

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Інженерно-технічний факультет
Кафедра агроінженерії і системотехніки імені Михайла САМОКИША

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

НА ТЕМУ:

**«РОЗРОБКА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МАШИНИ
КОНТАКТНОЇ ДІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ЗНИЩЕННЯ БУР'ЯНІВ»**

Виконав:

здобувач вищої освіти
освітнього ступеня «магістр»
освітньо-професійної програми «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
денної форми навчання

Дмитро ГАВРЮШЕНКО

Керівник:

кандидат технічних наук,
доцент

Сергій ГРУШЕЦЬКИЙ

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____

Шкала ECTS _____

«___» грудня 2025 р.

Допускається до захисту:

«___» грудня 2025 р.

Гарант освітньо-професійної програми
«Агроінженерія» спеціальності
208 «Агроінженерія»,
кандидат технічних наук, доцент

Василь ДУГАНЕЦЬ

м. Кам'янець-Подільський, 2025

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ	4
АНОТАЦІЯ	5
РЕФЕРАТ	6
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ, СИМВОЛІВ, ПОЗНАЧЕНЬ..	7
ВСТУП.....	8
1. СТАН ПИТАННЯ І ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	11
1.1. Аналіз способів і засобів знищення бур'янів	11
1.2. Аналіз конструкцій обладнання для знищення бур'янів контактним способом	16
Висновки до першого розділу	24
2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗНИЩЕННЯ БУР'ЯНІВ І МАШИНИ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ.....	26
2.1. Конструктивна схема машини контактної дії для знищення бур'янів.....	26
2.2. Обґрунтування умови утримання краплі робочої рідини на зрізі рослини	30
2.4. Обґрунтування параметрів барабана машини контактного способу знищення бур'янів	34
2.5. Обґрунтування положення барабана контактної пристрою відносно зрізу стебла рослини	37
Висновки до другого розділу.....	40
3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	41
3.1. Програма експериментальних досліджень	41
3.2. Методика проведення дослідження з визначення жорсткості стерні рослин	41
3.3. Методика дослідження впливу форми зрізу стебла на якість процесу нанесення гербіциду	45
3.4. Дослідження властивостей робочого розчину	49

3.5. Методика визначення коефіцієнта тертя площадки зрізу рослин по матеріалу барабану	50
3.6. Визначення непродуктивних втрат робочого розчину	52
3.7. Методика визначення прискорень верхівки зрізаного стебла рослини	53
3.8. Методика проведення лабораторно-польових випробувань дослідного зразка	54
3.9. Методика проведення польових випробувань машини контактної дії для знищення бур'янів	56
Висновки до третього розділу	58
4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	59
4.1. Результати дослідження з визначення жорсткості стебел рослин .	59
4.2. Експериментальне оцінювання величини прискорень верхівки стерні.	64
4.3. Результати лабораторно-польових випробувань дослідного зразка машини для знищення бур'янів.....	68
Висновки до четвертого розділу	73
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ	74
5.1. Оцінювання ефективності знищення бур'янів машиною контактної дії.....	74
5.2. Результати визначення номінальної витрати робочого розчину....	74
5.3. Оцінка втрат робочого розчину	76
5.4. Енергетична оцінка технологічного процесу знищення бур'янів..	77
5.5. Визначення потужності на переміщення робочого органу машини контактної дії.....	80
5.6. Розрахунок економічної ефективності	81
Висновки до п'ятого розділу	84
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	87
ДОДАТОК А Матеріали комп'ютерної презентації	93
ДОДАТОК Б Копії друкованих тез доповідей.....	103

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Інженерно-технічний факультет
Кафедра агроінженерії і системотехніки імені Михайла САМОКИША
Освітній ступінь «магістр»
Спеціальність 208 Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Анатолій РУДЬ
04 квітня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу здобувачеві вищої освіти

ГАВРЮШЕНКОВІ
Дмитру Васильовичу

**Тема роботи: «РОЗРОБКА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ
МАШИНИ КОНТАКТНОЇ ДІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ЗНИЩЕННЯ БУР'ЯНІВ»**

Керівник роботи: доцент ГРУШЕЦЬКИЙ Сергій Миколайович

Затверджено наказом по Закладу вищої освіти «Подільський державний університет» від 04 квітня 2025 року № 355с.

Строк подання закінченої кваліфікаційної роботи 20 листопада 2025 року.

Вихідні дані до роботи:

1. Науково-технічна література, авторські свідоцтва і патенти на винаходи машини для знищення бур'янів контактною дією.
2. Протоколи випробування машини для знищення бур'янів контактною дією.
3. Результати дослідження та випробування машини для знищення бур'янів контактною дією.

Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ.

1. Стан питання і обґрунтування напрямів досліджень.
 2. Теоретичні дослідження процесу знищення бур'янів і машини для його здійснення.
 3. Програма і методики експериментальних досліджень.
 4. Результати експериментальних досліджень.
 5. Техніко-економічні показники.
- Загальні висновки і рекомендації.

Список використаних джерел.

Додатки.

АНОТАЦІЯ

В кваліфікаційній роботі магістра представлено підвищення ефективності процесу знищення бур'янів шляхом розробки та обґрунтування параметрів машини контактної дії.

На основі аналізу існуючих робочих органів, теоретичних і експериментальних досліджень визначено конструктивну схему та встановлено оптимальні значення параметрів та режимів роботи елементів машини контактної дії, які дозволять підвищити якісні показники роботи машини в цілому.

За результатами досліджень розроблено та виготовлено експериментальний зразок елементів машини контактної дії, виробнича перевірка яких при роботі машини контактної дії підтвердила її працездатність та ефективність.

Розраховано техніко-економічна ефективність застосування дослідного зразка машини контактної дії.

THE SUMMARY

The master's thesis presents an increase in the efficiency of the process of weed destruction by developing and justifying the parameters of the contact action machine.

Based on the analysis of existing working bodies, theoretical and experimental studies, a design scheme was determined and the optimal values of the parameters and modes of operation of the elements of the contact action machine were established, which will improve the quality indicators of the machine as a whole.

Based on the results of the research, an experimental sample of the elements of the contact action machine was developed and manufactured, the production check of which during the operation of the contact action machine confirmed its operability and efficiency.

The technical and economic efficiency of the application of the experimental model of the contact action machine is calculated.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра складається з пояснювальної записки, виконаної машинописним способом на 86 аркушах формату А4, яка вміщує 5 розділів, 7 таблиць, 53 рисунків, 62 найменування використаних джерел і презентаційного матеріалу на 19 аркушах.

Мета кваліфікаційної роботи присвячена питанням підвищення ефективності процесу знищення бур'янів шляхом розробки та обґрунтування параметрів машини контактної дії. На основі аналізу існуючих робочих органів, теоретичних і експериментальних досліджень визначено конструктивну схему та встановлено оптимальні значення параметрів та режимів роботи елементів машини контактної дії, які дозволять підвищити якісні показники роботи машини в цілому. За результатами досліджень розроблено та виготовлено експериментальний зразок елементів машини контактної дії, виробнича перевірка яких при роботі машини контактної дії підтвердила її працездатність та ефективність.

Ключові слова: МАШИНА, ТЕХНОЛОГІЯ, КОНТАКТНА ДІЯ, БУР'ЯНИ, ГЕРБИЦИДИ, МОДЕЛЬ.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ, СИМВОЛІВ, ПОЗНАЧЕНЬ

Скорочення	Розшифровка скорочень
ВАТ	Відкрите акціонерне товариство
КРМ	Кваліфікаційна робота магістра
ЕК	Екзаменаційна комісія
МТА	Машинно-тракторний агрегат
m	маса проби в природному стані, кг
m_m	маса висушеної проби (твердої фази)
m_b	маса вологи (рідкої фази)
m_c	маси вологи і сухого ґрунту
W_n	польова (загальна) вологоємність
W_a	абсолютна вологість ґрунту
a	глибина заглиблення голок диска, м
k	коефіцієнт пропорційності, $k = 1,2$ кг/см
P	горизонтальна складова, Н
b	довжина лунки, м
n	число зубів на диску
R	радіус кола, при якому диск рухається без ковзання, м
d	діаметр голки, м
h	глибина обробітку, м
θ	кут сколювання ґрунту
φ	кут тертя голки об ґрунт
h_{max}	максимальна глибина обробітку
a	висота стерні
d	діаметр маточини
n	частота обертання уповільненого диска
n_o	частота обертання диска- шляховимірювача
a_n	деформація стискання пружини, см

ВСТУП

Актуальність роботи. Доцільність розвитку технологій знищення бур'янів обумовлена низькою продуктивністю існуючих технологій та обладнання для їхнього здійснення.

Порівняльний аналіз відомих технологій виявив перспективність застосування контактного способу нанесення гербіцидів на рослинність.

Проте технологію знищення бур'янів із застосуванням відомого обладнання контактної дії неможливо запроваджувати на площах зі значними схилами та на полях і пасовищах, які зарослі бур'янами, стебла яких характеризуються значною жорсткістю.

Вирішення актуального науково-практичного завдання підвищення ефективності процесу знищення бур'янів повинне базуватись на системному аналізі процесів взаємодії робочих органів машини для контактного нанесення гербіцидів зі стеблами, що дозволить виявити закономірності здійснення процесу, з'ясувати причини непродуктивних втрат, а також науково обґрунтувати напрямки підвищення їхньої ефективності та конструктивне виконання робочих органів.

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є підвищення ефективності процесу знищення бур'янів шляхом розробки та обґрунтування параметрів машини контактної дії.

Відповідно до поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати способи знищення бур'янів, обладнання, яке при цьому застосовується, та визначити напрямки його вдосконалення.
2. Дослідити закономірності зміни оцінюючих показників якості процесу знищення бур'янів.
3. Теоретично обґрунтувати умову утримання краплі робочого розчину гербіциду на зрізі стебел бур'янів.
4. Встановити аналітичні залежності для визначення радіусу барабана машини та його кутової швидкості, а також обґрунтувати відносне положення ріжучого апарату та барабану машини контактної дії.

5. Розробити методики проведення експериментальних досліджень, обладнання та експериментальну машину.

6. Провести експериментальні дослідження та оцінити ефективність процесу знищення бур'янів залежно від параметрів робочих органів і фізико-механічних параметрів бур'янів.

7. Провести польові випробування розробленої машини та оцінити її роботу.

Об'єкт дослідження – технологічний процес знищення бур'янів і робочі органи машини контактної дії.

Предмет дослідження – закономірності зміни параметрів робочих органів машини контактної дії для знищення бур'янів.

Методи дослідження – теоретичні дослідження проводили з використанням основ теоретичної механіки, вищої математики, теорії пружності. Аналіз математичних моделей проводили з використанням комп'ютерних прикладних програм і пакетів. Експериментальні дослідження виконано з застосуванням сучасних методів вимірювання, методу математичного планування експерименту. Обробку експериментальних даних проводили із застосуванням методів математичної статистики та теорії ймовірності.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що *вперше*:

- на основі розробки кінетики процесу знищення бур'янів виявлено основні закономірності зміни оцінюючих показників якості;
- обґрунтовано математичну модель, яка розкриває умову утримання робочого розчину гербіциду на зрізі стебел бур'янів;
- виявлено закономірності процесу взаємодії робочого органу машини зі стеблами бур'янів та обґрунтовано умови, виконання яких забезпечує ефективність взаємодії обладнання з рослинним матеріалом і розкриває вплив геометричних параметрів обладнання і фізико-механічних властивостей рослин на процес їх взаємодії;

Набули подальшого розвитку теоретичні засади процесу знищення бур'янів.

Практичне значення одержаних результатів: полягає у розробленні конструкції машини контактної дії для знищення бур'янів. Запропоновану машину було виготовлено і вона успішно пройшла польові випробування на дослідних полях с. Баранівка Хмельницької області.

Окремі результати кваліфікаційної роботи впроваджено у навчальні програми ЗВО «ПДУ».

Апробація результатів роботи. Основні положення виконаних теоретичних і експериментальних досліджень роботи доповідались на: щорічних конференціях професорсько-викладацького складу та аспірантів Закладу вищої освіти «Подільський державний університету» (2024-2025 рр.).

Публікації. Основні результати дослідження відображені у 2 публікаціях, з них 2 статті у науково-фахових виданнях.

1. СТАН ПИТАННЯ І ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Аналіз способів і засобів знищення бур'янів

Підтримка в належному стані земель сільськогосподарського призначення є важливим народногосподарським завданням. Одним із критеріїв оцінки стану земель сільськогосподарського призначення є ступінь їх заростання бур'янами [1].

Механічні заходи боротьби [2, 3] проводять шляхом виполювання, підрізування, висмикування і підкошування. Виполювання проводять мотиками або звичайними лопатами, а підрізання - спеціальними вузькими лопатами, якими підрізають рослини. Проведення цих заходів у боротьбі з бур'янами вимагає значних витрат праці, тому може бути виправданим на особливо цінних кормових угіддях в боротьбі з великими грубостебловими бур'янами. Висмикування можна використовувати для боротьби з отруйними бур'яновими травами - вехом отруйним і чемерицею. Підкошування - менш трудомісткий прийом боротьби з бур'янами. Він полягає в скошуванні бур'янів косарками на висоті 10...12 см у фазі стеблуння навесні або під час формування другого укусу. Його використовують для боротьби з ранніми бур'янами, які перевершують у цей період по висоті цінні трави. При періодичному підкошуванні протягом 3 ... 4 років коренева система у бур'янів виснажується, що може призвести до випадання їх зі складу травостоїв. При проведенні раннього скошування протягом декількох років не тільки збільшується кількість злакових трав і зменшується частка різнотрав'я, але й може знижуватися врожайність. Для скошування використовують сегментно-пальцеві, роторні, пружинні, шнекові та стрічкові ріжучі апарати (рис.1.1) [3].

З метою уникнення накопичення на оброблюваних площах сухого стеблостою необхідно забезпечити видалення зрізаної частини стебел, що передбачає застосування після проходу косарки підбирача зрізаної рослинності або видалення рослинності вручну, а це значно збільшує собівартість робіт.

Враховуючи зазначене, актуальним є створення обладнання, яке виконувало б операцію зрізання і видалення рослинності за один прохід.

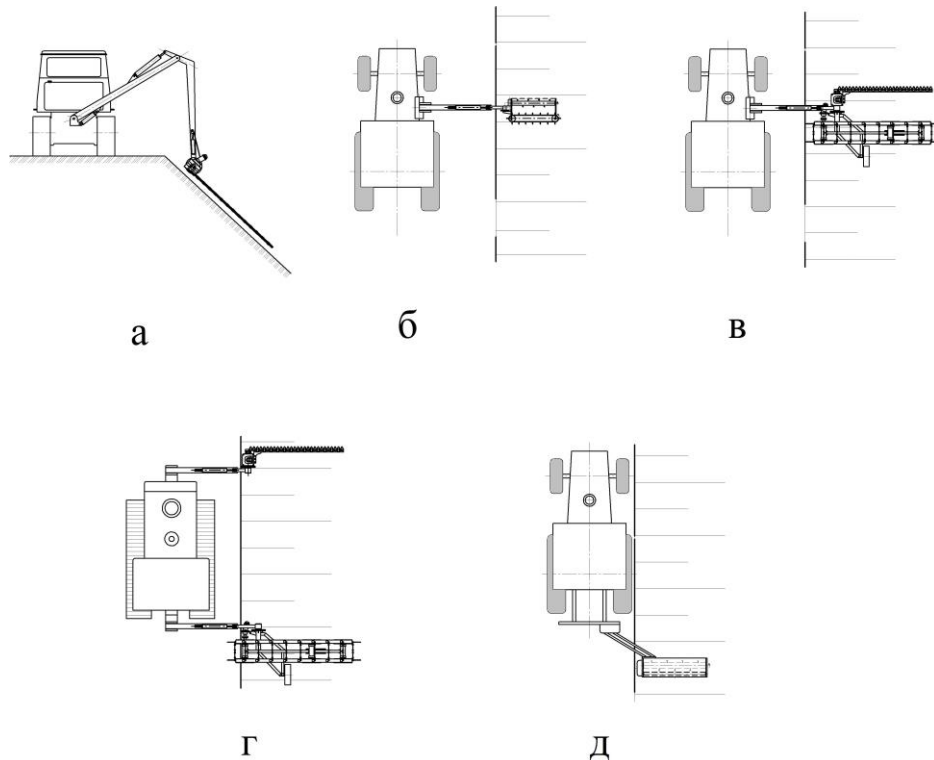


Рис. 1.1. Схеми машин для знищення бур'янів:

а – сегментна косарка; б – роторна косарка; в – сегментна косарка з підбирачем; г – сегментна косарка з підбирачем покращеної компоновки; д – мульчувач

Шляхи вирішення цього завдання можуть бути такими:

- створення комбінованого начіпного обладнання з робочими органами для зрізання та видалення рослинності;
- розроблення машини з робочим органом, який виконує зрізання і подрібнення зрізаних частин рослин.

Відомими розробниками комбінованого обладнання є конструкторські бюро груп компаній Brovesco-Conver (Німеччина), Mashio-Gaspardo, Ferri (Італія) [4] та інші.

Розглянемо деякі чинні конструкції машин для знищення бур'янів. На рис. 1.1., б подано схему машини, яка містить роторну косарку [4] та підбирач конвеєрного типу, які змонтовані на одній рамі та пов'язані з трактором за допомогою стріли та рукояті. Граблини конвеєра підбирача рухаються в

напрямку базової машини, а конвеєр розташований перпендикулярно до площини роботи косарки.

На рис. 1.1., в подано схему машини, оснащеної сегментною косаркою та підбирачем, які змонтовані на одній рамі та пов'язані з трактором з допомогою стріли та рукояті [4]. Граблини конвеєра підбирача рухаються в напрямку берми каналу, а конвеєр розташований паралельно площині роботи косарки.

Конструкція, схему якої наведено на рис. 1.1., з, відрізняється від попередніх тим, що косарка навішена за допомогою стріли та рукояті в передній частині трактора [4], а підбирач, ідентичний попередньому, аналогічним чином навішений у задній частині трактора та має власну систему керування. Перевагою цієї конструкції є те, що запропоноване компонування машини забезпечує більш ефективне видалення високорослих бур'янів (осот, лобода, очерет та ін.).

Для боротьби з високорослими бур'янами на землях сільськогосподарського призначення широко застосовують начіпне обладнання з робочим органом у вигляді горизонтального барабана з ножами певної форми [5]. Барабан приводять у рух від валу відбору потужності, як наприклад, у обладнанні компаній Mashio-Gaspardo, Kuhn [5], чи від гідромотору (прикладом є Conver C-26) [4]. Він обертається з частотою, достатньою для зрізання та подрібнення зрізаної рослинності. Цей процес називають мульчуванням, а обладнання – мульчувач (рис. 1.1., д). Ножі мульчувача частково пошкоджують кореневу систему рослин. Для підтримки чистоти площі достатньо 1...2 обробки за сезон даним обладнанням, на відміну від інших видів обладнання, використання яких потребує 2...3 обробки.

Загальноприйняті способи боротьби з бур'янами включають розпилення робочого розчину гербіциду на площах, які містять бур'яни, з наземних транспортних засобів, обладнаних розпилювальними соплами, з ручних обприскувачів або шляхом контактного нанесення [4]. Основним способом внесення гербіцидів є обприскування (рис. 1.2,а). Цим способом вносять біля 75% всіх, використовуваних у сільськогосподарському виробництві, рідких препаратів

[5]. Залежно від витрати робочої рідини обприскування поділяють на звичайне, малооб'ємне, аерозольне та опилування.

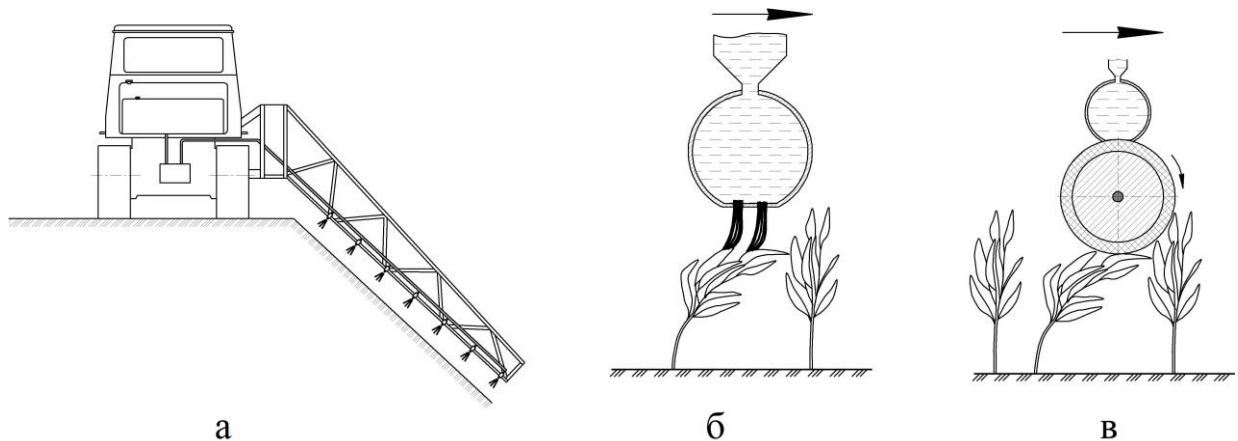


Рис. 1.2. Схеми обладнання для боротьби з бур'янами хімічним способом:
 а – шляхом обприскування; б – контактним способом гнотовим робочим органом; в – з робочим органом у вигляді барабана

Звичайним вважають обприскування, при якому норма внесення робочої рідини складає 100...500 л/га для польових культур і більше 500 л/га на багаторічних насадженнях і смугах відчуження.

Основними напрямками розвитку засобів обприскування є:

- збільшення ємності баку, ширини захвату та робочої швидкості;
- зменшення норми витрати робочого розчину;
- покращення санітарно-гігієнічних умов праці;
- автоматизація робочого процесу.

Обладнання, що працює за другим способом (рис. 1.3) [6], не тільки забезпечує ефективне знищення високорослих бур'янів та іншої небажаної рослинності, а й дозволяє зменшити витрату гербіциду, оскільки наземна частина рослини уже знищена.

Відомі технічні рішення конструкцій машин, які забезпечують здійснення технологічного процесу знищення бур'янів за другим способом, не передбачають видалення зрізаної рослинності за межі зони роботи обладнання. Це призводить

до захарашення площі зрізаною наземною стебловою масою високорослих бур'янів (рис.1.4), що може заважати роботі інших сільськогосподарських машин.

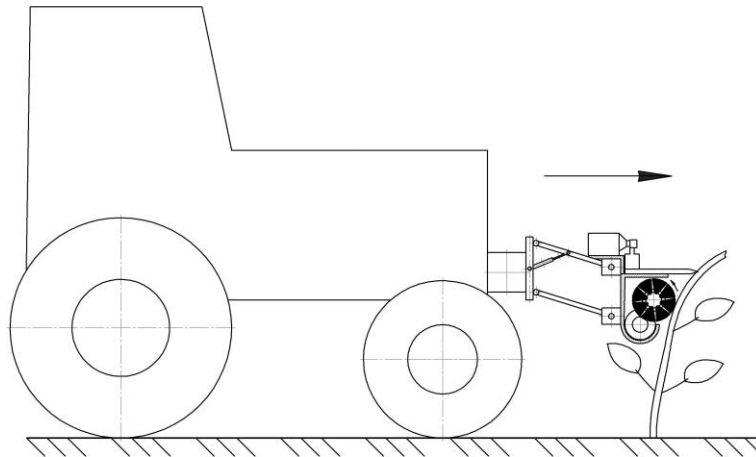


Рис. 1.3. Обладнання для знищення високорослих бур'янів



Рис. 1.4. Ділянка цукрового буряка після обробки пристроєм контактного нанесення

Стебла зрізаної рослинності можна використати для потреб народного господарства. Зокрема, стебла такої рослини, як очерет, містять 40...45 % целюлози і можуть бути сировиною для целюлозно-паперового виробництва [6].

Отже, з вище наведеного можна зробити такі висновки:

1. Актуальною є потреба в розробці конструкції машин контактної дії для знищення бур'янів.

2. Обґрунтуванні переліку та конструктивного виконання робочих органів машини, виходячи з потреби виконання за один прохід операцій зрізання стебел бур'янів, нанесення гербіциду на площу зрізу та видалення зрізаних стебел із зони росту культурних рослин.

1.2. Аналіз конструкцій робочих органів машин для знищення бур'янів контактним способом

З метою аналізу конструкцій робочих органів машин, що використовують для нанесення хімікатів контактним способом на бур'яни і формування напрямків їхньої модернізації, розглянемо відомі технічні рішення.

Шнуровий пристрій (рис. 1.5) контактного нанесення запатентовано в США у 1980 р. [8]. Пристрій складається з рами, насоса, ванни, нескінченного нейлонового шнура та системи приводних і натяжних роликів.

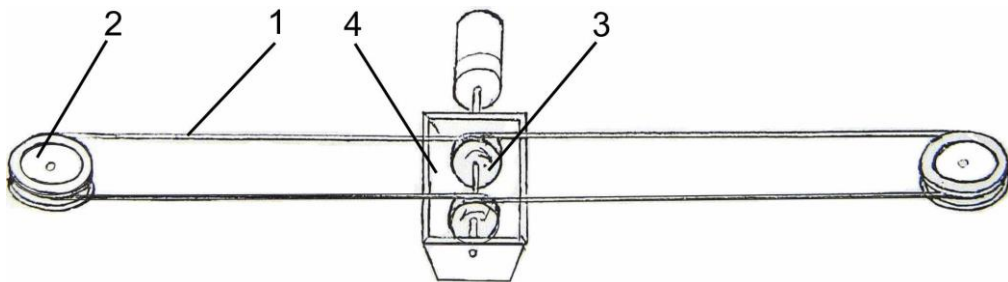


Рис. 1.5. Пристрій для контактного нанесення гербіциду: 1 - шнур; 2 - натяжні ролики; 3 - приводні ролики; 4 - ванна з розчином гербіциду

Раму виготовлено у вигляді двох секцій, з'єднаних між собою шарнірно. Робочим елементом пристрою є нескінченний нейлоновий шнур 1, який огинає кінцеві натяжні ролики 2, закріплені під рамою та приводні ролики 3, які занурені своєю нижньою частиною у ванну 4 з розчином гербіциду. Шнур приводять в рух через приводні ролики від електродвигуна.

