

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

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему: «ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРИВОДНОГО МЕХАНІЗМУ
САМОРОБНОГО МІНІЕНЕРГОЗАСОБУ ВЛАСНОГО ВИРОБНИЦТВА»

Виконав: студент VI курсу групи Маш-61

Спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)

Олег ЧІЧУР
(Прізвище та ініціали)

Керівник:
к.т.н., доцент Сергій БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ
(Прізвище та ініціали)

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.
“ ” _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу студенту

Олегу Руслановичу ЧІЧУРУ

1. Тема роботи: «Дослідження та оптимізація приводного механізму саморобного мініенергозасобу власного виробництва»

Керівник роботи: Березовецький Сергій Андрійович, к.т.н., доцент
Затверджена наказом по університету №140/К-с від 28.02.2025

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 1.12.2025 року

3. Вихідні дані до роботи: довідкова література з теорії тракторів і автомобілів, каталоги агрегатів та вузлів силових установок, технічні характеристики двигуна КМЗ, коробки перемикання передач ГАЗ-53 та ведучого моста УАЗ-469, методичні матеріали з розрахунку карданних передач і трансмісій, а також нормативні документи й інструкції з охорони праці при експлуатації міні-тракторів та тракторних агрегатів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1. Стан питання і завдання досліджень

4.2. Обґрунтування основних параметрів об'єкту розробки

4.3. Дослідження параметрів об'єкта проєктування

4.4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

4.5. Екологія

Висновки і пропозиції

5. Перелік графічного ілюстраційного матеріалу:

Графічна частина до кваліфікаційної роботи оформляється у вигляді презентації.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання «28» лютого 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/П	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	<i>Аналіз передумов створення саморобних мініенергозасобів та актуальність дослідження приводного механізму</i>	28.02.25-25.04.25	<i>Виконано</i>
2	<i>Обґрунтування основних параметрів об'єкту розробки</i>	28.04.25-27.06.25	<i>Виконано</i>
3	<i>Дослідження параметрів об'єкта проєктування</i>	30.06.25-29.08.25	<i>Виконано</i>
4	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	01.09.25-26.09.25	<i>Виконано</i>
5	<i>Екологія</i>	29.09.25-31.10.25	<i>Виконано</i>
6	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	03.11.24-14.11.25	<i>Виконано</i>
7	<i>Оформлення графічної частини</i>	17.11.25-28.11.25	<i>Виконано</i>

Студент _____ Олег ЧІЧУР
(підпис)

Керівник роботи _____ Сергій БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ
(підпис)

Дослідження та оптимізація приводного механізму саморобного мініенергозасобу власного виробництва. ЧІЧУР Олег Русланович. Кафедра машинобудування. Дубляни, Львівський НУВМБТ. 2025.

60 с. текст. част., 14 рис., 16 літературних джерел.

У кваліфікаційній магістерській роботі виконано дослідження та інженерне обґрунтування приводного механізму саморобного мініенергозасобу малої потужності з метою підвищення його конструктивної надійності, кінематичної стабільності та ефективності використання в умовах дрібного агровиробництва. Проєктування здійснено на основі компонування силового агрегату КМЗ, силової коробки передач ГАЗ-53 та ведучого моста УАЗ-469 з урахуванням їх сумісності й раціональної інтеграції у загальну трансмісійну систему.

Проведено розрахунок проміжних ланок приводу, визначено раціональний діаметр карданного валу, перевірено міцність хрестовин і болтових з'єднань. Виконано кінематичні розрахунки, встановлено діапазон робочих і транспортних швидкостей, крутні моменти та тягові характеристики. Досліджено поздовжню й поперечну стійкість мініенергозасобу з навісним обладнанням, що підтверджує безпечність його експлуатації у різних режимах роботи.

Розглянуто питання охорони праці, забезпечення безпеки під час роботи з мініенергозасобом, вимоги до техніки безпеки, попередження травмування та дії в аварійних ситуаціях. Проаналізовано вплив експлуатації мініенергозасобу на довкілля, зокрема утворення викидів, шуму, відходів мастил і палив, а також наведено рекомендації щодо зменшення екологічного навантаження.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІЗ ПЕРЕДУМОВ СТВОРЕННЯ САМОРОБНИХ МІНІЕНЕРГОЗАСО- БІВ ТА АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИВОДНОГО МЕХАНІЗМУ	7
1.1. Обґрунтування необхідності міні-техніки.....	7
1.2. Конструктивні особливості агрегатів мініенергозасобу та методи їх доопрацювання	10
1.3. Огляд машин-аналогів	16
1.4. Характеристика основних вузлів енергозасобу	20
1.5. Обґрунтування теми дипломної роботи.....	21
Висновки до розділу 1	22
2. ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ’ЄКТУ РОЗРОБКИ.....	23
2.1. Побудова компоновочної схеми та кінематичні розрахунки	23
2.2. Поздовжня та поперечна стійкість енергозасобу.....	27
2.2.1. Поздовжня стійкість машинно-тракторного агрегату.....	27
2.2.2. Поперечна стійкість машинно-тракторного агрегату.	31
Висновки до розділу 2	32
3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ’ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ.....	34
3.1. Обґрунтування параметрів проміжної карданної передачі	34
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	39
4.1. Законодавче регулювання охорони праці в Україні	39
4.2. Вимоги техніки безпеки при роботі на мінітракторі	42
4.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях	47
Висновки до розділу 4	49
5. ЕКОЛОГІЯ	52
5.1. Загальна характеристика впливів транспорту на екосистеми	52
5.2. Шляхи зниження шкідливих впливів транспорту на довкілля.....	55
Висновки до розділу 5	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	58
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	59

ВСТУП

Одним з визначальних елементів будь-якого мініенергозасобу є приводний механізм, який здійснює передавання енергії від двигуна до ходової частини або робочих органів. У конструкціях індивідуального виробництва привод нерідко формується з доступних деталей, що не завжди забезпечують узгоджаність кінематичних і силових параметрів. Невірний добір передаточного числа, недосконала геометрія вузлів, значні втрати у передачах або нестабільна робота при навантаженні можуть істотно знижувати продуктивність машини.

Саморобні приводи часто мають перевищені вібрації, нерівномірність руху, надмірний нагрів підшипникових вузлів та нерівномірний розподіл сил у з'єднаннях. Такі недоліки виникають через відсутність точного розрахунку силових потоків, недостатній контроль жорсткості корпусних елементів, невірне позиціонування валів, а також через використання деталей, не адаптованих до конкретних умов експлуатації.

Тому дослідження приводного механізму є необхідним етапом для підвищення технічного рівня мініенергозасобу. У роботі виконано аналіз конструкції приводу з урахуванням кінематичних, силових, динамічних та експлуатаційних характеристик. Розглянуто вплив передаточних чисел, способів з'єднання валів, типів передач та матеріалів елементів на ефективність роботи механізму. Проведено оцінювання умов навантаження, характеру силових впливів на передачі, ступеня зношування деталей та можливих джерел втрат енергії.

Оптимізація приводного механізму передбачає вдосконалення компоновки елементів, узгодження параметрів двигуна з робочим навантаженням, зменшення динамічних коливань, а також підбір деталей з підвищеною точністю виготовлення. Використання методів машинобудівного аналізу дозволяє оцінити міцність та довговічність деталей, виявити критичні навантаження, спрогнозувати поведінку механізму під час роботи та запропонувати конструктивні рішення для підвищення ресурсу.

1. АНАЛІЗ ПЕРЕДУМОВ СТВОРЕННЯ САМОРОБНИХ МІНІЕНЕРГОЗАСОБІВ ТА АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИВОДНОГО МЕХАНІЗМУ

1.1. Обґрунтування необхідності міні-техніки

Після проведення земельної реформи в Україні різко збільшилася кількість дрібних сільськогосподарських виробників. У результаті розпаювання земель сформувалися невеликі фермерські та особисті селянські господарства з площею орних угідь до 10 га, значну частину з яких становлять наділи 5-6 га. Для таких господарств застосування ручної праці під час виконання основних технологічних операцій обробітку ґрунту, сівби, догляду за посівами та транспортування продукції є надзвичайно трудомістким і фізично виснажливим. Навіть використання тяглової сили тварин не забезпечує потрібної продуктивності та якості виконання робіт.

За таких умов виникла об'єктивна потреба у компактних механізованих засобах - мініенергозасобах, які здатні виконувати широкий спектр сільськогосподарських операцій за обмежених ресурсів господарства. На початковому етапі земельної реформи внутрішній ринок України перебував у дефіцитному стані щодо малогабаритної техніки. Колишні великі колгоспи та радгоспи орієнтувалися насамперед на застосування тракторів середнього та високого тягового класу, тоді як машини малого класу використовувалися епізодично, переважно для спеціальних робіт. Відповідно, попит на міні-техніку був невисоким, а отже не формувався й широкий асортимент такої продукції.

З появою великої кількості дрібних господарств ситуація змінилася: потреба у малогабаритних енергозасобах суттєво зросла. На сьогодні пропозиція міні-тракторів та мотоблоків на ринку в цілому є достатньою з позиції номенклатури, тобто за бажанням фермер може придбати серійний мініенергозасіб. Однак доступність такої техніки обмежується її вартістю. Промислові підприємства випускають універсальні енергетичні засоби

сільськогосподарського призначення з широким діапазоном можливих технологічних операцій, що безпосередньо впливає на збільшення собівартості виробу та продажної ціни. Для власника невеликого фермерського або підсобного господарства придбання такого агрегату часто є фінансово недосяжним.

Державні механізми підтримки закупівлі малогабаритної сільськогосподарської техніки для дрібних виробників залишаються недостатньо розвиненими, а з іншого боку, далеко не завжди спостерігається відповідність між заявленими виробником експлуатаційними властивостями техніки та її фактичними можливостями у реальних умовах. Сільськогосподарські машини малого класу нерідко характеризуються недостатньою надійністю, підвищеними витратами на технічне обслуговування та ремонти, а також конструктивними компромісами, пов'язаними з прагненням розширити функціональність без належного опрацювання окремих вузлів, зокрема приводів.

У відповідь на таку ситуацію чимало сільських майстрів та механізаторів почали створювати мініенергозасоби власного виготовлення, використовуючи доступні агрегати та вузли від списаної техніки. У публікаціях фахової преси наводяться приклади, коли досвідчені механізатори, переїхавши до села, виготовляли для власного господарства міні-трактор, причіп, ґрунтообробні робочі органи, а також допоміжне обладнання - млинок, зернодробарку, циркулярну пилку та інші механізми, необхідні в побуті та виробництві.

Типовою є ситуація, коли кустарно виготовлений міні-трактор збирають із двигуна малої потужності (наприклад, одноциліндрового двигуна повітряного охолодження на 4,5 – 5 к.с.) та вузлів від автомобіля чи вантажівки - переднього і заднього мостів, коробки передач, рульового механізму, гальмівної системи. Зчеплення можуть брати від легкового автомобіля, електрообладнання - комплектувати зі змішаних компонентів. Окремі агрегати, такі як задній міст, часто доводиться модифікувати - вкорочувати чулки, переробляти кріплення, виконувати додаткову обробку та зварні з'єднання, адаптуючи вузол до нових габаритів та умов роботи.

Використання агрегатів, знятих зі списаної техніки, дає певні економічні переваги, адже залишковий ресурс таких вузлів у багатьох випадках є достатнім для роботи в умовах невеликого господарства. Водночас подібний підхід супроводжується низкою конструктивних, експлуатаційних та безпекових ризиків. Більшість саморобних машин створюється без повноцінних розрахунків, схем кінематики та міцності, а також без детального аналізу напружено-деформованого стану відповідальних елементів. Особливо це стосується приводних механізмів, які забезпечують передавання крутного моменту від двигуна до ходової системи та робочих органів.

Під час кустарної побудови мініенергозасобу часто застосовують емпіричний підхід: попередніх креслень не виконують, конструкцію формують безпосередньо в процесі збирання, орієнтуючись на ті вузли, які вдалося знайти. Це призводить до того, що компоновання приводу, вибір передавальних чисел, розташування опор, типи з'єднань та способи регулювання визначаються здебільшого досвідом майстра та випадковим набором деталей. За відсутності інженерного опрацювання зростає ймовірність виникнення перевантажень у валах і з'єднаннях, нерівномірного розподілу навантажень, надмірних вібрацій, підвищеного зношування зубчастих пар та підшипників.

З машинобудівної точки зору саморобний мініенергозасіб можна розглядати як перспективний об'єкт для інженерної модернізації. Базова ідея - використання доступних агрегатів - є раціональною, однак потребує системного науково-технічного обґрунтування. В першу чергу це стосується приводного механізму, який повинен забезпечувати:

- надійне та стабільне передавання потужності від двигуна до ведучих коліс та навісного обладнання
- раціональний діапазон швидкостей руху для виконання основних сільськогосподарських операцій
- допустимі рівні динамічних навантажень, вібрацій та шуму
- конструктивну простоту, технологічність виготовлення та можливість обслуговування в умовах сільської майстерні
- відповідність вимогам безпеки праці під час експлуатації та ремонту.

