтів.

Дисковий підгортач (рис. 1.14) один з найпопулярніших типів начіпного обладнання для окучування картоплі. Застосування даного обладнання передбачає дотримання наступних рекомендацій - мотоблок повинен бути встановлений на ґрунтозачепи або високі колеса; повинен рухатися одночасно двома міжряддями пускаючи рядок картоплі між колесами.



Рис. 1.14 - Дисковий підгортач мотоблока

До недоліків дискових підгортачів слід віднести складність покупки дискового підгортача з підшипниковою ступицею, оскільки виробники встановлюють втулкове з'єднання і на цьому заощаджують; для правильної роботи вимагає складних регулювань кутів атаки; для його заглиблення потребує прикладення додаткового зусилля; не працює за великої вологості ґрунтів.

Результатом проведеного аналізу є припущення про те, що для покращення знаряддя для рядкового підгортання насаджень картоплі потрібно розробити конструкцію ручного мобільного підгортача який би рухався по міжрядді і тим же ж міжряддям тягнув за собою підгортач. Це можливо зробити лише за умови застосування одноколісного приводу. Завдяки даній конструкції виключається травмування вирощуваної картоплі і з'явиться можливість правильного маневрування навіть за умови пробуксовування. Дана гіпотеза потребує перевірки і проведення додаткових досліджень.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Розрахунок тягово-зчіпних властивостей мотоагрегату

За даними управління статистики України, присадибні господарства виробляють до 45-48% с.-г. продукції. Це картопля (близько 8%), овочі відкритого ґрунту (67-69%), молоко (45-48%), м'ясо (45-48%), ягоди та фрукти. Усі види виробленої продукції відносяться до трудомістких, які потребують постійного контролю та оперативного догляду. Середні розміри присадибних ділянок становить 0,2-0,8 га, яких під городництво відводиться близько 50%. Ділянки часто мають витягнуту форму, складну конфігурацію та рельєф. Обробка ґрунту традиційними польовими агрегатами вкрай утруднена. У більшості випадків механізована обробка полягає в зяблевій оранці та весняній культивуванні. Решта операцій виконуються вручну [2].

Значно підвищити продуктивність праці на присадибних ділянках вдається за допомогою засобів малої механізації, до яких відносяться мотознаряддя, мотоагрегати на базі мотоблоків, міні-трактори.

Використання тих чи інших засобів залежить, переважно, від площі та конфігурації земельних ділянок. Основним критерієм обґрунтованого вибору засобів малої механізації для конкретних умов експлуатації є завдання оптимізації за продуктивністю агрегату. Продуктивністю є виконаний обсяг роботи (площа, обсяг, відстань чи довжина) за час виконання. Стосовно присадибних господарств робота вимірюється в площі обробленої ділянки (м<sup>2</sup>, га), рідше в метрах погонних при виконанні міжрядної обробки, кубічних метрах (м<sup>3</sup>), наприклад при перекачуванні рідин.

У загальному вигляді теоретична продуктивність ґрунтообробних агрегатів розраховується за формулою

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

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

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

У процесі роботи теоретична швидкість знижується на величину пробуксовування та складає

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

де  $\delta$  – коефіцієнт пробуксовування.

Величина буксування залежить від багатьох факторів, які умовно можна поділити на такі групи:

- фізико-механічні властивості ґрунту залежно від стану;
- конструктивні параметри двигунів;
- експлуатаційні режими.

Процесам деформації ґрунту під дією нормальних та тангенційних сил присвячені роботи Чудакова, Гуськова В.В., Золотаревської Д., Овсяннікова С.І. та ін дослідників, більшість з яких розглядають залежність дотичної сили тяги рушія як функцію від величини прослизання чи зминання, тобто буксування. Цизь І.Є. [13] пропонує розглядати буксування як деформацію ґрунту ґрунтозачепами під дією колової сили на колесі залежно від зовнішніх сил опору руху. У цьому випадку з'являється можливість безпосередньо розрахувати миттєву величину буксування залежно від підведеного моменту, що крутить, на колесі.

В цілому тягові показники рушіїв тягових машин оцінюються коефіцієнтом зчеплення або коефіцієнтом зчіпної ваги, який відображає тягове зусилля, що розвивається, залежно від нормального навантаження (зчіпної ваги), що припадає на нього:

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

Залежно від типу рушія колісної формули базової машини коефіцієнт зчеплення варіює в межах 0,4-1,2. Великі значення, тобто краще зчеплення, мають гусеничні та повнопривідні трактори. Мотоагрегати, за даними деяких виробників, мають коефіцієнт зчеплення в межах 0,9-1,1 при використанні металевих коліс з розвиненими ґрунтозачепами та збільшеною шириною. Однак навіть при таких високих значеннях зчіпних якостей мотоагрегати

розвивають недостатнє тягове зусилля. При вазі 1 кН мотоблоки розвивають тягове зусилля в 1,0-1,1 кН. Тяговий опір плуга на середніх ґрунтах становить 1,8-2,0 кН, культиватора або підгортання - 1,4-1,7 кН [3, 4].

Дефіцит тягового зусилля компенсує оператор, що штовхає агрегат за допомогою штанги керування. Значні фізичні зусилля, що прикладаються оператором, призводять до його швидкої стомлюваності та зниження продуктивності [4].

Значною мірою тяговий опір робочих органів залежить від геометричних та фізико-механічних властивостей ґрунту. За допомогою математичної моделі, здійснюється попередня оцінка тягових можливостей мотоагрегатів у складі з різними знаряддями. Так встановлено, що легкі та середні мотоагрегати мають недостатні зчіпні властивості з опорною основою для виконання ґрунтообробних операцій з пасивними робочими органами. Експериментальні дані [6] підтверджують достовірність математичної моделі. Дефіцит тягових зусиль компенсує оператор, підштовхуючи агрегат, що призводить до його швидкої стомлюваності та тривалих зупинок для відпочинку [6].

Одним із напрямів зниження стомлюваності, а, отже, поліпшень умов праці та підвищення продуктивності, є покращення зчіпних властивостей мотоагрегатів шляхом застосування довантажувачів.

Мотоагрегати дозволяють значно підвищити продуктивність. Умови роботи з ними належать до важких видів робіт. Основними причинами є фізична участь оператора у тяговій динаміці роботи агрегату як наслідок недостатніх зчіпних властивостей. Підвищити зчіпні параметри передбачається за рахунок використання гусеничних рушіїв, що трансформуються, з розвиненими ґрунтозачепами.

## **2.2. Технологія проектування підгортача для мотоагрегатів**

Підгортач – один із найефективніших помічників для висадки картоплі. Цей навісний пристрій використовується на мотоблоках різних типів та

дозволяє довести процес посадки картоплі до автоматизму. Підгортачі для картоплі до мотоблоку потрібно придбати окремо, але деякі умільці воліють виготовляти обладнання своїми руками. Нижче розглянемо, як зробити саморобні підгортачі, і що при цьому знадобиться [3, 4].



Рис. 2.1 – Дисковий підгортач

Для виготовлення даного обладнання потрібно дотримуватись чітких правил і за можливості використовувати креслення. Це дозволить правильно і швидко встановити всі деталі, щоб не переробляти роботу. Самостійно можна виготовити моделі класичного (рис. 2.2-2.4) чи дискового типу (рис. 2.5-2.6).