Площина руху шнура розміщена нижче площини рами таким чином, що під час руху агрегату по полю шнур, захоплюючи розчин, переносить його на бур'яни, які виступають над посівами. Розчин гербіциду подають у ванну з допомогою насоса із місткості, встановленої на тракторі. Рекомендована

швидкість руху шнура – 5 м/с. Вібрацію шнура гасять за допомогою пружинного натягу. Недоліком цієї конструкції є втрати робочого розчину, які обумовлені дією відцентрової сили, прикладеної до натяжних роликів.

Компанією Теспота [9] (Франція) розроблено машину «КМ КІТ» для знищення бур'янів у садах, виноградниках пасовищах і просапних культурах. Машина складається з декількох окремих модулів довжиною по 1 м, з'єднаних між собою таким чином, щоб утворилась штанга необхідної ширини захвату в межах 3...6 м (рис. 1.6).

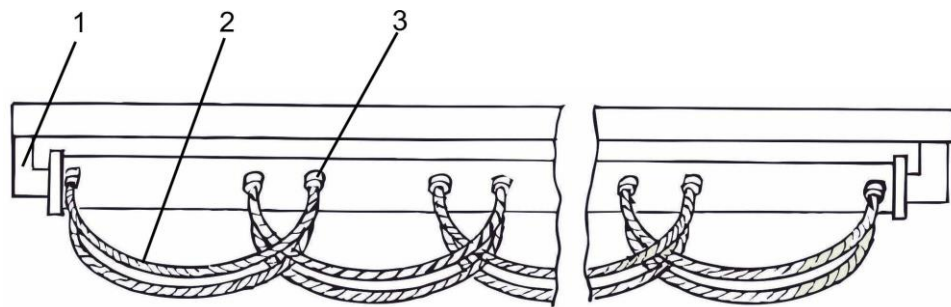


Рис. 1.6. Машина КМ КІТ для знищення бур'янів, компанія Теспота, Франція: 1 - труби; 2 - гноти; 3 - муфти

На машині встановлено бачок, з якого подають розчин гербіциду до труб 1, в які вмонтовано змочувальні шнури 2 (гноти). Шнур двома кінцями вставлено у отвори труби за допомогою спеціальних муфт 3 і щільно затиснено гайками. Подача гербіциду (30...60 % концентрації) до робочих органів відбувається самопливом.

До недоліків цієї конструкції можна віднести:

- втрати на скапування у нижніх частинах гнотів;
- втрати на випаровування.

Французька компанія «D.M.A» [6] розробила обладнання Gerbilam для контактної обробки високорослих бур'янів гербіцидами на луках і пасовищах. Плотняна стрічка 1, один кінець якої знаходиться у резервуарі з розчином гербіциду 2 (рис. 1.7), безпосередньо контактує з бур'янами та забезпечує нанесення гербіциду на їхні стебла.

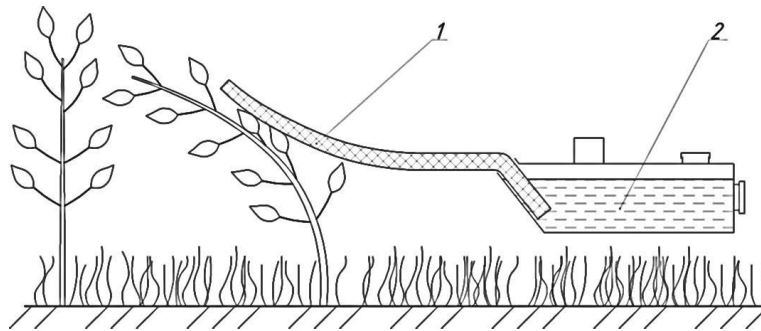


Рис. 1.7. Схема обладнання Gerbilam компанії D.M.A. для боротьби з бур'янами: 1 - полотняна стрічка; 2 - резервуар з розчином гербіциду

Розглянута конструкція має такі недоліки:

- деформація робочого органу при зустрічі зі стеблами великої жорсткості (очерет, рогіз, лобода);
- втрати на випаровування.

Відомим є пристрій для контактної дії для нанесення концентрованих гербіцидів [4] на рослини. Концентрований гербіцид, який міститься у гнотах, наносять на бур'яни. При цьому за рахунок похилого розміщення гнотів, які живляться з одного кінця, практично виключається можливість скапування препарату на культурні рослини (рис. 1.8).

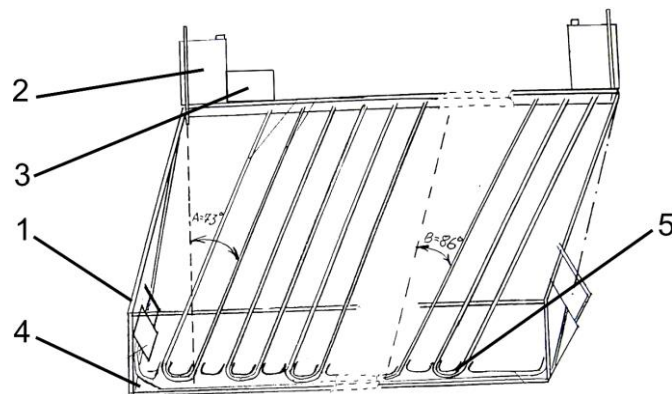


Рис. 1.8. Схема пристрою контактної дії для нанесення концентрованих гербіцидів: 1 - каркас; 2 - вертикальні резервуари; 3 - насос; 4 - колекторна рамка; 5 - кінцеві чашки

Пристрій монтується на металевому каркасі 1 і він складається з двох рамок з вертикальними резервуарами 2, з'єднувальної арматури, насоса повторної

циркуляції надлишкового розчину 3, колекторної рамки 4 з кінцевими чашками 5. Насос призначений для подачі робочої рідини під тиском в резервуари, а також для змочування ґнотів.

Недоліками цієї конструкції є:

- неможливість роботи на укосах каналів чи придорожньої смуги;
- втрати на випаровування.

Ряд пристроїв [1, 10] для контактного нанесення гербіцидів на бур'яни із застосуванням тканин з ґнотовими властивостями було запатентовано в країнах СНД. Одним із них є пристрій для нанесення отрутохімікатів на рослини [1], що складається з місткості для отрутохімікатів, яка виконана у вигляді горизонтальної пустотілої штанги 1 (рис. 1.9), що з'єднана з баком 3 через шланги 2 і вентиль 4.

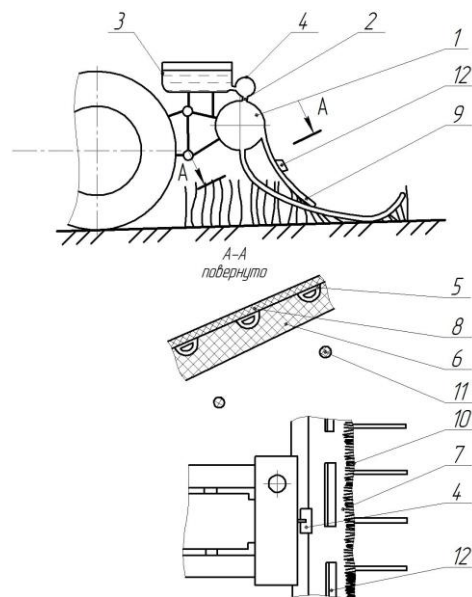


Рис. 1.9. Пристрій для нанесення отрутохімікатів на рослини: 1 - штанга; 2 - шланги; 3 - бак; 4 - вентиль; 5 - периферійна трубка; 6 - пористий шар ґноту; 7 - ґніт; 8 - еластичний шар; 9 - робочий кінець ґноту; 10 - бахрома; 11 - пружні елементи; 12 - вантажі

З порожниною штанги 1 сполучені периферійні трубки 5, які розміщені між пористим шаром 6 полотна (ґноту) 7 і додаткового верхнього еластичного шару 8. Протилежний робочий кінець 9 полотна виконано у вигляді бахроми 10. Пристрій має пружні елементи 11, які встановлено на штанзі. Поверх полотна 7 можуть бути встановлені вантажі 12.

Під час руху пристрою робоча рідина з баку через шланги і вентиль потрапляє в штангу і далі в перфоровані трубки та в пористий шар полотна, яке намочують отрутохімікатом. Рухаючись над бур'янами, змочене полотно, яке закінчується бахромою, переносить гербіцид у достатній кількості на рослини. Додатковий верхній еластичний шар 8 захищає пористий шар від забруднення і сприяє утриманню в ньому достатньої кількості препарату. Вантажі 12 та пружні елементи служать для регулювання площі змочування рослин.

Можна окреслити такі характерні недоліки цієї конструкції:

- неможливість роботи на укосах каналів чи придорожньої смуги;
- втрати на випаровування;
- втрати на скапування у нижній частині гнотів.

У Західній філії національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» [13] розроблено пристрій для контактного нанесення хімікатів на рослини, призначений для обробки високорослих бур'янів на луках, пасовищах, придорожніх смугах тощо (рис.1.10).

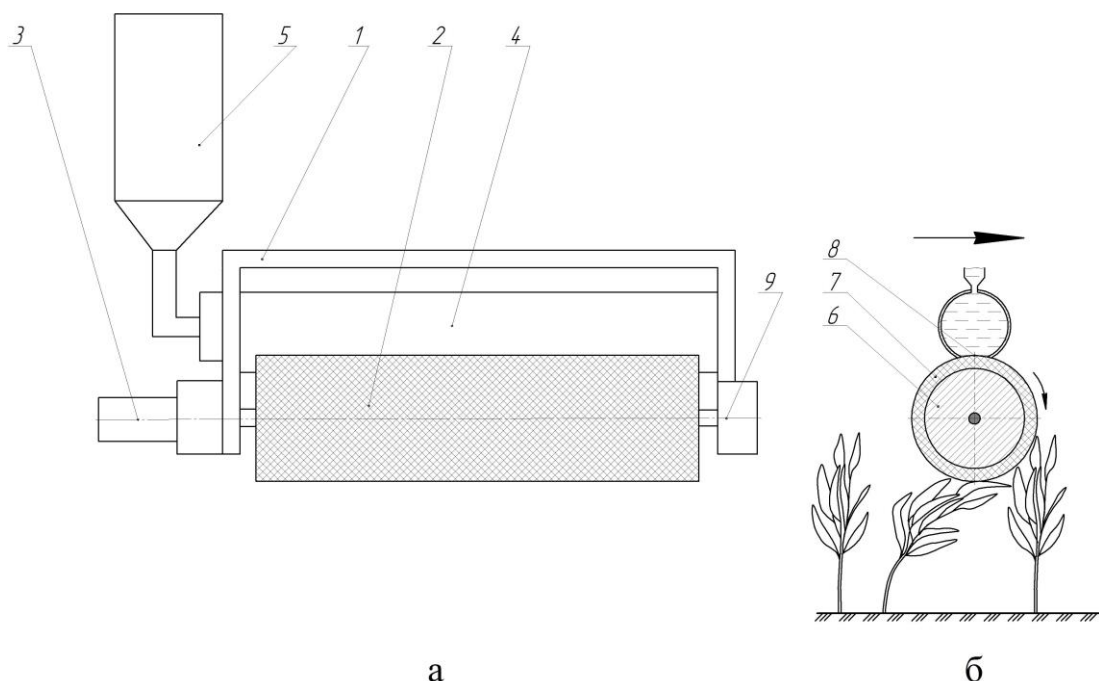


Рис. 1.10. Схема пристрою для контактного нанесення хімікатів на рослини (а) та схема роботи (б): 1 - рама; 2 - контактний валик; 3 - привод; 4 - живильний резервуар; 5 - місткість для хімікатів; 6 - пористий шар; 7 - сітка; 8 - дозуюча щілина; 9 - регулювальний механізм

Пристрій працює наступним чином. Контактний валик 2 пристрою змонтований на рамі 1, який рухається над травостоєм обертається за допомогою приводу 3 в напрямку руху агрегату. Розчин хімікатів у вигляді гелю розташовано в місткості 5, звідки він самопливом поступає в живильний резервуар 4. Далі гель через дозуючу щілину 8 поступає на поверхню контактного валика 2 і під час руху агрегата валик 2 контактує з рослинами, внаслідок чого гель наноситься на їх поверхню, а його залишки утримуються на валику завдяки пористому шару 6 та сітці 7. Для забезпечення необхідної норми нанесення хімікатів та для запобігання їхнього скапування передбачено регулювання зазору між контактним валиком 2 і живильним резервуаром 4 за допомогою регулювального механізму 9, завдяки чому формується постійний шар гелю на поверхні валика 2.

Розглянута конструкція має ряд недоліків:

- необхідність застосування дорогого і мало поширеного гелевого гербіциду;
- неможливість використання наземної частини бур'яну для потреб народного господарства;
- утруднене використання на площах з значним ухилом (укіс каналу, придорожня смуга тощо).

Відомою також є машина для контактного нанесення рідких розчинів гербіцидів на рослини [10], схему якої показано на рис. 1.11.

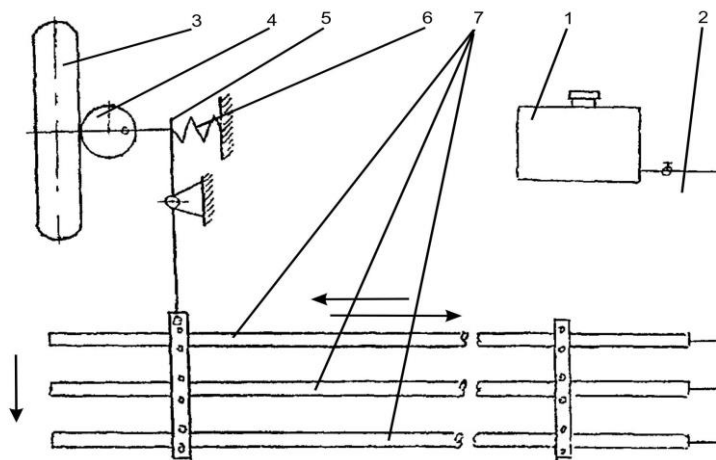


Рис.1.11 Схема машини для контактного нанесення рідких розчинів гербіцидів на рослини: 1 - резервуар; 2 - трубки; 3 - опорне колесо; 4 - ексцентрик; 5 - важіль; 6 - пружина; 7 - робочий орган

Робочим органом є блок, виконаний з декількох трубок з отворами у верхній їх частині, обмотаних декількома шарами дрібнотканого брезенту. Для покращення процесу нанесення робочого розчину на рослини робочий орган приводиться у поперечно-коливальний рух від опорного колеса через ексцентрико-важільний механізм.

Основними недоліками цієї конструкції є:

- наявність у робочому органі частин, що виконують зворотно-поступальний рух, що може спричинити додаткове забруднення навколишнього середовища;
- утруднене використання на площах з значним ухилом (укіс каналу, придорожня смуга тощо);
- неможливість використання наземної частини бур'яну для потреб народного господарства.

Г.Д. Главацьким, Є.Н. Забегаліним, О.І. Криволуцьким розроблено машину для нанесення отрутохімікатів на рослини [12], що агрегується з трактором і включає в себе основну раму, скарифікатор, приводне колесо, резервуар для робочого розчину, допоміжну раму з робочим органом у вигляді системи валиків з полотном (рис. 1.12).

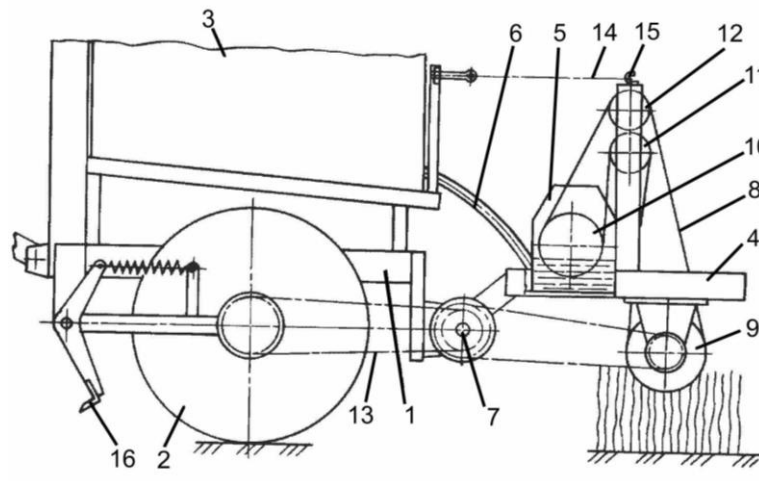


Рис. 1.12. Схема машини для нанесення отрутохімікатів на рослини: 1 - основна рама; 2 - приводне колесо; 3 - резервуар; 4 - допоміжна рама; 5 - робочий резервуар; 6 - трубовід; 7 - проміжний вал; 8 - полотно; 9 - робочий валик; 10 - валик резервуару; 11; 12 - допоміжні валики; 13 - приводний ланцюг; 14 - натажний ланцюг; 15 - крюк; 16 - скарифікатор

Під час руху машини скарифікатор пошкоджує (дряпає) рослини подряпини, що полегшує проникання отрутохімікату в рослини під час контакту з робочим органом.

Розглянуту машину неможливо використовувати на площах із значним ухилом (укіс каналу, придорожня смуга тощо). Крім того, робота цієї машини характеризується значними втратами на випаровування. Також утруднений контроль за втратами на скапування.

Вченими Кубанського державного аграрного університету [94] розроблено машину для знищення бур'янів (рис. 1.13), яка містить фронтальну косарку та пристрій контактної дії, виконаний у вигляді ємності з трубопроводом подачі і прийому робочого розчину, транспортуючого шнека в жолобі і контактного робочого органу, виконаного у вигляді щіток, які контактують зі шнеком по всій його довжині і розташованого під косаркою і над шнеком.

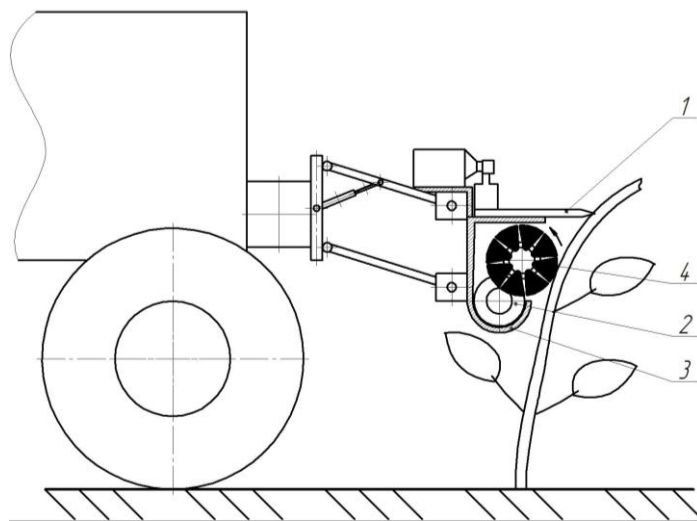


Рис. 1.13. Схема машини для знищення бур'янів: 1 - фронтальна косарка; 2 - шнек; 3 - жолоб; 4 - контактний пристрій

Особливістю даної машини є подача гербіциду безпосередньо у зріз стебла рослини, що дозволяє зменшити його витрати.

Робота машини характеризується значним опором переміщенню робочого органу внаслідок тертя нижньої його частини по стерні рослин, а також втратами гербіциду при роботі контактного пристрою.

Аналіз чинних конструкцій машин для контактного нанесення гербіциду на бур'яни та їхніх робочих органів дозволив констатувати:

1) робота обладнання характеризується значними втратами робочого розчину, що призводить до:

- забруднення навколишнього середовища;
- значних витрат гербіцидів;
- попадання хімікатів на культурні рослини;

2) використання чинного обладнання не забезпечує ефективного знищення високорослих товстостебельних бур'янів, що передбачає знищення їхньої кореневої системи.

Висновки до першого розділу

1. Аналіз процесів знищення бур'янів показав, що основними методами боротьби з бур'янами є механічний і хімічний. Окреслено недоліки цих методів. Зокрема, механічний спосіб знищення бур'янів дозволяє знищувати лише наземну частину рослини, коренева ж система продовжує рости і розвиватись; кратність обробок за сезон досягає 2...4, що суттєво збільшує витрати на підтримання чистоти площі.

2. Внесення гербіцидів шляхом обприскування має такі характерні непродуктивні втрати робочої рідини: втрати на скапування (звичайне обприскування); втрати на знесення вітром; втрати через осідання крапель робочої рідини на поверхню ґрунту; втрати на випаровування.

3. Встановлено, що для знищення бур'янів в останні роки набирає поширення контактний спосіб, який дозволяє: уникнути втрат на знесення вітром (у порівнянні з обприскуванням); звести до мінімуму втрати на скапування та випаровування; знищувати високорослі бур'яни, не завдаючи шкоди низькорослим рослинам (трава, що укріплює узбіччя дороги, берму каналу, та ін.); зменшити витрату робочого розчину; уникнути використання дорогих гербіцидів вибіркової дії; уникати забруднення культурних рослин хімікатами.

4. З аналізу конструкцій відомих машин для контактного способу знищення бур'янів бачимо, що вони не передбачають видалення зрізаної рослинності за межі зони роботи обладнання, що призводить до захаращення площі сухостоєм високорослих бур'янів.

5. Враховуючи, що стебла зрізаної рослинності можна використати для потреб народного господарства, зроблено висновок щодо доцільності створення начіпного обладнання комбінованої дії, яке б за один прохід виконувало операції зрізання небажаної рослинності з наступним видаленням її наземної частини і внесення в зріз стебла рослин контактним способом визначеної дози гербіциду суцільної дії.

6. Аналіз сучасних досліджень процесів знищення бур'янів виявив, що процеси, які відбуваються під час взаємодії робочих органів із рослинами за умови здійснення контактного способу практично не досліджувались і потребують вивчення та науково-практичного обґрунтування закономірностей їх здійснення.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗНИЩЕННЯ БУР'ЯНІВ І МАШИНИ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

2.1. Конструктивна схема машини контактної дії для знищення бур'янів

Машина для контактного знищення бур'янів комбінованим способом включає в себе три робочих органи: ріжучий апарат, підбирач зрізаної рослинності та пристрій для контактного нанесення гербіциду.

Розглянемо вимоги до зазначених робочих органів.

Ріжучий апарат повинен не тільки якісно зрізати рослинність, а й забезпечувати нормальну роботу підбирача та пристрою контактного нанесення. Для забезпечення нормальної роботи підбирача зрізана рослинність має розміщуватись впорядковано. Підбирач зрізаної рослинності повинен забезпечити ефективне видалення зрізаної рослинності за межі зони роботи обладнання і не пошкоджувати стерню зрізаної рослинності, оскільки подачу робочого розчину у випарну систему рослини здійснюють шляхом контактного нанесення розчину гербіциду на зріз стерні.

Якщо видалення зрізаної рослинності не проводити, то рослинні рештки можуть призвести до забивання водопропускних отворів гідротехнічних споруд. Крім того, стебла зрізаної рослинності, наприклад, очерету, можна використати для потреб народного господарства [11].

Машина контактної дії для знищення бур'янів повинна забезпечувати ефективне нанесення гербіциду на зріз стебла рослин, малу витрату робочого розчину та мінімальні непродуктивні його втрати та містити обладнання, що запобігає скапуванню робочого розчину з поверхні, що контактує з рослиною [12].

Відповідно цим вимогам розроблено конструкцію машини для контактного знищення бур'янів. На рис. 2.1 подано схеми робочих органів машини.

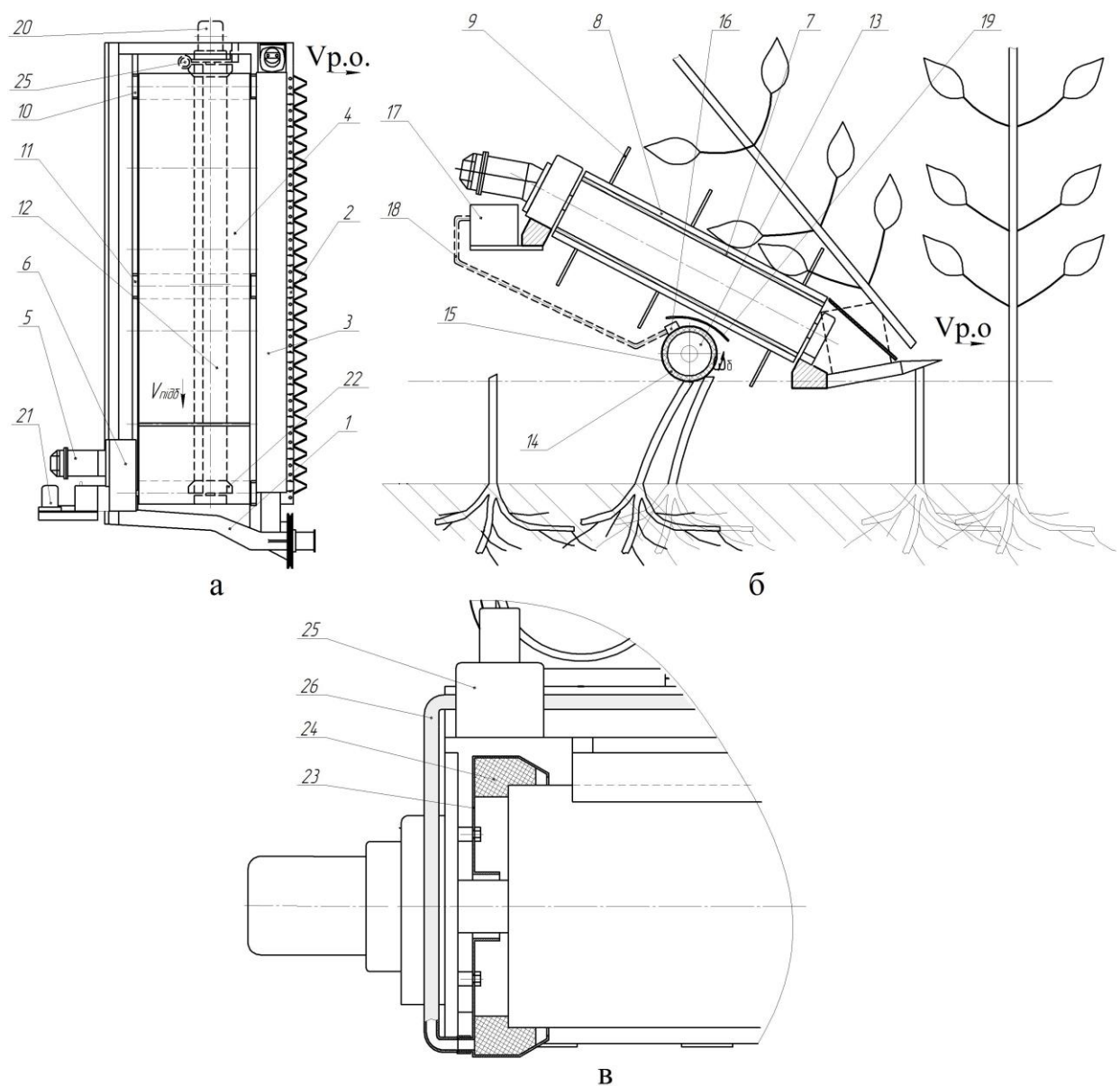


Рис. 2.1. Схема робочих органів машини контактної дії для знищення бур'янів, вид зверху (а), схема роботи (б), вловлювач невикористаного робочого розчину (в): 1 - рама; 2 - ріжучий апарат; 3 - пластина; 4 - підбирач; 5 - гідромотор приводу підбирача; 6 - редуктор приводу підбирача; 7 - стрічка; 8 - кутники; 9 - пальці; 10 - механізм натягу; 11 - опори; 12 - пристрій контактного нанесення; 13 - барабан; 14 - пористо-капілярний матеріал; 15 - синтетична сітка; 16 - живильник; 17 - дозуючий насос; 18 - трубопроводи; 19 - кожух; 20 - привод валика; 21 - привод насосу, 22 - вловлювачі невикористаного робочого розчину; 23 - стакани; 24 - кільце з пористого матеріалу; 25 - відкачувальний насос; 26 - трубопровід

Машина контактної дії для знищення бур'янів складається з трактора, ріжучого апарата сегментного типу, підбирача конвеєрного типу, рами та пристрою контактного нанесення гербіциду, який пов'язаний з дозуючим насосом і резервуаром, що містить розчин гербіциду; причому останній встановлений безпосередньо під підбирачем на мінімальній відстані від ріжучого апарату.