Аналіз практики виготовлення саморобних міні-тракторів показує, що конструкція приводу часто формується шляхом механічної комбінації штатних агрегатів без урахування оптимізації кінематичної схеми, узгодження передавальних чисел та раціонального розташування вузлів у просторі. Наприклад, при використанні заднього моста від вантажного автомобіля необхідно виконати його вкорочення, переформатування кріплень, а також забезпечити правильне суміщення осей та посадочних поверхонь. Порушення цих вимог може призвести до перекосів, локальних концентрацій напружень та передчасного виходу вузла з ладу.

Отже, актуальність дослідження та оптимізації приводного механізму саморобного мініенергозасобу власного виробництва зумовлена сукупністю факторів. З одного боку, дрібні фермерські та особисті господарства гостро потребують доступних за ціною, надійних та енергоефективних машин. З іншого боку, саморобні конструкції, які створюються сільськими умільцями, мають значний потенціал, але потребують інженерного доопрацювання на основі сучасних методів машинобудівного проєктування.

1.2. Конструктивні особливості агрегатів мініенергозасобу та методи їх доопрацювання

Основні технічні характеристики агрегатів та описано прийоми, що дають змогу здійснити конструктивне доопрацювання окремих вузлів. Двигун УМЗ – 5А повітряного охолодження потужністю 4,5–5 к. с. та робочим об'ємом 475 см³ може застосовуватися як базовий, однак конструкція дає змогу встановлювати й інші силові агрегати, включно з двигуном від ГАЗ – 69. Задній і передній мости, коробка передач, рульовий механізм та гальмівна система запозичені від ГАЗ – 53. Стояночне гальмо реалізується шляхом фіксації натиснутої педалі гальма. Зчеплення використовується від автомобіля ЗАЗ, електрообладнання має комбінований характер.

Рисунок 1.1 – Компоновочна схема саморобного мінітрактора

1 - капот, 2 - радіатор, 3 - вентилятор, 4 - рама-шасі, 5 - двигун, 6 – повітряний фільтр, 7 - передній міст, 8 - коробка передач ГАЗ-69, 9 - панель приладів, 10 - ящик для інструментів, 11 - рульове колесо з колонкою, 12 - важіль перемикавання передач, 13 - рукоятка ручного гальма, 14 - важіль прискореної передачі, 15 - педаль зчеплення, 16 - педаль акселератора, 17 - коробка передач від автомобіля ГАЗ-51, 18 - сидіння від автомобіля УАЗ-452, 19 - важіль перемикавання гідророзподільника, 20 - гідророзподільник, 21 - гідросиловий циліндр, 22 - задній міст від автомобіля ГАЗ-51, 23 - підрамник, 24 - гідробачок, 25 - бензобак, 26 - оперення, 27 - тент брезентовий.

Незважаючи на достатню надійність і доступність заднього моста ГАЗ – 53, для коректної інтеграції в конструкцію його необхідно укоротити. Після очищення моста від забруднень проводиться його розбирання. Зняття піввісей здійснюється шляхом відкручування гайок кріплення, після чого картер розділяють на частини і виймають диференціал. На чулках заднього моста видаляють головки заклепок і вибивають їх усередину. Чулки вилучають за допомогою ударної дії, інколи з попереднім прогріванням картера паяльною лампою. Для забезпечення точного суміщення деталей під час подальшого складання на корпусі і чулках наносять спільні риси.

Чулки підлягають точінню за посадочним діаметром у зоні подушок ресор, після чого лівий вкорочують на 180 мм, а правий на 235 мм зі сторони диференціала. Після укорочення чулки встановлюють у їхні посадочні гнізда. Через наявні отвори в картері виконують свердління нових отворів у чулках із діаметром, що відповідає або дещо перевищує діаметр попередніх. Далі у ці місця встановлюють старі або нові заклепки з подальшим їх проварюванням електрозварюванням.

1 - диск лівого колеса, 2 - ресора ліва, 3 - піввісь ліва, 4 - чулок лівий, 5 - заклепки, 6 - половина картера ліва, 7 - фланець кардана, 8 - гайка, 9 - половина картера ліва, 10 - чулок правий, 11 - піввісь права, 12 - ресора права, 13 - диск правого колеса, 14 - фланець піввісі.

Укорочення піввісей здійснюється таким чином. Свердлом, діаметр якого дещо менший за діаметр піввісі, зі сторони фланця виконують центрове свердління на глибину, що відповідає товщині фланця. Після цього піввісь проточують до діаметра свердла на необхідну величину. Під час цієї операції фланець із підготовленим свердлінням відокремлюється.

Токар, враховуючи технічні можливості токарного верстата, може застосувати й інші способи укорочення піввісі. Після виконання цих операцій кожен піввісь установлюють у її посадочне місце, закривають фланцем, фланець фіксують кріпленням, а піввісь у встановленому положенні приварюють до фланця електрозварюванням. Використання автогенного зварювання у цьому випадку недоцільне. Щоб уникнути деформацій та небажаного відпускання металу, піввісь з фланцем необхідно періодично

охолоджувати водою. Завершальним етапом є остаточне вкорочення піввісі з видаленням надлишкового матеріалу на токарному верстаті.

Передній міст розрізають автогеном або відрізним диском з обох боків по лінії перед отворами для стрем'янок, після чого кінцеві частини з'єднують електрозварюванням. Для підвищення міцності шов підсилюють накладками. Конструкцію розгортають так, щоб попередня нижня частина опинилася у верхньому положенні. Оскільки маточини від ГАЗ – 53 є надмірно масивними для мінітрактора, цапфи проточують під легші варіанти, наприклад від культиватора.

Додаткову коробку передач доцільно включати у загальну компоновку у разі використання двигунів з високою частотою обертання. Конструювання мінітрактора власними силами з доступних вузлів та агрегатів дає можливість отримати машину, що за експлуатаційними властивостями не поступатиметься заводським моделям. Водночас слід відкинути припущення про відсутність потреби у кресленнях та інженерних розрахунках. Первинним етапом є визначення базового агрегата, після чого проводять його попередні інженерні розрахунки. Потрібно враховувати принцип рівномірності елементів конструкції та їх відповідності одне одному.

Науково обґрунтоване проєктування приводного механізму з урахуванням реальних експлуатаційних навантажень, кінематичних і силових параметрів, умов мастила та захисту від забруднень дозволить підвищити надійність та довговічність саморобного мініенергозасобу, зменшити витрати на його обслуговування та забезпечити безпечну роботу оператора. Саме це визначає предмет подальших досліджень у межах даної роботи, яка спрямована на аналіз, розроблення та оптимізацію приводного механізму саморобної машини з позицій сучасного машинобудування.

На нашу думку, цілком виправдано погодитися з твердженням автора статті, що виготовлення міні-трактора власноруч з доступних вузлів та агрегатів значно здешевлює отримання такого енергозасобу. За умови правильної компоновки та технічного підходу подібна машина може не поступатися промисловим аналогам. Водночас важко погодитися з позицією,

що попередні креслення і розрахунки не потрібні. Навпаки, перед початком конструювання необхідно визначити базовий агрегат майбутнього енергозасобу, а далі виконати його попередній технічний аналіз. Під час створення саморобної техніки важливо дотримуватися принципу рівномірності вузлів та агрегатів або їх конструктивної відповідності.

Після отримання земельних ділянок у власність селяни зіткнулися з тим, що для розширених площ ручного інструменту вже недостатньо, а традиційний трактор на таких ділянках працює неефективно через обмежений простір. При цьому вартість промислової сільськогосподарської техніки лишається високою, тому фермери все частіше шукають інформацію про міні-техніку малого класу.

Станом на сьогодні український ринок пропонує обмежену кількість міні-тракторів, оскільки їх виробництво в Україні невелике, а імпортні машини, особливо з країн Західної Європи, занадто дорогі для більшості покупців. Вартість таких тракторів сягає 9000 – 25000 доларів і більше, тому їх практично не імпортують. У статті наводяться характеристики доступних моделей, починаючи з українських. Наприклад, Івано-Франківський «Прикарпатець» має потенціал, однак потребує підвищення якості та налагодження стабільного серійного виробництва.

Харківський тракторний завод пропонує модель ХТЗ – 1410, яка має дизельний двигун потужністю 13,8 к.с., два вали відбору потужності, комфортне сидіння, електричний запуск, дугу безпеки та доступну ціну. На виставках ця машина викликає значний інтерес, але у вільному продажі трапляється рідко, що створює труднощі для її потенційних покупців. Іноді представники заводу пропонують перерахувати кошти заздалегідь, після чого трактор буде виготовлено протягом певного часу. Проте така схема не викликає довіри у багатьох селян.

Фактично придбати міні-трактор без затримок можна лише китайського виробництва. Ці машини активно завозилися до України, експлуатуються вже багато років, тому інформації про них зібрано найбільше. Відгуки користувачів різні, адже якість і надійність таких моделей не завжди стабільна. Багато

покупців цікавляться білоруськими міні-тракторами, але останнім часом через їхню високу ціну вони майже зникли з українського ринку.

Стаття також містить рекомендації щодо вибору мотоблока. Фермери передусім радять визначити, яку саме категорію техніки обрати - любительську чи професійну. Для дачних ділянок від 4 до 7 соток достатньо недорогого любительського мотоблока. Для обробітку площ близько 20 соток і більше доцільно обирати напівпрофесійну модель. Якщо ж мотоблок планується використовувати разом з навісним обладнанням - насосом, сінокосильною головкою, циркулярною пилою чи генератором - краще підійде професійний агрегат.

Автор підкреслює, що покупка потужнішої машини забезпечує запас надійності під час інтенсивної роботи. Мотоблок потужністю 9 к.с. здатний ефективно працювати на площах 20 – 30 соток і швидко окупитися. При виборі також важливо враховувати країну-виробника. Українська, білоруська та російська техніка за рівнем довговічності та стабільності роботи поступається італійським, німецьким та японським аналогам. Техніку виробників країн СНД, як правило, доводиться ремонтувати й модернізувати у процесі експлуатації, тоді як агрегати провідних зарубіжних компаній працюють стабільніше.

Найнадійнішими нині вважаються мотоблоки італійської фірми «Механіка Бенассі». Вони мають повністю зубчасту трансмісію без ременів і ланцюгів, виготовлені з високоякісного металу, обладнані надійними двигунами і здатні працювати тривалий час без перерви. Якщо фермер має змогу придбати імпортний мотоблок, це вважається оптимальним рішенням. За умов економії можна розглядати російські мотоблоки - «Нева», «Каскад», «Крот», «Салют». Їх виробництво стабільне, а технічний рівень вищий, ніж у продукції маловідомих виробників з низькими цінами.

Важливою є також проблема доступності запасних частин. Запчастини до техніки можна придбати лише через дилерів офіційних виробників. Рівень забезпечення запчастинами є приблизно однаковим і для імпортної, і для вітчизняної техніки, за умови що мова йде про серійні моделі. Якщо ж

покупець придбав експериментальну модель, усі проблеми обслуговування він фактично бере на себе.

У листах до редакцій фермерам часто цікаві так звані «італійські чудомоблоки». Проте покупці нерідко не вказують конкретної моделі, тому достовірної інформації отримати складно. Як правило, йдеться про мотоблоки легкої серії масою до 35 кг. В Україні представлені моделі «ЕВРО – 2» масою 19 – 23 кг та «МЕППІ» масою 28 кг, оснащені двигунами потужністю 3,5 та 3,7 к.с. відповідно, а також фрезами шириною 36 і 40 см. Утім, твердження, що подібні агрегати можуть замінити трактор, є перебільшенням. Легкі мотоблоки призначені для роботи на малих ділянках, у теплицях, парниках та міжряддях, де навіть міні-трактору працювати складно. Тому мотоблоки розглядають як механізовану альтернативу лопати та сапи, а не як заміну трактора.

Легкі мотоблоки зручні для дачників, адже їх легко перевозити навіть у багажнику легкового автомобіля. Попит на мотосапу «МЕППІ» зумовлений саме цією зручністю. З аналогів для таких умов може підійти «КРОТ» масою близько 50 кг або «ГНОМ» масою 40 кг, хоча останній має малий досвід експлуатації. Мотоблок «НАДІЯ» електричного типу вже підтвердив свою надійність.

Для городництва на більших площах більше підходять моделі «НЕВА – 2К», «КАСКАД», «САЛЮТ», а також професійна техніка «Механіка Бенассі».

Щодо витрати пального автори статті зазначають, що точні дані здебільшого подають лише заводи країн СНД, тоді як зарубіжні виробники не завжди вказують ці цифри, оскільки витрата пального залежить передусім від режиму роботи та умов навантаження. Запас пального для мотоблока зазвичай витрачається повільно, тому надмірні запаси пального не рекомендують робити, щоб уникнути погіршення якості бензину під час тривалого зберігання.

1.3. Огляд машин-аналогів

Сучасний український ринок міні-тракторів представлений великою кількістю моделей, що належать переважно до імпортного виробництва. Разом із тим вітчизняні підприємства поступово розширюють асортимент техніки малої потужності, пропонуючи фермерським господарствам доступніші за

вартістю рішення. Для аналітичного огляду розглянемо міні-трактори потужністю в діапазоні 16 – 50 к.с., що належать до класу 0,6 та близьких до нього категорій. Нижче наведено коротку характеристику найбільш розповсюджених моделей.