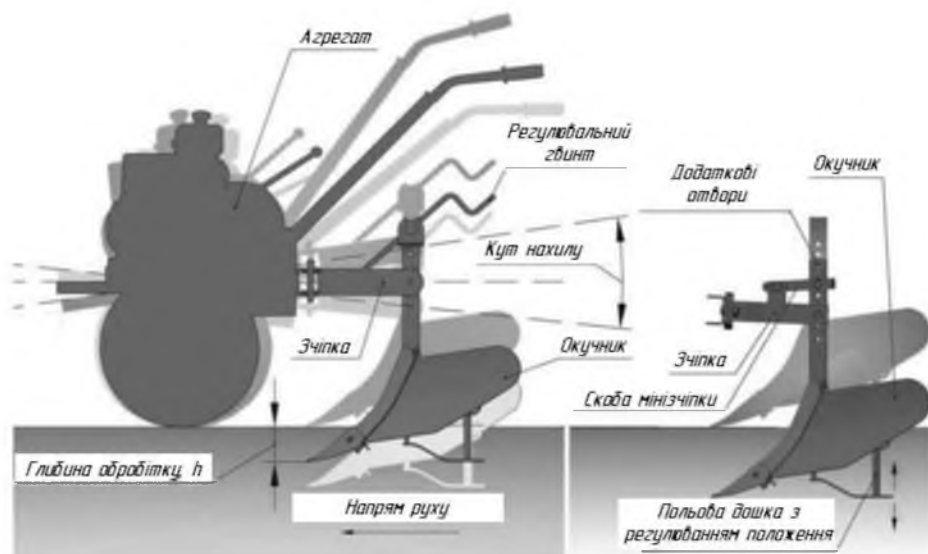


Рис. 2.2 – Створення класичного підгортача



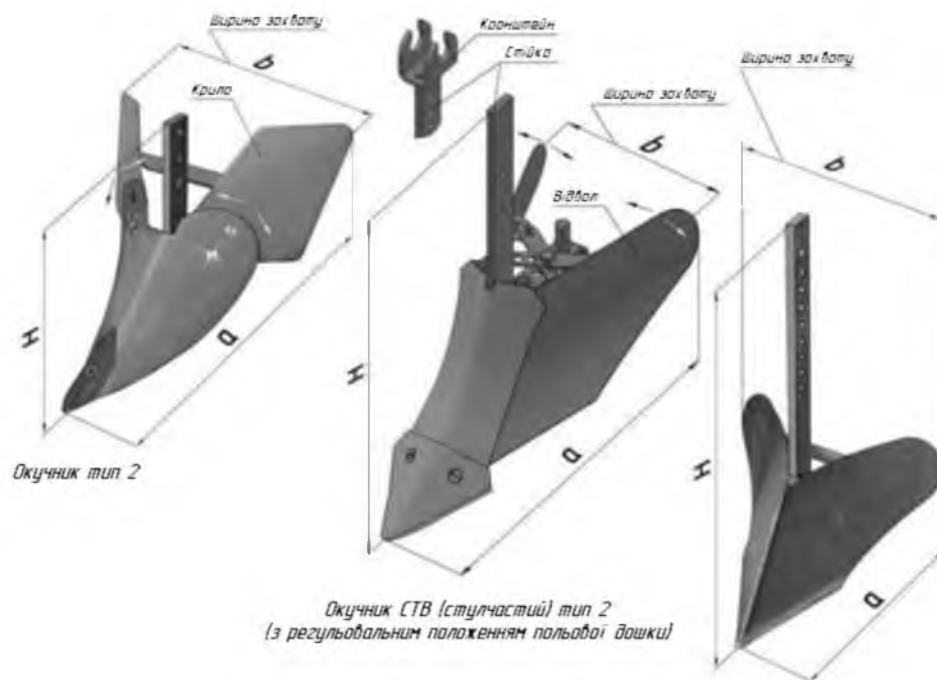


Рис. 2.3 – Проектування класичного підгортача

Такий підгортач для мотоблока є традиційним нерегульованим пристроєм, що використовується найчастіше. Для його виготовлення потрібно намалювати або використовувати вже готові креслення.

- Основу зроблено із металевого листа, товщиною від 3 мм, який зустрічатиме опір ґрунту, тому має бути максимально міцним.
- Кронштейн виготовляємо із сталевій смужки із шириною 4 мм, деталь потрібно загартувати.
- Польова дошка виготовляється з металу товщиною 5 мм. Її загартовують в кілька етапів за допомогою газового пальника.
- Стійку роблять із металу товщиною 8 мм, оскільки вона є тим елементом, який сприймає все навантаження.
- Крила для підгортання виготовляємо із сталі товщиною 2 мм. Вони повинні відповідати розмірам обраної схеми, адже саме так їх можна стикувати з основою.
- Далі вони трохи вигинаються та приварюються до основи.



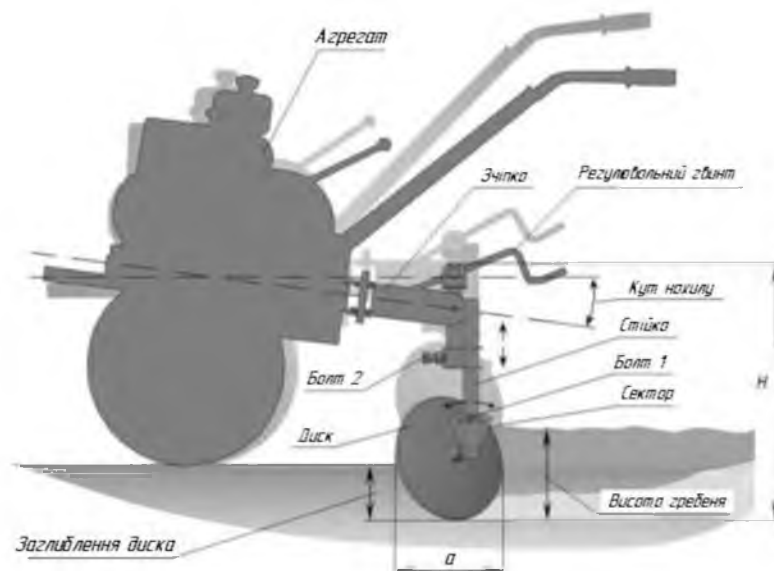


Рис. 2.5 - Створення дискового підгортача

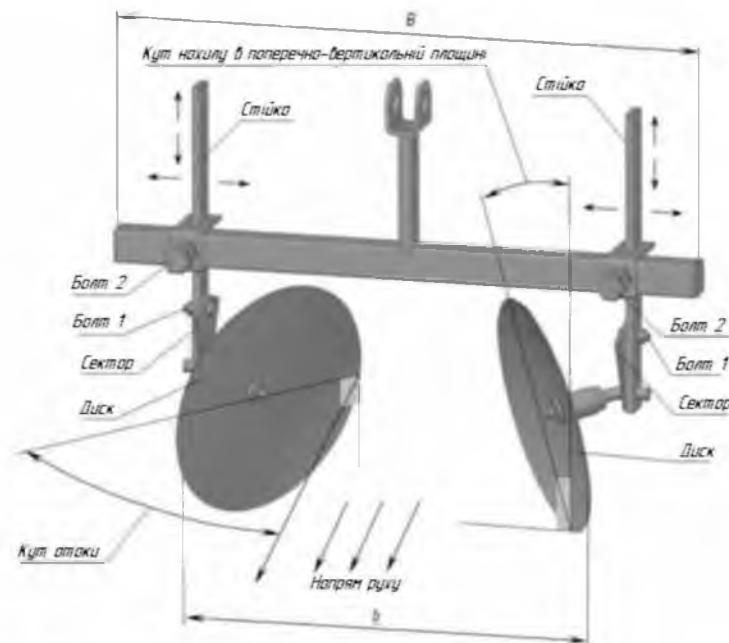


Рис. 2.6 - Проектування дискового підгортача

Створюючи таку модель, особлива увага приділяється виготовленню дисків. Для них добре підійдуть відпрацьовані слідопоказчики від сівалки або дискові пилки, які кріпляться на підшипники сальниками.