Ріжучий апарат сегментного типу 2 закріплено на рамі 1. Над ріжучим апаратом закріплена пластина 3, яка запобігає забиванню підбирача конвеєрного типу 4, що приводиться в рух гідромотором 5 через редуктор 6. До стрічки 7 підбирача прикріпленні кутники 8 з пальцями 9. Натяг стрічки підбирача регулюється механізмом 10. Для запобігання провисання стрічки під вагою скошеної рослинності передбачено допоміжний шків з опорами 11. За ножовим брусом ріжучого апарату під підбирачем розміщений пристрій контактного нанесення 12, робочим органом якого є барабан 13, покритий шаром пористо-капілярного матеріалу 14 і обтягнутий міцною синтетичною сіткою 15. З барабаном контактує живильник 16, в який з допомогою дозуючого насосу 17 по трубопроводах 18 подається розчин гербіциду, що міститься в резервуарі на базовій машині. Для запобігання контакту стрічки підбирача з барабаном, над ним встановлено захисний кожух 19. Барабан і насос приводяться в рух з допомогою електроприводів 20 і 21. З обох кінців барабана розміщені вловлювачі 22 невикористаного робочого розчину гербіциду, виконані у вигляді стаканів 23, з кільцем 24 з пористого матеріалу. До кожного з них під'єднано відкачувальний насос 25, який по трубопроводі 26 подає невикористаний робочий розчин гербіциду в резервуар, розміщений на базовій машині.

Розглянемо роботу машини. Трактор починає рухатись вдовж поверхні поля, робочі органи переводяться в робоче положення, тобто розташовуються паралельно оброблюваній поверхні. Далі приводиться в рух ріжучий апарат сегментного типу 2, після чого за допомогою гідромотору 5 через редуктор 6 приводиться в рух підбирач 4. Одночасно з початком руху базової машини, приводиться в дію дозуючий насос 17, який по трубопроводах 18 подає розчин

гербіциду в живильник 16. Скошена рослинність падає на підбирач 4 і видаляється за межі зони роботи обладнання, а безпосередньо на зріз рослин з допомогою валика 13 контактним способом подається розчин гербіциду, який потрапляє по капілярах в кореневу систему рослин і спричиняє їхню загибель або значне пригнічення процесів життєдіяльності, не забруднюючи при цьому навколишнього середовища.

З метою забезпечення необхідної норми внесення гербіциду і запобігання його скапуванню, подача гербіциду регулюється зміною подачі дозуючого насосу 17 шляхом зміни частоти обертання електродвигуна 21. Невикористаний робочий розчин гербіциду, що накопичується в нижній частині барабану, потрапляє в середину стакану 23 вловлювача 22, де накопичується в кільці 24 з пористого матеріалу, після чого через гнучкий трубопровід 26 відкачується насосом 25 у резервуар для невикористаного робочого розчину, який розміщено на базовій машині .

Перевагами запропонованої конструкції є:

- можливість знищувати не тільки наземну частину, а й кореневу систему бур'янів;
- можливість використати наземну частину зрізаних рослин для потреб народного господарства;
- вибірковість дії (знищується тільки високоросла рослинність і зберігаються культурні рослини та трав'янистий покрив);
- екологічність (хімічні препарати, які використовуються для приготування робочих сумішей, практично не потрапляють на ґрунт а також на культурні рослини);
- мінімальні непродуктивні втрати (на скапування, випаровування, знесення вітром).

2.2. Обґрунтування умови утримання краплі робочої рідини на зрізі рослини

Контактне нанесення гербіциду на площадку, що утворилась після зрізу ріжучим апаратом стебел бур'янів, необхідно здійснювати таким чином, щоб краплі робочої рідини не ковзали вниз, а утримувались на площадці зрізу, що створить умови для проникнення рідини в стебло.

Нижче обґрунтуємо умову, виконання якої забезпечить утримання краплі робочої рідини на площадці зрізу стерні, яка була відігнута від вертикального початкового положення під впливом ріжучого апарату та прагне повернутись у початкове положення.

Дослідження виконаємо за таких припущень:

- 1) вважаємо, що на зрізі утворюється крапля робочої рідини, яку будемо розглядати як матеріальну точку;
- 2) стебло являє собою пружний стрижень;
- 3) стерня являє собою однорідний непустотілий стрижень, діаметром d і висотою H ;
- 4) зріз стебла лежить в одній площині.

Розглянемо сили, що діють на краплю препарату масою dm (рис. 2.4), нанесеного на зроблений під деяким кутом β зріз стерні рослини. Вісь стерні відхилена від вертикалі на кут ψ (робочий орган умовно не показаний).

На краплю діють такі сили:

Сила ваги $dG = dm \cdot g$, де g – прискорення вільного падіння; сила зчеплення $dF_{зч}$; сила тертя $dF_T = f \cdot dN$, де f – коефіцієнт тертя ковзання поверхні зрізу стебла по поверхні барабана; dN - нормальна реакція поверхні опори.

Запишемо рівняння рівноваги. Спроекуємо сили на осі координат з врахуванням принципу Д'Аламбера (приклавши силу інерції $dF_{ін} = dm \cdot a$, де a – прискорення частинки):

$$\text{на вісь X: } dF_{ін} - dF_T \cos \beta + dF_{зч} \sin \beta + dG \cdot \sin \psi - dN \cdot \sin \beta = 0; \quad (2.1)$$

$$\text{на вісь } Y: dN \cos \beta - dF_T \sin \beta - dF_{3ч} \cos \beta - dG \cos \psi = 0; \quad (2.2)$$

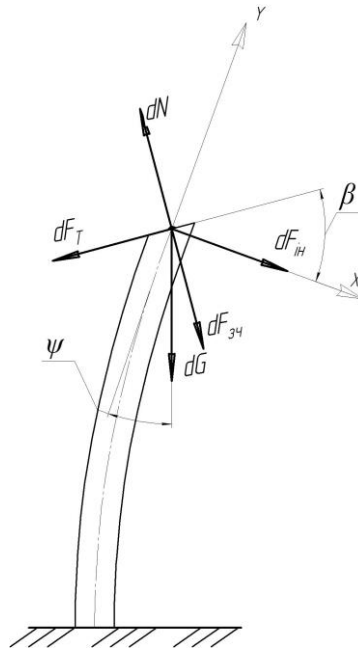


Рис. 2.2. Схема сил, що діють на частинку препарату, нанесену на зріз

Врахувавши вихідні умови та провівши відповідні перетворення запишемо умови, при яких виключається скидання робочого розчину з стебла рослини

$$\left\{ \begin{array}{l} dF_{3ч} \geq \frac{dF_{iH} (\cos \beta - f \sin \beta) + dG (\sin(\psi - \beta) - f \cos(\psi - \beta))}{f} \\ dm \leq \frac{fdF_{3ч}}{a(\cos \beta - f \sin \beta) + g(\sin(\psi - \beta) - f \cos(\psi - \beta))} \\ a \leq \frac{fdF_{3ч} - dm \cdot g(\sin(\psi - \beta) - f \cos(\psi - \beta))}{dm(\cos \beta - f \sin \beta)} \end{array} \right. \quad (2.3)$$

Проаналізуємо перший вираз системи рівнянь (2.3) і введемо заміни

$$dF_{3ч} = dF_{пов.нат} = 2\pi\sigma \cdot r_c \cos \varphi_{зМ}; \quad (2.4)$$

$$dm = dV \cdot \rho_p = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \pi r_c^3 \cdot \rho_p = \frac{2}{3} \pi r_c^3 \cdot \rho_p; \quad (2.5)$$

де $dF_{пов.нат}$ – сила поверхневого натягу;

σ – коефіцієнт поверхневого натягу, Н/м;

r_c – радіус краплі робочої рідини, що розташовується на рослині, м;

$\varphi_{зМ}$ – крайовий кут змочування, град.;

ρ_p – густина робочого розчину, кг/м³.

Провівши ряд перетворень, отримаємо вираз для визначення максимального радіусу краплі робочого розчину, який зможе втриматись на зрізі стерні рослини

$$r_c \leq \sqrt{\frac{3\sigma f \cos \varphi_{3M}}{\rho_p [a(\cos \beta - f \sin \beta) + g(\sin(\psi - \beta) - f \cos(\psi - \beta))]}]} \quad (2.6)$$

З метою аналізу математичної моделі (2.6) необхідно було експериментальним шляхом отримати значення кутів β зрізу та ψ відхилення осі стебла. Такі дослідження було проведено за розробленими методиками. Результати наведено в розділі 4 п. 4.2.2 та розділі 4 п. 4.1.. Виконані дослідження показали:

- 1) для зменшення втрат робочого розчину кут β зрізу необхідно приймати у ході розрахунків в межах $30^\circ \dots 40^\circ$;
- 2) визначенням частоти прояву (див. п.4.5) таких величин як $\psi_{дон}$ – допустимий кут відгину осі стебла (злам унеможлиблюється) та $\psi_{кр}$ – критичний кут відгину, який відповідає зламу, встановлено межі вибору кута $\psi = 30^\circ \dots 40^\circ$ (інтервал наведено для досліджуваних рослин: очерет звичайний, лобода, осот польовий).

Графічно інтерпретуємо отриману залежність (2.6) з урахуванням сказаного, причому розглянемо додатково випадок, коли зріз формується під прямим кутом до осі стебла, тобто $\beta=0^\circ$ (прямий зріз).

Бачимо, що за умови зрізання стебел бур'янів з формуванням косоного зрізу створюються умови для того, щоб на зрізі стебел утримувались краплі більшого діаметру, що створює умови для проникнення у середину стебла більшої кількості рідини.

Розглянемо вираз (2.6) як функцію двох змінних ψ та β

$$r(\psi, \beta) = \sqrt{\frac{3f\sigma \cos \varphi_{3M}}{\rho [a(\cos \beta - f \sin \beta) + g(\sin(\varphi - \beta) - f \cdot \cos(\varphi - \beta))]}]} \quad (2.7)$$

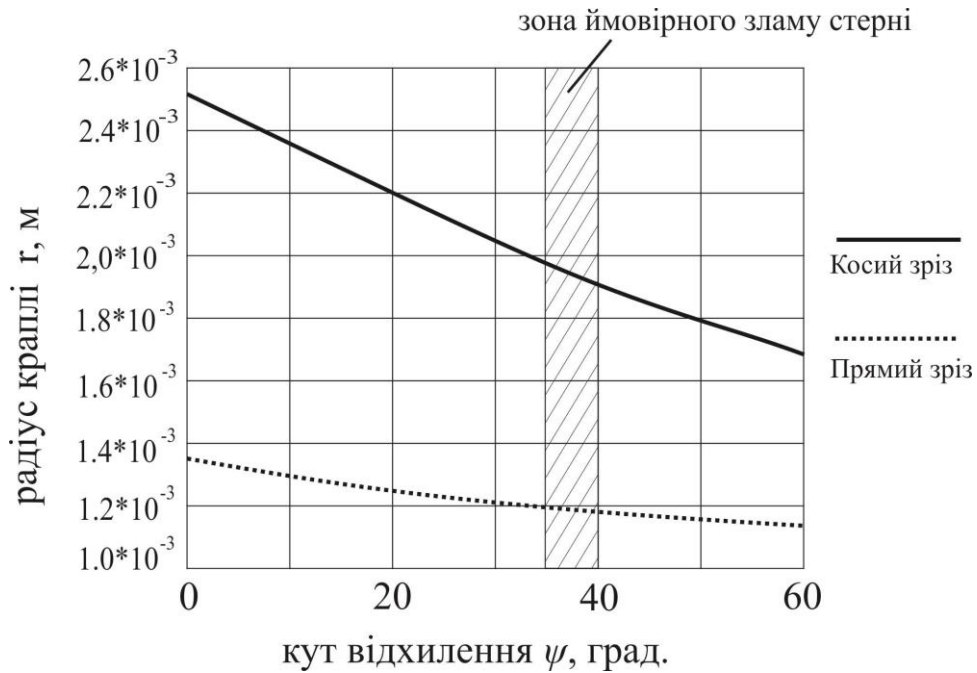


Рис. 2.3. Залежності радіусу краплі рідини від кута відхилення осі стебла при: $\sigma=0,036$ Н/м, $\rho=1000$ кг/м³, $\varphi_{зм}=23^\circ$, $a=30$ м/с², $f=0.47$

За умови, що коефіцієнт поверхневого натягу σ робочого розчину становить $0,036$ Н/м; коефіцієнт тертя поверхні барабана по поверхні зрізаних стебел бур'янів $f=0,47$, ρ – густина робочого розчину 1000 кг/м³; крайовий кут $\varphi_{зм}$ змочування 23° ; відцентрове прискорення a краплі робочого розчину 30 м/с² побудовано поверхню відгуку, яка розкриває вплив на радіус краплі робочого розчину двох змінних факторів: кута ψ відхилення осі стебла рослини та кута β зрізання. Для обрахунків, виконаних у середовищі Mathcad v.14, задавали межі вибору факторів ψ і $\beta = 0 \dots 40^\circ$. Отриману поверхню подано на рис. 2.4.

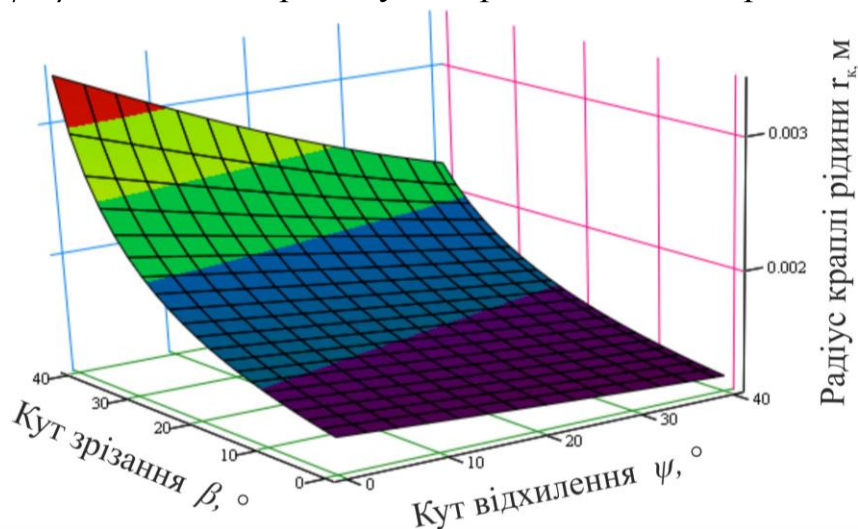


Рис. 2.4. Залежність радіусу краплі рідини від кутів відхилення та зрізу при $\sigma=0,036$ Н/м, $\rho=1000$ кг/м³, $\varphi_{зм}=23^\circ$, $a=30$ м/с², $f=0,47$

2.3. Обґрунтування параметрів барабана машини контактної способу знищення бур'янів

Обґрунтуємо наступні параметри барабана машини для контактної знищення бур'янів:

- кутову швидкість ω барабана;
- радіус R барабана.

Розглянемо сили, що діють на краплю препарату масою dm (рис. 2.5).

Сила ваги $dG = dm \cdot g$, де g – прискорення вільного падіння; сила поверхневого натягу $dF_{\text{пов.нат}}$; сила інерції $dF_{\text{ін.}} = dm\omega^2 R$, де R – радіус барабана, м; ω – кутова швидкість обертання барабана, с^{-1} .

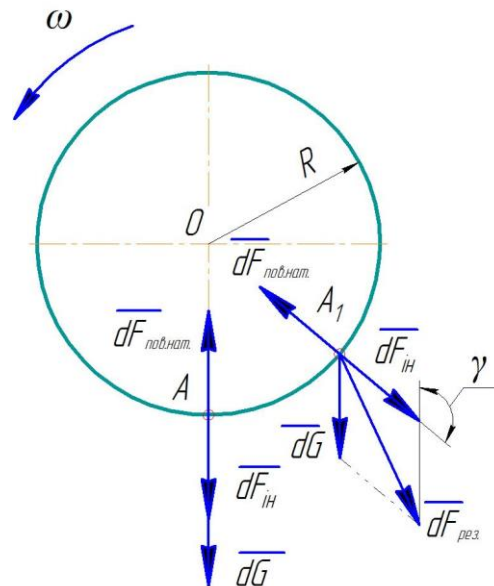


Рис. 2.5. Розрахункова схема до визначення параметрів барабана

Для випадку коли частинка знаходиться в точці A , сума діючих на неї сил визначиться

$$dF_{\text{рез}} = dF_{\text{ін}} + dG - dF_{\text{пов.нат.}} \quad (2.8)$$

а для точки A_1 результуюча сила буде визначатися з теореми косинусів

$$dF_{\text{рез}} = \sqrt{dF_{\text{ін}}^2 + dG^2 - 2dF_{\text{ін}} dG \cos \gamma} \quad (2.9)$$

Сила $dF_{рез.}$ прагне відірвати краплю робочого розчину від поверхні барабана. Вплив даної сили, виходячи з рівнянь (2.8) і (2.9) буде найбільш несприятливим для краплі, яка у даний момент часу знаходиться у т. А.

Крапля не злетить з насиченої робочим розчином поверхні барабана за умови

$$dF_{пов.нат.} > dm\omega^2 R + dm g \quad (2.10)$$

Сила поверхневого натягу визначиться [11]

$$dF_{пов.нат.} = 2\pi\sigma \cdot r_c \cos \varphi_{зм} \quad (2.11)$$

Масу краплі відповідно визначають

$$dm = dV \cdot \rho_p = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot r_k^3 \cdot \rho_p = \frac{2}{3} \pi \cdot r_k^3 \cdot \rho_p, \quad (2.12)$$

де $dF_{пов.нат.}$ – сила поверхневого натягу;

σ – коефіцієнт поверхневого натягу, Н/м;

r_k – радіус краплі рідини, м;

$\varphi_{зм}$ – крайовий кут змочування, град.;

ρ_p – густина робочого розчину, кг/м³.

З врахуванням (2.11) і (2.12) умова (2.10), виконання якої унеможливилює скапування робочого розчину з зовнішньої поверхні барабана, набуде вигляду

$$\frac{2}{3} \pi \cdot r_k^3 \cdot \rho_p \omega^2 R + \frac{2}{3} \pi \cdot r_k^3 \cdot \rho_p g = 2\pi\sigma \cdot r_k \cos \varphi_{зм} \quad (2.13)$$

Провівши ряд перетворень, визначимо максимальний радіус краплі робочого розчину, що зможе втриматись на поверхні барабана

$$r_k \leq \sqrt{\frac{\sigma \cos \varphi_{зм}}{\rho_p (\omega^2 R + g)}} \quad (2.14)$$

При вихідних умовах

$\sigma = 0,036$ Н/м;

$\varphi_{зм} = 23$ град. (поверхня барабана – гума);

$\rho = 1000$ кг/м³;

$r_k = 0,0015$ м;

розв'яжемо рівняння (2.14) і отримаємо радіус барабана, при якому крапля рідини заданого радіусу зможе втриматись на його зовнішній поверхні

$$R \leq \frac{\frac{\sigma \cos \varphi_{зМ} - g}{r_k^2 \rho_p}}{\omega^2} \quad (2.15)$$

Графіки залежності радіусу барабана від кутової швидкості для заданого значення радіусу краплі 10% робочого розчину гербіциду «Раундап» без застосування поверхнево-активних речовин (ПАР) та 10% розчину гербіциду на основі ізопропіламінної солі гліфосату з ПАР, для якого $\sigma=0,029$ Н/м, $\rho=1000$ кг/м³, $\varphi_{зМ}=20^\circ$ подано на рис. 2.5.

З рис. 2.5 видно, що застосування ПАР негативно впливає на процес утримання робочого розчину на гумовій поверхні барабана.



Рис. 2.5. Зв'язок радіусу барабана з його кутовою швидкістю:

1 – 10% робочий розчин гербіциду «Раундап» без застосування ПАР, для якого $\sigma=0,036$ Н/м, $\rho=1000$ кг/м³, $\varphi_{зМ}=23^\circ$, $r_k = 0,0015$ м; 2 – 10% розчин гербіциду на основі ізопропіламінної солі гліфосату з ПАР, для якого $\sigma=0,029$ Н/м, $\rho=1000$ кг/м³, $\varphi_{зМ}=20^\circ$, $r_k = 0,0015$ м

З залежності (2.14) бачимо, що радіус краплі рідини, що зможе втриматись на барабані, залежить від радіусу барабана та його кутової швидкості.

Для вибору їхніх раціональних значень розглянемо функцію двох змінних $r_k=f(R, \omega)$

$$r_k = f(R, \omega) = \sqrt{\frac{\sigma \cos \varphi_{3M}}{\rho_p (\omega^2 R + g)}} \quad (2.16)$$

Підставивши числові значення, побудуємо поверхні відгуку для визначення раціональних значень радіусу барабана та його кутової швидкості.

Отримані графічні залежності дозволяють підібрати радіус барабана і величину його кутової швидкості, які забезпечать умови для утримання на зовнішній поверхні барабана краплі максимально можливого радіуса.

2.4. Обґрунтування положення барабана відносно зрізу стебла рослини

Ефективність процесу знищення бур'янів залежить від умов взаємодії робочого обладнання з рослинним матеріалом, геометричних і кінематичних параметрів обладнання; фізико-механічних характеристик рослин та гербіциду, а також взаємного розташування обладнання та рослин.

Нанесення робочого розчину на рослину контактним шляхом проводиться робочим органом, який має циліндричну форму (рис. 2.1). З метою дослідження впливу взаємного розташування рослин і барабана на ефективність процесу розглянемо розрахункову схему, подану на рис. 2.6.

Припустимо, що після зрізання стебло 1 має висоту H_1 . В момент дотику до нього барабана 2 в точці O_2 стебло відхиляється від початкового положення на кут ψ .

Зі схеми бачимо, що з метою забезпечення контакту рослини з зовнішньою поверхнею барабана, останній повинен рухатись над поверхнею поля на висоті H_2 ; причому $H_2 < H_1$.

Барабан переміщується над поверхнею стерні у напрямку вектора лінійної швидкості V_M переміщення машини.

У момент дотику барабана зі зрізаним стеблом, останнє відхиляється під дією згинаючої сили P . Реакція R направлена протилежно силі P і прагне повернути стебло у початкове положення. У зоні контакту діє сила тертя $F = fN$, де f – коефіцієнт тертя стебла по поверхні барабана; N – нормальна сила.

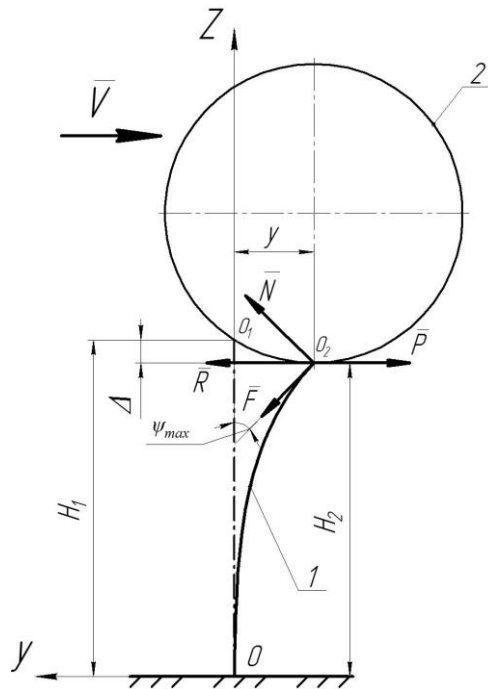


Рис. 2.6. Розрахункова схема взаємодії стебла з барабаном: 1 – стебло; 2 – барабан.

Розглянемо стебло як консольно закріплену балку круглого перерізу, тоді рівняння лінії прогину стебла згідно з [9] запишеться

$$y = -\frac{P}{EI} \left(\frac{H_2 z^2}{2} - \frac{z^3}{6} \right), \quad (2.17)$$

де EI – жорсткість стебла рослини, $H \cdot M^2$;

P – сила опору переміщенню барабана, Н;

z – відстань від поверхні ґрунту до перерізу, де визначається прогин.

Враховуючи, що $P = N(\cos \psi + f \sin \psi)$ [13], а $N = \frac{2EI}{H_2^2} \operatorname{tg} \psi$, отримаємо

$$P = \frac{2EI}{H_2^2} \sin \psi (1 + f \operatorname{tg} \psi) \quad (2.18)$$

Підставивши вираз (2.18) у вираз (2.17), отримаємо

$$y = -\frac{2 \sin \psi (1 + f \operatorname{tg} \psi)}{H_2^2} \left(\frac{H_2 z^2}{2} - \frac{z^3}{6} \right) \quad (2.19)$$

Знайдемо прогин стебла, що відповідає максимальному куту відхилення ψ_{\max} .