Техніка *DTZ* представлена широкою лінійкою машин від 24 до 140 к.с. Молодші моделі орієнтовані на дрібні господарства та садово-городні роботи. Конструкції характеризуються доступністю запчастин, простими трансмісійними схемами та надійними двигунами китайського або японського виробництва. Базова компоновка достатньо технологічна для обслуговування в умовах сільської майстерні.



Рисунок 1.3 – Мінітрактор *DTZ* (24 – 140 к.с.)

Техніка *KENTAVR* уже тривалий час присутня на ринку України й використовується невеликими фермерськими господарствами. Агрегати комплектуються малолітражними дизельними двигунами, відзначаються економічністю та простотою конструкції. Платформа передбачає базові вузли для роботи з навісним обладнанням, однак трактується як техніка з середнім рівнем ресурсу.



Рисунок 1.4 – Мінітрактор *KENTAVR* (16 – 50 к.с.)

Моделі *HANWO* виділяються сучаснішим дизайном та комфортною кабіною в окремих версіях. Техніка орієнтована на підвищену зручність оператора, має поліпшене освітлення, захисні дуги й обладнання для роботи в різних умовах. Двигуни та трансмісійні вузли зазвичай ліцензійного китайського виробництва.



Рисунок 1.5 – Мінітрактор *HANWO* (24 – 50 к. с.)

HORST належить до міні-тракторів посиленого виконання. Моделі цього бренду мають збільшену масу, що позитивно впливає на тягові властивості під час ґрунтообробних робіт. Конструкції обладнані гідравлічними системами з прийнятним запасом продуктивності та механічними коробками передач, що забезпечує просте обслуговування.



Рисунок 1.6 – Мінітрактор *HORST* (24 – 50 к. с.)

JINMA є одними з найбільш розповсюджених китайських міні-тракторів в Україні. Моделі відзначаються надійністю у простих умовах роботи, доступною ціною та широким набором навісного обладнання. Конструкція вирізняється простими вузлами й агрегатами, що полегшує ремонт і технічне обслуговування без спеціалізованого обладнання.



Рисунок 1.7 – Мінітрактор *JINMA* (24 – 50 к. с.)

Бренд *FOTON-LOVOL* орієнтований на споживачів, яким потрібна техніка більш продуктивного класу. Ці трактори оснащуються двигунами зі збільшеним моторесурсом, мають удосконалені трансмісії, гідравліку та ергономічні органи керування. Належить до техніки з підвищеною надійністю у своєму сегменті.

XINGTAI є одним із найстаріших китайських виробників міні-тракторів. Конструкції доволі прості, проте мають прийнятні тягові можливості і достатній ресурс для виконання легких та середніх робіт на ділянках. Ці машини широко відомі серед українських користувачів завдяки невисокій ціні та невибагливості до умов експлуатації.

Міні-трактори *DONGFENG* позиціонуються як універсальні машини для виконання різних господарських робіт. Завдяки міцній рамі та надійним дизельним двигунам їх часто використовують у фермерських господарствах для

транспортування, фрезерування, культивування та інших операцій. Відомі своїм розширеним модельним рядом.

SHIFENG переважно представлений моделями потужністю близько 24 к.с. Це доступні, компактні трактори, які добре підходять для невеликих площ та виконання легких сільськогосподарських робіт. Агрегати мають мінімалістичну конструкцію, що полегшує їх ремонт і обслуговування.

Міні-трактори УТО належать до техніки з підвищеною надійністю серед низькопотужного сегмента. Бренд відомий у багатьох країнах, а моделі цього класу мають достатній запас міцності, що дозволяє працювати з невеликими ґрунтообробними агрегатами. Машини вирізняються стабільною роботою та якісними двигунами.

1.4. Характеристика основних вузлів енергозасобу

Як зазначалося раніше, конструкція мініенергозасобу формуватиметься на основі кількох основних агрегатів, а саме: силового модуля КМЗ-8.155-021, коробки перемінних передач ГАЗ-53 та ведучого моста від УАЗ-469. Нижче наведено опис цих складових.

Як база для енергетичної установки обрано силовий агрегат КМЗ-8.155-021 першої комплектації. Далі подано основні параметри цього двигуна, які визначають його придатність до використання у мініенергозасобі [6].

У складі енергетичної установки використовується чотиритактний верхньоклапанний карбюраторний двигун з двома циліндрами. Робочий об'єм циліндрів становить 649 см³. Ступінь стискання дорівнює 7,0, що відповідає умовам роботи силового агрегату цього типу та забезпечує стабільне згоряння паливної суміші при номінальних навантаженнях. Двигун оснащений двома циліндрами та має чотиритактну верхньоклапанну конструкцію карбюраторного типу. Геометричні параметри циліндро-поршневої групи становлять: діаметр циліндра 78 мм та хід поршня 68 мм. Сукупність цих розмірів формує робочий об'єм 649 см³.

Номинальна потужність силового агрегату становить не менше ніж 23,5 кВт (32 к.с.) при частоті обертання колінчастого вала близько 5200 об/хв. Максимальний крутний момент досягає не менше 47 Н·м, що забезпечує достатній тяговий потенціал для використання двигуна у складі мініенергозасобу.

Система запалення виконана у вигляді батарейної схеми з робочою напругою 12 В. Як паливну апаратуру застосовано карбюратори К63Т. Допускається використання бензину з октановим числом 80 або 92.

Повітря на вході очищається за допомогою фільтра з паперовим елементом. Охолодження двигуна здійснюється направленим потоком повітря, що спрощує конструкцію та зменшує вимоги до технічного обслуговування.

Зчеплення застосовано сухе, дводискове, що забезпечує передавання крутного моменту без суттєвих втрат та дозволяє працювати в умовах змінних навантажень.

Коробка перемінних передач - чотириступінчаста, обладнана передачею заднього ходу. Передавальні числа мають такі значення: *I* передача – 4,11; *II* передача – 2,28; *III* передача – 1,70; *IV* передача – 1,30; передача заднього ходу - 3,67.

Така схема забезпечує достатній діапазон швидкостей для виконання транспортних і технологічних робіт у складі мініенергозасобу.

Двигун за конструктивними особливостями і технічними показниками відноситься до розряду форсованих двигунів. Горизонтальне розташування циліндрів, забезпечує хороше охолодження і урівноваження кривошипно-шатунного механізму. Кожний циліндр має окремий карбюратор, що покращує пуск і підвищує потужність двигуна.

1.5. Обґрунтування теми дипломної роботи

На основі аналізу літературних джерел встановлено, що виготовлення мініенергозасобу власноруч часто є значно економічнішим рішенням, ніж придбання готового агрегата. Вартість техніки малого класу, представленої на

ринку, є надто високою для більшості господарств, тому створення машини власного виробництва дозволяє суттєво знизити витрати. До того ж саморобний енергозасіб можна адаптувати до роботи з обладнанням і навісними механізмами, розробленими під конкретні задачі користувача.

Враховуючи це, виникла необхідність проєктування мініенергозасобу шляхом компонування доступних вузлів і агрегатів, які легко придбати на ринках уживаних запчастин або у вигляді списаної техніки. Як основні складові прийнято двигун КМЗ, коробку перемінних передач ГАЗ-53 та ведучий міст УАЗ-469. Завданням дослідження є створення раціональної схеми їх компонування та проєктування проміжних елементів приводу.

Мета роботи полягає у забезпеченні стабільної, ефективної та довговічної роботи приводного механізму саморобного мініенергозасобу за рахунок його технічної оптимізації.

Висновки до розділу 1

У першому розділі обґрунтовано необхідність застосування мініенергозасобів у дрібних господарствах, де традиційна техніка є надто дорогою або малоефективною. Показано, що саморобні мінітратори стали поширеним рішенням завдяки доступності вузлів списаної техніки, однак їх виготовлення без розрахунків створює ризики перевантажень, вібрацій та передчасного зношування.

Проаналізовано конструктивні особливості агрегатів, на основі яких може бути сформований мініенергозасіб, та наведено методи їх доопрацювання. Підкреслено, що приводний механізм є відповідальним елементом конструкції, який потребує інженерного опрацювання та оптимізації.

Узагальнення проведеного аналізу дозволило сформулювати завдання дослідження: забезпечити раціональне компонування та технічне вдосконалення приводного механізму саморобного мініенергозасобу для підвищення його надійності й ефективності.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ

2.1. Побудова компоновочної схеми та кінематичні розрахунки

З опису, наведеного у першому розділі, відомо, що проєктований енергозасіб має складатися з таких основних вузлів: двигуна (силового агрегату) КМЗ-8.155-021, силової коробки перемінних передач автомобіля ГАЗ-53 та ведучого моста автомобіля УАЗ-469. Завданням даного етапу є їх раціональне компонування, проєктування проміжних ланок і внесення конструктивних змін у самі вузли.

Після послідовного з'єднання основних вузлів у єдиний ланцюг передбачається, що силова коробка передач з'єднуватиметься з мостом за допомогою ланцюгової передачі. Таке рішення дає змогу компактно розмістити агрегати на рамі машини, оскільки використання карданної передачі потребує дотримання співвісності, що призводить до зменшення компактності енергозасобу. Надалі кінематичний ланцюг передавання руху здійснюватиметься від силової коробки передач через проміжні ланки у вигляді карданної передачі до коробки передач силового агрегату.

Далі, на основі технічних характеристик двигуна та інших вузлів, перевіряється, який діапазон швидкостей руху та крутних моментів або тягових зусиль на гаку здатний забезпечити даний енергозасіб. Спочатку визначається мінімальна швидкість руху та максимальний крутний момент. Для цього необхідно встановити найбільше передаточне число $u_{\text{заг}}$ усього приводу на першій передачі обох коробок за відомими формулами [9–11].

$$u_{\text{заг}_1} = u_{\text{гол}} \cdot u_{\text{лп}} \cdot u_{\text{кпп.сил}_1} \cdot u_{\text{кпп}_1} = 5,125 \cdot 1,8 \cdot 6,1 \cdot 4,11 = 231,28 \quad (2.1)$$

де $u_{\text{гол}}$ = 5,125 - передаточне число головної передачі ведучого моста;

$u_{\text{лп}}$ = 1,8 - передаточне число ланцюгової передачі.

$u_{\text{кпп.сил}_1}$ - передаточне число силової коробки передач на першій передачі;

$u_{кпп_1} = 4,11$ - передаточне число коробки передач силового агрегату на першій передачі.

Швидкість руху агрегату визначатиметься за середніх обертах колінчастого вала двигуна, тобто при $n_{дв} = 2600$ об/хв.

$$v_1 = \frac{n_{дв}}{u_{заг_1}} \cdot l \cdot 10^{-3} \cdot 60, \quad (2.2)$$

де l - довжина колеса, м.

$$l = \pi d_k = 3,14 \cdot 0,74 = 2,324 \text{ м}, \quad (2.3)$$

де $d_k = 0,74$ м - діаметр колеса (на енергозасобі встановлено колеса типорозміру 8.4–15). Тоді

$$v_1 = \frac{2600}{231,28} \cdot 2,324 \cdot 10^{-3} \cdot 60 = 1,567 \frac{\text{км}}{\text{год}} = 0,435 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

Максимальний крутний момент на валу приводних коліс за обчисленого передаточного відношення приводу визначатимемо за формулою 2.4.

$$M_k = M_{дв} \cdot u_{заг_1} \cdot \eta = 47 \cdot 231,28 \cdot 0,9 = 9783 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2.4)$$

де $M_{дв}$ - максимальний крутний момент на валу двигуна, $M_{дв} = 47 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

η - механічний коефіцієнт корисної дії всього приводу, $\eta = 0,9$.

Теоретичне максимальне тягове зусилля на колесах, яке здатний розвинути енергозасіб.

$$F_{тк} = \frac{M_k}{0,5d_k} = \frac{9783}{0,5 \cdot 0,74} = 26440 \text{ Н}. \quad (2.5)$$

Отримане значення є досить значним, що дає змогу енергозасобу мати добрі силові та кінематичні показники. Дане тягове зусилля формується за мінімальної швидкості руху машини та має теоретичний характер, оскільки в цьому випадку не враховано зчіпну силу енергозасобу. За такої швидкості практично не виконується жоден технологічний процес, оскільки вона належить до спеціального діапазону руху.

Далі визначається тягове зусилля на швидкості, яка згідно з агротехнічними вимогами рекомендована для виконання оранки. З позиції навантаження ця операція фактично характеризує силові можливості енергозасобу. Для виконання оранки машинами такого типу рекомендована

швидкість знаходиться в межах 4–7 км/год. У конкретному випадку це відповідає роботі на другій або третій передачі силового агрегату та першій передачі силової коробки за потужності, близької до максимальної, тобто передаточне число приводу становитиме при $v = 5,6$ км/год.

$$u_{\text{заг}_2} = u_{\text{гол}} \cdot u_{\text{лп}} \cdot u_{\text{кпп.сил}_1} \cdot u_{\text{кпп}_2} = 5,125 \cdot 1,8 \cdot 6,1 \cdot 2,28 = 128,3 \quad (2.6)$$

де $u_{\text{кпп}_2} = 2,28$ - передаточне число коробки передач силового агрегату на другій передачі.