- Диски потрібно встановити під кутом, витримуючи відстань між нижніми точками. Також важливою умовою є їхня симетричність, інакше мотоблок може трохи вести в різні боки.
- Усі елементи потрібно з'єднати за допомогою зварювання чи болтів, диски з'єднуються регульованими перехідниками.

- Закріплюються також гвинтові тарлепи, повідець та стійки.
- Далі потрібно використовувати балку з крилами, щоб закріпити підгортач на мотоблоці.

Не менш важливим моментом є правильний підбір кутів нахилу та глибини занурення, через це на кронштейн насаджуються рухомі елементи з болтовою фіксацією.



Рис. 2.7 - Пропелерний підгортач

Для роботи знадобиться якісний товстий метал, кутова шліфмашина з відрізними кругами та зварювальний апарат.

- Спершу виготовляються осі, які потрібно підігнати до розмірів мотоблоку.
- Потім слід виготовити стійку та основу, які приварюються завдяки дуговому зварюванню.
- Відразу слід вибрати відстань між насадками, форму ґрунтозачепів та кут установки, що дозволить максимально ефективно проводити розпушування землі.

Для зручності можна зробити кілька втулок з кронштейнами та різні набори лопатей, що дозволить здійснювати різноманітні види підгортання.



Рис. 2.8 - Встановлення окучника на мотоблок

Установка окучника на мотоблок вимагає правильного регулювання кута атаки та глибини занурення, яка має бути меншою, ніж у плуга [16].

Перед тим, як працювати з підгортачем, слід провести такі роботи:

- На мотоблок слід встановити колеса та зчіпку, потім приєднати підгортку.
- Мотоблок ставлять на рівну поверхню, а підгортник опускають до землі та закріплюють на зчіпку.
- При монтажі обладнання необхідно стежити, щоб стійка підгортання стояла вертикально, що забезпечить налаштування потрібного кута атаки.
- Далі обладнання опускається до рівня землі або трохи заглиблюється в неї, щоб воно виявилось нижчим за опорну поверхню ґрунтозачепів.

Слід провести тестове підгортання і подивитися: якщо обладнання заглиблюється в землю, відхиліть стійку вперед, трохи піднявши носок. У разі виходу із землі, стійка відхиляється назад шляхом опускання шкарпетки. Важливо враховувати ширину між рядами, налаштувавши активні частини установки [15].

### **2.3. Рекомендації з вибору підгортача для мотоблока**

Підгортання мотоблоком буде ефективним у тому випадку, якщо правильно підібрано навісне обладнання. Існує кілька видів підгортання, які представлені на ринку у великому асортименті.

Лістерний (з фіксованою шириною). Обладнання можна використовувати на агрегатах потужністю до 3,5 л. с., воно підходить для обробки вузьких міжрядь (ширина 25-30 см). Конструкція складається із двох спеціальних крил, які нерухомо надійно зафіксовані [4]. Стійка моделі дуже тонка (рис. 2.9).



Рис. 2.9 - Лістерний (з фіксованою шириною) підгортач

Недоліком обладнання можна назвати налипання землі за її високої вологості.

Підгортач із змінною шириною захвату. Устаткування дозволяє регулювати ширину міжрядь, тому з його допомогою можна обробляти грядки, розміри та ширина яких різноманітна (рис. 2.10).



Рис. 2.10 - Підгортач з регульованою шириною підгортач



Підгортач підходить для мотоблоків різного типу, наприклад, для агрегатів Нива МБ-2 та МБ-1, Агро, використовується і для моделей з високою потужністю.

Недоліком пристрою можна назвати високі енерговитрати.

Дисковий. Зручний і дуже простий інструмент підгортає рослини, готує борозни для висадки насіння [7]. Його конструкція складається із спеціальних дисків, які встановлюються під кутом (рис. 2.10).



Рис. 2.10 - Підгортач з регульованою шириною дисковий

На сьогодні дана модель є найбільш ефективною для підгортання, але при цьому має велику вартість.

*Голандський.* У цьому підгортачу крила обертаються у вертикальній та горизонтальній площині, завдяки чому оранка землі відбувається більш якісно та без великих витрат енергії. Незважаючи на таку ефективність, вартість підгортання є доступною.

*Роторний активний підгортач.* Його ще називають пропелерним та відносять до обладнання нового покоління [7]. При роботі підгортач не тільки розпушує ґрунт, а й підсипає його до коріння рослин (рис. 2.11).



Рис. 2.11 - Роторний активний підгортач

Недолік моделі - вона підходить не для всіх мотоблоків, так як працювати з обладнанням можна лише на другій передачі, яка не має кожного агрегату.

Не можна сказати, який підгортач буде краще для роботи на присадибній ділянці. Вибір обладнання залежить від типу робіт, умов та ціни. Альтернативою може бути використання саморобних підгортачів, які можна кріпити до будь-якого мотоблоку.



### **3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА**

#### **3.1 Обґрунтування розроблення конструкції ручного мобільного підгортача**

Мотоблоки широко застосовуються на присадибних ділянках та, на жаль, всі мають один недолік – підгортання сільськогосподарських культур може відбуватися лише за умови парної кількості плужків, що є досить накладно, оскільки потребує додаткової рами для встановлення робочих органів [7]. Дана конструкція під час роботи не забезпечує агротехнічних вимог оскільки мотоблок лівим/правим колесом пробуксовує, один з плужків може мати більший опір ґрунту, що призводить до постійного налаштування прямолінійності його руху.

Для проведення технологічної операції підгортання нам необхідно рядок пускати між колесами, і відповідно, корпус плужка буде йти по рядку, а не міжрядді [4, 7]. Для такого типу технологічних операцій виробники мотоблоків розробили одноколісні чи/або моногусеничні приводи, які мають можливість рухатися безпосередньо по мідряддю і без шкоди культурам її обробляти (підгортати). До таких належать мотоблоки, які є не надто популярні, особливо в Україні. До їх недоліків можна віднести і вартість, яка коливається у межах 50000 грн, що є досить дорого навіть у порівнянні з двоколісними мотоблоками.

#### **3.2 Опис пристрою розробленої конструкції ручного мобільного підгортача**

Запропонована конструкція ручного мобільного одноколісного підгортача складається з елементів, які наведені на рис. 3.1.

До основних несучих елементів відноситься рама 1, та органи управління 6, а до рушійних – чотиритактний бензиновий двигун 2 «Світязь» С200G, потужністю 6,5 к.с. (4,8 кВт) [10] та колесо з зачепами 3. Для

плавного з'єднання і передачі крутного моменту застосовуємо відцентрову муфту зчеплення 7, яка спрацьовує на 1000 об/хв.