За умови, що $z = H_2$, маємо

$$y_{z=H_2} = -\frac{2 \sin \psi_{\max} (1 + f g \psi_{\max}) H_2}{3} \quad (2.20)$$

Для визначення залежності між H_1 і H_2 при відхиленні стебла на кут ψ_{\max} силою P_{\max} визначимо довжину кривої [13] на проміжку $Z \in 0 \dots H_2$

$$H_1 = \int_0^{H_2} \sqrt{1 + y'^2} dz, \quad (2.21)$$

$$\text{де } y' = \frac{dy}{dz} = -\frac{P_{\max}}{EI} \left(\frac{2H_2 z}{2} - \frac{3z^2}{6} \right) = -\frac{P_{\max}}{EI} \left(H_2 z - \frac{z^2}{2} \right), \quad (2.22)$$

де P_{\max} - значення сили P при відхиленні стебла на кут ψ_{\max}

$$P_{\max} = \frac{2EI}{H_2^2} \sin \psi_{\max} (1 + f g \psi_{\max}). \quad (2.23)$$

З врахуванням (2.22), (2.23) вираз (2.21) набуде вигляду

$$H_1 = \int_0^{H_2} \sqrt{1 + \frac{4 \sin^2 \psi_{\max} (1 + f g^2 \psi_{\max})}{H_2^4} \left(H_2 z - \frac{z^2}{2} \right)^2} dz. \quad (2.24)$$

Тоді величина Δ , яка дорівнює різниці висот H_1 і H_2 та визначає положення барабана відносно зрізу стебла рослини визначиться

$$\Delta = H_1 - H_2 = \int_0^{H_2} \sqrt{1 + \frac{4 \sin^2 \psi_{\max} (1 + f g^2 \psi_{\max})}{H_2^4} \left(H_2 z - \frac{z^2}{2} \right)^2} dz - H_2. \quad (2.25)$$

На практиці максимальне значення кута ψ_{\max} обмежується міцністю стебла рослини. У ході виконаних досліджень для стебел осоту польового, лободи та очерету звичайного, встановлено, що $\psi_{\max} = 30^\circ \dots 40^\circ$.

Прийнявши $\psi_{\max} = 30^\circ$, $H_2 = 0 \dots 0,5$ м, $f = 0,5$, і розв'язавши інтеграл (2.26) чисельними методами у середовищі Mathcad v.14 побудуємо графіки залежності $H_1 = f(H_2)$, та $\Delta = f(H_2)$ (рис. 2.7).

З врахуванням наведених залежностей (рис. 2.7) рекомендується обирати висоту H_1 встановлення ріжучого апарату залежно від висоти H_2 встановлення барабана, яка у свою чергу залежить від фази розвитку рослин.

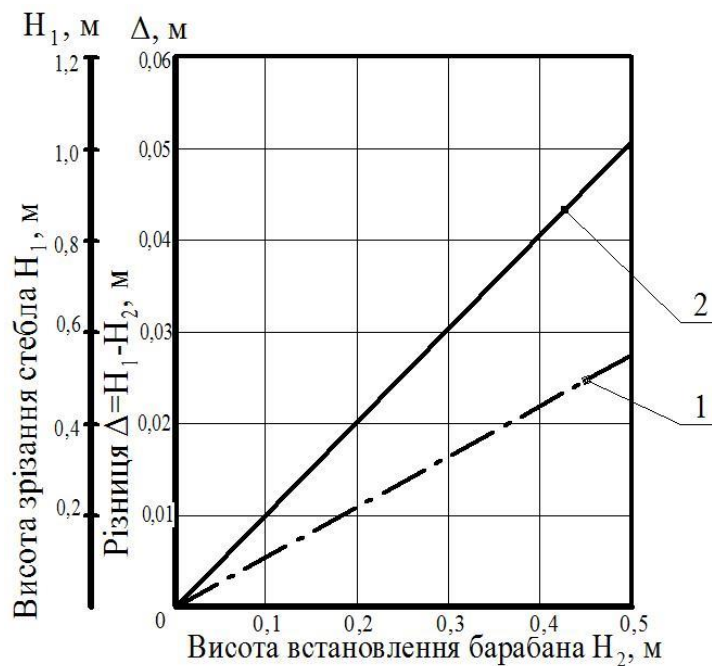


Рис. 2.7. Графіки функцій: 1 – $H_1=f(H_2)$; 2 – $\Delta=f(H_2)$

Висновки до другого розділу

1. Проведені теоретичні дослідження процесу утримання краплі рідини на поверхні зрізу стебла рослини показали доцільність нанесення робочого розчину на зріз стебла, виконаний під кутом, раціональне значення якого складає $30^\circ \dots 40^\circ$.

2. Отримано залежності висоти встановлення ріжучого апарату від висоти встановлення барабана та обґрунтовано їх взаємне положення.

3. Проведено дослідження процесу утримання рідини на поверхні барабана пристрою контактного нанесення, отримано зв'язок радіусу барабана та його кутової швидкості, виходячи з умови забезпечення мінімальних непродуктивних втрат робочого розчину.

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження включали лабораторні дослідження і лабораторно – польові дослідження.

Завданнями проведення лабораторних досліджень було:

- отримання основних фізико-механічних характеристик стебел рослин, які є середовищем роботи пристрою (діаметр, довжина, жорсткість);
- дослідження впливу стадії розвитку рослин на жорсткість їхніх стебел;
- вивчення процесу взаємодії стебла рослини з робочими органами машин контактної дії;
- експериментальне визначення раціональних параметрів робочих органів машин контактної дії для знищення бур'янів;
- порівняння основних теоретичних положень з отриманими дослідними даними.

У ході польових досліджень вирішувались такі завдання:

- визначення характеристик робочого середовища;
- визначення раціональних режимів роботи робочих органів машини (частоти обертання барабана пристрою контактного нанесення, його діаметру, швидкості переміщення машини по полю, номінальної витрати гербіциду, технічної продуктивності);
- дослідження впливу кута зрізу рослини на якість процесу нанесення робочого розчину гербіциду та визначення раціонального кута зрізу;
- визначення опору переміщення.

3.2. Методика проведення дослідження з визначення жорсткості стерні рослин

З метою встановлення впливу жорсткості стебел рослин на процес знищення бур'янів було визначено жорсткість стебел різних бур'янів. З цією

метою відбирали зразки стебел очерету звичайного, осоту польового та лободя звичайної. Стебла для дослідів відбирали у період з другої половини травня по липень з інтервалом у 4 дні.

Дослідження жорсткості стебел рослин (до фази цвітіння) діаметром до 4 мм виконували методом балочки [13], найбільш жорстких стебел – індукційним методом [10] шляхом визначення періоду коливань стебла. Застосування індукційного методу для молодих стебел малих діаметрів не завжди доцільне, тому що у стебла малої жорсткості практично відсутній коливальний процес.

Жорсткість стебел рослин методом балочки визначали за методикою, розглянутою у [15]. Для вимірювання сили застосували динамометр з межею вимірювання 4 Н та ціною поділки 0,1 Н. Висоту стебла рослини контролювали за допомогою лінійки довжиною 500 мм та ціною поділки 1 мм. Кут відхилення стебла визначали з допомогою транспортира.

Дослідження проводили у такій послідовності:

1. За досліджуваною рослиною розміщували лист паперу з розміченим транспортиром.
2. За допомогою лінійки на висоті, рівній половині висоти рослини встановлювали гачок динамометра на стебло рослини.
3. Переміщуючи динамометр, відхиляли стебло на кут 5° [13], фіксуючи значення сили.
4. Результати вимірювань заносили у таблицю. Досліди повторювали не менше трьох разів для кожного діаметру стебла рослини.
5. Показник жорсткості стебла рослини EI визначали за залежностями [10, 13]

$$EI = \frac{PH^2}{3\psi}, \quad (3.1)$$

де P – відхиляюча сила, Н;

H – висота прикладання сили, м;

ψ – кут відхилення стебла, рад.

На наступному етапі було визначено залежність відгинаючого зусилля від

кута відгину та висоти прикладання навантаження. А також встановлено, при яких кутах відхилення настає надлом стебла рослини. Для цього за досліджуваною рослиною розміщували лист паперу з розміченим транспортиром. Потім на заданій висоті кріпили гачок динамометра на стебло рослини. Після чого, переміщуючи динамометр, відхиляли стебло від початкового положення до появи незворотної деформації стебла, яка відповідає моменту надлому, фіксуючи значення сили через кожні 5° . Висоту закріплення гачка динамометра змінювали від 0,1 до 0,5 м з кроком 0,05 м. Результати вимірювань заносили у таблицю. Досліди повторювали не менше трьох разів для кожного діаметру стебла рослини.

Частоту згасаючих коливань стерні визначали за допомогою дослідної установки (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Установка для дослідження пружних властивостей стебел рослин:

1 - досліджуване стебло; 2 - лещата; 3 - металева трубка; 4 - петля; 5 - постійний магніт; 6 - підсилювач; 7 - системний блок ПЕОМ; 8 - джерело постійного струму; 9 - ваги; 10 - лінійка.

Дослідна установка включає стіл, на якому закріплено досліджуване стебло 1 у лещатах 2 за допомогою металевої трубки 3 відповідного діаметру. На досліджуваному стеблі прикріплена петля 4 з мідного емальованого дроту діаметром 0,05 мм, яка поміщена у магнітне поле постійного магніту 5.

Застосування постійного магніту, як джерела магнітного поля, дозволяє уникнути модуляції корисного сигналу паразитними завадами частотою 50 Гц. Кінці петлі під'єднані до підсилювача 6, який передає підсилений сигнал на лінійний вхід звукового адаптера ПЕОМ 7. Підсилювач живиться від джерела постійного струму 8. Ваги 9 призначені для зважування досліджуваної частини стебла. Лінійка 10 призначена для вимірювання довжини стебла. На ПЕОМ встановлено програмне забезпечення Power Graph v.1.4, яке дозволяє спостерігати на екрані монітору (рис. 3.2) форму сигналу, що поступає на лінійний вхід звукового адаптера, а також обробляти, аналізувати та зберігати його у пам'яті ЕОМ.

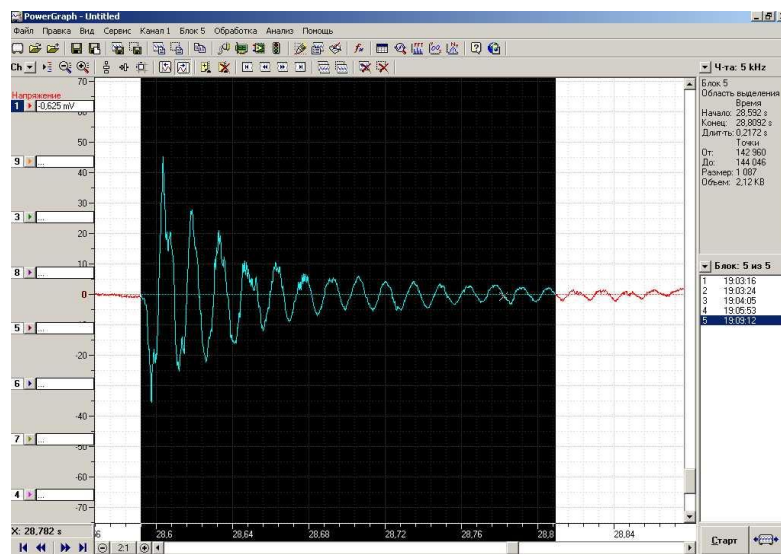


Рис. 3.2. Фрагмент осцилограми дослідження стебла очерету

Для визначення частоти згасаючих коливань згідно з методикою, потрібно спочатку знайти період коливань стебла [12]. Для цього досліджуваному стеблу надають коливання у площині, перпендикулярній напрямку силових ліній магнітного поля, в результаті чого у мідній петлі індукується електричний сигнал змінного струму, що після підсилення поступає на ЕОМ і відображається на екрані монітору.

Знайшовши з допомогою шкали часу в робочому вікні програми Power Graph період коливань, згідно методики [12] визначали середнє значення періоду згасаючих коливань T .

Коефіцієнт згасання ν та узагальнений показник жорсткості стебла EI

визначали за формулою

$$EJ = \frac{4\pi^2 l^3 m}{3T_e^2}, \quad (3.2)$$

де m – маса досліджуваної частини стебла, кг;

l – довжина досліджуваної частини стебла, м;

$T_e = \frac{1}{f_e}$ – період вільних коливань, с;

f_e – частота вільних коливань, Гц, яка визначається

$$f_e = \sqrt{f^2 + \frac{\nu^2}{4\pi^2}}, \quad (3.3)$$

де $f = \frac{1}{T}$ – частота згасаючих коливань, Гц; коефіцієнт згасання рівний

$$\nu = f \ln \frac{a_i}{a_{i+1}}, \text{ с}^{-1}, \quad (3.4)$$

де a_i, a_{i+1} – значення двох сусідніх амплітуд, що відстають одна від одної на один повний період.

Експериментальні дані обробляли з використанням методів математичної статистики [14].

3.3. Методика дослідження впливу форми зрізу стебла на якість процесу нанесення гербіциду

Дані дослідження проводились з метою оцінювання достовірності отриманих теоретичних викладок.

Завданнями досліджень були:

- експериментальне встановлення впливу форми зрізу стебла рослини на якість процесу нанесення гербіциду;
- визначення раціонального кута зрізу;
- перевірки працездатності машини у робочому середовищі з високою жорсткістю стебел;
- оцінки можливих непродуктивних втрат робочого розчину.

Для проведення експериментальних досліджень було розроблено та виготовлено експериментальну установку, яка являє собою діючий зразок робочого органу машини контактного способу знищення бур'янів, виконаного у вигляді гладкого барабана з гумовим покриттям.

Барабан експериментальної установки було встановлено на візку, що приводиться в дію від електродвигуна через черв'ячний редуктор.

Загальний вигляд дослідної установки наведено на рис 3.3. На рис. 3.4 наведена її кінематична схема.

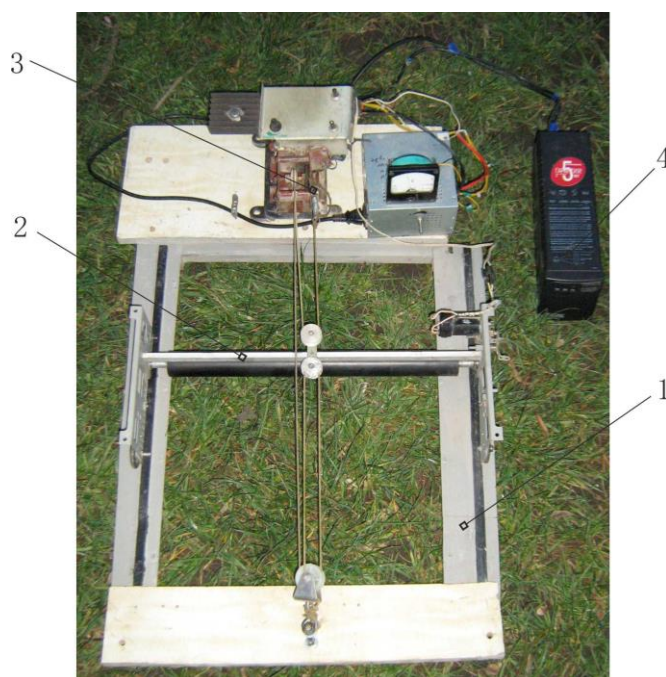


Рис. 3.3. Загальний вигляд дослідної установки:

1 - рама; 2 - візок з робочим органом; 3 - привод візка; 4 - джерело живлення

Дослідна установка являє собою зварну прямокутну металеву раму 1, внутрішня область 2 якої є її робочою областю. Раму установки встановлювали у заданій ділянці дослідного поля на необхідній висоті (див. п.2.4) за допомогою чотирьох опор, розміщених по краях.

У верхній частині рами виконані напрямні 4, по яких на чотирьох колесах 3 може переміщуватись візок 5 з розміщеним на ньому досліджуванним робочим органом.

Привод візка здійснюється від електродвигуна 6 постійного струму і редуктора 7 за допомогою барабана 8 і поліспасту [16]. Трос 9, що перекинутий

через барабан, за допомогою напрямних блоків 10 приводить в рух візок.

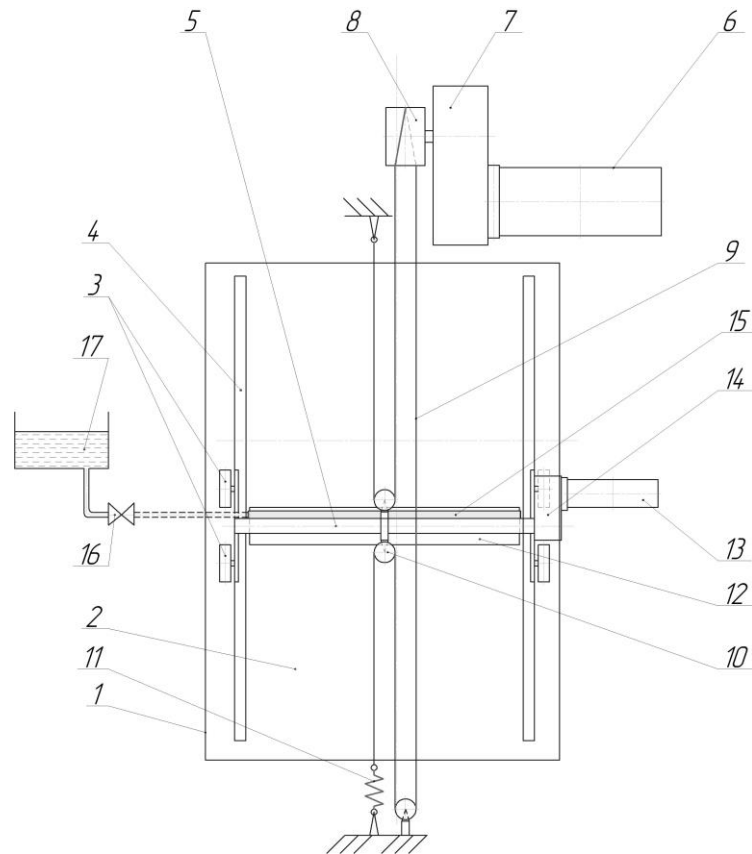


Рис. 3.4. Кінематична схема дослідної установки:

1 - рама, 2 - робоча область, 3 - колеса, 4 - напрямні, 5 - візок, 6 - електродвигун приводу візка, 7 - редуктор приводу візка, 8 - барабан, 9 - трос, 10 - напрямні блоки, 11 - пружина, 12 - барабан пристрою контактного нанесення, 13 - електродвигун приводу барабана пристрою контактного нанесення, 14 - редуктор приводу барабана пристрою контактного нанесення, 15 - живильник, 16 - кран, 17 - резервуар

З метою обґрунтування форми зрізу рослин, яка забезпечує якість процесу нанесення гербіциду, необхідно було змоделювати граничні умови роботи обладнання, що виникають при роботі зі стеблами високої жорсткості. Для цього дослідну установку (рис. 3.3) встановлювали на рівну поверхню, на якій розстеляли гумове покриття, товщиною 20 мм. У покритті, у спеціальних отворах закріплювали фізичні моделі стебел, які являли собою дерев'яні стержні діаметром 8-10 мм і довжиною 150 мм (рис. 3.5).

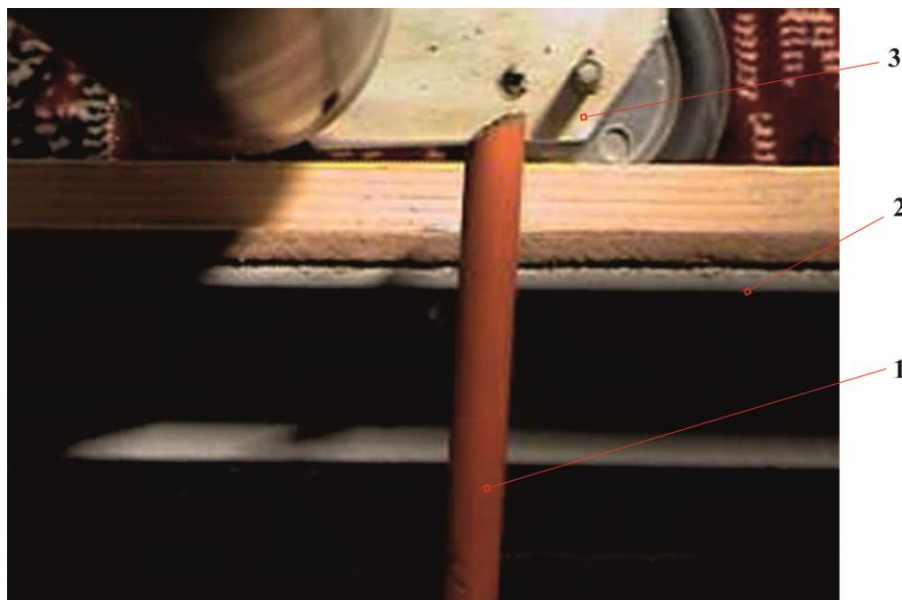


Рис. 3.5. Фото початкової стадії експерименту: 1 - фізична модель стебла; 2 - рама дослідної установки; 3 - візок з робочим органом

Деревина має значно вищу жорсткість, ніж зелені рослини. Пружні властивості модель, що імітувала систему «стебла-грунт» набувала за рахунок застосування пружного кріплення.

Після чого вмикали привод барабана і з допомогою пензля насичували поверхню барабана імітатором робочого розчину гербіциду на основі чорного пігментного чорнила WWM C10/VP компанії Worldwide Manufacturing E.D., який має кінематичну в'язкість, ідентичну робочому розчину гербіциду [14].

Увімкнувши живлення двигуна приводу візка, з допомогою фотокамери Canon Powershot A-460 та фотокамери з функцією відеозапису Canon Ixus S10 виконували фото та відео фіксацію процесу взаємодії барабана, насиченого імітатором робочого розчину з моделями стебла.

Стебла підготовлювали для досліджень з різною формою зрізаної верхівки. За матеріалами відеофіксації оцінювали якість нанесення робочого розчину. З цією метою оцінювали частку площі, зафарбовану чорнилом, виражену у відсотках від загальної площі зрізу. Також фіксували непродуктивні втрати робочого розчину. Для цього фіксували його підтікання по бічній поверхні моделі стебла рослини. Результати експерименту заносили у таблицю.

Для визначення раціонального кута зрізу було підготовлено моделі стебел

рослин з кутами зрізу 10° , 20° , 30° і 40° до поверхні, перпендикулярної до осі моделі (рис. 3.6). Після чого, за розглянутою вище методикою, було проведено експеримент та здійснено фото та відеофіксацію його результатів з наступним визначенням ступеня зафарбованості поверхні зрізу рідиною і занесенням результатів у таблицю.



Рис. 3.6. Моделі стебел рослин з кутами зрізу 10° , 20° , 30° і 40° , підготовлені для експерименту

Втрати робочого розчину під час роботи дослідного обладнання можливі у таких випадках:

- від випаровування з поверхні барабана;
- скапування з поверхні робочого органу;
- стікання зі стебла рослини після проходження робочого органу.

3.4. Дослідження властивостей робочого розчину

Методика визначення коефіцієнта поверхневого натягу робочого розчину

На процес утримання робочого розчину на зовнішній поверхні барабана та площадці зрізу рослини впливає коефіцієнт поверхневого натягу. Для його визначення використовували відому методику [11] – метод відриву крапель.

Лабораторне обладнання для визначення коефіцієнту поверхневого натягу за методом відриву крапель наведено на рис. 3.7.

Попередньо приготований робочий розчин набирали у шприц 1.



Рис. 3.7. Обладнання для визначення коефіцієнта поверхневого натягу робочого розчину: 1 - шприц; 2 - капілярна трубка; 3 - ваги; 4 - набір вантажів

Після чого голку шприца вставляли у верхній кінець капілярної трубки 2 з відомим внутрішнім радіусом r і починали повільно натискати на поршень шприца до появи на нижньому кінці капілярної трубки краплі розчину. Сформувавши таким чином декілька крапель, зважували їх з допомогою лабораторних ваг 3 і вантажів 4 та визначали середню масу однієї краплі.

3.5. Методика визначення коефіцієнта тертя площадки зрізу рослин по матеріалу барабану

Коефіцієнт тертя ковзання f , що входить у вираз для визначення максимального радіусу краплі визначали за допомогою динамометра і дослідної установки, розглянутої (рис. 3.8) за відомою методикою [14].

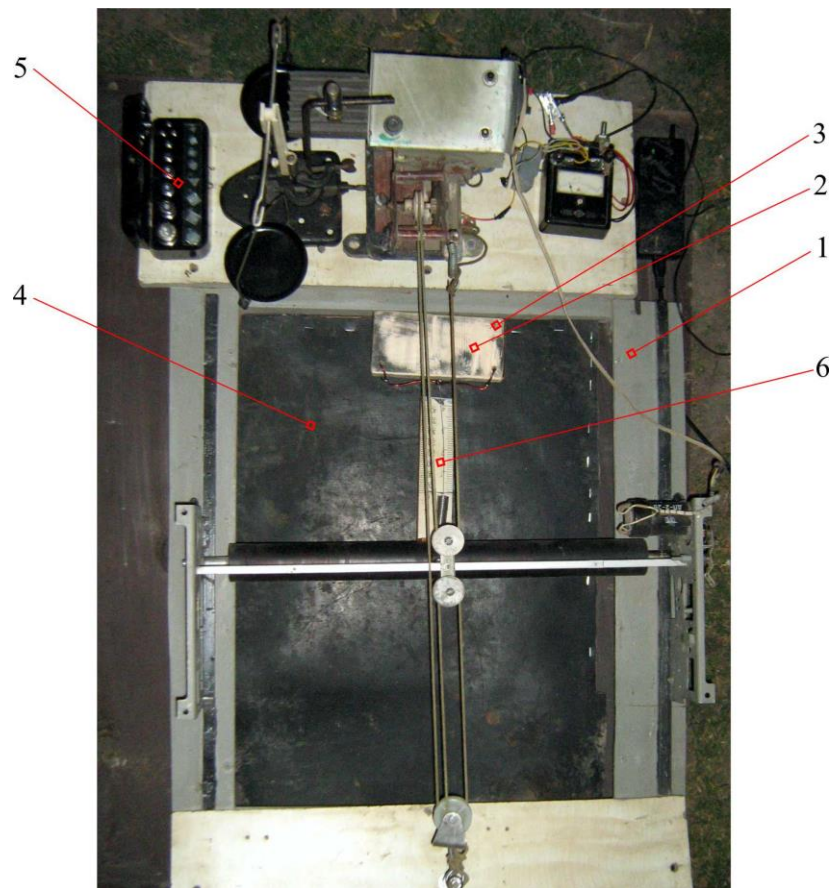


Рис. 3.8. Обладнання для визначення коефіцієнта тертя ковзання площадки зрізу рослин по поверхні барабану:

1 - дослідна установка; 2 - брусок; 3 - досліджувані стебла рослин; 4 - досліджуваний матеріал; 5 - ваги лабораторні; 6 - динамометр

Визначення коефіцієнта тертя ковзання проводили для стебел осоту польового, лободи звичайної та очерету звичайного.