Максимальний крутний момент на вихідних валах.

$$M_k = M_{\text{дв}} \cdot u_{\text{заг}_2} \cdot \eta = 47 \cdot 128,3 \cdot 0,9 = 5427 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2.7)$$

Максимальне тягове зусилля

$$F_{\text{тк}} = \frac{5427}{0,5 \cdot 0,74} = 14670 \text{ Н}.$$

На третій передачі коробки силового агрегату за швидкості руху $v = 7,6$ км/год та за умови реалізації максимальної потужності

$$u_{\text{заг}_3} = u_{\text{гол}} \cdot u_{\text{лп}} \cdot u_{\text{кпп.сил}_1} \cdot u_{\text{кпп}_3} = 5,125 \cdot 1,8 \cdot 6,1 \cdot 1,7 = 95,66 \quad (2.8)$$

де $u_{\text{кпп}_3} = 1,7$ - передаточне число коробки передач силового агрегату на третій передачі.

Максимальний крутний момент на вихідних валах.

$$M_k = M_{\text{дв}} \cdot u_{\text{заг}_3} \cdot \eta = 47 \cdot 95,66 \cdot 0,9 = 4047 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2.9)$$

Максимальне тягове зусилля

$$F_{\text{тк}} = \frac{4047}{0,5 \cdot 0,74} = 10940 \text{ Н}.$$

З проведеного аналізу видно, що запас тягового зусилля є достатнім навіть на відносно високих передачах коробки силового агрегату. Очікується, що енергозасіб не працюватиме за умов максимальної потужності, оскільки такий режим не є робочим для двигуна, однак отримані результати свідчать, що запас тягового зусилля є цілком достатнім для роботи на економічно доцільних режимах із забезпеченням необхідного крутного моменту.

Додатково ці параметри проаналізовано для IV-ї передачі коробки силового агрегату, що відповідає роботі за максимальної потужності при

швидкості $v = 9,9$ км/год. Таке значення швидкості для виконання оранки відноситься до режиму швидкісної оранки.

$$u_{\text{заг}_4} = u_{\text{гол}} \cdot u_{\text{лп}} \cdot u_{\text{кпп.сил}_1} \cdot u_{\text{кпп}_4} = 5,125 \cdot 1,8 \cdot 6,1 \cdot 1,3 = 73,154 \quad (2.10)$$

де $u_{\text{кпп}_4} = 1,3$ - передаточне число коробки передач силового агрегату на третій передачі.

Максимальний крутний момент на вихідних валах.

$$M_k = M_{\text{дв}} \cdot u_{\text{заг}_4} \cdot \eta = 47 \cdot 73,154 \cdot 0,9 = 3090 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2.11)$$

Максимальне тягове зусилля

$$F_{\text{тк}} = \frac{3090}{0,5 \cdot 0,74} = 8362 \text{ Н}.$$

Таким чином, можна зробити висновок, що двигун енергозасобу володіє достатньою потужністю, а трансмісія здатна забезпечити необхідний діапазон швидкостей руху. Передбачена можливість комбінування передач силової коробки та коробки силового агрегату. У результаті формується досить широкий і щільний діапазон як робочих, так і транспортних швидкостей, оскільки енергозасіб має 16 передач для руху вперед і 4 передачі для руху назад.

На початковому етапі була визначена мінімальна швидкість руху машини, а на завершення необхідно встановити теоретично можливу максимальну швидкість та відповідне їй тягове зусилля.

$$v_4 = \frac{5200}{12} \cdot 2,324 \cdot 10^{-3} \cdot 60 = 60,5 \frac{\text{км}}{\text{год}}.$$

Такою транспортною швидкістю може похвалитися далеко не кожен трактор, не кажучи вже про мінітрактори. При цьому виникає питання, яке тягове зусилля буде забезпечене за таких умов руху:

$$u_{\text{заг}_4} = u_{\text{гол}} \cdot u_{\text{лп}} \cdot u_{\text{кпп.сил}_4} \cdot u_{\text{кпп}_4} = 5,125 \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 1,3 = 11,993 \approx 12, \quad (2.12)$$

де $u_{\text{кпп.сил}_4} = 1$ - передаточне число IV-ї (прямой) передачі силової коробки;

$u_{\text{кпп}_4} = 1,3$ - передаточне число коробки передач силового агрегату на четвертій передачі.

Максимальний крутний момент на вихідних валах.

$$M_k = M_{\text{дв}} \cdot u_{\text{заг}_4} \cdot \eta = 47 \cdot 11,993 \cdot 0,9 = 507,3 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2.13)$$

Максимальне тягове зусилля

$$F_{\text{тк}} = \frac{507,3}{0,5 \cdot 0,74} = 1371 \text{ Н.}$$

Таке тягове зусилля є повністю достатнім для транспортування енергозасобу по відносно горизонтальних ділянках місцевості. У завершальному варіанті компоновочна схема енергозасобу матиме такий вигляд, як показано на рис. 2.1.

Рисунок 2.1 - Схема компонування енергозасобу: 1 - рама; 2 - гідронавіска; 3 - ведучий міст; 4 - силова коробка передач; 5 - проміжна карданна передача; 6 - силовий агрегат; 7 - передній міст із керованими колесами; 8 - вал відбору потужності.

2.2. Поздовжня та поперечна стійкість енергозасобу

2.2.1. Поздовжня стійкість машинно-тракторного агрегату.

У процесі проєктування нових сільськогосподарських машин конструктор уже на початкових етапах змушений враховувати взаємозв'язок агрегату, спосіб його агрегування та потужність трактора. Саме спосіб агрегування і потужність енергетичного засобу часто є визначальними як для загальної структури машини, так і для економічної доцільності її використання.

Окрім цього, необхідно обґрунтувати як поперечну, так і поздовжню стійкість сільськогосподарського агрегату. Поздовжня стійкість визначається за

спеціальними залежностями, які забезпечують виконання умов поздовжньої стійкості машинно-тракторного агрегату. Аналогічно здійснюється визначення поперечної стійкості. Для начіпних агрегатів істотний вплив на стійкість має положення навісної машини. З літературних джерел відомо, що за величиною тягового опору сільськогосподарської машини підбирають енергетичний засіб, сила тяги на гаку якого повинна відповідати вимогам зазначеної машини.

Для проведення розрахунків розглянемо енергетичний засіб з навісною машиною, розміщеною ззаду. На загальну стійкість машинно-тракторного агрегату суттєво впливає положення навісного знаряддя. Рух агрегату з навісною машиною істотно змінює умови його стійкості, особливо під час руху на підйом. У цьому випадку навісна система змінює показники поздовжньої стійкості сільськогосподарського агрегату.

Поздовжня стійкість колісного трактора є істотно меншою порівняно з гусеничним. Наведемо розрахункову схему сил, що діють на колісний трактор під час руху на підйом з навісною машиною [12–13].

Рисунок 2.2 – Схема розрахунку сил, що діють на енергозасіб під час руху на підйом з навісною машиною.

Вихідні дані для розрахунків приймаємо такі. Як навісний агрегат використовується плуг, експлуатаційна сила ваги якого становить $G_n = 700 \text{ Н}$. Вертикальна координата центра ваги навісної машини дорівнює $h_n = 0,7 \text{ м}$, а

горизонтальна координата $a_n = 1$ м. Тяговий опір плуга складає $P_n = 5,2$ кН. Робочу швидкість оранки приймаємо рівною $v = 4$ км/год.

Згідно з попередніми розрахунками, така швидкість відповідає першій передачі силової коробки та другій передачі коробки силового агрегату, при цьому тягове зусилля становить $P_T = 7,1$ кН за умов роботи двигуна в робочому режимі.

Для енергозасобу прийнято такі параметри: сила ваги $G = 5,5$ кН, поздовжня база $L = 1,3$ м, вертикальна координата центра ваги $h = 0,6$ м, горизонтальна координата центра ваги $a = 0,5$ м. Додаткове навантаження становить $\Delta G = 0,8$ кН, при цьому плече його прикладання дорівнює $a_x = 1,35$ м.

Під час розрахунків агрегату з колісним трактором поздовжню стійкість оцінюють за коефіцієнтом запасу поздовжньої стійкості x_n .

$$x_n = \frac{G_n \cdot a_n}{G \cdot a} < 0,4. \quad (2.14)$$

Якщо значення x_n не перевищує 0,4, то поздовжня стійкість вважається забезпеченою, а за умови $x_n \geq 0,4$ вона не забезпечується.

$$x_n = \frac{700 \cdot 1}{5500 \cdot 0,5} = 0,225 < 0,4. \quad (2.15)$$

З метою підвищення поздовжньої стійкості та покращення керованості передніх коліс виконуємо довантаження передньої частини агрегату на величину ΔG і визначаємо розрахункове значення x'_n .

$$x'_n = \frac{G_n \cdot a_n}{G \cdot a + \Delta G \cdot a_x} < 0,4. \quad (2.16)$$

Тоді

$$x'_n = \frac{700 \cdot 1}{5500 \cdot 0,5 + 800 \cdot 1,35} = 0,183 < 0,4.$$

Таким чином, за прийнятих умов поздовжня стійкість повністю забезпечується. Далі виконуємо перевірку навантаження на колеса. Навантаження, яке припадає на передні колеса.

$$N'_n = \frac{(G \cdot a + \Delta G \cdot a_x - G_n \cdot a_n - (G + \Delta G + G_n) \cdot r_k \cdot f)}{L}, \quad (2.17)$$

де r_k - радіус кочення ведучих коліс, $r_k = 0,37$ м;

f - коефіцієнт перекочування коліс, $f = 0,1$;

L - поздовжня база трактора, $L = 1,3$ м;

$[N_n]$ - допустиме навантаження на передні колеса, $[N_n] = 10$ кН.

$$N_n = \frac{(5500 \cdot 0,5 + 800 \cdot 1 - 700 \cdot 1 - (5500 + 800 + 700) \cdot 0,37 \cdot 0,1)}{1,3} = 2208 \text{ Н.}$$

$$N_n = 2,208 \text{ кН} \leq [N_n] = 10 \text{ кН.}$$

Отже, дана умова виконується. Далі визначаємо навантаження, яке припадає на задні колеса.

Навантаження, що припадає на задні колеса

$$N_3 = G + \Delta G + G_n - N_n \leq [N_3],$$

де $[N_3]$ - допустиме навантаження на задні колеса, яке становить $[N_3] = 20,2$ кН. Отже:

$$N_3 = 5500 + 800 + 700 - 2208 = 4792 \text{ Н} = 4,8 \text{ кН} \leq [N_3] = 20,2 \text{ кН,}$$

Для обраного агрегату допускається перевантаження коліс до 40 % за швидкості руху не більше 8 км/год і до 20 % за швидкості до 20 км/год. У зв'язку з цим перевірку на перевантаження можна не виконувати, оскільки колеса є істотно недовантаженими. Це пояснюється тим, що у конструкції застосовуються не спеціально спроектовані, а стандартні колеса, які розраховані на роботу в значно складніших умовах навантаження.

На наступному етапі визначається критичний кут підйому, по якому рухається трактор, $\alpha_{кр}$.

$$\alpha_{кр} = \arctg \left(\left(\frac{tg \alpha_{гран}(1 - x_n)}{(1 - \delta_n)} \right) - f \right), \quad (2.18)$$

де $\alpha_{кр}$ - максимально допустимий кут підйому трактора

$$\alpha_{гр} = \arctg \left(\frac{a}{h} \right) = \arctg \left(\frac{0,5}{0,6} \right) = 39,8^\circ. \quad (2.19)$$

Визначаємо геометричну характеристику агрегату δ_n

$$\delta_n = \frac{G_n}{G + \Delta G} = \frac{0,7}{5,5 + 0,84} = 0,111. \quad (2.20)$$

$$\alpha_{кр} = \arctg \left(\left(\frac{tg39,8^\circ(1 - 0,183)}{(1 - 0,111)} \right) - 0,1 \right) = 31,5^\circ$$

Таким чином, за нормальних умов критичний кут, на який може виїхати наш енергозасіб із сільськогосподарською машиною, становить $\alpha_{кр} = 31,5^\circ$.

2.2.2. Поперечна стійкість машинно-тракторного агрегату.

Для визначення поперечної стійкості машинно-тракторного агрегату з навісними машинами у робочому та транспортному положеннях необхідно перевірити виконання умови стійкості відносно нижніх бокових крайок опорної поверхні ходової частини.

На рис. 2.3 подано схему сил, які діють на машину в поперечній площині.

Рисунок 2.3 – Розрахункова схема сил, що діють на агрегат під час руху по поперечному схилу.