Для пониження швидкості обертання колеса та підвищення крутного моменту застосовуємо ланцюгово-роликову передачу 8 і за рахунок двоетапного пониження (в 4,9 та 4,72 рази) отримуємо зниження швидкості і збільшення моменту майже в 10 раз. Подвійне пониження відбувається завдяки двом парам зірочок, які працюють у співвідношенні 49/10 та 52/11. Під позицією 4 розташований проміжний вал на якому змонтовано зірочки ланцюгових передач. Для монтажу сільськогосподарських знарядь є спеціальна поперечна планка 5 з кронштейном.

Працює ручний мобільний одноколісний підгортач як звичайний мотоблок такого ж класу.

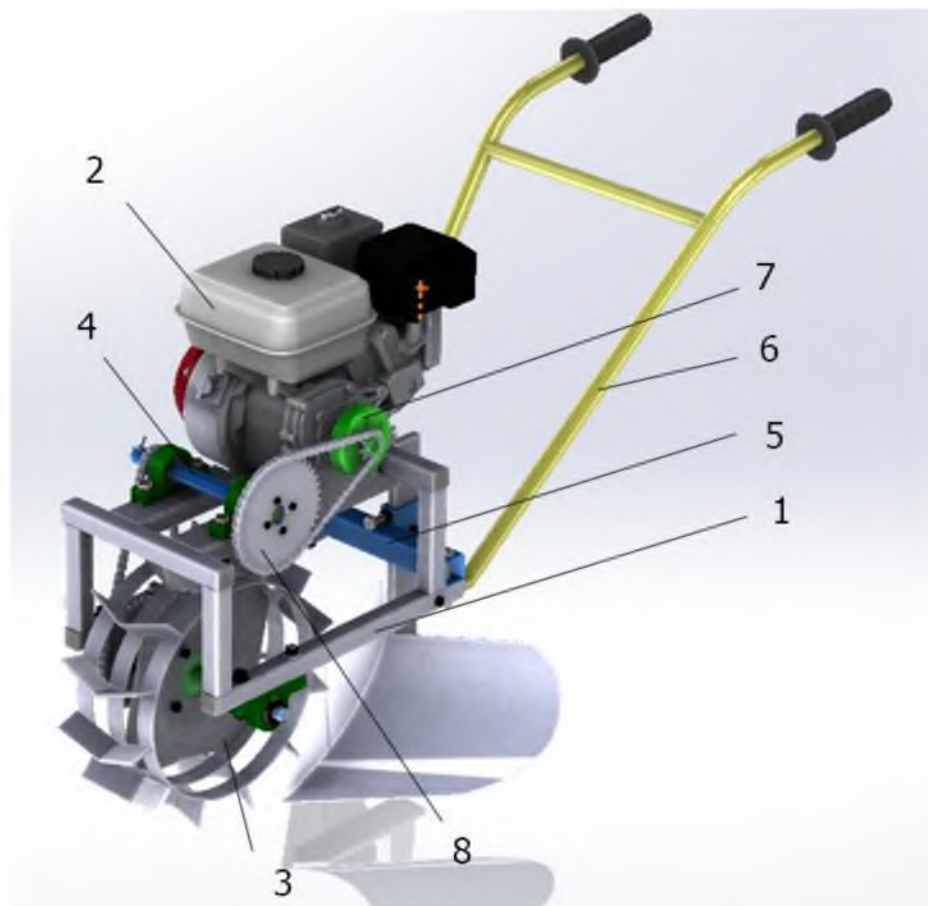


Рис. 3.1 – Будова проєктованого підгортача: 1 – рама; 2 – двигун; 3 – колесо; 4 – проміжна ланцюгова передача; 5 – поперечина кріплення плужка підгортача; 6 – ручки управління; 7 – відцентрова муфта зчеплення.

### 3.3. Розрахунок ланцюгово-роликкової передачі

*Вихідні дані:*

- Потужність передачі  $P_1 = 4,8$  кВт;
- частота обертання ведучої зірочки  $n_1=2500$  об/хв (встановлена на відцентровій муфті валу двигуна);
- передаточне число  $u=4,9$ ;
- режим роботи передачі - безперервна, спокійна;
- натяг ланцюга регулюється переміщенням валу однієї з зірочок; мащення - періодичне.

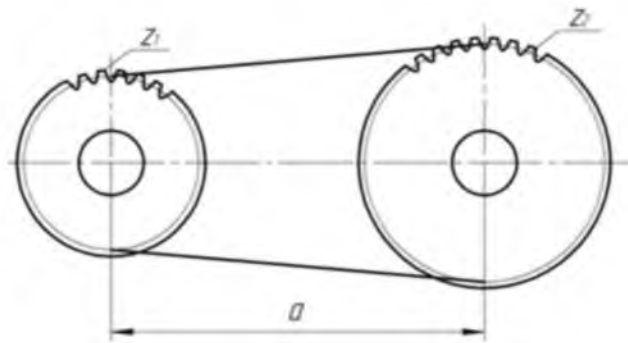


Рис. 3.1 – Схема ланцюгової передачі:  $z_1, z_2$  - кількість зубів ведучої та веденої зірочок,  $a$  – міжосьова відстань

*Розрахунок ланцюгової передачі*

1. Знаходимо число зубів зірочок.

Кількість зубів ведучої зірочки, яка змонтована на муфті зчеплення  $z_1=10$ ;

Знаходимо кількість зубів веденої зірочки:

$$z_2 = z_1 \cdot u = 10 \cdot 4,9 = 49.$$

3. Уточнюємо передаточне число ланцюгової передачі:

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{49}{10} = 4,9.$$

4. Враховуючи, що ланцюгова передача розташована безпосередньо на муфті після двигуна, крок ланцюга знаходимо за формулою:

$$t \geq 2,8 \sqrt[3]{\frac{T_1 \cdot K_e}{z_1 \cdot [p] \cdot m}}$$

де  $T_1$  - крутний момент на ведучій зірочці:

$$T_1 = \frac{P_1}{\omega_1} = \frac{30P_1}{\pi n_1} = \frac{30 \cdot 4,8 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 2500} = 18,34 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$K_e$  - коефіцієнт експлуатації,  $K_e = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$ ;

приймаємо:

де  $k_1$  – коефіцієнт, який враховує динамічність навантаження,  $k_1 = 1 \dots 1,6$ ;

$k_2$  – коефіцієнт, який враховує довжину ланцюга,  $k_2 = 0,9 \dots 1,25$ ;

$k_3$  – коефіцієнт, який враховує кут нахилу передачі,  $k_3 = 1 \dots 1,25$ ;

$k_4$  – коефіцієнт, який враховує регулювання передачі,  $k_4 = 1 \dots 1,25$ ;

$k_5$  – коефіцієнт, що враховує характер змащення,  $k_5 = 0,8 \dots 1,5$ );

$k_6$  – коефіцієнт, що враховує змінність роботи,  $k_6 = 1 \dots 1,45$ .

$$K_e = 1,3 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 = 2,44;$$

$[p]$  - допустимий питомий тиск в шарнірах ланцюга,  $[p] = 22 \text{ МПа}$  [3];

$m$  - кількість рядів ланцюга, приймаємо  $m = 1$ .

Підставивши отримані результати у формулу, знаходимо:

$$t \geq 2,8 \sqrt[3]{\frac{18,34 \cdot 2,44}{10 \cdot 22 \cdot 1}} = 12,17 \text{ мм.}$$

Згідно ГОСТу 13568-75, приймаємо ланцюг роликів нормальної серії типу ПР з кроком  $t = 12,7 \text{ мм}$ .