Послідовність досліджень була наступною. Фрагменти досліджуваних стебел 3 закріплювали в отворах бруска 2, зважували з допомогою лабораторних ваг 5 і розміщували на досліджуваній поверхні 4, на яку нанесений 10%-й робочий розчин без ПАР. Брусок чіпляли за гачок динамометра 6, прикріпленого до візка, вмикали привод візка і по шкалі динамометра фіксували значення сили тертя, після чого візок зупиняли. Далі повертали брусок у вихідне положення, довантажували його послідовно зверху гирями масою 100 г та 200 г і повторювали дослід, вимірюючи кожного разу силу тертя.

Кожен дослід проводили три рази. Результати вимірів заносили в таблицю.

Коефіцієнт тертя f визначали за формулою

$$f = \frac{F_m}{mg}, \quad (3.5)$$

де F_m – виміряне значення сили тертя, Н;

m – маса бруска з вантажем, кг.

3.6. Визначення непродуктивних втрат робочого розчину

Для оцінки можливих втрат робочого розчину, які пов'язані з його стіканням із поверхні робочого органу, лабораторну установку встановлювали на горизонтальну поверхню, на якій розстеляли чистий аркуш білого паперу. Після чого, увімкнувши двигун приводу барабана, за допомогою пензля насичували поверхню барабана імітатором робочого розчину на основі пігментного чорнила WWM C10/VP (рис. 3.9).

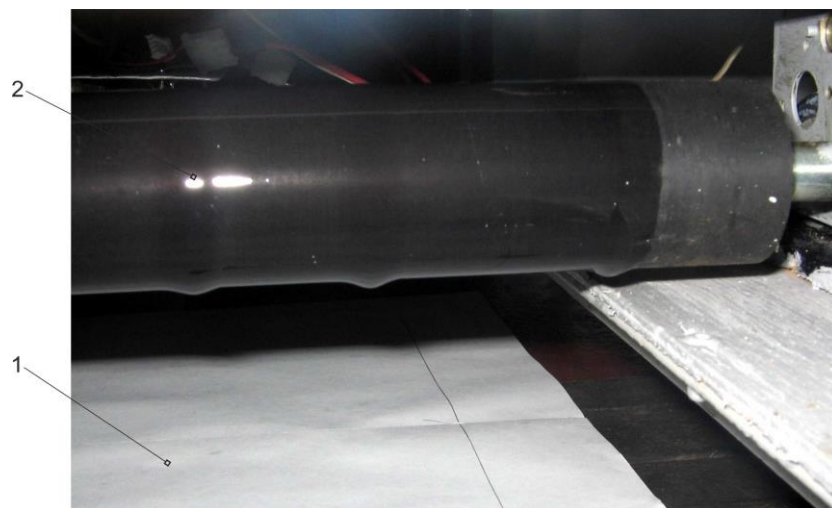


Рис. 3.9. Устаткування для оцінювання втрат робочого розчину через його стікання з робочого органу:

1 – аркуш паперу; 2 – поверхня барабана, насичена імітатором робочого розчину

Частоту обертання барабана послідовно змінювали від нуля до максимуму і фіксували умови, при яких мали місце втрати робочого розчину, які оцінювали за кількістю крапель, що впали на папір.

Оцінка втрат зі стебла рослини після проходження робочого органу фіксувалась під час проведення розглянутих вище експериментів з моделями

стебла рослини, так як вони імітують найбільш несприятливі, з точки зору екології, умови нанесення робочого розчину.

Це пояснюється тим, що жорстке стебло після проходження робочого органа набуває коливального руху. При цьому кінець стебла, де розташована площа зрізу, рухається зі значними прискореннями, що і є причиною непродуктивних втрат робочого розчину.

3.7. Методика визначення прискорень верхівки зрізаного стебла рослини

Для оцінки величини прискорень було проведено експеримент згідно методики, описаної в [14]. Стебло розміщували на фоні аркушу цупкого білого паперу з нанесеною сіткою, яка формувалась з вертикальних і горизонтальних ліній (рис. 3.10).

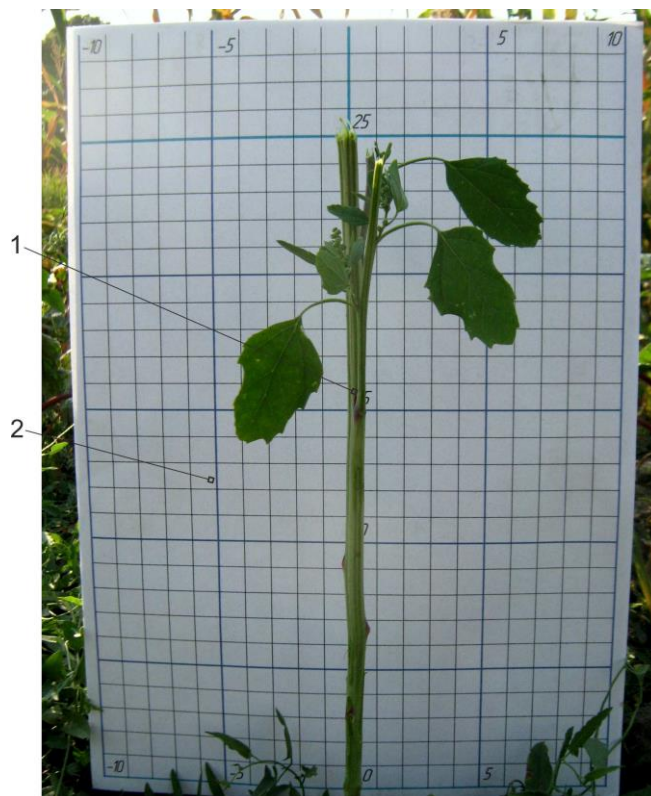


Рис. 3.10. Визначення прискорення верхівки зрізаного стебла рослини:

1 – стебло рослини; 2 – аркуш паперу з сіткою

Після чого, встановивши фотокамеру з функцією відеозапису Canon Ixus S10 і відхиливши стебло рослини на кут 30° - 40° , здійснювали відеозапис

згасаючих коливань стебла рослини. Отриманий відеоряд розкладали на окремі кадри з інтервалом 0,02 с. З цією метою застосовували програму Virtual Dub. Положення кінця стебла у кожен момент часу фіксували по шкалі. Після цього, за отриманими даними будували графік переміщення верхівки стебла, де розташована площина зрізу, на базі якого методом графічного диференціювання [6] отримували графіки швидкостей та прискорень.

Дослід проводили для стебел лободи звичайної. Висоту стебла варіювали у межах 0,15...0,25 м, а діаметр складав 6 мм.

Кожен дослід повторювали не менше трьох разів.

3.8. Методика проведення лабораторно-польових випробувань дослідного зразка.

На першому етапі було перевірено дієвість цього способу при боротьбі з такими вологолюбними рослинами, як айр, рогіз та очерет.

Для проведення досліджень обиралась горизонтальна незатоплена ділянка поблизу ставка, зарослу рогозом та очеретом (рис. 3.11).



Рис. 3.11. Дослідна ділянка до обробки

Дослідження проводили у СФГ «Олександр» (Хмельницької область). Для проведення експерименту готували робочий розчин гербіциду на основі ізопропіламінної солі гліфосату, нанесення якого проводили у ранковий час в

суху погоду [9]. У ході проведення досліджень контролювали такі параметри: кут зрізу, висота встановлення ріжучого апарату.

Для оцінки ефективності знищення бур'янів на дослідній ділянці, у кількох місцях, обмежених дерев'яною рамкою розмірами 1x1 м здійснювали підрахунок кількості бур'янів до обробки та кількості знищених бур'янів.

Ефективність знищення рослинності оцінювали так

$$T = \frac{A - B}{A} \cdot 100\%, \quad (3.6)$$

де T – показник ефективності, %;

A – середня кількість бур'янів на контрольній ділянці до обробки, шт.;

B – середня кількість бур'янів, не знищених після обробки через 20 днів, шт.

На наступному етапі було перевірено ефективність роботи дослідного зразка пристрою у реальних умовах на сільськогосподарських угіддях. Зцією метою було вибрано дві ділянки, зарослі бур'янами. На цих ділянках здійснювали зрізання наземної частини бур'янів на висоті 0,25 м. На першій ділянці бур'яни перерізувались під прямим кутом, а на іншій – під кутом $25^\circ \dots 30^\circ$, який по результатах теоретичних досліджень є раціональним з точки зору екологічної безпеки та якості нанесення.

Далі на ділянку встановлювали дослідну установку і, наситивши поверхню барабана імітатором робочого розчину, проводили обробку у послідовності, розглянутій вище. Після обробки визначали якість нанесення робочого розчину для кожної з ділянок. Кожен експеримент проводили не менше трьох разів. Проаналізувавши отримані результати експериментальних досліджень, оцінювали якість нанесення робочого розчину на рослини і визначали раціональні режими роботи пристрою контактного нанесення.

Випробування проводили за таких умов:

- 1) температура повітря - $+20^\circ\text{C}$;
- 2) відносна вологість - 60%;
- 3) фаза росту бур'янів – період вегетації, до фази старіння.

3.9. Методика проведення польових випробувань машини контактної дії для знищення бур'янів

Метою проведення польових випробувань є:

- 1) визначення номінальної витрати робочого розчину гербіциду;
- 2) визначення оптимальної швидкості руху;
- 3) оцінка втрат робочого розчину;
- 4) перевірка достовірності теоретичних досліджень в ході польових випробувань.

На рис. 3.12 представлено фото дослідного зразка машини контактної дії для знищення бур'янів.



Рис. 3.12. Дослідний зразок машини контактної дії для знищення бур'янів:

1 - трактор МТЗ-80, 2 - обв'язочна рама, 3 - стріла, 4 - рукоять, 5 - гідроциліндр стріли, 6 - ріжучий апарат з приводом, 7 - підбирач, 8 - привод підбирача, 9 - барабан контактного пристрою, 10 - привод барабана, 11 - живильник

Для випробувань було вибрано дослідне поле площею 1 га. Дослідна ділянка була заросла високорослими бур'янами, діаметр яких на момент проведення випробувань не перевищував 8 мм.

Визначення номінальної витрати робочого розчину.

Визначення номінальної витрати робочого розчину виконували у три періоди: з 10 до 20 червня, з 20 до 30 червня та з 1 до 10 липня.

Для визначення номінальної витрати робочого розчину для кожного періоду на полі розмічали по три ділянки площею по 0,04 га.

Фактичний об'єм робочого розчину в бакові фіксували перед початком та в кінці дослідів. Витрату робочого розчину визначали за формулою

$$Q = \frac{V_{\text{поч}} - V_{\text{кінь}}}{S} \quad (3.7)$$

де Q – витрата робочого розчину, л/га;

$V_{\text{поч}}$ – початковий об'єм робочого розчину, л;

$V_{\text{кінь}}$ – об'єм робочого розчину в кінці дослідів, л;

S – площа ділянки, га.

Дослід повторювали три рази. Номінальну витрату робочого розчину визначали, як середнє арифметичне по результатах трьох дослідів.

Досліди проводились у 2025 році.

Перевірка достовірності теоретичних досліджень в ході польових випробувань

Для перевірки достовірності теоретичних досліджень проводили обробку дослідних ділянок із використанням машини контактної дії.

На машину встановлювався барабан змінного радіусу, а саме: 0,02 м; 0,04 м; 0,06 м, який обертався з кутовою швидкістю $2,5 \text{ с}^{-1}$. Машина рухалась по полю зі швидкістю 1,5 м/с.

Дослідження проводили протягом трьох років. Обробку проводили на протязі сезону 2025 р.

Ефективність роботи машини контактної дії для знищення бур'янів оцінювали за показником технічної ефективності знищення бур'янів

$$T = \frac{A - B}{A} \cdot 100\%, \quad (3.8)$$

де A – середня кількість бур'янів певного виду на контрольній ділянці до обробки, шт.;

B – середня кількість бур'янів певного виду, не знищених після обробки через 20 днів, шт.

Підрахунок бур'янів проводили так:

1) на дослідній ділянці площею 400 м² (2025 р.р.) проводили визначення кількості бур'янів за допомогою виготовленої рамки 1 м x 1 м = 1 м². З цією метою накладали рамку на ділянку в 10 місцях з рівним інтервалом по найбільшій діагоналі і підраховували кількість бур'янів певного виду в межах рамки і загальну кількість бур'янів;

2) визначали середню кількість бур'янів на дослідній ділянці;

3) проводили обробку ділянки;

4) проводили підрахунок кількості не знищених бур'янів через 20 днів після обробки методом накладання рамки.

Висновки до третього розділу

1. На основі запропонованих у другому розділі розрахункових схем розроблено та виготовлено дослідний зразок обладнання для знищення бур'янів для проведення досліджень.

2. Розроблено та виготовлено експериментальні установки та розроблено методики проведення досліджень з визначення характеристик стебел рослин.

3. Запропоновано методику проведення польових випробувань машини для знищення бур'янів контактним способом.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Результати дослідження з визначення жорсткості стебел рослин

Проведені дослідження стебел будяка, лободи і очерету показали, що жорсткість стебла рослини не є лінійною функцією від його діаметру та фази росту і розвитку рослини, а також суттєво відрізняється для різних рослин (рис. 4.1).

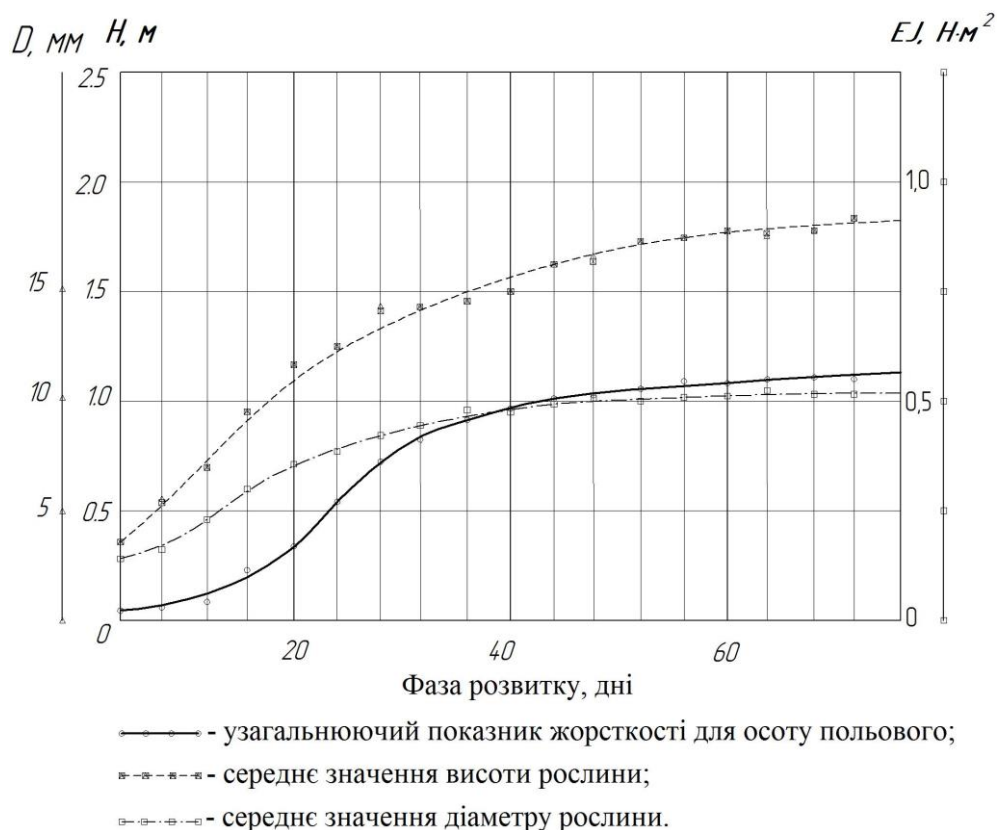


Рис. 4.1. Залежність жорсткості EI стебла осоту польового d , його діаметру і висоти H прикладання сили від фази розвитку рослини

Друга фаза характеризується швидким ростом рослини і інтенсивним збільшенням жорсткості стебла. У третій фазі стебло рослини трохи менш інтенсивно набирає жорсткість, при незначному збільшенні висоти.

На дослідних ділянках стебло лободи (рис. 4.2), висота якого досягала 1,25 м і діаметр 6 мм, мало в 1,9 рази більшу жорсткість, ніж стебло осоту польового у аналогічний період.

Головна особливість очерету – висока добова швидкість росту, яка у період

вегетатії може досягати 5 см/добу [16]. Графік жорсткості має круту ділянку, що відповідає діаметрам від 3,5 до 6 мм (рис. 4.3).

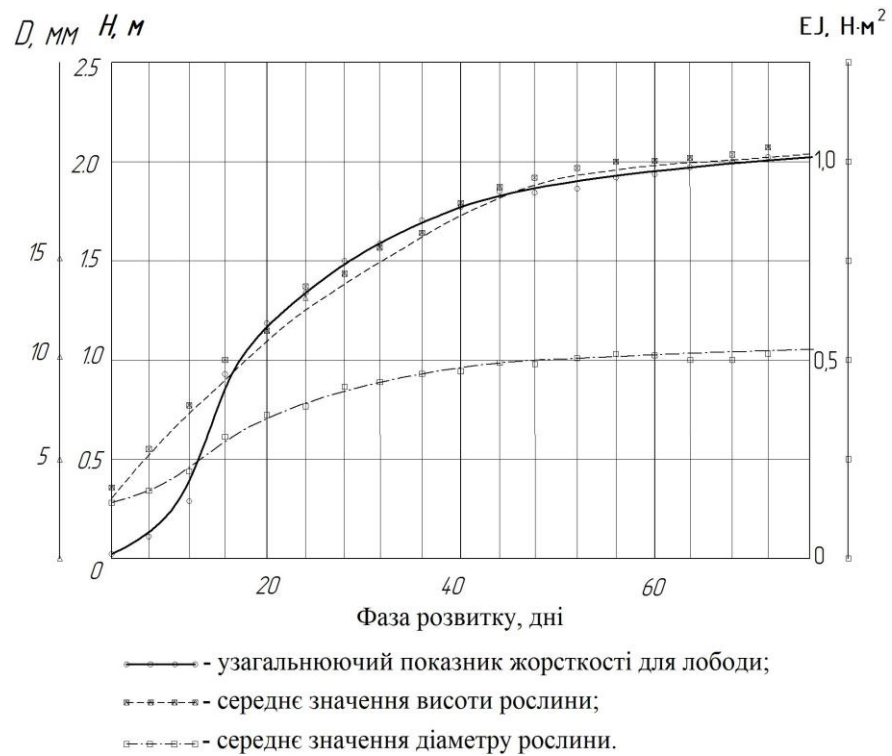


Рис. 4.2. Залежність жорсткості EI стебла лободи, його діаметру d і висоти H прикладання сили від фази розвитку рослини

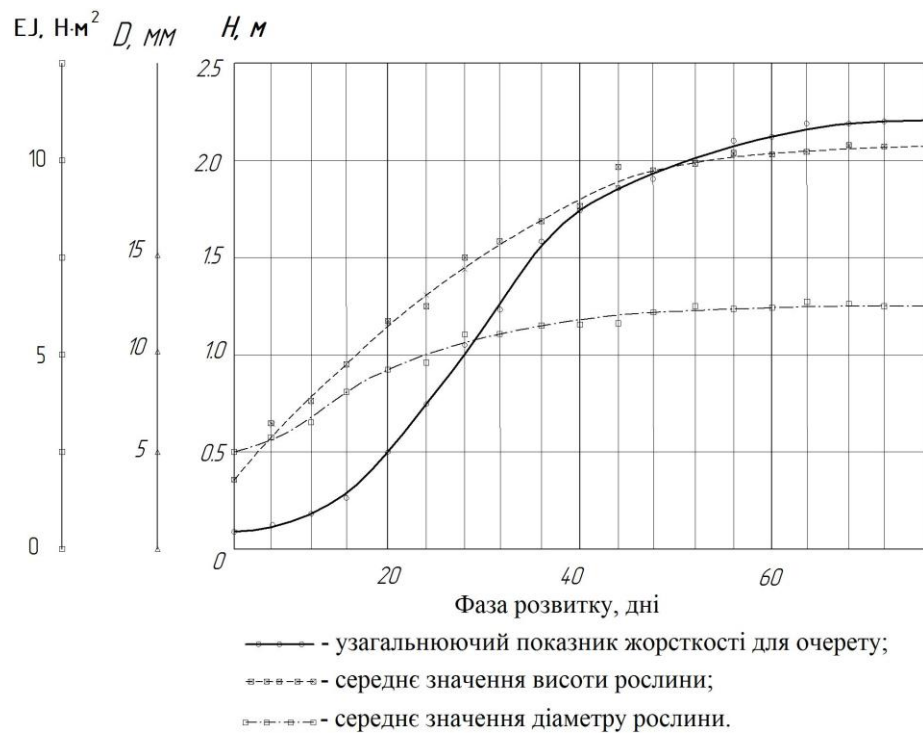


Рис. 4.3. Залежність жорсткості EI стебла очерету, його діаметру d і висоти H прикладання сили від фази розвитку рослини

З наведених залежностей бачимо, що раціональним періодом для роботи

машини контактного способу знищення бур'янів є період, у який діаметри стебел рослин знаходяться в межах 3,5...6 мм.

На наступному етапі було досліджено залежність максимального кута відгину, при якому ще не відбувається надлом стебла, від величини відгинаючого зусилля та висоти прикладання навантаження. Визначали також силу відгину стебла, при прикладанні якої проявляється надлом стебла рослини.

З графіків видно, що при малій висоті прикладання сили надлом стебла настає раніше, при меншому куті. Це пов'язано з більш ранньою деформацією стебла у точці надлому.

Встановлено, що із трьох розглянутих рослин найбільш жорсткими є стебла лободи (рис. 4.5), а найбільший кут відхилення, який можна досягнути без зламу стебла – для стебла очерету (рис. 4.6).



Рис. 4.4. Залежність величини кута відхилення стебла будяка від висоти прикладання сили: 1 - стебло діаметром 5 мм; 2 - стебло діаметром 7 мм; 3 - стебло діаметром 10 мм

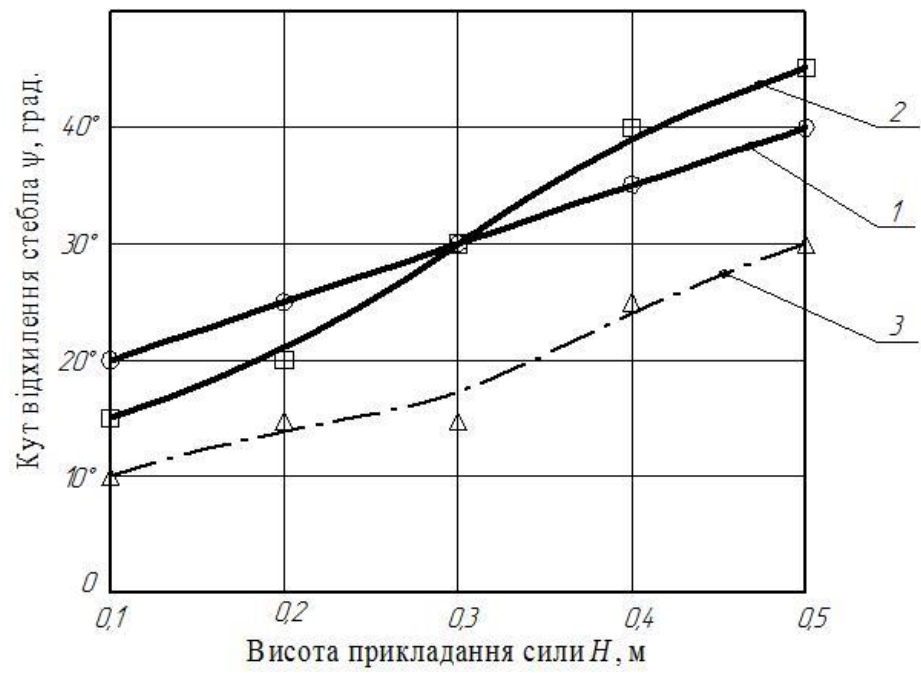


Рис. 4.5. Залежність величини кута відхилення стебла лободи від висоти прикладання сили: 1 - стебло діаметром 5 мм; 2 - стебло діаметром 7 мм; 3 - стебло діаметром 10 мм

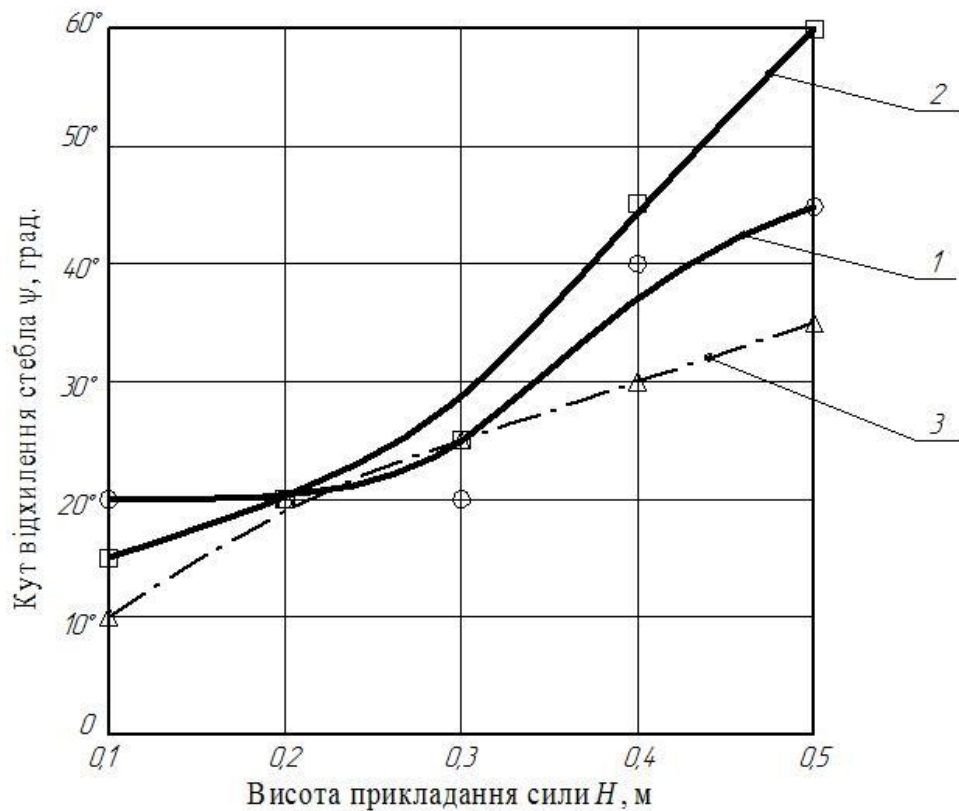


Рис. 4.6. Залежність величини кута відхилення стебла очерету від висоти прикладання сили: 1 - стебло діаметром 5 мм, 2 - стебло діаметром 7 мм, 3 - стебло діаметром 10 мм