За умови, що центр ваги агрегату розташований на осі симетрії трактора, граничний поперечний кут нахилу рельєфу поля $\alpha_{кр}$ під час розвороту на ньому агрегату визначають за формулою 2.21.

$$\alpha_{кр} = \arctg \left[\frac{G_a^2 \cdot (B+b) - P_g \sqrt{G_a \cdot (B+b)^2 + 4(G_a - P_g^2) \cdot h_c^2}}{2(G_a^2 - P_g^2) \cdot h_c} \right], \quad (2.21)$$

де G_a - сила ваги агрегату, кН;

$$G_a = G + G_n = 5,5 + 0,7 = 6,2 \text{ кН.}$$

B - ширина колії трактора, $B = 1,14$ м;

$B_{\text{ш}}$ - ширина шини колеса, $B_{\text{ш}} = 0,2$ м;

$P_{\text{в}}$ - відцентрова сила всіх частин агрегату, що виникає під час руху на повороті.

$$P_{\text{в}} = \frac{G_a V^2}{g \cdot R} = \frac{6,2 \cdot 1,11^2}{9,81 \cdot 2} = 0,39 \text{ кН}, \quad (2.22)$$

де V - швидкість руху агрегату. Швидкість розвороту приймаємо рівною 4 км/год, що відповідає 1,11 м/с;

g - прискорення вільного падіння, $g = 9,8$ м/с²;

R - радіус повороту агрегату, м; для колісного трактора приймаємо $R_{\text{min}} = 2$ м;

h_s - вертикальна координата центра ваги агрегату.

$$h_c = \frac{h + h_{\text{н}}}{2} = \frac{0,6 + 0,7}{2} = 0,65 \text{ м}. \quad (2.23)$$

Максимально допустимий поперечний кут нахилу рельєфу поля під час виконання розвороту агрегату

$$\alpha_{\text{кр}} = \arctg \left[\frac{6^2 \cdot (1,14 + 0,2) - 0,39 \sqrt{6,2 \cdot (1,14 + 0,2)^2 + 4 \cdot (6,2^2 + 0,39^2) \cdot 6,5^2}}{2 \cdot (6,2^2 + 0,39^2) \cdot 6,5^2} \right] = 55,4^\circ$$

Таким чином, за нормальних умов граничний поперечний кут нахилу рельєфу поля, при якому може рухатися наш енергозасіб із сільськогосподарською машиною під час розвороту, становить $\alpha_{\text{кр}} = 55,4^\circ$.

Висновки до розділу 2

У розділі виконано обґрунтування основних параметрів об'єкта розробки на основі компоновочних та кінематичних розрахунків енергозасобу, а також аналізу його поздовжньої та поперечної стійкості. Запропонована схема компоновки із застосуванням двигуна КМЗ-8.155-021, силової коробки передач ГАЗ-53 та ведучого моста УАЗ-469 забезпечує компактне розміщення агрегатів і раціональну передачу крутного моменту.

Кінематичні розрахунки показали, що енергозасіб має широкий та щільний діапазон робочих і транспортних швидкостей за рахунок 16 передач переднього ходу та 4 передач заднього ходу. Визначені значення тягових

зусиль на різних передачах підтвердили достатній запас силових можливостей для виконання оранки в рекомендованому швидкісному діапазоні 4–7 км/год, а також можливість ефективного транспортування з теоретичною максимальною швидкістю до 60,5 км/год.

Розрахунок поздовжньої стійкості показав, що за прийнятих параметрів агрегату та після довантаження передньої частини значення коефіцієнта запасу поздовжньої стійкості не перевищує допустимих меж, що гарантує безпечну роботу енергозасобу. Перевірка навантажень на передні та задні колеса підтвердила їх відповідність допустимим значенням без необхідності додаткових обмежень за перевантаженням. Визначений критичний кут підйому $\alpha_{кр} = 31,5^\circ$ свідчить про достатню прохідність енергозасобу на схилах.

Аналіз поперечної стійкості встановив, що граничний поперечний кут нахилу рельєфу при розвороті становить $\alpha_{кр} = 55,4^\circ$, що забезпечує стійкий рух агрегату в умовах поперечних схилів без втрати рівноваги.

Отримані результати підтверджують доцільність вибраних конструктивних і кінематичних параметрів енергозасобу та його придатність для виконання польових і транспортних робіт у заданих режимах експлуатації

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ

3.1. Обґрунтування параметрів проміжної карданної передачі

Розглянемо кінематику карданної передачі та визначимо, якого типу передача має бути застосована між коробкою силового агрегату та первинним валом силової коробки [7]. У разі використання одношарнірної передачі (рис. 3.1, а), в якій за допомогою одного шарніра Гука здійснюється передача обертання між валами, що перетинаються під кутом γ , співвідношення між кутами повороту провідного вала і φ_2 веденого вала встановлюється відповідно до рис. 3.1, б.

$$\frac{\operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{tg} \varphi_2} = \cos \gamma. \quad (3.1)$$

На рис. 3.1, в наведено криві різниці кутів повороту $\Delta \varphi' = \varphi_2 - \varphi_1$ залежно від φ_1 для різних значень кута γ . Для заданого кута γ між валами значення $\Delta \varphi'_{\max}$ відповідає куту випередження, а значення $-\Delta \varphi'_{\max}$ - куту відставання веденого вала. Повний кутовий зсув при цьому дорівнює $2\Delta \varphi'_{\max}$.

Співвідношення між кутовими швидкостями описується формулою 3.2.

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{\cos \gamma}{\sin^2 \varphi_1 + \cos^2 \varphi_1 \cos^2 \gamma}. \quad (3.2)$$

Звідси випливає, що у разі обертання провідного вала з сталою кутовою швидкістю ω_1 ведений вал буде обертатися нерівномірно зі змінною кутовою швидкістю ω_2 .

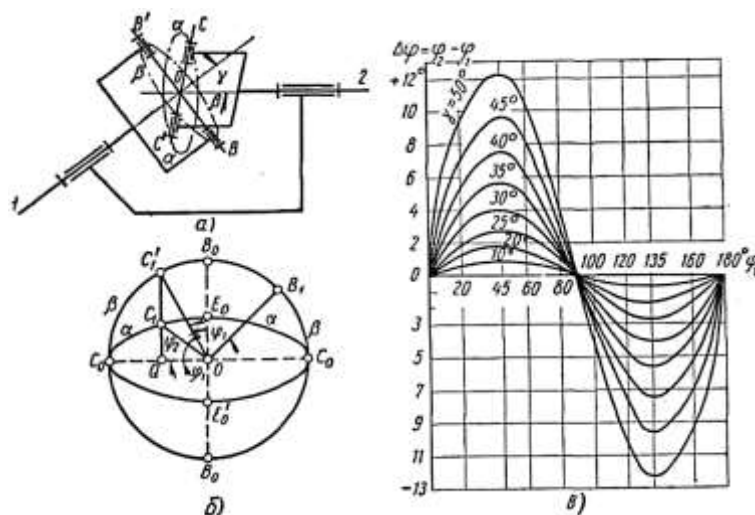


Рисунок 3.1 – Схема шарніра Гука

При $\varphi_1 = 0^\circ$ і $\varphi_1 = 180^\circ$ маємо

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{1}{\cos\varphi} \quad (3.1)$$

При $\varphi_1 = 90^\circ$ і $\varphi_1 = 270^\circ$ маємо

$$\frac{\omega_2}{\omega_1} = \cos\varphi \quad (3.2)$$

Таким чином, за середнього передавального відношення, що дорівнює 1, миттєве передавальне відношення двічі за кожний оберт досягає свого максимального значення $1/\cos\varphi$ і мінімального значення $\cos\varphi$.

Рисунок 2.2 - Графіки зміни відношення кутових швидкостей ω_1/ω_2 в одношарнірній передачі та залежність ступеня нерівномірності обертання δ від кута γ для цієї ж передачі.

Залежність відношення ω_1/ω_2 від кута повороту ведучого вала φ_1 для трьох значень кута нахилу валів γ , що дорівнюють $10^\circ, 20^\circ$ і 30° , наведено на рис. 2.5, а.

Ступінь нерівномірності обертання δ вала машини або її окремого механізму визначають за формулою 3.3.

$$\delta = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega_{cp}}, \quad (3.3)$$

де

$$\omega_{cp} = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{2}, \quad (3.4)$$

Для веденого вала одношарнірної передачі отримаємо відповідний вираз

$$\omega_{2max} = \frac{\omega_1}{\cos\gamma}, \quad (3.5)$$

$$\omega_{2max} = \omega_1 \cos\gamma \text{ і } \omega_{cp} = \omega_1. \quad (3.6)$$

Ступінь нерівномірності визначають за формулою 3.7

$$\delta = tg\gamma \sin\gamma. \quad (3.7)$$

На рис. 3.2, б подано графік зазначеної залежності. Для значень кута γ , що дорівнюють 30° , 15° і 10° , за графіком або за формулою (3.8) визначаємо коефіцієнти нерівномірності обертання δ , які відповідно становлять 28,6; 6,8 і 3,4 %.

Рисунок 3.3 - Схеми карданних передач: а - двошарнірна передача, б - тришарнірна передача, І, ІІ і ІІІ - шарніри, 1 - ВВП, 2 - телескопічний вал, 3 - проміжний вал, 4 - запобіжна муфта, 5 - вал машини

Із наведених даних випливає, що варіант передачі з одним шарніром Гука не можна вважати повністю прийнятним, оскільки при цьому спостерігається нерівномірність передавання кутових швидкостей. У результаті це призводить до виникнення нерівномірності руху та порушення стійкості роботи всього агрегату.

Рівномірне обертання приймального вала машини може бути забезпечене карданною передачею з двома, трьома або більшою кількістю шарнірів за умови виконання відповідних геометричних вимог, які наведені нижче.

Добуток косинусів кутів між валами ведучих вилок, розташованих вушками в площині креслення, має дорівнювати добутку косинусів кутів між валами ведучих вилок, розміщених вушками у площині, перпендикулярній до

креслення. Зокрема, для схеми, наведеної на рис. 3.3, б, ведучі вилки I і III розташовані в площині креслення, тоді як ведуча вилка II знаходиться в перпендикулярній до неї площині.

У зв'язку з цим зазначена умова записується у вигляді відповідного співвідношення $\cos\gamma_1 \cos\gamma_3 = \cos\gamma_2$. За інших варіантів розташування ведучих вилок у тришарнірній передачі можуть виконуватися відповідні умови.

$$\cos\gamma_1 \cos\gamma_2 = \cos\gamma_3 \text{ або } \cos\gamma_3 \cos\gamma_1 = \cos\gamma_2$$

У двошарнірній передачі умова забезпечення рівномірності обертання виражається таким співвідношенням $\cos\gamma_1 = \cos\gamma_2$ або $\gamma_1 = \gamma_2$.

Отже, вилки проміжного вала мають бути розміщені вушками в одній площині, а ведучий і приймальний вали повинні встановлюватися паралельно між собою (рис. 3.4, а) або симетрично відносно осі передачі (рис. 3.4, б).

Рисунок 3.4 - Схеми двохшарнірної передачі, що забезпечує рівномірне обертання вихідного валу

Для багатошарнірної передачі, у якій частина ведучих вилок шарнірів розміщена в площині креслення з орієнтацією вушок у цій площині (див. рис. 3.3, шарніри I і III), а інша частина ведучих вилок повернена на 90° (шарнір II), ступінь нерівномірності обертання вихідного валу визначається за формулою 3.8.

$$\delta = \frac{(\cos\gamma_{j1} \cos\gamma_{j2} \dots \cos\gamma_{jn})^2 - (\cos\gamma_{\xi1} \cos\gamma_{\xi2} \dots \cos\gamma_{\xi n})^2}{\cos\gamma_{j1} \cos\gamma_{j2} \dots \cos\gamma_{jn} \cos\gamma_{\xi1} \cos\gamma_{\xi2} \dots \cos\gamma_{\xi n}}, \quad (3.8)$$

де $\cos\gamma_{j1} \cos\gamma_{j2} \dots \cos\gamma_{jn}$ - кути між валами з ведучими вилками шарнірів, вушка яких розміщені в площині креслення;

$\cos\gamma_{\xi1} \cos\gamma_{\xi2} \dots \cos\gamma_{\xi n}$ - кути між валами з ведучими вилками шарнірів, вушка яких розташовані в площині, перпендикулярній до площини креслення.

Для передачі, зображеної на рис. 3.3, формула (3.8) набуває такого вигляду

$$\delta = \frac{\cos^2 \gamma_2 - (\cos \gamma_1 \cos \gamma_3)^2}{\cos \gamma_1 \cos \gamma_2 \cos \gamma_3}, \quad (3.9)$$

Якщо значення δ отримано з від'ємним знаком, у такому разі необхідно лише поміняти місцями зменшуване та від'ємник у чисельнику. З виразу (3.8) впливають умови рівномірного обертання вихідного валу передачі за умови прирівнювання чисельника до нуля. У випадку, коли вушка ведучих вилок усіх шарнірів передачі розташовані в одній площині, формула (3.8) набуває такого вигляду:

$$\delta = \frac{1 - (\cos \gamma_1 \cos \gamma_2 \cos \gamma_3 \dots \cos \gamma_n)^2}{\cos \gamma_1 \cos \gamma_2 \cos \gamma_3 \dots \cos \gamma_n}, \quad (3.10)$$

За цих умов величина δ досягає свого максимального значення, а умова рівномірного обертання вихідного валу взагалі не може бути виконана, оскільки $\cos \gamma_1 \cos \gamma_2 \cos \gamma_3 \dots \cos \gamma_n \neq 1$.