5. Знаходимо швидкість ланцюга, використовуючи наступну формулу:

$$V = \frac{z_1 \cdot t \cdot n_1}{60 \cdot 1000} = \frac{10 \cdot 12,7 \cdot 2500}{60 \cdot 1000} = 5,29 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

6. Перевіряємо ланцюг на міцність за формулою:

$$n = \frac{Q_{\text{розр}}}{F_{\text{max}}} \geq [n],$$

де  $Q_{\text{розр}}$  - розривне навантаження ланцюга,  $Q_{\text{розр}} = 18,2 \text{ кН}$ ;

$F_{max}$  - максимальне навантаження на ведучу вітку ланцюга,

$$F_{max} = F_t K_d + F_v + F_f + F_{уд};$$

$F_t$  - колове зусилля,  $F_t = \frac{P_1}{V} = \frac{4,8 \cdot 10^3}{5,29} = 907,4$  Н;

$F_v$  - натяг ланцюга, зумовлений відцентровими силами,

$$F_v = qV^2 = 0,75 \cdot 5,29^2 = 21$$
 Н;

$q$  - маса ланцюга,  $q = 0,75$  кг/м;

$F_f$  - натяг ланцюга від провисання,

$$F_f = K_f a q g = 6 \cdot 175 \cdot 10^{-3} \cdot 0,75 \cdot 9,81 = 7,725$$
 Н,

$K_f$  - коефіцієнт провисання,  $K_f = 6$  (ланцюгова передача розташована горизонтально);

$a$  - міжосьова відстань передачі,  $a = 175$  мм.

$g$  - прискорення вільного падіння,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;

$F_{уд}$  - сила, від удару шарніра ланцюга об зуб зірочки,

$$F_{уд} = 13 \cdot 10^{-7} \cdot n_1 t^3 = 13 \cdot 10^{-7} \cdot 2500 \cdot 12,7^3 = 6,66$$
 Н.

Таким чином, отримаємо:

$$F_{max} = 907,4 \cdot 1 + 21 + 7,72 + 6,66 = 942,78$$
 Н.

Запас міцності роликового ланцюга становитиме:

$$n = \frac{18,2 \cdot 10^3}{942,78} = 19,3$$

Таким чином, ланцюг за запасом міцності перевищує допустимий  $n = 19,3 > [n] = 10$ .

### 3.4. Розрахунок на міцність рами мотоблока

Розрахунок на міцність проведемо з допомогою системи автоматизованого проєктування *Solidwork Simulation*, що дозволить визначити небезпечні ділянки та оптимізувати їх. Для початку роботи необхідно розбити модель рами з підгортачем на сітку скінчених елементів

(рис. 3.2), яка дозволяє проектувати, відлагоджувати та оптимізувати продукцію перед її виготовленням.

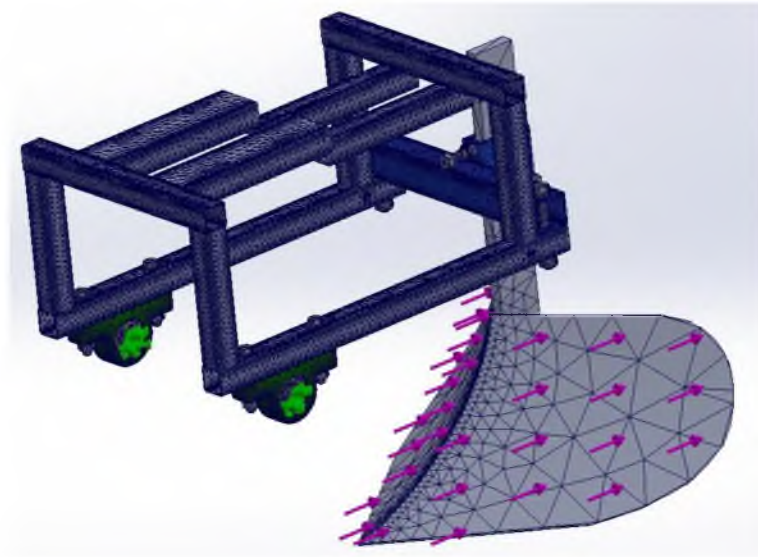


Рис. 3.2 – Розбиття моделі рами мотоблока на сітку скінчених елементів

Запустимо нове дослідження (рис. 3.3), закріпимо та надамо навантаження на підгортач, оскільки саме він є першопричиною виходу з ладу поперечини кріплення підгортача і рами в цілому.

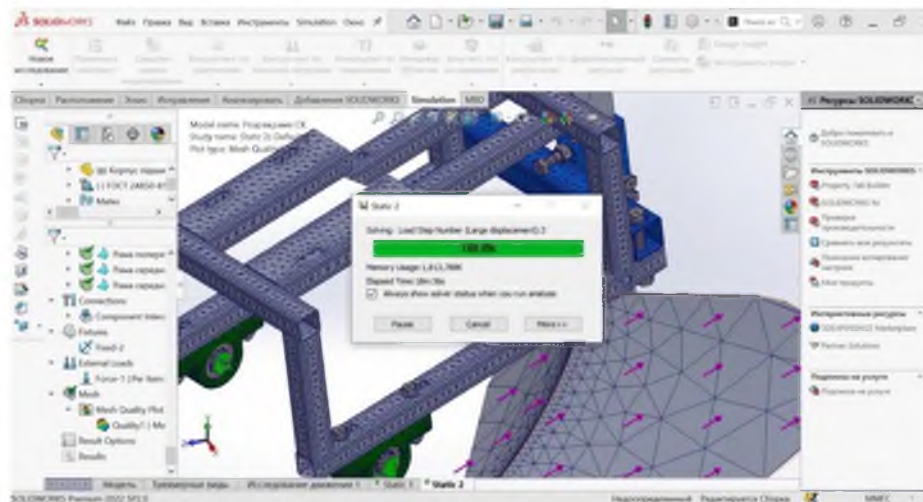


Рис. 3.3 – Процес статичного розрахунку рами мотоблока

Результат статичного розрахунку рами мотоблока за кількістю циклів до руйнування (рис. 3.4) дозволяє зрозуміти, де є найбільш небезпечні зони руйнування і провести розрахунок саме того елемента, який зазнає найбільших ушкоджень.

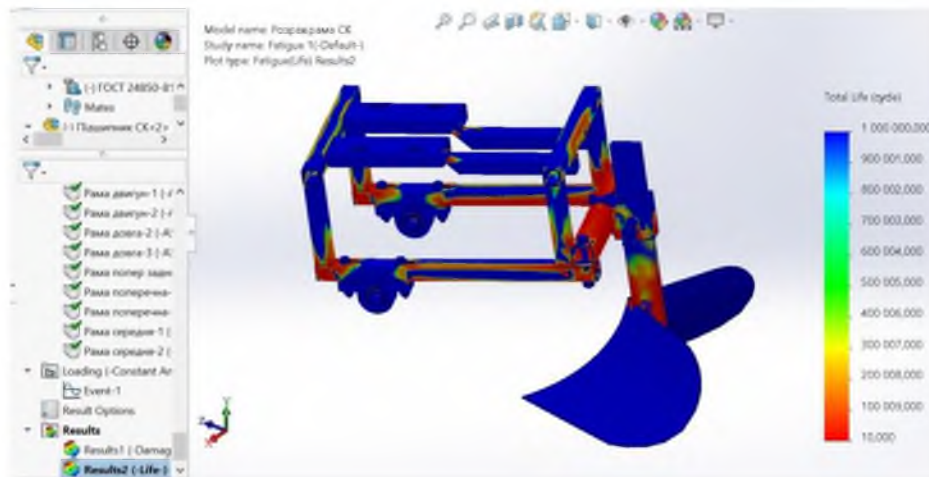


Рис. 3.4 - Найбільш небезпечні зони руйнування рами мотоблока

Аналіз результатів статичних розрахунків (рис. 3.4) показує, що елементом рами мотоблока, який зазнає найбільших руйнувань є поперечка кріплення підгортача (квадратна труба, кронштейн та ребро жорсткості).