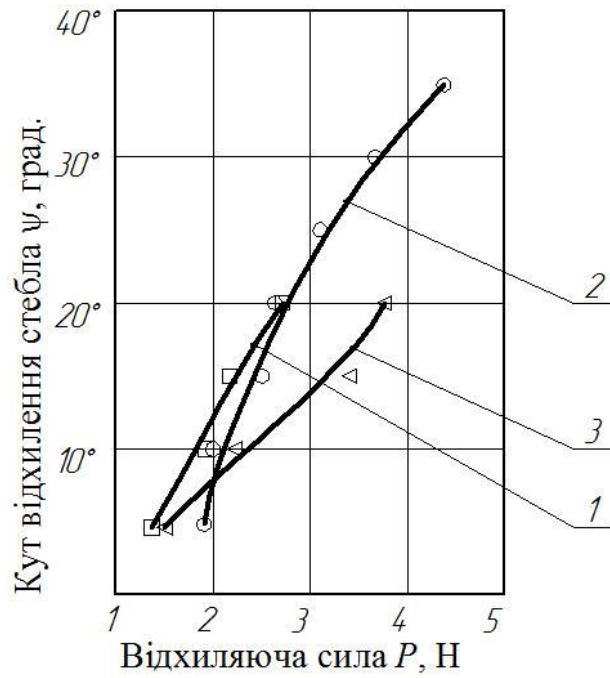


Рис. 4.7. Залежність величини кута відгину стебла будяка від відгинаючої сили: 1 - стебло діаметром 5 мм; 2 - стебло діаметром 7 мм; 3 - стебло діаметром 10 мм

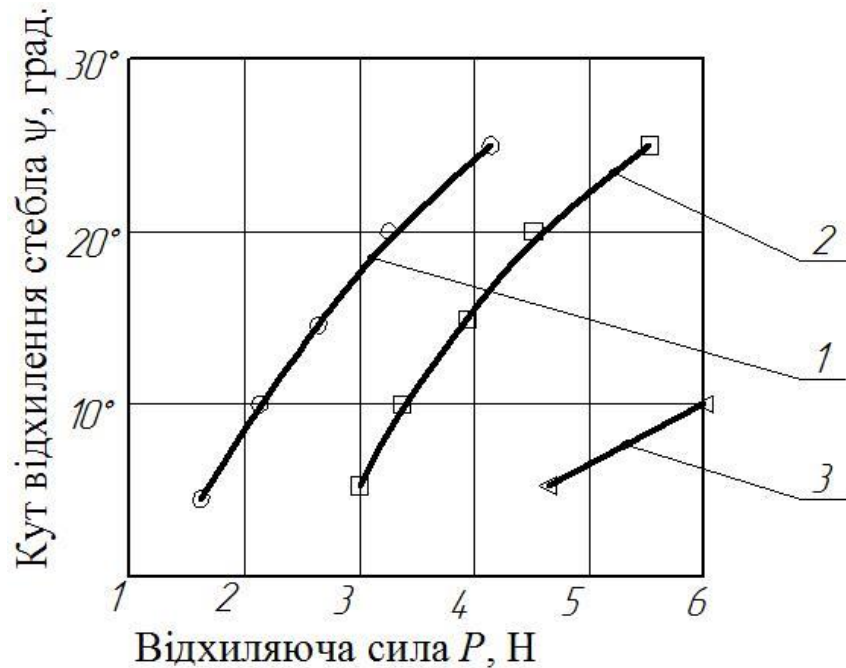


Рис. 4.8. Залежність величини кута відгину стебла лободи від відгинаючої сили: 1 - стебло діаметром 5 мм; 2 - стебло діаметром 7 мм; 3 - стебло діаметром 10 мм

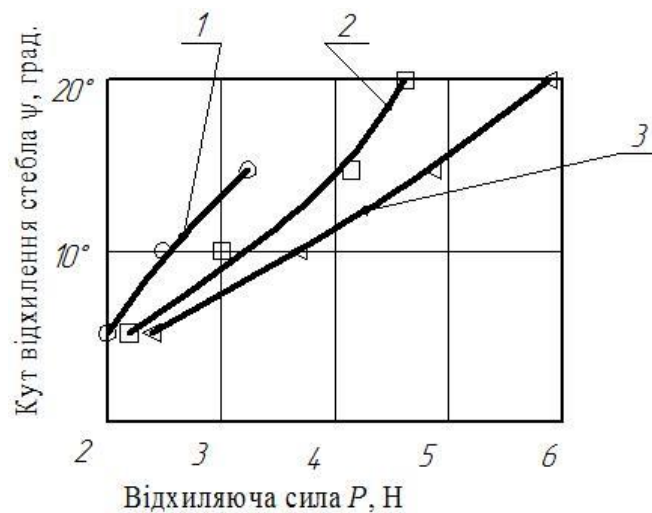


Рис. 4.9. Залежність величини кута відгину стебла очерету від відгинаючої сили: 1 - стебло діаметром 5 мм; 2 - стебло діаметром 7 мм; 3 - стебло діаметром 10 мм

Аналіз отриманого відеореяду у програмі Virtual Dub показав, що:

- 1) середня тривалість контакту барабана дослідної установки з імітатором стебла рослини склала 0,18...0,36 с у робочому діапазоні швидкостей візка ($v=0,06...0,15$ м/с);
- 2) 80%...90% часу контакту припадає на контакт з поверхнею зрізу, який переходить у лінійний лиш безпосередньо при сході рослини з барабана;
- 3) контакт поверхні зрізу з барабаном пристрою контактного нанесення забезпечується в усьому робочому діапазоні швидкостей дослідної установки.

4.2. Експериментальне оцінювання величини прискорень верхівки стерні

Згідно з результатами теоретичних досліджень, викладених у розділі 2, суттєвий вплив на величину непродуктивних втрат робочого розчину має прискорення кромки (зрізу) стебла, на якій знаходиться нанесений робочий розчин.

Як показали результати виконаних експериментальних досліджень (розділ 4., п. 4.1.), жорсткість стебел змінюється залежно від стадії розвитку бур'янів. Також встановлено, що на показник жорсткості впливає величина діаметра стебла. Зважаючи на те, що показник жорсткості впливає на пружні властивості

стебел бур'янів, можна зробити висновок, що прискорення верхівки стерні теж буде залежати від даного показника.

Нижче наведено отримані експериментальним шляхом залежності переміщення, швидкості та прискорення верхівки стерні бур'янів від часу, відлік якого проводили з моменту, який відповідав початку руху верхівки з відхиленого положення в початкове. Причому в ході відхилення стебел із вертикального положення на певний кут, який не перевищував кут зламу (величина якого була встановлена нами експериментально), сила прикладалась на різних висотах.

У результаті дослідження коливного процесу верхівки стерні лободи діаметром 6 мм, зрізаного на висоті 0,15 м, виявлено, що:

1) коливний процес верхівки стерні лободи діаметром 4...7 мм має характер затухаючих коливань і триває 0,4...0,7 с (рис. 4.10);

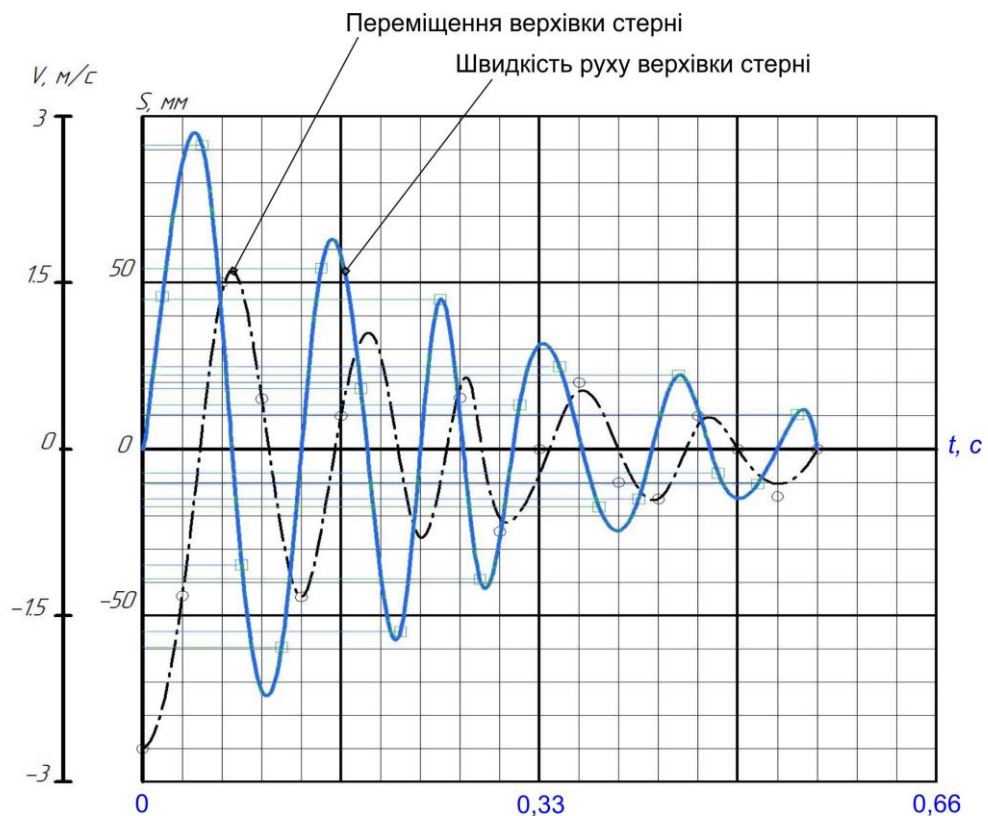


Рис. 4.10. Графіки переміщення та швидкості руху верхівки стерні лободи діаметром 6 мм, зрізаного на висоті 0,15 м

2) миттєва швидкість руху верхівки стерні лободи досягає максимального значення під час першого періоду коливання і знаходиться в межах 1,8...2,8 м/с;

3) прискорення верхівки стерні може досягти максимального значення 52...62 м/с² у перші 0,15 с (або 1...2 періоди) коливного процесу (рис. 4.11);

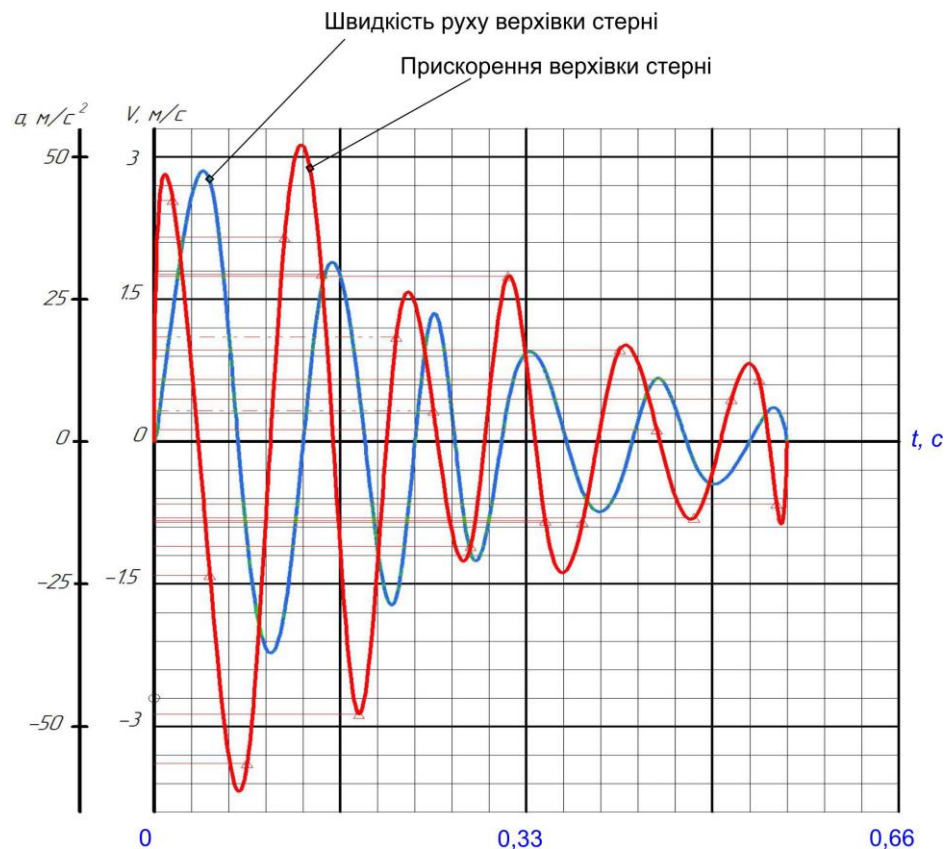


Рис .4.11. Графіки швидкості руху та прискорення верхівки стерні лободи діаметром 6 мм, зрізаного на висоті 0,15 м

4) швидкість руху та прискорення верхівки стерні не залежить від швидкості руху робочого органу.

Дослідження коливного процесу верхівки стерні лободи діаметром 6 мм, зрізаного на висоті 0,25 м, показали, що:

1) колильний процес кромки наземної частини стебла лободи діаметром 4...7 мм має характер затухаючих коливань і триває 0,4...0,7 с (рис. 4.12);

2) миттєва швидкість руху верхівки стерні лободи досягає максимального значення під час першого періоду коливання і знаходиться в межах 1,7...2,6 м/с;

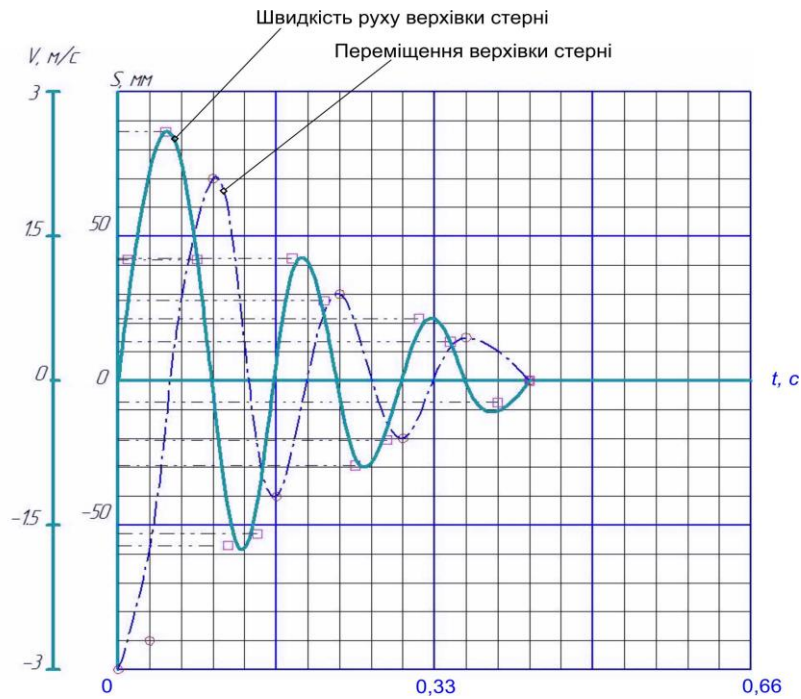


Рис. 4.12. Графіки переміщення та швидкості руху верхівки стерні лободи діаметром 6 мм, зрізаного на висоті 0,25 м

3) прискорення верхівки стерні може досягти максимального значення 32...43 m/s^2 у перші 0,15 с (або 1...2 періоди) коливного процесу (рис. 4.13);

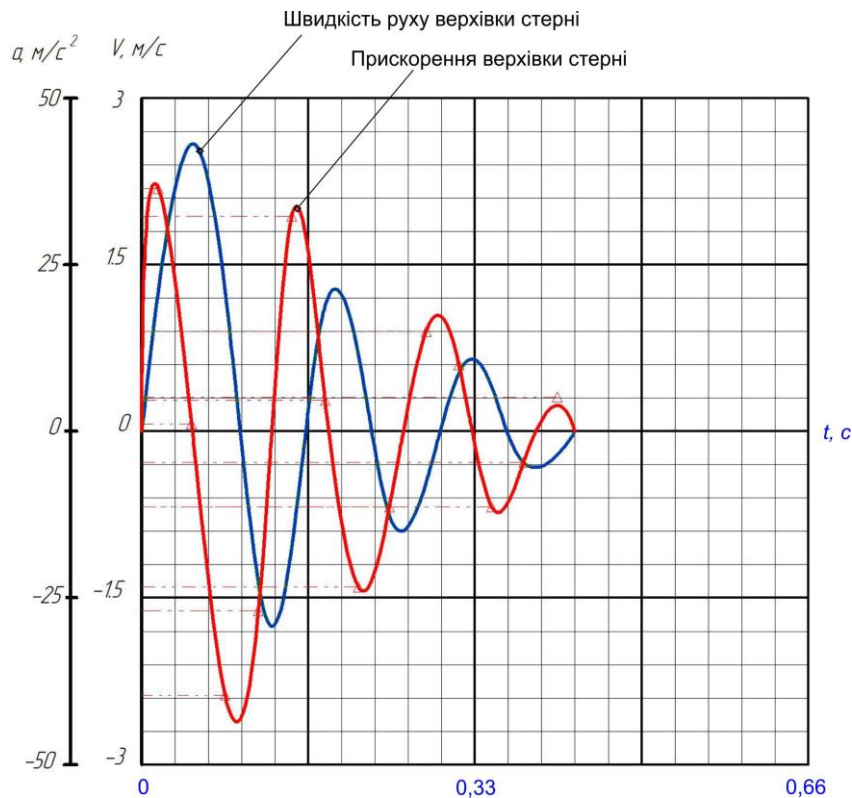


Рис.4. 13. Графіки швидкості руху та прискорення верхівки стерні лободи діаметром 6 мм, зрізаного на висоті 0,25 м

4) швидкість руху та прискорення верхівки стерні не залежить від швидкості руху робочого органу.

Враховуючи отримані результати, можна зробити висновок, що робота машини на висоті меншій 0,2 м є недоцільною, тому що прискорення при коливному процесі стебла досягають значних величин і спричиняють скидання робочого розчину зі стебла рослини.

Це у свою чергу приводить до:

- 1) потрапляння гербіциду в ґрунт;
- 2) зменшення кількості рослин, які гинуть внаслідок обробки.

4.3. Результати лабораторно-польових випробувань дослідного зразка пристрою для знищення бур'янів

Результати лабораторно-польових досліджень підтвердили здатність запропонованої конструкції контактної пристрою ефективно наносити гербіцид на зріз стебла рослин, про що свідчать результати візуального контролю якості нанесення, представлені на рис. 4.14.



Рис. 4.14. Результати візуального контролю якості нанесення на стерню бур'яна: 1 - зрізана площадка стебла бур'яна покрита робочим розчином

Було проведено дослідження роботи пристрою контактного нанесення на ділянках, густо зарослих вологолюбними бур'янами, згідно з методикою, викладеною в п. 3.9.

Ділянку було оброблено розчином ізопропіламінної солі гліфосату шляхом контактного нанесення з допомогою дослідної установки. Через 20 днів візуальний контроль показав значне пригнічення процесів життєдіяльності (рис. 4.15).

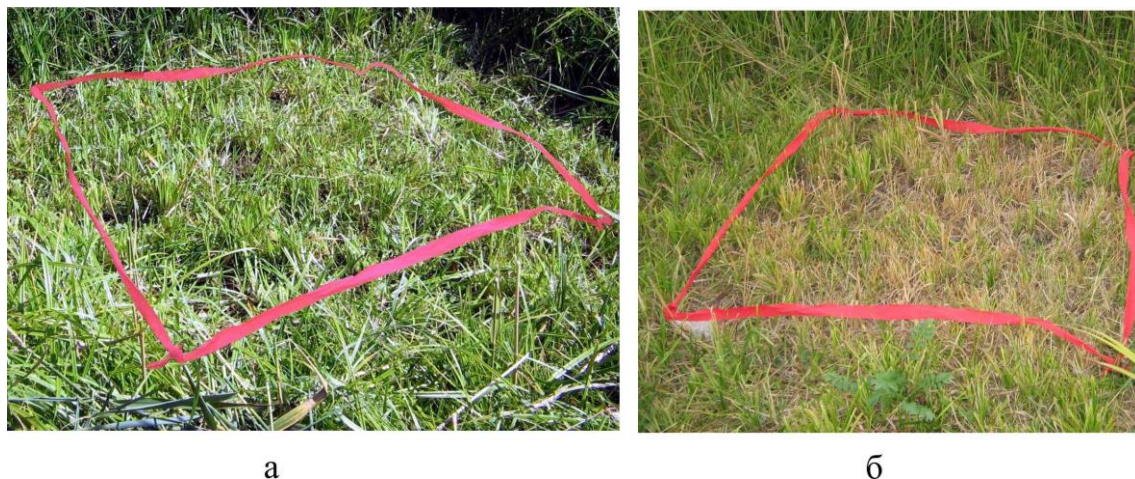


Рис. 4.15. Вигляд фрагменту дослідної ділянки до обробки (а) та на 20-й день після обробки (б).

На рис. 4.16. показано вигляд наземної частини стебла айру звичайного до та після обробки гербіцидом, з якого видно значне порушення процесів життєдіяльності та обміну речовин.



Рис. 4.16. Наземна частина стебла айру до проведення досліджень (а) та на 20-й день після контактного нанесення на стерню рослин гербіциду (б)

Для оцінки ступеня ураження кореневої системи було вилучено з ґрунту і візуально оглянуто кореневу систему однієї з знищених рослин (рис. 4.17). У результаті огляду виявлено, що із трьох найбільших відростків кореню рослини два загинули повністю, а у третього спостерігається пригнічення процесів життєдіяльності.



Рис. 4.17. Коренева система на 20-й день після обробки

У ході досліджень виявлено незначні пошкодження трав'яного покриву, причиною якого було скапування робочого розчину.

Результати експерименту було оброблено згідно з методикою, розглянутою у розділі 3 п. 3.3. із застосуванням програмного продукту MathCAD v.14.

На наступному етапі було перевірено ефективність способу контактного знищення бур'янів на сільськогосподарських угіддях згідно з методикою, викладеною в п. 3.9, спочатку було здійснено нанесення імітатора робочого розчину на стебла, перерізані під прямим кутом (рис. 4.18).

На іншій ділянці було здійснено нанесення імітатора робочого розчину на стебла, перерізані під кутом 20° ... 30° , який є раціональним згідно з проведеними дослідженнями (рис. 4.19).



Рис. 4.18. Взаємодія барабана зі стеблом, яке зрізане під прямим кутом



Рис. 4.19. Взаємодія барабана з стеблами, що мають косий зріз

Отже, втрати рідини за умови косого зрізу у порівнянні з прямим менше у 1,71 рази – згідно з теоретичними даними (див. п.2.3) і у 1,89 рази – експериментальними. Відхилення отриманих результатів становить 9,52 %.

З метою перевірки надійності утримання краплі робочого розчину на поверхні барабану і вибору раціонального матеріалу для його покриття визначали крайовий кут змочування.

У якості матеріалів нами використовували:

- гуму листову марки МБС;
- гуму листову марки 7В-14.

Товщина матеріалу обох марок становила 2 мм.

Результати виконаних досліджень наведено нижче, у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Результати визначення крайового кута змочування

№ досл.	Рідина	Середнє значення кута змочування, град.		Середнє значення кута змочування, град.	
		гума МБС	гума 7В-14	гума МБС	гума 7В-14
1	вода	59	52	57	48
2		54	43		
3		58	49		
1	10% розчин без ПАР	32	25	27	23
2		25	20		
3		24	24		
1	10% розчин з ПАР	23	17	25	16
2		27	18		
3		25	13		

Висновки до четвертого розділу

1. Експериментально встановлено залежність показника жорсткості стебел від їхнього діаметру та стадії розвитку. Виявлено, що жорсткість змінюється по висоті стебел.

2. Встановлено величину зовнішньої сили, при прикладанні якої проявляється надлом стебел рослин і вплив висоти прикладання сили на кут відгину стебла від початкового положення. Встановлені закономірності дозволяють обґрунтувати такі параметри: висоту встановлення пристрою контактного нанесення та силу взаємодії барабана зі стеблами.

3. Експериментально доведено, що ефективність технологічного процесу нанесення забезпечується за умови косоного зрізу стебел рослин. При цьому втрати

гербіциду зменшуються в середньому в 1,89 рази у порівнянні з втратами, які зафіксовано при нанесенні гербіциду на стебла з прямим зрізом.

4. Встановлено, що зріз рослин доцільно виконувати на висоті, яка не менше 0,2 м, що обумовлюється різким зростанням прискорення верхівок стебел під час їхнього переміщення з відхиленого положення у початкове. Це, в свою чергу, приводить до скидання нанесеної краплі гербіциду зі зрізу стебла.

5. Експериментально встановлено наступні характеристики робочої рідини:

– крайовий кут змочування, який становить 27° - для 10% розчину без ПАР на гумі марки МБС і 23° - марки 7В-14; 25° - 10% розчину з ПАР на гумі марки МБС і 16° - марки 7В-14;

– коефіцієнт поверхневого натягу, який становить 0,036 Н/м і 0,029 Н/м для 10% робочого розчину без ПАР та 10%робочого розчину з ПАР відповідно.

6. Встановлено, що коефіцієнти тертя за умови ковзання зрізаного стебла по гумі марки МБС становлять 0,47; 0,54; 0,50 – для осоту польового, лободи та очерету звичайного відповідно. За умови, що у якості поверхні тертя використовують гуму марки 7В-14, середнє значення коефіцієнта тертя відповідно становить 0,50; 0,57; 0,52.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

5.1. Оцінювання ефективності знищення бур'янів машиною контактної дії

У якості показника оцінювання ефективності процесу знищення бур'янів ми розглядали такий показник, як «відсоток знищених бур'янів від їхньої початкової кількості на дослідних ділянках».