Під час проєктування карданної передачі зазвичай прагнуть забезпечити умову рівномірного обертання передачі при прямолінійному русі сільськогосподарської машини. Разом з тим необхідно проаналізувати роботу передачі і під час виконання поворотів, щоб значення кутів γ не перевищували гранично допустимих меж $30 - 45^\circ$, а ступінь нерівномірності δ залишалася мінімальною. У даному випадку вибір зупиняємо на двошарнірній передачі, оскільки вона найбільш придатна за конструктивними особливостями. Крім того, карданна передача працюватиме в стаціонарних умовах. Нерівномірність передавання кутової швидкості у такій передачі визначатимемо за формулою (3.9).

$$\delta = \left| \frac{\cos^2 5^\circ - (\cos 4^\circ \cos 0^\circ)^2}{\cos 4^\circ \cos 5^\circ \cos 0^\circ} \right| = 0,0027\%.$$

Така нерівномірність є допустимою і повністю прийнятною для приводу цього типу.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Законодавче регулювання охорони праці в Україні

Розвиток науково-технічного прогресу поряд із позитивними результатами спричинив і серйозні негативні наслідки. Людина, яка створила сучасні технології, частково опинилася в залежності від них. Щороку в Україні під час суспільного виробництва травмується близько 35 тис. осіб, з яких близько 1,4 тис. гине. Приблизно 40 % працівників виконують свої обов'язки в умовах, що не відповідають санітарно-гігієнічним нормам та вимогам нормативно-правових актів з охорони праці.

Основною метою охорони праці є забезпечення на кожному робочому місці безпечних умов виконання робіт, надійної та безпечної експлуатації обладнання, мінімізація або повне усунення впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів на організм людини, що в кінцевому підсумку сприяє зниженню рівня виробничого травматизму та професійної захворюваності.

Важливу роль у забезпеченні охорони праці відіграє система законодавчого регулювання. В Україні формується національне законодавство у цій сфері, у якому враховуються положення конвенцій і рекомендацій МОП, директив Європейського Союзу, а також використовується досвід інших держав, зокрема Німеччини, Великої Британії та інших країн.

Проблематика охорони здоров'я на виробництві та її правове забезпечення посідає окреме місце. Конституція України серед соціальних прав гарантує кожному право на охорону здоров'я, медичну допомогу й медичне страхування (ст. 49), а також право на належні, безпечні й здорові умови праці (ст. 43). Відповідно до ст. 12 Міжнародного пакту про економічні, соціальні й культурні права кожна людина має право на медичну допомогу та догляд у разі хвороби. Стаття 2 Кодексу законів про працю України відносить до основних трудових прав працівників право на безпечні й здорові умови праці. Стаття 6 Основ законодавства України про охорону здоров'я закріплює право на

охорону здоров'я, що включає, серед іншого, право на безпечні умови праці [9-12].

Поняття «охорона праці» у вузькому розумінні традиційно пов'язують із створенням для працівників безпечних та здорових умов праці. Закон України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 р. у статті 1 визначає охорону праці як систему правових, соціально-економічних, організаційно-технічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. З огляду на зміст цього Закону та інших нормативно-правових актів доречно використовувати термін «охорона здоров'я працівників на виробництві», оскільки саме захист здоров'я та збереження працездатності працівника під час виконання ним трудових функцій є безпосередньою метою таких заходів.

Найважливіші норми, що стосуються охорони здоров'я працівників у процесі праці, викладені в Законі України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 р. [11], у главах XI «Охорона праці», XII «Праця жінок», XIII «Праця молоді» КЗпП України, а також у численних підзаконних актах: положеннях, правилах, інструкціях, колективних договорах та локальних нормативних документах.

Права громадян, у тому числі працівників, закріплені в нормативно-правових актах, можуть реалізовуватися лише за умови встановлення дієвих гарантій їх забезпечення. Закон України «Про охорону праці» містить низку гарантій прав громадян на охорону праці як на етапі укладення трудового договору, так і в процесі подальшої роботи.

Система гарантій охорони здоров'я працівників на виробництві ґрунтується на вимогах Конституції України (ст. 43), яка встановлює право кожного на належні, безпечні й здорові умови праці та забороняє використання праці жінок і неповнолітніх на роботах, небезпечних для їхнього здоров'я. Основи законодавства України про охорону здоров'я визначають охорону здоров'я як обов'язок усіх підприємств, установ та організацій, посадових осіб і громадян, які мають забезпечувати пріоритетність здоров'я у своїй діяльності.

Для створення безпечних і сприятливих для здоров'я умов праці встановлюються єдині санітарно-гігієнічні вимоги до організації виробничих процесів. Власники й керівники підприємств, установ та організацій зобов'язані забезпечувати дотримання правил техніки безпеки, виробничої санітарії та інших вимог з охорони праці, не допускаючи шкідливого впливу виробничих факторів на здоров'я працівників.

При укладенні трудового договору роботодавець зобов'язаний під розписку проінформувати працівника про умови праці, наявність небезпечних і шкідливих чинників на робочому місці, можливі наслідки їх впливу, а також про право на відповідні пільги та компенсації. Забороняється укладати трудовий договір із особою, якій за медичним висновком пропонується робота протипоказана за станом здоров'я.

Конституція України є основним законом, що гарантує право громадян на безпечні та нешкідливі умови праці, а також право на працю, яку людина вільно обирає або на яку погоджується [11]. Роботодавець зобов'язаний забезпечити працівникам умови праці, що відповідають вимогам безпеки та гігієни праці.

Держава, зі свого боку, створює умови для повної зайнятості працездатного населення, забезпечує рівні можливості у виборі професії та виду трудової діяльності, організовує системи професійно-технічного навчання, підготовки та перепідготовки працівників.

Реалізація названих прав здійснюється через вимоги, закріплені в законодавчих актах з охорони праці, зокрема в Кодексі законів про працю України, Законі «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності», Законі «Про охорону праці», Законі «Про пожежну безпеку», Законі «Про охорону здоров'я», Законі «Про охорону навколишнього природного середовища», Законі «Про колективні договори і угоди», Законі «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку», Законі «Про поводження з радіоактивними відходами», Законі «Про дорожній рух».

Закон України «Про охорону праці» становить окрему складову законодавства про працю. Він визначає основні засади реалізації конституційного права громадян на охорону життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регламентує відносини між роботодавцем і працівником у питаннях безпеки та гігієни праці, а також установлює єдиний порядок організації роботи з охорони праці в Україні.

Дія Закону поширюється на всі підприємства, установи й організації незалежно від форми власності та виду діяльності, на фізичних осіб, які використовують найману працю, та на всіх громадян, що працюють за наймом. При цьому Закон не скасував чинні норми, а, навпаки, дав можливість сформувати сучасну систему управління охороною праці, створити органи нагляду, розробити національну нормативну базу, запровадити економічні механізми регулювання, уточнити роль колективних договорів, ввести нові інститути управління на підприємстві, а також розпочати підготовку спеціалістів відповідного профілю [10].

До основних принципів державної політики в галузі охорони праці належать: пріоритет життя і здоров'я працюючих та відповідальність роботодавця за створення безпечних і здорових умов праці; комплексний підхід до розв'язання завдань охорони праці на основі національних програм з поліпшення безпеки, гігієни праці та виробничого середовища; соціальний захист працівників і повне відшкодування шкоди особам, які постраждали від нещасних випадків або професійних захворювань; встановлення єдиних вимог з охорони праці для всіх підприємств незалежно від форми власності; організація навчання населення, професійної підготовки та підвищення кваліфікації працюючих із питань охорони праці.

4.2. Вимоги техніки безпеки при роботі на мінітракторі

1. Загальні вимоги безпеки

1.1. Керувати трактором мають право особи, які досягли 18 років, пройшли медичний огляд, спеціальне навчання, отримали відповідне посвідчення на право керування машиною, прослухали вступний інструктаж та

інструктаж на робочому місці з питань техніки безпеки, а також пройшли атестацію щодо знання правил безпечного виконання робіт і Правил дорожнього руху. Допуск до роботи оформлюється наказом по підприємству чи організації [12].

1.2. Тракторист зобов'язаний дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку, вимог з охорони праці, отриманих під час навчання та інструктажів, а також положень цієї інструкції.

1.3. Як засоби індивідуального захисту трактористу видаються: костюм із бавовняної тканини, гумові або кирзові чоботи, комбіновані рукавиці. У зимовий період додатково видають утеплені куртку і штани, кирзові чоботи на утепленій гумовій підошві та утеплені рукавиці.

1.4. Під час експлуатації тракторів можливе виникнення небезпечних виробничих факторів, пов'язаних із рухомим характером роботи машини.

1.5. До шкідливих виробничих факторів, що впливають на тракториста, належать насамперед шум і вібрація, які створює двигун внутрішнього згоряння, а також вплив токсичних компонентів відпрацьованих газів, що можуть спричинити отруєння.

1.6. Застосування дизельного пального, бензину та низькозамерзаючих рідин у системі охолодження негативно позначається на санітарно-гігієнічних умовах праці тракториста.

1.7. Зменшення або усунення дії зазначених шкідливих факторів досягається виконанням комплексу організаційно-технічних заходів, передбачених інструкціями заводу-виробника та цією інструкцією.

1.8. Тракторист повинен підтримувати чистоту та порядок на робочому місці, а інструмент і інвентар зберігати у спеціально відведеному місці. Зберігання сторонніх предметів у кабіні забороняється.

1.9. Засоби пожежогасіння мають розміщуватися в установлених місцях, а їхній стан необхідно періодично перевіряти відповідно до інструкцій з експлуатації.

1.10. Заправка трактора паливом і мастильними матеріалами здійснюється паливомаслозаправними засобами при вимкненому двигуні. У виняткових

випадках, наприклад на будівельному майданчику, допускається заправка зі спеціального інвентаря й пристосувань.

1.11. Про всі виявлені несправності тракторист повинен негайно повідомити механіка або безпосереднього керівника робіт.

1.12. Тракторист має володіти основними прийомами надання першої долікарської допомоги у разі дії шкідливих і небезпечних виробничих чинників.

1.13. Вживання алкогольних напоїв, наркотичних або токсичних речовин у робочий час або за місцем роботи категорично забороняється.

1.14. Невиконання вимог цієї інструкції тягне за собою відповідальність згідно з чинним законодавством.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1. Необхідно одягнути засоби індивідуального захисту.

2.2. Провести зовнішній огляд основних вузлів трактора.

2.3. Перевірити справність гальмівної системи, органів керування, звукової сигналізації та зовнішнього освітлення.

2.4. Переконавшись у наявності та справності огорожень обертових частин (пасових передач, шарнірних з'єднань, валу відбору потужності тощо).

2.5. Заправити трактор водою та паливом, а в зимовий період залити в радіатор гарячу воду або антифриз, у картер - підігріте масло. Поверхні, забруднені паливом або маслом, потрібно витерти чистою ганчіркою.

2.6. Розігрівати масло в картері за допомогою відкритого полум'я (паяльної лампи, факелів тощо) забороняється.

2.7. Перед запуском двигуна слід переконавшись у відсутності сторонніх предметів на обертових деталях, у захисних кожухах, а також у відсутності сторонніх людей у робочій зоні. Важіль перемикачів передач необхідно встановити в нейтральне положення, а в зимовий час - усунути примерзання деталей у системах керування.

3. Вимоги безпеки під час роботи

3.1. При запуску двигуна всі пальці руки мають бути розташовані з одного боку пускової рукоятки, заборонено обхоплювати її повністю.

3.2. Забороняється пускати перегрітий двигун, щоб уникнути зворотного удару, який може виникнути через передчасне запалювання робочої суміші.

3.3. Під час роботи двигуна не дозволяється проводити ремонт, надягати паси чи ланцюги, виконувати змащування, підтягувати кріплення, заправляти трактор паливом або очищати його та навісні механізми від забруднень.

3.4. При початку руху, зміні напрямку або зупинці тракторист повинен подати попереджувальний звуковий сигнал. Особам, які перебувають на причіпних механізмах, забороняється переходити на трактор або сходити з нього під час руху.

3.5. Рух під ухил і подолання канав слід виконувати на першій передачі, оскільки на вищих передачах зростає ризик перекидання. Перед перемиканням передач необхідно загальмувати трактор. Під час руху на підйом перемикати передачі заборонено.

3.6. Рух трактора поперек крутих схилів із кутом, що перевищує 30° або встановлені паспортом значення, забороняється.

3.15. Буксирування та витягування застряглих машин слід проводити за допомогою жорсткого буксира без ривків і під контролем відповідального працівника. Якщо використовують сталевий канат, заднє скло трактора має бути захищене ґратами.

3.16. Забороняється сідати на трактор або сходити з нього під час руху, а також висовуватися з кабіни.