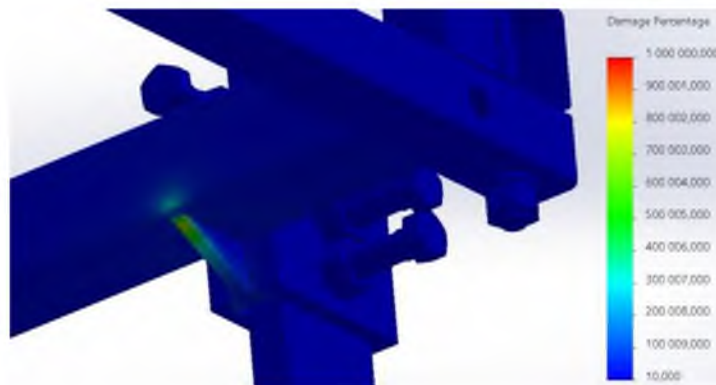


Рис. 3.4 - Найбільш небезпечні зони руйнування в елементі рами мотоблока

Дослідимо на міцність поперечину рами для кріплення підгортача. Повторимо методику розбиття моделі на скінчені елементи, закріплення і надання зусиль. З результатів розрахунку (рис. 3.5, 3.6) бачимо, що в даному елементі найбільшого руйнування зазнає квадратна труба, яка працює на скручування, і ребро жорсткості, працює на розтяг. Товщина квадратної труби становить 2 мм, а товщина ребра 5 мм. За допомогою дослідження проєктуванню спробуємо визначити оптимальну товщину даних елементів.



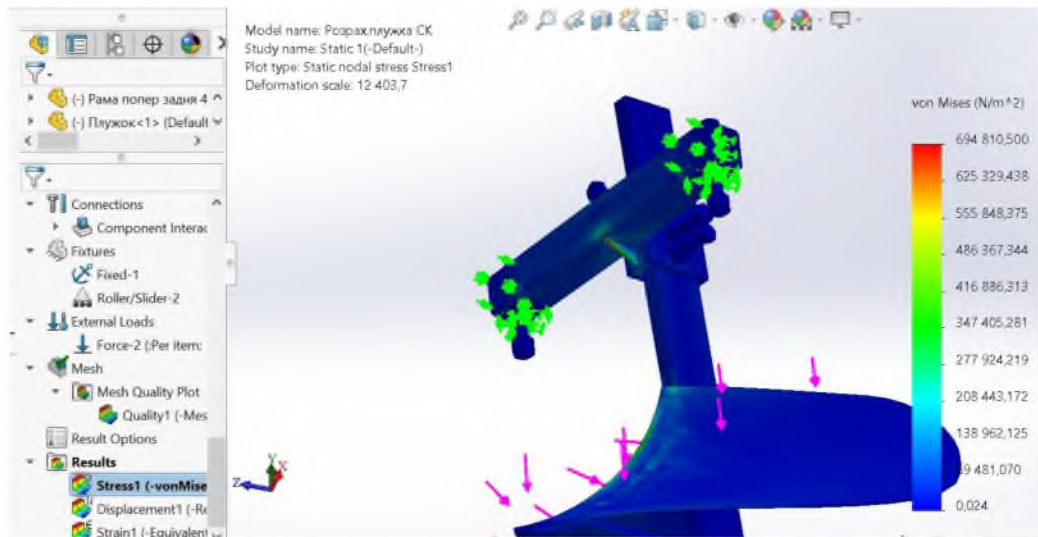


Рис. 3.5 - Результати розрахунку поперечини на міцність

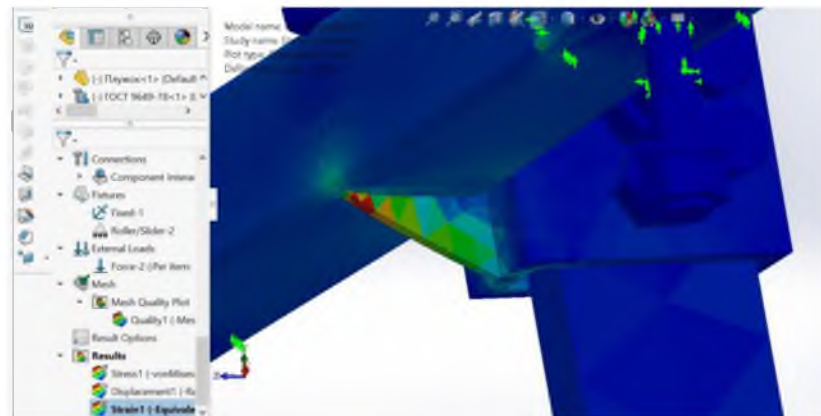


Рис. 3.6 – Розтяг ребра жорсткості за результатами розрахунку на міцність

Для візуального відображення найбільш навантажених ділянок даного вузла скористаємось епюрою *Design Insight*, що дозволяє наглядно показати самі напружені місця, зафарбовуюючи їх синім кольором. Для цього клікаємо правою кнопкою мишки по результатам досліджень (*Results*) і вибираємо “*Define Design Insight Plot...*” (рис. 3.7).

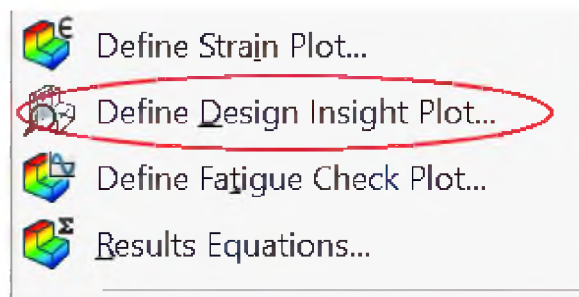


Рис. 3.7 – Увімкнення епюри *Design Insight*



За замовчуванням система сама пропонує *Most Loaded* (Рівень навантаження). Переміщаючи повзунок ми можемо його змінювати і, відповідно, змінюватиметься його відображення. На рис. 3.8 показано наближено максимальне/мінімальне значення рівнів навантажень.

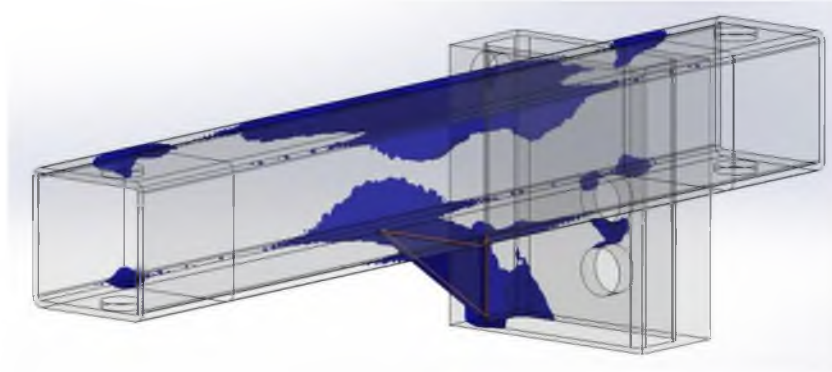


Рис. 3.8 - Епюра *Design Insight*

Дослідження проєктування дозволяє змінювати геометричні параметри розмірів товщини профільної труби та ребра жорсткості не на «сліпо» чи вручну, а завдяки можливостям *Solidworks Simulation*. Ми можемо задавати змінні, умови і система автоматично буде прораховувати всі ці варіанти (рис. 3.9).