Рис. 5.1. Діаграма ефективності знищення бур'янів

Знищення кореневої системи при обробці дослідних ділянок з використанням машини контактної дії спостерігалось у 92,1 % випадків.

5.2. Результати визначення номінальної витрати робочого розчину

Номінальна витрата робочого розчину визначалась згідно методики, викладеної в п.3.9 розділу 3 на дослідних ділянках площею по 0,04 га за таких умов:

- температура повітря 20° С;
- погода суха, хмарна;
- швидкість вітру до 2 м/с;

- відносна вологість повітря 65 %;
- середня густина проростання бур'янів – 255 шт/м².

Результати визначення витрати робочого розчину, наведені у табл. 5.1-5.2, показали, що середнє значення витрати робочого розчину при вихідних умовах, зазначених у п.3.9, складає 21,33...23,67 л/га.

Таблиця 5.1.

Результати визначення витрати робочого розчину (досліди 2025 року)

Період	№ ділянки	Початковий об'єм $V_{поч}$, л	Кінцевий об'єм $V_{кінц}$, л	Площа ділянки S , га	Витрата робочого розчину Q , л/га	Середнє значення витрати $Q_{сер}$, л/га	Середнє значення витрати за рік $Q_{сер}$, л/га
1	1	2	1,12	0,04	22	23,67	22,22
	2	2	1		25		
	3	2	1,04		24		
2	1	2	1,16	0,04	21	21,67	
	2	2	1,2		20		
	3	2	1,04		24		
3	1	2	1,16	0,04	21	21,33	
	2	2	1,2		20		
	3	2	1,08		23		

Таблиця 5.2.

Результати визначення витрати робочого розчину (досліди 2024 року)

Період	№ ділянки	Початковий об'єм $V_{поч}$, л	Кінцевий об'єм $V_{кінц}$, л	Площа ділянки S , га	Витрата робочого розчину Q , л/га	Середнє значення витрати $Q_{сер}$, л/га	Середнє значення витрати за рік $Q_{сер}$, л/га
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	2	1,10	0,04	22,40	23,40	22,82
	2	2	1,02		24,60		
	3	2	1,07		23,20		

Продовження таблиці 5.2.

1	2	3	4	5	6	7	8
2	1	2	1,12	0,04	22,10	22,70	
	2	2	1,17		20,80		
	3	2	0,99		25,20		
3	1	2	1,16	0,04	20,90	22,37	
	2	2	1,05		23,70		
	3	2	1,10		22,50		

5.3. Оцінка втрат робочого розчину

Проведені експерименти показали, що непродуктивні втрати робочого розчину мають місце при:

- різкому старті-зупинці обертання барабана, насиченого робочим розчином;
- роботі під уклоном;
- взаємодії з стеблами великої жорсткості при кутах відгину більше 40°.

На основі отриманих результатів надані рекомендації:

- для уникнення втрат робочого розчину при початку руху з насиченим робочим розчином барабаном, необхідно застосовувати схеми для плавного пуску приводного електродвигуна барабана;
- для уникнення втрат при роботі установки під уклоном, потрібно передбачити в конструкції робочого органу вловлювачі невикористаного робочого розчину на кінцях барабана пристрою контактного нанесення;
- для уникнення втрат при взаємодії з жорсткими стеблами потрібно мінімізувати вплив факторів, при яких ці втрати виникають. Втрати при роботі з жорсткими стеблами залежать від прискорення кінця стебла, яке в свою чергу залежить від висоти обробки і кута відгину;
- для забезпечення екологічної ефективності роботи машини потрібно вибрати такі режими роботи машини і таку висоту обробки, при якій непродуктивні втрати будуть мінімальні.

5.4. Енергетична оцінка технологічного процесу знищення бур'янів

Енергетичну оцінку технологічного процесу знищення бур'янів проводили у відповідності з методикою енергетичного аналізу технологічних процесів у сільськогосподарському виробництві [12]. Згідно з цією методикою під час енергетичної оцінки виробництва співставлення енергії, витраченої в процесі виробництва, з енергією, що міститься в кінцевому продукті, не проводять.

Енергомісткість технології знищення бур'янів визначали в розрахунку на один гектар за формулою

$$E = E_n + E_{жс} + E_{зм} + E_з, \quad (5.1)$$

де E – енергетичні витрати на одиницю площі, МДж/га

E_n – енергетичні витрати, пов'язані з витратою палива і електроенергії на польові роботи, МДж/га;

$E_{жс}$ – енергетичні витрати живої праці, МДж/га;

$E_{зм}$ – енергомісткість засобів механізації, МДж/га;

$E_з$ – енергоємність приміщень, де розміщене обладнання, МДж.

Прямі витрати енергії визначали за формулою

$$E_n = H_m(Q_m + F_m) + H_e(K_e + F_e), \quad (5.2)$$

де H_m, H_e – витрата палива і електричної енергії на 1 га;

Q_m – енерговміст палива, МДж/га;

F_m – витрати енергії на виробництво палива, МДж/кг;

K_e – коефіцієнт перекладу одного кВт*год електроенергії в МДж;

F_e – витрати енергії на виробництво 1 кВт*год електроенергії, МДж.

Енергетичні витрати живої праці визначали у відповідності з його витратами на виконання збиральних робіт і енергетичними еквівалентами.

Енергоємність засобів механізації $E_{зм}$ у розрахунку на один гектар визначали як суму показників по окремим технічним засобам (трактор і обладнання для знищення бур'янів).

Показники енергоємності по кожному окремому технічному засобу розраховували за формулою

$$E_{зм} = \frac{M_{зм} A_{зм} A_{ема} A_{смп}}{100 \cdot T_n}, \quad (5.3)$$

де $M_{зм}$ – маса засобу механізації, кг;

$A_{зм}$ – енергетичний еквівалент технічного засобу, МДж/кг;

$A_{сма}$ – амортизаційні відрахування, %;

T_n – нормативне річне завантаження, га;

$A_{смп}$ – відрахування на ремонт, %.

Енергетичний еквівалент виробничих приміщень, де встановлено обладнання

$$E_з = \frac{A_з F_з A_{за}}{100 \cdot T_{зн}}, \quad (5.4)$$

де $A_з$ – енергетичний еквівалент виробничого приміщення, МДж/м²;

$F_з$ – площа виробничого приміщення, м²;

$A_{за}$ – амортизаційні відрахування, %;

$T_{зн}$ – площа обробітку (середньорічна величина), га.

Розрахунки проводились для пристрою контактного нанесення Rotoviper LMU-290 [13], дослідного зразка пристрою контактного нанесення ОШУМ-3 варіант 1 [16] та запропонованої машини. Показники енергоємності різних варіантів виконання технологій знищення бур'янів наведено на рис. 5.1. У межах кожного варіанту розрахунок виконано для рушія та робочих органів.

Енергетичні еквіваленти виробничих матеріальних ресурсів і ресурсів праці обрано згідно рекомендацій [14, 19].

Характер розподілу енерговитрат за технологічними операціями та видами ресурсів, що витрачаються, показано на рис. 5.2.

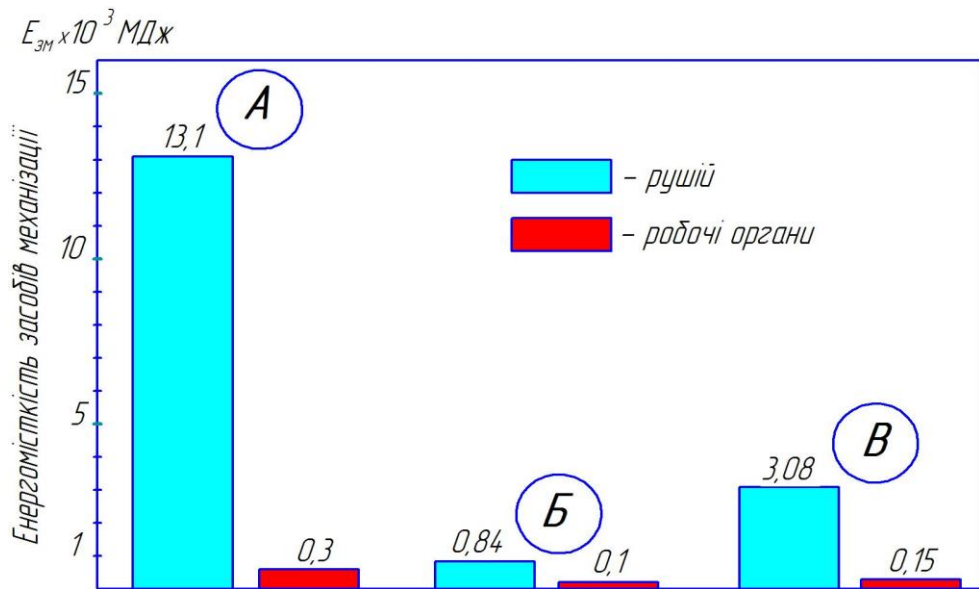


Рис. 5.1. Енергомiсткiсть по технiчним засобам: LMU-290 (А); пристрiй ІМЕСГ ОШУМ-3 варіант 1(Б); запропонована машина (В)

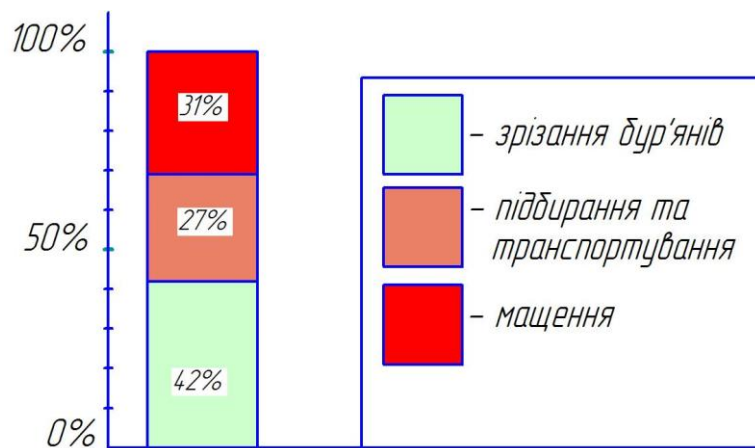


Рис. 5.2. Характер питомих енерговитрат (МДж) по технологiчним операціям

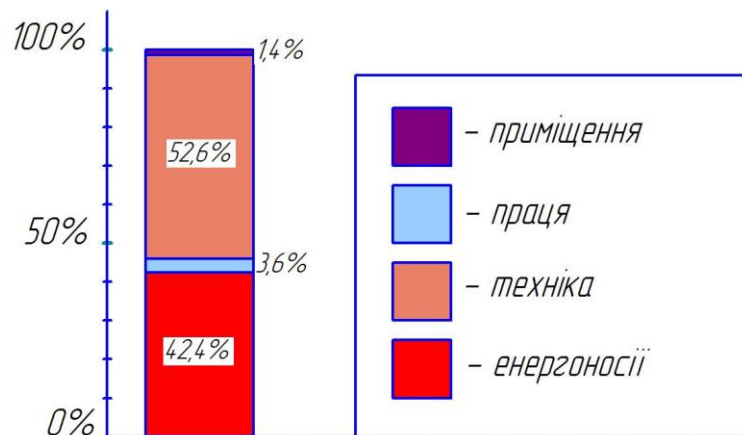


Рис. 5.3. Характер питомих енерговитрат за ресурсами, які витрачаються

5.5. Визначення потужності на переміщення робочого органу машини контактної дії

Потужність на переміщення у загальному випадку виглядає так

$$N = FV_m, \quad (5.5)$$

де F – загальний опір переміщенню, Н;

V_m – швидкість руху машини, м/с.

Загальний опір переміщенню рівний

$$F = F_n + F_k, \quad (5.6)$$

де F_n – зусилля опору переміщення пальцевого бруса по стерні, Н;

F_k – зусилля опору переміщення барабана, Н.

Зусилля опору переміщення пальцевого бруса по стерні згідно з [12] знаходять за виразом

$$F_n = f(Q_1 + Q_2) + BT_n, \quad (5.7)$$

де f – коефіцієнт тертя пальцевого бруса по ґрунту;

Q_1 – зусилля тиску на ґрунт внутрішнього башмака, Н;

Q_2 – зусилля тиску на ґрунт зовнішнього башмака, Н;

B – ширина захвату, м;

T_n – питомий опір проникненню різального апарата у смугу стеблостою, Н/м.

У випадку встановлення відхиляючої планки вираз (5.3) буде виглядати так

$$F_n = f(Q_1 + Q_2) + B(T_n + T_{en}), \quad (5.8)$$

де T_{en} – питомий опір руху відхиляючої планки, Н/м.

Для визначення зусилля опору переміщення контактної пристрою робимо припущення, що:

- 1) рослини рівномірно розподілені по площі;
- 2) кількість рослин, що одночасно контактують з барабаном, рівна m .

Звідси

$$F_k = PBm, \quad (5.9)$$

де P – відгинаюча сила для однієї рослини, Н.

Згідно п.2.5 розділу 2 відгинаюча сила рівна

$$P = \frac{2EI}{H_2^2} \sin \psi (1 + f \operatorname{tg} \psi), \quad (5.10)$$

де EI – жорсткість стебла рослини;

H_2 – висота встановлення барабана, м;

f – коефіцієнт тертя;

ψ – кут відхилення, °.

Тоді вираз (5.6) з врахуванням (5.8)-(5.10) буде виглядати так

$$F = f(Q_1 + Q_2) + B(T_n + \frac{2EI \cdot m}{H_2^2} \sin \psi (1 + f \operatorname{tg} \psi)) \quad (5.11)$$

Цей вираз є формулою для визначення загального опору переміщенню робочих органів машини контактної дії.

5.6. Розрахунок економічної ефективності

Розрахунок економічної ефективності від експлуатації обладнання комбінованої дії для боротьби з бур'янами проводили згідно з методикою [15, 16].

Виходячи з експлуатаційних показників роботи базового та нового обладнання, цін на сільськогосподарську техніку, паливно-мастильні матеріали [17] та інше, формували таблицю вихідних даних (табл. 5.3) для розрахунку економічної ефективності спеціалізованої техніки.

Розрахунок економічної ефективності проводився на персональному комп'ютері з використанням програмного продукту Matchcad. Вихідні дані вводились у робочому листі програми в пам'ять ЕОМ, а обраховані показники економічної ефективності виводились на друк. Розрахунок проводили на фоні порівняння однотипних характеристик для пропонованої машини і еталонної. Основною передумовою для отримання економічного ефекту є покращення

показника ефективності роботи обладнання за рахунок зменшення кількості обробок поля з чотирьох до однієї за сезон.

Таблиця 5.3

Вихідні дані для проведення розрахунків показників економічної ефективності

№ п/п	Назва показників, одиниця вимірювання	Базова машина Rotowiper TCC-180G	Нова техніка машина для знищення бур'янів на базі трактора МТЗ-82
1	2	3	4
1.	Тип пристрою	навісний	навісний
2.	Маса машини загальна, кг	4100	4200
3.	Трактор	МТЗ-82	МТЗ-82
4.	Потужність двигуна, кВт (к.с.)	60 (81)	60 (81)
5.	Годинна технічна продуктивність, га/год	1,08	1,08
6.	Загальна кількість м-год праці в рік	960	960
7.	Кількість обслуговуючого персоналу та його розряд	Машиніст трактора V розр. – 1; Всього 1 чол.	Машиніст трактора V розр.–1; Всього 1 чол.
8.	Оптово-відпускна ціна, грн: в т.ч. тракторів обладнання	964500 524000 440500	552700 524000 28700

Розрахунок економічної ефективності проведений в середніх цінах на кінець 2025 року. Всі проведені розрахунки по кошторисній собівартості машино-години зведено у таблицю 5.4.

Таблиця 5.4.

Кошторисна калькуляція собівартості маш-год

Статті витрат	Сума на машино-годину	
	Базова техніка	Нова техніка
1. Одноразові витрати, E_2 в тому числі зарплата, $Z_{од}$	0,8 0,4	0,8 0,4
2. Амортизаційні витрати, A_2	77,12	47,13
3. Поточні експлуатаційні витрати – всього: ($Z_{м.е.} + C_{тр.} + C_{нал.} + C_{д.м.}$), $C_{н.е.в.}$	4010,09	4010,09
В т.ч.: а) основна зарплата, $Z_{осн}$	160,3	160,3
б) додаткова зарплата, $Z_{дод}$	40,07	40,07
в) нарахування соцстраху, $Z_{нар}$	0,9	0,9
Всього зарплата з нарахуваннями: $Z_{заг.} = Z_{осн.} + Z_{дод.} + Z_{нар.}$, $Z_{заг}$	210,27	210,27
г) ТО і поточний ремонт, $C_{тор}$	20,55	20,55
в тому числі зарплата, $Z_{тор}$	0,53	0,53
д) паливо і енергетичні ресурси, $C_{нал}$	2790,46	2790,46
е) допоміжні і мастильні матеріали, $C_{д.м.}$	970,81	970,81
Всього прямих витрат, ($E_2 + A_2 + C_{н.е.в.}$), $C_{н.з.}$	4790,01	4490,02
в тому числі зарплата, $Z_{н.з.}$	220,20	220,20
4. Накладні витрати – всього, $C_{н.в.}$	520,34	490,34
Підсумкова кошторисна собівартість машино- години ($C_{н.з.} + C_{н.в.}$), $S_{м.г.}$	5310,36	4980,37

Всі розрахунки основних техніко-економічних показників зведено в табл. 5.5.

Таблиця 5.5

Результати розрахунку техніко-економічної ефективності впровадження в народне господарство нової техніки

Найменування показників	Позначення	Одиниці вимірювання	Значення показників	
			Базова техніка	Нова техніка
1	2	3	4	5
Основні показники:				
1. Капітальні вкладення	$C_{i.p.}$	грн.	577300	352800
2. Питомі капітальні вкладення	$K_{пит}$	грн/га	742,37	453,67
Трудові витрати:				
3. Трудоемність машино-години	$T_{м-г}$	$\frac{люд - год}{м - год}$	1,4	1,4
4. Трудоемність одиниці роботи	$T_{од.р.}$	$\frac{люд - год}{га}$	1,73	1,73
5. Виробіток на людино-годину	$V_{люд.год.}$	$\frac{га}{люд - год}$	0,467	0,467
6. Ріст продуктивності праці	%			
7. Річний економічний ефект по витратам праці	$E_{річ}$	люд		
Грошові витрати:				
8. Собівартість маш/год	$S_{м.г.}$	грн.	5310,36	4980,37
9. Собівартість одиниці роботи	$S_{од.роб.}$	грн/га	6550,99	6150,27
10. Річний економічний ефект	$E_{річ}$	грн.		65340
Додаткові показники:				
11. Питома енергоємність	$E_{пит}$	кВт/га	55,6	55,6
12. Ступінь зменшення питомої енергоємності	$C_{ен}$	%	0	
13. Питома металоємність	$M_{пит}$	кг/га	5062	5185
14. Ступінь зменшення питомої металоємності	$C_{мет}$	%	2,4	

Висновки до п'ятого розділу

Отримані результати підтверджують доцільність виконаних досліджень, в результаті яких обґрунтовано параметри обладнання комбінованої дії, що дало змогу зменшити затрати на знищення бур'янів.

Очікуваний річний економічний ефект від експлуатації нової машини склав 65340 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

У роботі вирішено науково-практичне завдання підвищення ефективності процесу знищення бур'янів за рахунок використання машини контактної дії запропонованої конструкції та розроблення теоретичних основ її функціонування.

1. В процесі проведеного аналізу способів знищення бур'янів та обладнання, яке при цьому застосовують, встановлено, що для знищення бур'янів в останні роки набирає поширення контактний спосіб, який дозволяє: уникнути втрат на знесення вітром (у порівнянні з обприскуванням); звести до мінімуму втрати на скапування та випаровування; знищувати високорослі бур'яни, не завдаючи шкоди низькорослим рослинам; зменшити витрату робочого розчину; уникнути використання дорогих гербіцидів вибіркової дії; уникати забруднення культурних рослин хімікатами.

2. Процес знищення бур'янів у першому наближенні представлено як поступовий, що здійснюється внаслідок одночасного зрізання стебел бур'янів, виводу зрізаної маси, нанесення контактним способом на зрізи рослин розчину гербіциду. Отримана математична модель процесу знищення бур'янів, яка дозволяє оцінити інтенсивність його здійснення залежно від конструкції та режимів експлуатації обладнання.

3. Аналітичні дослідження процесу утримання краплі рідини на зрізі рослини дозволили встановити взаємозв'язок між складовими цього процесу (радіус краплі рідини, який утримується на зрізі, кут зрізу, кут нахилу ріжучого апарату). Встановлено, що раціональний кут зрізу $30^{\circ}\dots 35^{\circ}$ відповідає максимальному значенню радіуса краплі рідини майже у всьому діапазоні зміни кута ψ відхилення осі бур'янів під впливом робочих органів машини контактного способу нанесення гербіциду.

4. Обґрунтовано математичну залежність, яка розкриває зв'язок радіуса барабана машини контактного способу нанесення гербіциду з його кутовою швидкістю. Враховуючи, що барабан виготовлено зі сталеві труби, обгорнутої

гумою товщиною 2 мм, з урахуванням, що робоча рідина не стікає на ґрунт з поверхні барабана рекомендовано:

- за умови застосування гербіциду без додавання поверхнево активних речовин радіус барабана приймати 0,02-0,04 м, кутову швидкість його обертання 6-8 с⁻¹ ;

- за умови додавання поверхнево активних речовин кутова швидкість обертання повинна становити 2,5-3,5 с⁻¹.

Обґрунтовано висоту встановлення барабана залежно від умов його взаємодії з рослинним матеріалом. Раціональною є установка барабана контактної пристрою на 0,02...0,028 м нижче висоти зрізання наземної частини рослини, починаючи з фази активної вегетації і до початку фази старіння.

5. Експериментальними дослідженнями встановлено, що виконувати процес знищення бур'янів контактним способом необхідно у період, коли діаметри їхніх стебел знаходяться у межах 5...7 мм, що відповідає фазі активної вегетації бур'янів. Ефективність технологічного процесу забезпечують за умови косої зрізу стебел рослин, що, як виявили в процесі експериментального дослідження, зменшує втрати робочої рідини на ґрунт в 1,89 рази у порівнянні з втратами, які зафіксовано при нанесенні гербіциду на стебла з прямим зрізом.

6. У ході проведення польових випробувань машини контактної дії встановлено, що витрата розчину гербіциду при щільності проростання бур'янів 255 шт/м² становить 22,7 л/га, ефективність процесу, оцінена кількістю знищених бур'янів, вираженою у відсотках, становить, в середньому за роки дослідження, 92,1 %.

7. Річний економічний ефект від застосування машини контактної дії становить 65340 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабій А. В. Оптимізація конструктивних параметрів опор бака спеціального малогабаритного обприскувача: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.11 – «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва». Тернопіль, 2005. 18 с.
2. Барановський О. С., П'ятаченко В. І. Дослідження процесу пневматичного осадження краплин при обприскуванні. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2006. Вип. 90. С. 203-211.
3. Барановський О. С., Марченко В. В. Механіко-технологічні засади ефективності застосування пестицидів при обприскуванні. Аграрна техніка та обладнання. 2008. № 4 (5). С. 34-38.
4. Бундза О. З., Нікітін В. Г. Вплив жорсткості стебла рослини на роботу пристрою контактного мащення. Енергоощадні машини і технології: тези доповідей II Міжнародної науково-технічної конференції. Київ : Київський національний університет будівництва і архітектури, 2015. 163 с.
5. Бундза О. З., Нікітін В. Г. Дослідження процесу взаємодії барабана контактної пристрою із стеблом рослини : тези V всеукраїнської науково-практичної конференції «Інноваційні технології в АПК». Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2015. С. 87-89.
6. Бундза О. З. Дослідження пружних властивостей стебел бур'янів індукційним методом. «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» : матеріали XXII Всеукр. конф.-семінару аспірантів, докторантів та здобувачів у галузі аграрної інженерії (Глеваха, 21 – 23 травня 2014) / Національна Академія аграрних Наук України, Національний науковий центр «ІМЕСГ». Глеваха. 2014. Вип. 99. Том 2. С. 211-215.
7. Бундза О. З. Результати дослідження ресурсозберігаючої технології знищення бур'янів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Збірник наукових праць / ДНУ «Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого». Дослідницьке, 2013. Вип. 17(31) кн.2. с. 97-101.
8. Бундза О. З. Ресурсозберігаюча технологія знищення бур'янів і засіб для її відтворення. Механізація та електрифікація сільського господарства: Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Глеваха, 2013. Вип. 98. Т. 2. С. 427-433.

9. Войтюк Д. Г., Онищенко Б. В. Обґрунтування установки для експериментальних досліджень процесу осідання краплини при роботі обприскувача. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. Київ : НУБіП, 2010. вип.144 ч.1. С. 125-129.
10. Войтюк Д. Г., Онищенко В. Б. Теоретичні дослідження процесу осідання краплі змінної маси у відкритому просторі : збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. 2012. №11. Т. 2 (66). с. 312-317.
11. Вплив осаджаючого повітряного потоку на зменшення знесення розпиленних крапель / В. В. Ратушний та ін. Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 97, 2013. с. 349-357.
12. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Міністерство екології та природних ресурсів України. URL : <http://www.menr.gov.ua/control/control5>. (дата звернення 04.06.2025).
13. Довідник із пестицидів / М. П. Секун та ін. Київ : Колобіг, 2007. 360 с.
14. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Машини для захисту рослин від шкідників і хвороб. Харків : Око, 2002. Т.1 (44). 272 с.
15. Іванілов О. С. Економіка будівництва: навч. посібник : за ред. О. С. Іванілова. Харків : Вища школа, 2011. 584 с.
16. Ковбаса В. П., Швайко В. М., Гуцол О. П. Механіка сільськогосподарських матеріалів та середовищ : навч. посібник : за ред. проф. Ковбаси В. П. Ніжин : Видавець ПП Лисенко М. М., 2015. 536 с.
17. Лабораторна робота по визначенню коефіцієнта тертя ковзання. URL : <http://5terka.com/node/6978>.
18. Лабораторні роботи з молекулярної фізики. URL : <http://www.studfiles.ru/preview/1763949/page:3/>. (дата звернення 04.11.2023).
19. Машини для захисту рослин. URL : http://www.maschio.com/catalog/category/concimazione-irrigazione-e-trattamento/uk_UA.
20. Мележик О. І. Покращення дисперсності розпилення пестицидів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва». Київ : Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2010. 20 с.
21. Метод визначення крайового кута змочування. URL : <http://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1605/zmochuvannya>. (дата звернення 04.10.2025).