3.17. Перебування людей на тракторі поза кабіною не допускається.

3.18. При короткочасних зупинках слід вимкнути зчеплення, перевести двигун на малі оберти, важіль перемикання передач встановити в нейтральне положення.

3.19. Під час руху заборонено залишати майданчик управління, регулювати двигун, змащувати та підтягувати вузли. Усі ці операції виконують при вимкненому двигуні.

3.20. Забороняється залишати трактор із працюючим двигуном без нагляду.

3.21. Взимку не допускається перемикаєть передачі під час руху по глибокому снігу. Пересування по льоду дозволяється лише у встановлених місцях, на зниженій швидкості, без пробуксовування.

3.22. При пересуванні трактора власним ходом, на буксирі чи на транспортних засобах необхідно суворо дотримуватися Правил дорожнього руху.

3.23. Під час роботи трактора забороняється передавати керування іншій особі, перевозити в кабіні сторонніх осіб (за винятком тих, хто проходить навчання), а також сидіти або стояти на рамі й інших елементах трактора.

4. Вимоги безпеки після закінчення роботи

4.1. Після завершення робіт трактор ставлять у відведене місце, вимикають двигун, вмикають гальмо стоянки, від'єднують навісні та причіпні знаряддя. Взимку воду з радіатора і трубопроводів зливають, даючи двигуну попрацювати ще кілька хвилин.

4.2. Проводять огляд технічного стану трактора, змащують механізми відповідно до інструкції, підтягують різьбові з'єднання, очищають трактор від бруду й ґрунту.

4.3. Пальне та мастильні матеріали здають на склад.

4.4. Про всі виявлені несправності повідомляють змінному майстру.

4.5. Засоби індивідуального захисту очищують і зберігають у гардеробній шафі.

5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

5.1. Якщо виявлено несправність трактора, необхідно негайно зупинити машину, вимкнути двигун, увімкнути гальмо та повідомити керівника робіт. До усунення несправності продовжувати роботу забороняється.

5.2. У разі травми чи раптового погіршення самопочуття працівник має негайно сповістити керівника, який зобов'язаний організувати надання медичної допомоги та транспортування постраждалого до лікувального закладу.

5.3. У випадку пожежі чи аварії необхідно повідомити пожежно-рятувальну службу та адміністрацію, а також вжити заходів для ліквідації загоряння або наслідків аварії.

4.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Під час виникнення та розвитку надзвичайної ситуації, пов'язаної з роботою мінітрактора, можливе виникнення постраждалих, а в окремих випадках - і летальних наслідків. Травми можуть бути різного характеру: ушкодження кінцівок і внутрішніх органів при наїзді трактора, травми від обертових частин механізмів і робочих органів сільськогосподарських машин, від ріжучих елементів агрегатів, а також унаслідок загоряння техніки [10].

Особливість надзвичайних ситуацій полягає в тому, що часто неможливо завчасно підготувати всі необхідні ресурси для надання медичної допомоги (медичний персонал, медикаменти, спеціалізований транспорт), тому важливого значення набуває надання першої долікарської допомоги безпосередньо на місці події.

Перша долікарська допомога здійснюється на місці ураження або поблизу нього із використанням наявних підручних засобів. Передусім постраждалого необхідно вивести чи винести з небезпечної зони, забезпечити йому безпечні умови та вжити заходів для відновлення життєво важливих функцій організму й попередження ускладнень, які становлять загрозу для життя. Своєчасно та правильно надана допомога часто рятує життя і зменшує ризик тяжких наслідків. Якщо поряд немає інших осіб, постраждалий, наскільки це можливо, має подбати про себе сам [9].

Під час організації першої медичної допомоги особливу увагу приділяють її оперативності, особливо коли йдеться про стани, що супроводжуються кровотечею, шоком, асфіксією, втратою свідомості або отруєнням.

До основних заходів першої долікарської допомоги належать: зупинка зовнішньої кровотечі за допомогою перев'язувальних матеріалів, джгута або закрутки; усунення асфіксії; проведення штучного дихання та зовнішнього

масажу серця для відновлення серцевої діяльності; накладання пов'язок на рани, опіки чи інші ушкодження.

Важливою складовою допомоги є правильне транспортування постраждалого до медичного закладу, де він отримає кваліфіковану допомогу [12].

Перша долікарська допомога - це комплекс невідкладних дій, спрямованих на збереження життя і здоров'я потерпілого до прибуття медичного працівника.

Особа, яка надає допомогу, повинна діяти обдумано, послідовно та спокійно, оцінити стан потерпілого, визначити найнебезпечніші для життя порушення та розставити пріоритети в наданні допомоги. Насамперед усувається дія небезпечних факторів (електричний струм, вогонь, задимленість, утоплення тощо), забезпечується прохідність дихальних шляхів, при потребі проводяться штучне дихання та масаж серця, зупиняється кровотеча, іммобілізуються ушкоджені ділянки, накладаються пов'язки. Після цього викликають медичну допомогу або організовують транспортування потерпілого до найближчого медичного закладу, контролюючи його стан до прибуття лікаря.

Людина, що надає першу допомогу, має вміти оцінювати тяжкість стану потерпілого, забезпечувати прохідність дихальних шляхів, виконувати штучне дихання «рот у рот» або «рот у ніс», проводити зовнішній масаж серця, зупиняти кровотечу, правильно накладати пов'язки, фіксувати ушкоджені кінцівки, надавати допомогу при теплових і сонячних ударах, утопленні, отруєннях, втраті свідомості, а також користуватися вмістом аптечки.

Різні травми, значна втрата крові, сильний біль, переохолодження або перегрівання, нестача кисню можуть призводити до порушень діяльності головного мозку, розвитку шокowego стану, запаморочення або непритомності. У цих випадках особливо важливо своєчасно й правильно надати допомогу, попередити погіршення стану, стежити за диханням і кровообігом, не допускати потрапляння блювотних мас у дихальні шляхи.

Ознаками шоку є блідість шкіри, холодний піт, прискорений пульс, утруднене дихання, зниження артеріального тиску, можливі нудота, блювання, спрага, посиніння губ та кінчиків пальців, млявість і байдужість до навколишнього. Запобігання розвитку шоку полягає в тому, щоб якомога швидше зупинити кровотечу, зменшити біль, забезпечити спокій, тепло та припинити дію травмувального фактора.

Запаморочення, що виникає через недостатнє кровопостачання мозку, є проміжним станом, який може передувати непритомності. Допомога полягає в укладанні постраждалого в горизонтальне положення, забезпеченні доступу свіжого повітря, послабленні тісного одягу, за можливості - у використанні нашатирного спирту.

При непритомності потерпілого укладають на спину, піднімають ноги для поліпшення припливу крові до мозку, послаблюють одяг, охолоджують обличчя водою, контролюють дихання і пульс, а за необхідності переходять до реанімаційних заходів.

У разі підозри на струс головного мозку або інші черепно-мозкові травми потерпілий потребує особливо обережного транспортування і якнайшвидшого направлення до лікарні. Його не можна поїти чи давати будь-які ліки до огляду медиками.

Набуття навичок надання першої долікарської допомоги в умовах надзвичайних ситуацій є важливою складовою професійної підготовки працівників, у тому числі персоналу, який залучається до виконання робіт із використанням мінітракторів та іншої техніки цивільного захисту.

Висновки до розділу 4

У розділі обґрунтовано, що правове регулювання охорони праці в Україні створює необхідні передумови для забезпечення безпечних і здорових умов праці під час експлуатації міні-трактора та агрегованих з ним машин. Конституція України, закони «Про охорону праці», «Про охорону здоров'я», «Про пожежну безпеку», «Про охорону навколишнього природного середовища» та інші нормативні акти визначають права працівників на безпечні

умови праці і покладають на роботодавця обов'язок організувати виробничий процес таким чином, щоб мінімізувати вплив небезпечних і шкідливих факторів.

Показано, що виконання вимог чинного законодавства, інструкцій з охорони праці та виробничої санітарії є обов'язковою умовою допуску тракториста до роботи. Попередні та періодичні медичні огляди, спеціальне навчання, інструктажі, перевірка знань правил безпеки та правил дорожнього руху забезпечують базовий рівень підготовленості працівника до безпечної експлуатації міні-трактора.

Проаналізовано, що під час роботи на міні-тракторі на оператора діють як небезпечні, так і шкідливі виробничі фактори - підвищені рівні шуму і вібрації, дія відпрацьованих газів, ризик перекидання на схилах, наїзду, захоплення обертовими частинами, опіків гарячими поверхнями, ураження при пожежі тощо. Зменшення впливу цих факторів досягається технічно справним станом машини, застосуванням засобів індивідуального захисту, дотриманням встановлених режимів роботи, заборонаю на виконання ремонтів і регулювань при працюючому двигуні, а також суворим виконанням вимог інструкцій заводу-виробника.

Послідовно викладені вимоги безпеки перед початком роботи, під час експлуатації та після закінчення зміни дають змогу систематизувати дії тракториста і знизити ймовірність помилок, що можуть призвести до травм або аварійних ситуацій. Окремо підкреслено значення підтримання порядку на робочому місці, справності огорожень обертових елементів, наявності і працездатності засобів пожежогасіння, правильного проведення заправних операцій та своєчасного повідомлення керівництва про виявлені несправності.

Розділ акцентує увагу на тому, що важливим елементом системи безпеки є готовність персоналу до дій у надзвичайних ситуаціях. Розглянуто основні види ушкоджень, які можуть виникати під час роботи міні-трактора, та послідовність надання першої долікарської допомоги при травмах, кровотечах, втраті свідомості, шоківих станах, асфіксії. Наголошено, що своєчасні і

правильно виконані дії на місці події часто визначають результат для життя і здоров'я потерпілого до прибуття медичних працівників.

Узагальнюючи викладене, можна зазначити, що дотримання вимог законодавства з охорони праці, виконання інструкцій з безпечної експлуатації міні-трактора, належна організація робочого місця, систематичне навчання і тренування персоналу з питань першої допомоги та дій у надзвичайних ситуаціях забезпечують прийнятний рівень безпеки під час виконання сільськогосподарських робіт. Реалізація комплексу організаційних та технічних заходів, наведених у розділі, сприяє зниженню виробничого травматизму, попередженню аварій і мінімізації їх наслідків для людей та довкілля.

5. ЕКОЛОГІЯ

5.1. Загальна характеристика впливів транспорту на екосистеми

Транспортно-дорожній комплекс (ТДК) є одним з найважливіших елементів економіки України, проте його функціонування супроводжується значним негативним впливом на природне середовище [13].

Транспорт є одним з основних джерел забруднення атмосферного повітря. Його частка в загальному обсязі викидів шкідливих речовин від стаціонарних і пересувних джерел по Україні становить близько 38%, що перевищує внесок кожної окремої галузі промисловості.

Розподіл викидів за видами транспорту має такий характер: приблизно 58% загального обсягу припадає на автомобільний транспорт, близько 25% - на залізничний, орієнтовно 14 % - на дорожньо-будівельний комплекс, близько 2 % - на повітряний транспорт і менше 1 % - на річковий та морський транспорт.

Споживання водних ресурсів транспортом є відносно незначним і становить приблизно 1,2 % від сумарного водокористування в Україні. Земельні площі, зайняті під об'єкти транспорту, складають близько 12,5 % від загальної площі земель несільськогосподарського призначення [15].

Узагальнено вплив транспорту на екосистеми проявляється у забрудненні атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод, земельних ресурсів, зміні хімічного складу ґрунтів і мікрофлори, утворенні виробничих відходів, у тому числі токсичних і радіоактивних, появі шлаків, нафтозабруднення ґрунту, котельних шлаків, золи та сміття; у значному споживанні природних ресурсів, зокрема атмосферного повітря для забезпечення робочих процесів у двигунах внутрішнього згоряння (ДВЗ), нафтопродуктів і природного газу як палив, води для систем охолодження ДВЗ, мийних операцій, виробничих і побутових потреб підприємств транспорту, а також земельних ресурсів, що відчужуються під будівництво автомобільних і залізничних доріг, аеропортів, трубопроводів, річкових і морських портів та інших об'єктів транспортної інфраструктури; у виділенні значної кількості тепла в навколишнє середовище при роботі ДВЗ і паливо-спалювальних установок; у формуванні підвищених рівнів шуму та

вібрації; у можливіому стимулюванні небажаних природних процесів, таких як водна ерозія, заболочування територій, активізація селевих потоків, зсувів і обвалів; у виникненні травматизму та загибелі людей і тварин, а також значних матеріальних збитків у разі аварій і катастроф; у руйнуванні ґрунтово-рослинного покриву та зниженні врожайності сільськогосподарських культур [15].

Діяльність транспортних підприємств пов'язана з перевезенням вантажів і пасажирів, виконанням вантажно-розвантажувальних робіт, зберіганням вантажів, технічним обслуговуванням і ремонтом рухомого складу та елементів шляхів сполучення. Найбільш відчутний вплив на довкілля спостерігається під час перевезень, коли інтенсивно споживаються паливно-енергетичні ресурси і в атмосферу, воду та ґрунт надходить значна кількість забруднювальних речовин. Частка пересувних джерел у забрудненні навколишнього середовища становить близько 93,8 %, тоді як внесок стаціонарних джерел обмежується приблизно 6,2%.