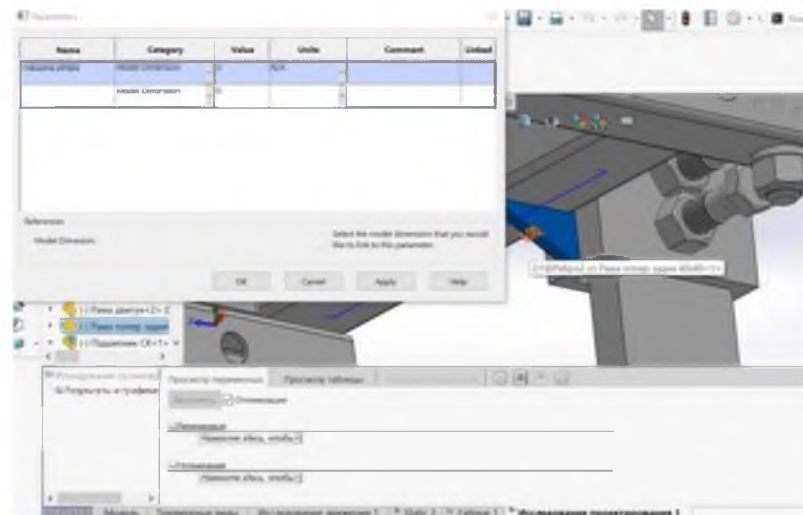


Рис. 3.9 – Вікно вибору товщини ребра з моделі

Після введення усіх змінних і задання обмежень (рис. 3.10) *Design Study* розраховує товщину шуканих елементів.

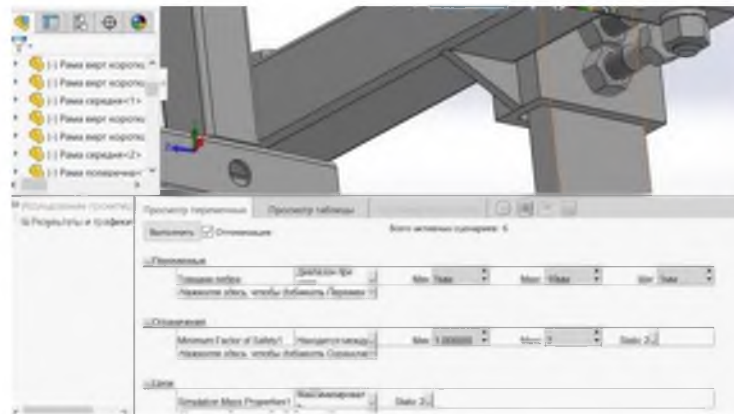


Рис. 3.1 - Вікно введення змінних та обмежень у *Design Study*

Система відразу почне розрахунок дослідження проєктування протягом якого ми можемо спостерігати за зміною товщин профільної труби та ребра жорсткості.

Результатом роботи дослідження проєктування є прорахунок і вибір системою оптимальної товщини профільної труби, яка становить 6 мм та товщини ребра жорсткості, яка становить 8 мм за заданих умов. Коефіцієнт запасу міцності становить 4,15.

#### 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці в умовах сільського виробництва - важливе завдання, вирішення якого забезпечить безпечні умови праці працівниками сільського господарства [16]. 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 [ ].

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 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 начіпної машини, що вмикається безпосередньо біля трактора	Робота без підставок, використання несправного інвентаря	Можливе придавлення робітника при падінні начіпного ґрунтообробного знаряддя	Травма	Важіль гідропіднімача вмикати тільки із сидіння трактора. 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.

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.

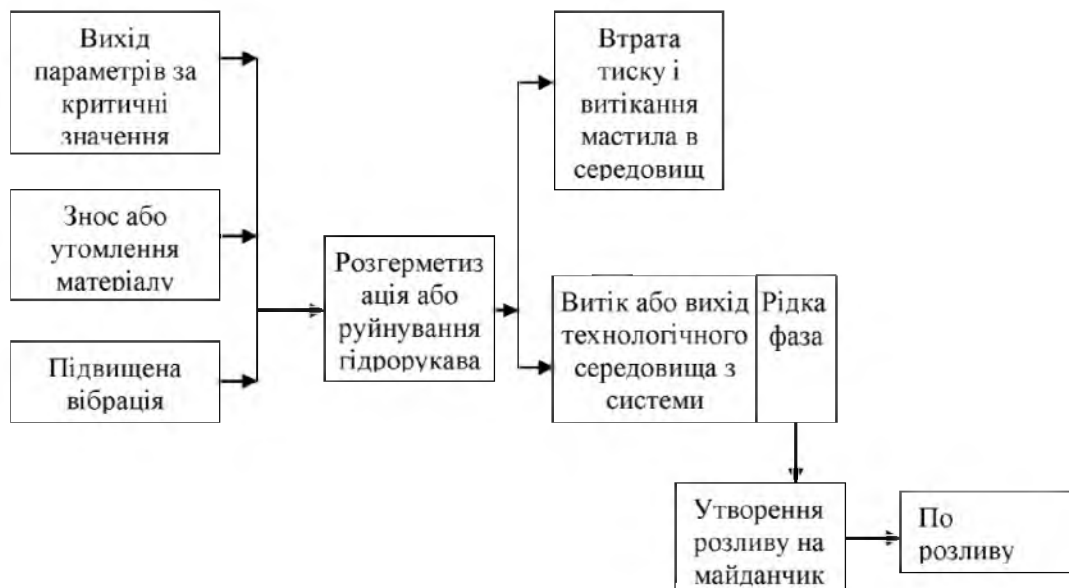


Рис. 4.2 - Схема виникнення та поетапного розвитку аварії

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, гідрукавів, 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, гідрукавів, 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 [18, 19].

### 5.1 Розрахунок собівартості

Повна собівартість виготовлення конструкції ручного мобільного підгортача сільськогосподарських культур для присадибних ділянок визначається шляхом калькуляції та підсумовування наступних статей витрат:

1. Основні матеріали.
2. Покупні вироби.
3. Основна заробітна плата з відрахуваннями.
4. Загальнозаводські витрати.
5. Позавиробничі витрати.

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 матеріалу	Маса, кг	Оптова ціна, грн/кг	Сума, грн
Труба $\phi$ 25 мм	5	58	290
Труба 35x35	10	64	640
Труба 45x45	2	64	128

Круг $\phi$ 20 мм	3	65	195
Пластина 3 мм	2	62	124
Полоса 30 мм	5	58	287
Кутник №7	1	65	65
Інші матеріали			1000
<b>Всього:</b>			<b>2729</b>

Вартість покупних виробів розраховується за специфікацією виробів, виходячи з виду та марки купованих виробів, їх кількості та ціни за одиницю.

Результати розрахунків наведено у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Розрахунок вартості покупних виробів

Вироби	Кількість, шт	Ціна, грн/од	Сума, грн
Редуктор ланцюгово-роликівий	2	580	1160
Двигун С200G	1	2800	2800
Підшипник в корпусі 204	4	175	700
Муфта відцентрова $\phi$ 19 мм	1	1220	1220
Кріпильні засоби	-	400	400
Заглушки 35x35	6	15	90
Ручки гумові	2	55	110
Ручка газу+трос	1	150	150
Фарба	3	100	300
Електроди 3 мм	1 кг	130	130
Круги відрізні	10	15	150
<b>Всього:</b>			<b>7210</b>

Основна заробітна плата з відрахуваннями визначається за такою формулою [18]:

$$C_{осн} = Z_o + Z_d + O_c + K_{п}, \quad (5.1)$$

де  $Z_o$  - зарплата основних виробничих робітників, грн.;

$Z_d$  – додаткова зарплата (25% від основної), грн.;

$O_c$  - єдиний соціальний податок (20,6% від суми  $Z_o$  та  $Z_d$ ), грн.;

$K_{II}$  – районний коефіцієнт (30% від  $Z_o$ ), грн.

Результати розрахунків наведено у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Розрахунок основної заробітної плати на виготовлення ручного мобільного підгортача

Професії	Трудомісткість, люд.-год.	Ставка, грн/год	Сума, грн
Токар	8	108	948
Фрезерувальник	5	106	580
Слюсар-складальник	12	102	1232
Зварювальник	20	110	2200
<b>Всього:</b>			<b>4830</b>

Таким чином, основна заробітна плата складає:

$$C_{OCH} = 4830 + 1207 + 1243 + 1449 = 8729 \text{ грн.}$$

Загальнозаводські витрати приймають у розмірі 90-100% від основної заробітної плати і складають  $C_{ЗАВ} = 7856$  грн.

Виробнича собівартість є сумою витрат за основні матеріали  $C_{МАТ}$ , на покупні вироби  $C_{ПОК}$ , на основну заробітну плату  $C_{ОСН}$ , на загальнозаводські витрати  $C_{ЗАВ}$  та визначається за формулою:

$$C_{ПР} = C_{МАТ} + C_{ПОК} + C_{ОСН} + C_{ЗАВ}, \quad (5.2)$$

$$C_{ПР} = 2729 + 7210 + 8729 + 7856 = 26524 \text{ грн.}$$

Додаючи позавиробничі витрати у розмірі 3% від виробничої собівартості ручного мобільного підгортача, отримуємо її повну собівартість:

$$C_{ПОВН} = 1,03 \cdot C_{ПР} = 27319 \text{ грн.}$$

## 5.2 Розрахунок величини капітальних вкладень

Капітальні вкладення на використання спроектованої косарки визначаються за формулою:

$$K_{ВЛ} = C_{ПОВН} + P_T + P_M + P_D, \quad (5.3)$$

де  $P_T$  - транспортні витрати, ( $P_T = 0,05 C_{ПОВН}$ );

$P_M$  - витрати на монтаж, ( $P_M = 0,15 C_{ПОВН}$ );

$P_D$  - витрати на демонтаж, ( $P_D = 0,15 C_{ПОВН}$ ).

$$K_{ВЛ} = 27319 + 1366 + 3948 + 3948 = 36581 \text{ грн.}$$

### 5.3 Економічна ефективність проекту

Показниками економічної ефективності спроектованого ручного мобільного підгортача є: збільшення доходу господарства від зниження втрат картоплі, річний економічний ефект від використання конструкції, термін окупності капітальних вкладень.

Визначимо загальну кількість зібраної картоплі за базовим варіантом та від впровадження запроєктованого мотоблока.

$$T_{баз} = S \cdot U_{баз}, \quad (5.4)$$

$$T_{нов} = S \cdot U_{нов}, \quad (5.5)$$

де  $S$  – загальна площа відведена під картоплю, ( $S=10$  га);

$U_{баз}$  - врожайність картоплі за базовим варіантом, ( $U_{баз} = 100$  ц/га);

$U_{нов}$  - врожайність картоплі за новим варіантом, ц/га.

$$U_{нов} = U_{нов} \cdot 1,05, \quad (5.6)$$

$$U_{нов} = 100 \cdot 1,05 = 105 \text{ ц/га.}$$

$$T_{баз} = 10 \cdot 100 = 1000 \text{ ц} = 1 \text{ т.}$$

$$T_{нов} = 10 \cdot 105 = 1050 \text{ ц} = 1,05 \text{ т.}$$

Річний економічний ефект від запровадження ручного мобільного підгортача (за рахунок зниження втрат урожаю) складе:

$$E_{\text{дод}} = (T_{нов} - T_{баз}) \cdot C_{сер},$$

$$E_{\text{дод}} = (1050 - 1000) \cdot 35 = 175000 \text{ грн/кг.}$$

Термін окупності капітальних вкладень:

$$T_{ок} = K_{вкл}^* / E_{річ}, \quad (5.7)$$

де  $K_{вкл}^*$  - капітальні вкладення на використання спроектованого ручного мобільного підгортача, грн.

$$K_{вкл}^* = K_{вкл} \cdot N, \quad (5.8)$$

де  $N$  – загальна кількість підгортачів, які планується виготовити ( $N=5$  шт).

$$K_{\text{вкл}}^* = 36581 \cdot 5 = 182905 \text{ грн.}$$

$$T_{\text{ок}} = 182905 / 175000 = 1,04 \text{ року.}$$

Розраховані техніко-економічні показники заносимо до зведеної таблиці 5.4

Таблиця 5.4 – Техніко-економічні показники проекту

Показники	Варіанти	
	Базовий	Проектний
1. Площа обробітку, га/рік	10	10
2. Урожайність грубих кормів, ц/га	100	105
3. Загальна кількість заготовлених кормів, кг	1000	1050
4. Капітальні вкладення, грн	-	182905
5. Економічний ефект, грн/рік	-	175000
6. Термін окупності, років	-	1,04

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

У кваліфікаційній роботі досліджені та розроблені основні аспекти створення ефективного та зручного пристрою для обробки ґрунту на малих присадибних ділянках.

Проведено детальний аналіз існуючих конструкцій підгортачів, визначено їхні переваги та недоліки. Це дозволило виявити напрямки для удосконалення та розробити оптимальну конструкцію, що відповідає потребам користувачів.

Розроблено нову конструкцію ручного мобільного підгортача, яка відрізняється підвищеною ефективністю та зручністю у використанні. Особлива увага приділена ергономічності та легкості конструкції, що важливо для користувачів різних вікових категорій.

Підгортач має компактні розміри, що забезпечує зручне зберігання та транспортування. Конструкція дозволяє здійснювати точне підгортання культур, не пошкоджуючи кореневу систему рослин.

Проведено економічний аналіз, який показав, що використання ручного мобільного підгортача дозволяє знизити витрати на обробку ґрунту, порівняно з механізованими аналогами. Це робить його доступним для широкого кола користувачів, особливо власників малих присадибних ділянок.

Таким чином, розробка конструкції ручного мобільного підгортача для сільськогосподарських культур є вагомим внеском у розвиток малих форм господарювання та підвищення ефективності обробки ґрунту на присадибних ділянках. Впровадження даного пристрою сприятиме зростанню продуктивності праці, збереженню ресурсів та покращенню якості обробки ґрунту.

## 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 «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х.: НТУ «ХПІ», 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. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування: ДСТУ 4397:2005. К., 2005.
19. Мазнев Г.Є. Турченко М.М., Щетинін М.Д. Економічне обґрунтування інженерних рішень в сфері АПК. Харків: ХДТУСГ, 2001. 400с.