Основні обсяги споживання природних ресурсів і утворення забруднень пов'язані безпосередньо з роботою транспортних засобів. Так, один вантажний автомобіль з річним пробігом близько 15 тис. км спалює приблизно 1,8 т бензину, для виробництва якого необхідно орієнтовно 3 т нафти. Для забезпечення повного згоряння 1 кг бензину у двигуні потрібно близько 15 кг повітря.

Забруднення атмосферного повітря зумовлене процесом спалювання палива. Хімічний склад викидів визначається видом і якістю палива, особливостями процесу згоряння в двигуні та його технічним станом. У більшості випадків транспортні засоби використовують паливо, одержане з нафти. Продуктами повного згоряння палива є вуглекислий газ, водяна пара та діоксид сірки. Якщо кисню надходить недостатньо, відбувається неповне згоряння, унаслідок чого замість вуглекислого газу інтенсивно утворюється чадний газ (CO).

Найбільш несприятливими режимами роботи двигуна з погляду екології є рух на малих швидкостях та робота на холостому ходу, коли концентрації

шкідливих речовин у відпрацьованих газах значно перевищують рівні, характерні для навантажених режимів. Технічний стан двигуна безпосередньо позначається на екологічних характеристиках викидів: наприклад, у відпрацьованих газах бензинового двигуна з неправильно відрегульованою системою запалювання вміст оксиду вуглецю може перевищувати нормативи у 2-3 рази.

Вважається, що відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згорання містять близько 200 різних компонентів, час існування яких у навколишньому середовищі може змінюватися від кількох хвилин до 4-5 років. За хімічними та токсикологічними властивостями, а також за характером впливу на організм людини ці речовини об'єднують у вісім основних груп [12].

На екосистеми шкідливо впливають не лише компоненти відпрацьованих газів, але й самі паливно-мастильні матеріали. Завдяки значній леткості, особливо за підвищених температур, пари палив і мастил поширюються в повітрі та негативно діють на живі організми. Під час заправки транспортних засобів, зливу відпрацьованих мастил і палив часто трапляються випадкові розливи або свідомі зливи безпосередньо на ґрунт чи у водойми. На ділянках, забруднених мастильними матеріалами, рослинний покрив не відновлюється тривалий час, а нафтопродукти, що потрапили у водойми, шкідливо впливають на водні екосистеми.

Значний внесок у забруднення довкілля роблять і стаціонарні джерела від транспортної інфраструктури, пов'язані з ремонтом рухомого складу, роботою допоміжних виробництв, будівель і споруд господарсько-побутового призначення (котелень, готелів, вокзалів, їдалень, заправних станцій, паливних складів), а також місць стоянки транспорту.

Процеси технічного обслуговування та ремонту рухомого складу потребують значних енергетичних ресурсів, великої кількості води та супроводжуються скиданням забруднених стічних вод, викидами в атмосферу і утворенням відходів, у тому числі токсичних [15].

5.2. Шляхи зниження шкідливих впливів транспорту на довкілля

У процесі експлуатації, технічного обслуговування та ремонту рухомого складу автотранспорту на автотранспортних підприємствах утворюється широкий спектр промислових відходів, які за певних умов можуть суттєво погіршувати стан довкілля. Для зменшення цього впливу розроблено та впроваджено комплекс заходів, спрямованих на мінімізацію шкідливої дії виробничих відходів на навколишнє середовище [16].

Рациональна організація збирання, зберігання та повторного використання відпрацьованих нафтопродуктів на автотранспортних підприємствах має істотне екологічне та економічне значення. Вона дозволяє не лише запобігати забрудненню навколишнього середовища нафтопродуктами, а й забезпечує ощадливе використання нафти як вихідної сировини для їх виробництва.

Зазвичай виділяють три основні групи відпрацьованих нафтопродуктів. До першої групи відносять відпрацьовані моторні оливи, у тому числі ті, що використовуються спільно з трансмісійними та індустріальними мастилами. До другої групи належать відпрацьовані суміші нафтопродуктів, які застосовувалися як мийні рідини (бензин, гас, дизельне паливо, трансмісійні оливи тощо). До третьої групи зараховують відпрацьовані індустріальні мастила, включно із мастилами, виділеними зі спрацьованих емульсій, а також суміші індустріальних, турбінних, компресорних та інших спеціальних мастил.

Найефективнішими вважаються стаціонарні пости для заміни оливи і промивання двигунів, оснащені спеціальними пристроями, що дозволяють механізувати процес зливу відпрацьованих олив і промивних рідин. Для забезпечення якісного збирання таких нафтопродуктів на території підприємства облаштовують спеціальні пункти збору, які, як правило, розміщують біля складів паливно-мастильних матеріалів або безпосередньо на постах заміни мастил і промивання двигунів.

Зібрані за групами відпрацьовані нафтопродукти необхідно передавати на спеціалізовані підприємства, що займаються їх збиранням, регенерацією та подальшою переробкою.

До стічних вод автотранспортних підприємств належать води, які в процесі використання забруднюються різними компонентами. Це води, що застосовуються для зовнішнього миття автомобілів та їх агрегатів у мийних установках, води фарбувальних ділень, а також дощові стоки, що змивають забруднення з території підприємства. У більшості випадків такі стічні води містять нафтопродукти, поверхнево-активні речовини мийних засобів, залишки фарб і розчинників, а також пісок, глину та інші тверді домішки. Без попереднього очищення такі води не можуть скидатися у водойми, міську каналізацію або використовуватися в системах оборотного водопостачання.

Стічні води повинні відповідати встановленим санітарно-технічним вимогам [13]. До основних показників належать гранично допустима концентрація нафтопродуктів (до 25 мг/л), біохімічна потреба в кисні (БПК), що не повинна перевищувати 50 мг/л при 20 °С, хімічна потреба в кисні (ХПК), яка не має бути більшою за значення БПК більше ніж у 1,5 рази, водневий показник pH у межах 6,6-8,5, загальна концентрація солей не вище 10 г/л, а також гранично допустимий вміст синтетичних поверхнево-активних речовин на рівні до 20 мг/л.

Для досягнення таких показників стічні води автотранспортних підприємств піддаються багатоетапному очищенню на спеціальних очисних спорудах. Найважливішим є очищення води, що використовується для миття автомобілів. Зазвичай процес включає послідовні стадії видалення піску, глини та інших твердих частинок, відділення нафтопродуктів та утилізацію вилучених забруднень. Для цього застосовують типові проекти очисних споруд та установок.

Серед сучасних підходів до підвищення ефективності очищення стічних вод мийних установок особливе місце посідає біохімічне очищення, яке дає змогу значно продовжити строк використання води в системах зворотного водопостачання. Такий спосіб очищення був реалізований, зокрема, на одному з автотранспортних підприємств у місті Жмеринка. Його суть полягає у використанні природної здатності води до самоочищення за участю мікроорганізмів, що містяться у воді й ґрунті. Після видалення механічних

домішок у спорудах попереднього очищення подальше освітлення і біохімічне очищення проводять у відстійниках із застосуванням активного мулу. Отримані результати свідчать, що концентрація нафтопродуктів може зменшуватися з 10,8-14,6 мг/л до 1,2-1,5 мг/л, а біохімічна потреба в кисні - з 88-244 мг/л до 4,2-7,5 мг/л.

Висновки до розділу 5

До процесів, що створені людиною і завдають відчутної шкоди довкіллю, належать, зокрема, процеси одержання та використання енергії в різних формах. Завдання зменшення забруднення навколишнього середовища має комплексний характер і вимагає системного підходу. Однією з галузей, тісно пов'язаних з цією проблемою, є транспорт, у першу чергу автомобільний.

Основними джерелами енергії на транспортних засобах залишаються двигуни внутрішнього згорання, робота яких, а також процеси технічного обслуговування і ремонту супроводжуються надходженням до довкілля значних обсягів шкідливих речовин. Найбільш відчутним є негативний вплив у межах міст та інших населених пунктів, де спостерігається висока концентрація транспортних засобів.

Зменшення шкідливого впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище потребує поєднання технічних, організаційних та природоохоронних заходів. У роботі розглянуто основні напрями забруднення, пов'язані з роботою транспортних засобів, а також можливі способи їх обмеження, зокрема раціональне поводження з відпрацьованими паливно-мастильними матеріалами та підвищення ефективності очищення стічних вод.

Питання зменшення впливу транспорту на довкілля поступово знаходять відображення у практиці: усе ширше впроваджується електрична тяга на залізничному транспорті, розробляються та експлуатуються автомобілі з електричними силовими установками, а розвиток наукоємних технологій дає підстави очікувати появу нових, більш екологічно безпечних видів транспортних двигунів у майбутньому.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведене дослідження підтвердило економічну та технічну доцільність створення саморобного мініенергозасобу для дрібних фермерських господарств, де застосування заводської техніки є фінансово обмеженим. Компонування агрегату на основі силового модуля КМЗ-8.155-021, силової коробки передач ГАЗ-53 та ведучого моста УАЗ-469 забезпечує раціональні умови роботи приводу та достатній запас потужності і тягових можливостей. Аналіз компоновочно-кінематичної схеми підтвердив ефективність передавання потужності через комбіновану трансмісію з використанням двох коробок передач і проміжної карданної передачі, що дозволило отримати широкий діапазон робочих і транспортних швидкостей та забезпечити необхідні значення крутного моменту для виконання оранки та інших ґрунтообробних операцій.

Розрахунки поздовжньої та поперечної стійкості продемонстрували здатність енергозасобу працювати без втрати рівноваги в умовах реального рельєфу поля за дотримання вимог до довантаження передньої частини та правильного розміщення навісних машин. Визначені критичні кути підйому та бокового нахилу підтверджують достатню стійкість конструкції для роботи у змінних умовах експлуатації. Дослідження параметрів карданної передачі засвідчило, що застосування двошарнірної схеми забезпечує мінімальну нерівномірність обертання вихідного вала, якщо виконано геометричні умови розташування вилок, що позитивно позначається на ресурсі трансмісії.

На основі узагальнення отриманих результатів доцільно рекомендувати використання запропонованої схеми компонування та вибраних агрегатів для практичного виготовлення саморобних мініенергозасобів у фермерських умовах. Раціональним напрямом подальшого вдосконалення конструкції є уточнення передаточних чисел з урахуванням специфіки польових робіт, оптимізація параметрів ланцюгової передачі, удосконалення вузлів мастила та захисту від забруднень. З метою підвищення довговічності агрегатів доцільно звернути увагу на вибір підшипникових опор, ущільнень та якість зварних з'єднань, особливо в зоні карданних вузлів і перехідних елементів між коробками передач.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Каталог-довідник: машини і обладнання для агропромислового комплексу. К.: Асоціація „Прома”, 2002. 190 с.
2. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. К.: Урожай, 2001. 384 с.
3. Рибарук В.Я. Сільськогосподарські машини. Практикум з розрахунку і дослідження робочих процесів. - Львів; За вільну Україну, 1998. 263 с.
4. Rybak T. I., Babii A. V., Bortnyk I. M., Tsion G. B., and Konovalenko S. I. Estimation of resource of frame steel sections of barbell field sprinklers // Materials Science. 2019. 55, No 6. P. 68–74.
5. Цехнович Л.І. Деталі машин. Збірник задач: Навч. посібник. – К.: Вища школа, 1993. – 124 с.
6. Андрейків О.Є. Оцінювання залишкового ресурсу тонкостінних елементів конструкцій з короткими корозійно-втомними тріщинами / О.Є. Андрейків, А.Р. Лисик, Н.С. Штаюра, А.В. Бабій // Фізико-хімічна механіка матеріалів. 2017. № 4. С.84-90.
7. Бабій А.В. Дослідження кінематичних параметрів зерноавантажувача / А.В.Бабій, І.М. Процишин; А.Ф. Данчук // Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 27–28 листоп. 2019.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. Тернопіль : ТНТУ, 2019. С. 43.
8. Березовецький С., Гуменюк Р., Швець О. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт студентами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності G11 «Машинобудування» денної форми навчання. Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. Львів, 2025. 78 с.
9. 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, 2018. 503 с.

10. 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.
11. Желібо Є.П., Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник / За ред. Є.П. Желібо, В.М.Пічі. Львів: „Новий світ2000”, 2002. 328 с.
12. Джигирей В.С., Жидецький В.Ц. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. Вид. 3-тє, доповнене. Львів: Афіша, 2000. 256 с.
13. Злобін Ю.А. Основи екології. К.: Лібра, 1998. 249 с.
14. Корсак К.В., Плахотнік О.В. Основи екології, К.: МАУП, 2000. 238 с.
15. Кучерявий В.П. Екологія. Львів: Світ, 500 с.
16. Потіш А.Ф., Медвідь В.Г., Гвоздецький О.Г., Козак З.Я. Екологія: Основи теорії і практикум. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Львів: «Новий світ», «Магнолія плюс», 2003. 296 с.