22. Методи визначення кутів змочування. URL : http://studopedia.su/14_17451_metodi-opredeleniya-uglov-smachivaniya.html. (дата звернення 04.10.2025).
23. Налобіна О. О. Прогнозування якості процесу знищення небажаної рослинності із застосуванням нейросіткових методів. Вісник Національного університету водного господарства та природокористування: Збірник наукових праць. 2014. Вип. 1(65). С. 217-222.
24. Нікітін В. Г., Бундза О. З. Аналіз стану меліоративних каналів. Вісник Національного університету водного господарства: Збірник наукових праць. 2006. Вип. 2(34). С. 119-125.
25. Нікітін В. Г., Бундза О. З. Дослідження процесу утримання сегменту рідини на зрізі рослини. Сільськогосподарські машини: Збірник наукових статей. Луцьк, 2013. вип.24. С. 35-39.
26. Нікітін В. Г., Бундза О. З. Начіпне обладнання комбінованої дії для зведення небажаної рослинності. Вісник ХНАДУ. Харків, 2012. Вип. 57 С. 185-187.
27. Онищенко Б. В. Обґрунтування розпилювального пристрою обприскувача з ступеневим регулюванням дисперсності розпилення : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва». Київ. 2011. 19 с.
28. Паламарчук П. В. Оцінка процесів навантаженості та роботоздатності елементів металоконструкцій вентиляторних обприскувачів класу ОВП-2000 : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва». Тернопіль, 2010. 18 с.
29. Патент 29632 Україна (UA), МПК (2006) А 01 М 21/00 . Обладнання для зведення рослинності та бур'янів. (Україна) ; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування (Україна). № u200707855; заявл. 12.07.2007; опубл. 25.01.2008 р. Бюл. №2.
30. Патент 47259 Україна (UA), МПК (2009) А 01 М 21/00 . Обладнання для зведення рослинності та бур'янів. (Україна) ; заявник і власник патенту Національний університет водного господарства та природокористування (Україна). № u200907517; заявл. 17.07.2009; опубл. 25.01.2010 р. Бюл. №2.
31. Іванишин В. В., Рудь А. В., Грушецький С. М. Технічне обслуговування машин і обладнання : підручник. Кам'янець-Подільський : ЗВО «ПДУ» : ТОВ «Друкарня «Рута».», 2023. 360 с.

32. Експлуатація машин і обладнання : навч. посіб. / І. М. Бендера та ін. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин Я.І., 2013. 576 с.
33. Експлуатація машин і обладнання : навч. посіб. / М. А. Ружицький, В.І. Рябець, В. М. Кіяшко та ін. Київ : Аграрна освіта, 2010. 617 с.
34. Лудченко О. А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів : технологія : підручник. Київ : Вища школа, 2007. 527 с.
35. Мельника І. І. Практикум із машиновикористання в рослинництві : навч. посіб. Київ : Кондор, 2004. 284 с.
36. Лімонт А. С. та ін. Практикум з машиновикористання в рослинництві. Київ : Кондор, 2009. 280 с.
37. Павліський В. М., Нагірний Ю. П., Мельник І. І. Проектування технологічних систем рослинництва : навч. посіб. Тернопіль : Збруч, 2003. 264 с.
38. Проектування механізованих технологічних процесів у рослинництві : навч. посіб. / І. М. Бендера та ін. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2011. 556с.
39. Основи механізації сільськогосподарського вирощування : навч. посіб. / І. І. Ріпка та ін. Львів : ЛНАУ, 2013. 224 с.
40. Головчук А. Ф., Лімонт А. С., Бондаренко М. Г. Машиновикористання та екологія довкілля. Київ : Грамота, 2007. 360 с.
41. Квашук О. В. Сучасні інтенсивні технології вирощування сільськогосподарських культур. Кам'янець-Подільський : Абетка, 2008. 482 с.
42. Технічний сервіс в АПК : навч. посіб. / С. М. Грушецький та ін. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин Я. І., 2014. 680 с.
43. Технологія технічного обслуговування машин : навч. посіб. / Бендера І. М., Грушецький С. М., Роздорожнюк П. І., Михайлович Я. М. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О. В., 2010. 320 с.
44. Гуцул В. В., Грушецький С. М. Аналіз конструкцій робочих органів машин для знищення бур'янів контактним способом. *Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь* : матеріали ІХ Міжнар. наук.-прак. конф., м. Житомир, 5 квіт. 2023 р. Житомир : АТК, 2023. С. 155-157.

45. Гуцул В. В. Конструкція машини для знищення бур'янів контактною дією. *Перші наукові кроки – 2023* : збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців (14 квітня 2023 р., м. Кам'янець-Подільський). Кам'янець-Подільський, 2023. С. 21.
46. Грушецький С. М., Корчак М. М., Гуцул В. В., Овчарук О. В. Схеми машин для знищення бур'янів контактним способом // *Тенденції та виклики сучасної аграрної науки: теорія і практика. Присвячена 125-річчю кафедри рослинництва НУБПІ України матеріали V міжнародної науково-практичної онлайн конференції (м. Київ, 25-27 жовтня 2023 р.)* / НУБПІ України, 2023. С. 237-240.
47. Гаврюшенко Д. В. Робочі органи машини контактної дії для знищення бур'янів. *Перші наукові кроки – 2025: збірник наукових праць XIX Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців (17 квітня 2025 р., м. Кам'янець-Подільський)*. Кам'янець-Подільський, 2025. С. 25.
48. *Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського вирощування* : підручник. В 2 т. Т. 1 / А. В. Рудь та ін. Київ : Агроосвіта, 2012. 584 с.
49. *Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського вирощування* : підручник. В 2 т. Т. 2 / А. В. Рудь та ін. Київ : Агроосвіта, 2012. 432 с.
50. Левицька Ю. О. та ін. *Основи агрономії*. Київ : Аграрна освіта, 2008. 382 с.
51. Кравченко М. С. Томашевський З. М. *Практикум із землеробства*. Київ : Мета, 2003.
52. Мельник А. В. *Агробіологічні особливості вирощування соняшнику та ріпаку ярового в умовах Північно-Східного Лісостепу України. Аналітичний огляд та результати дослідження* : монографія. Суми : Унів. кн., 2007. 228 с.
53. *Типові норми продуктивності і витрати палива на передпосівному обробітку*. Київ : НДІ Укראгропромпродуктивність, 2005. 672 с.
54. *Типові норми продуктивності і витрати палива на сівбі, садінні і догляді за посівами*. Київ : НДІ Укראгропромпродуктивність, 2005. 424 с.
55. Пастухов В. І *Довідник з машиновикористання в землеробстві* : навч. посіб. Харків : Веста, 2001. 344 с.

56. Саблук П. Т. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур. ННЦ Інститут аграрної економіки, 2005. 292 с.
57. Іванишин В. В., Рудь А. В., Грушецький С. М. Машини та обладнання в тваринництві : підручник. Кам'янець-Подільський : ЗВО «ПДУ» : ТОВ «Друкарня «Рута», 2022. 468 с.
58. Машини і обладнання для тваринництва. / І. І.Ревенко, та ін. Ніжин : видавець ПП Лисенко М. М., 2016. 584 с.
59. Машини та обладнання для тваринництва : посібник-практикум / І. І. Ревенко та ін. Київ : Кондор, 2011. 396 с.
60. Проектування сільськогосподарських машин : навч. посіб. для виконання курсових проектів з розробки сільськогосподарської техніки при підготовці фахівців напряму 6.100202 «Процеси, машини та обладнання агропромислового вирощування». 2-ге видання доп. і перероб. І. М. Бендера, та ін. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О. В., 2011. 640 с.
61. Експлуатація машин і обладнання : підручник / Іванишин В. В., Лабазюк П. П., Рудь А. В., Грушецький С. М. Заклад вищої освіти «Подільський державний університет». Кам'янець-Подільський : ТОВ «Друкарня «Рута», 2024. 600 с.
62. Методичні рекомендації до виконання та оформлення дипломної роботи для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності Н7 «Агроінженерія» / Ю.І. Панцир, А.В. Рудь, В.І. Дуганець, В.І. Дуганець, Л.С. Шелудченко, С.М. Грушецький, С.П. Комарніцький. За ред. В.І. Дуганця. Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2025. 52 с.

ДОДАТОК А



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
 ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
 КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ І СИСТЕМОТЕХНІКИ
 ІМЕНІ МИХАЙЛА САМОКИША

**Кваліфікаційна робота****на тему:**

**«РОЗРОБКА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МАШИНИ
 КОНТАКТНОЇ ДІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗНИЩЕННЯ
 БУР'ЯНІВ»**

здобувач вищої освіти освітнього ступеня «магістр»
 освітньо-професійної програми «Агроінженерія»
 спеціальності 208 «Агроінженерія» денної форми навчання
ГАВРЮШЕНКО Дмитро Васильович

Науковий керівник:
 кандидат технічних наук, доцент
ГРУШЕЦЬКИЙ Сергій Миколайович

м. Кам'янець-Подільський, 2025 р.

2**МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Метою дослідження є підвищення ефективності процесу знищення бур'янів шляхом розробки та обґрунтування параметрів машини контактної дії.

Об'єкт дослідження: технологічний процес знищення бур'янів і робочі органи машини контактної дії.

Предмет дослідження: закономірності зміни параметрів робочих органів машини контактної дії для знищення бур'янів.

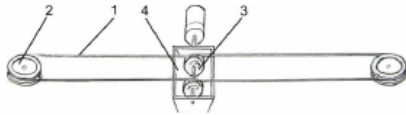
Основні завдання досліджень:

1. Проаналізувати способи знищення бур'янів, обладнання, яке при цьому застосовується, та визначити напрямки його вдосконалення.
2. Дослідити закономірності зміни оцінюючих показників якості процесу знищення бур'янів.
3. Теоретично обґрунтувати умову утримання краплі робочого розчину гербіциду на зрізі стебел бур'янів.
4. Встановити аналітичні залежності для визначення радіусу барабана машини та його кутової швидкості, а також обґрунтувати відносне положення ріжучого апарату та барабану машини контактної дії.
5. Розробити методики проведення експериментальних досліджень, обладнання та експериментальну машину.
6. Провести експериментальні дослідження та оцінити ефективність процесу знищення бур'янів залежно від параметрів робочих органів і фізико-механічних параметрів бур'янів.
7. Провести польові випробування розробленої машини та оцінити її роботу.

КОНСТРУКЦІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ ЗНИЩЕННЯ БУР'ЯНІВ

Шнурового типу

Робочий орган машини для контактного нанесення гербіциду США



1 – шнур; 2 – натяжні ролики;
3 – привідні ролики; 4 – ванна з розчином гербіциду

Барабанного типу конструкції ЗФ ННЦ ІМЕСГ

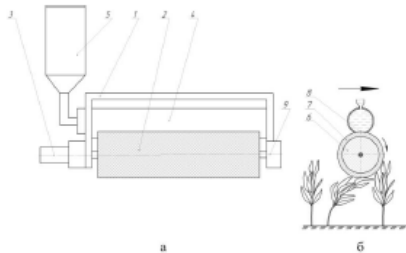
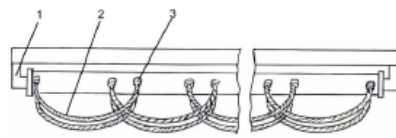


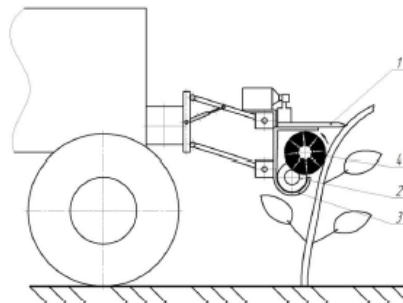
Схема пристрою для контактного нанесення хімікатів на рослини (а) та схема роботи (б): 1 – рама; 2 – контактний валик; 3 – привод; 4 – живильний резервуар; 5 – місткість для хімікатів; 6 – пористий шар; 7 – сітка; 8 – дозуюча щілина; 9 – регулювальний механізм

Машини КМ КІТ для знищення бур'янів. Компанія Теспота. (Франція)



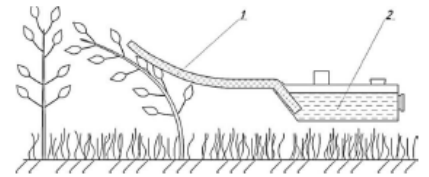
1 – труби; 2 – гноти; 3 – муфти

Машини для знищення бур'янів конструкції КДАУ



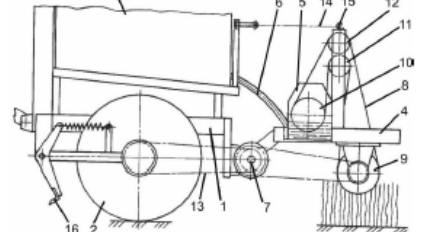
1 – фронтальна косарка; 2 – шнек;
3 – жолоб; 4 – контактний пристрій

Машини Gerbilat компанії D.M.A. для боротьби з бур'янами



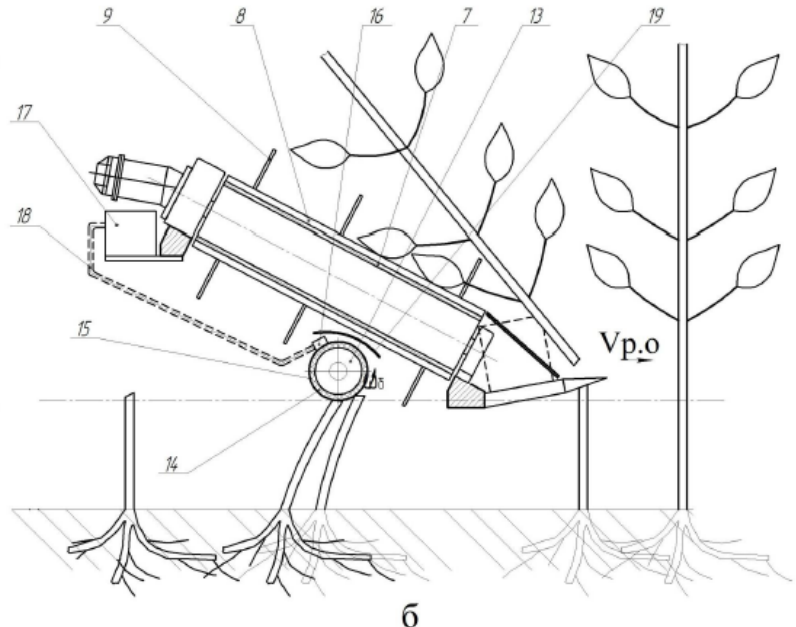
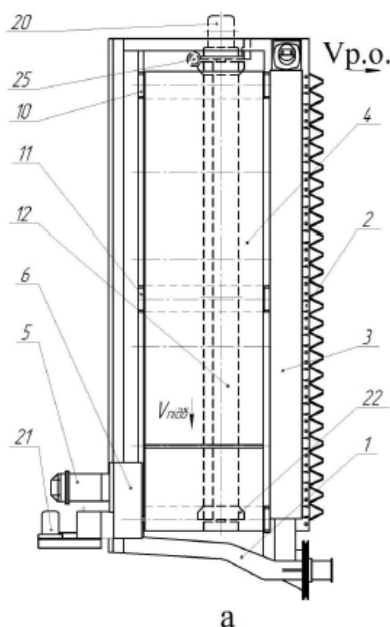
1 – труби; 2 – гноти; 3 – муфти

Машини для внесення отрутохімікатів на рослини конструкції ВНИИПОМлесхоз



1 – основна рама; 2 – привідне колесо; 3 – резервуар; 4 – допоміжна рама; 5 – робочий резервуар; 6 – трубовід; 7 – проміжний вал; 8 – полотно; 9 – робочий валик; 10 – валик резервуару; 11; 12 – допоміжні валики; 13 – привідний ланцюг; 14 – натяжний ланцюг; 15 – криск; 16 – скарифікатор

МАШИНА (а) ДЛЯ ЗНИЩЕННЯ БУР'ЯНІВ ТА СХЕМА ЇЇ РОБОТИ (б)



1 – рама; 2 – ріжучий апарат; 3 – пластина; 4 – підбирач; 5 – гідромотор приводу підбирача; 6 – редуктор приводу підбирача; 7 – стрічка; 8 – кутники; 9 – пальці; 10 – механізм натягу; 11 – опори; 12 – пристрій контактного нанесення; 13 – барабан; 14 – пористо-капілярний матеріал; 15 – синтетична сітка; 16 – живильник; 17 – дозуючий насос; 18 – трубопроводи; 19 – шкіра; 20 – привод валика; 21 – привод насосу, 22 – вловлювачі невикористаного робочого розчину

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗНИЩЕННЯ БУР'ЯНІВ

Рівняння матеріального балансу

$$Q(t) + Z(t) + \alpha(t) = Q_0, \quad (1)$$

де $Q(t)$ – кількість не зрізаних рослин, які залишилися на полі і необроблені; $Z(t)$ – кількість не зрізаних, але зм'ячених рослин; $\alpha(t)$ – кількість бур'янів, які зрізані та покриті розчином гербіциду; Q_0 – загальна сукупність бур'янів до початку обробки.

Для подальшого дослідження введемо обмеження:

- в початковий момент обробки ($t=0$) $Q_0 = Q(t)$;
- одночасно зі зрізанням стебел бур'янів відбувається нанесення гербіциду на верхівки стерні;
- процес контактної обробки відбувається за незмінних зовнішніх умов.

Диференціальне рівняння зміни стану сукупності бур'янів:

$$\frac{dQ(t)}{dt} = -k_1 \cdot Q(t) \quad (2)$$

де k_1 – інтенсивність процесу зрізання бур'янів ріжучим апаратом машини контактного способу знищення бур'янів.

Кількість не зрізаних і зм'ячених гербіцидом бур'янів на полі:

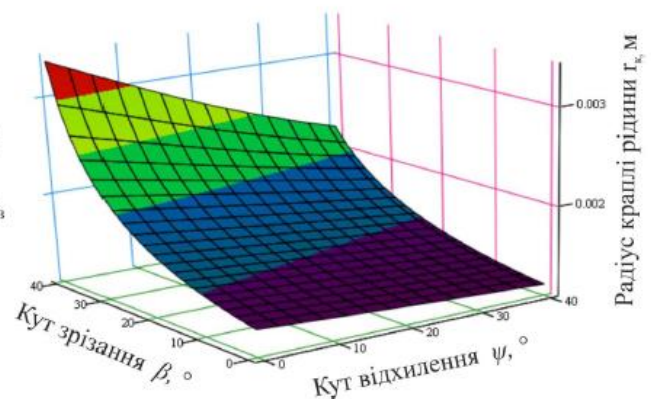
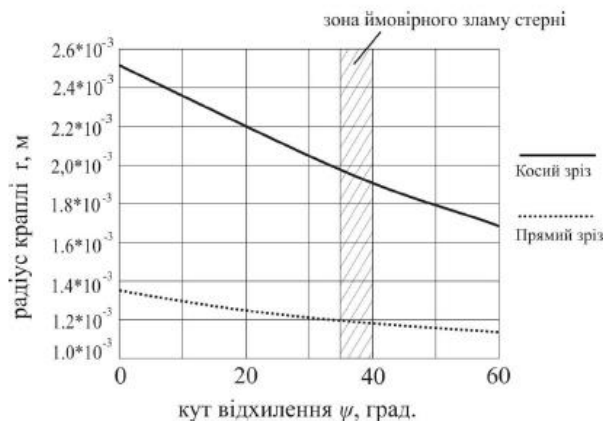
$$\frac{dZ(t)}{dt} = \frac{Q(t)}{dt} - \frac{d\alpha(t)}{dt} = k_1 \cdot q - \frac{d\alpha(t)}{dt}, \quad (3)$$

Сукупність бур'янів, які були оброблені:

$$\frac{d\alpha(t)}{dt} = k_2 \cdot Q(t) + k_3 \cdot Z(t), \quad (4)$$

де k_2, k_3 – інтенсивності здійснення процесів обробки не зрізаних стебел бур'янів (k_2) і зрізаних стебел; t – час обробки, с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ УТРИМАННЯ КРАПЛІ РІДИНИ НА ЗРІЗІ РОСЛИНИ

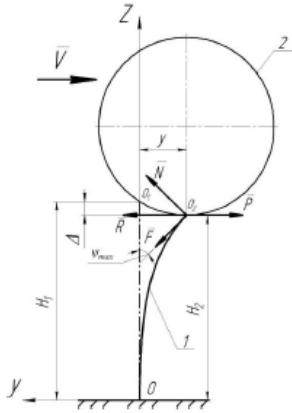


Залежності радіуса краплі рідини від кута відхилення осі стебла при: $\sigma=0,036$ Н/м, $\rho=1000$ кг/м³, $\varphi_{зм}=23^\circ$, $a=30$ м/с², $f=0,47$

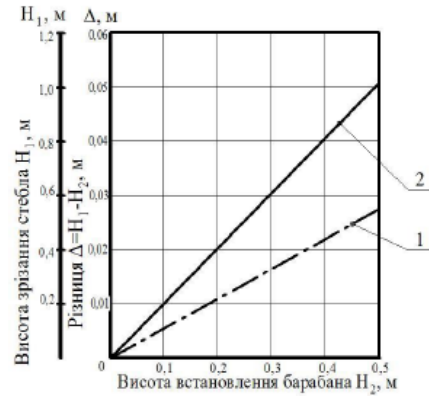
Залежність радіуса краплі рідини від кутів відхилення та зрізу при $\sigma=0,036$ Н/м, $\rho=1000$ кг/м³, $\varphi_{зм}=23^\circ$, $a=30$ м/с², $f=0,47$

ОБГРУНТУВАННЯ ПОЛОЖЕННЯ БАРАБАНУ КОНТАКТНОГО ПРИБОРУ ВІДНОСНО ЗРІЗУ СТЕБЛА РОСЛИНИ

Розрахункова схема взаємодії стебла з робочим органом



Графіки функцій: 1 - $H_1=f(H_2)$; 2 - $\Delta=f(H_2)$.



Рівняння лінії прогину стебла:

$$y = -\frac{P}{EI} \left(\frac{H_2 z^2}{2} - \frac{z^3}{6} \right), \quad (1)$$

де EI – жорсткість стебла рослини, $H_2 m^2$; P – сила опору переміщенню барабана, H ; z – відстань від поверхні ґрунту до перерізу, де визначається прогин.

Висота встановлення ріжучого апарату:

$$H_1 = \int_0^{H_2} \sqrt{1 + \frac{4 \sin^2 \psi_{max} (1 + f g^2 \psi_{max})}{H_2^4} \left(H_2 z - \frac{z^2}{2} \right)^2} dz. \quad (2)$$

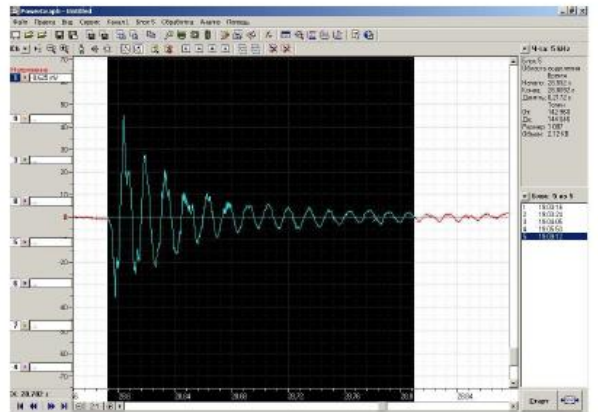
Величина Δ :

$$\Delta = H_1 - H_2 = \int_0^{H_2} \sqrt{1 + \frac{4 \sin^2 \psi_{max} (1 + f g^2 \psi_{max})}{H_2^4} \left(H_2 z - \frac{z^2}{2} \right)^2} dz - H_2. \quad (3)$$

ДОСЛІДЖЕННЯ ЖОРСТКОСТІ СТЕБЕЛ РОСЛИН ІНДУКЦІЙНИМ МЕТОДОМ



Установка для дослідження пружних властивостей стебел рослин: 1 - досліджуване стебло; 2 - лещата; 3 - металева трубка; 4 - петля; 5 - постійний магніт; 6 - підсилювач; 7 - системний блок ПЕОМ; 8 - джерело постійного струму; 9 - ваги; 10 - лінійка.



Фрагмент осцилограми дослідження стебла очерету

Показник жорсткості стебла EI :

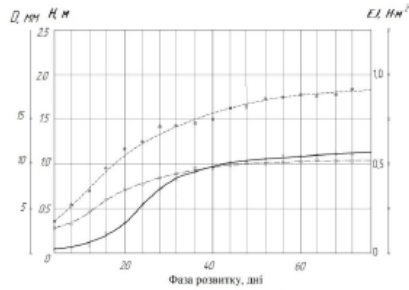
$$EI = \frac{4\pi^2 l^3 m}{3T_0^2}, \quad (1)$$

де m – маса досліджуваної частини стебла, кг;

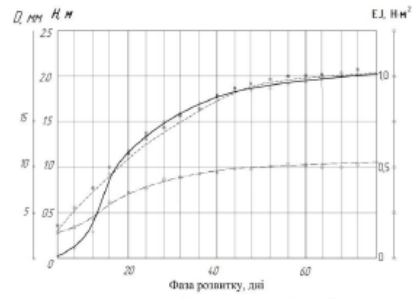
l – довжина досліджуваної частини стебла, м;

$T_0 = \frac{1}{f_0}$ – період вільних коливань, с.

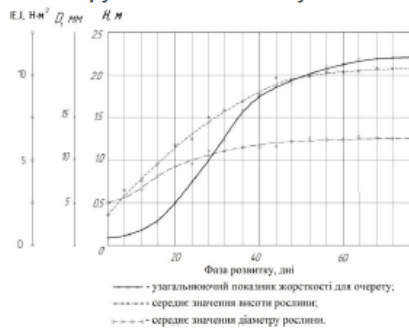
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЖОРСТКОСТІ СТЕБЕЛ БУР'ЯНІВ



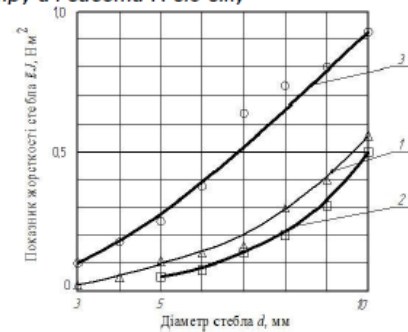
Залежність жорсткості EI стебла осоту польового d , його діаметру і висоти H від віку



Залежність жорсткості EI стебла лободи, його діаметру d і висоти H від віку

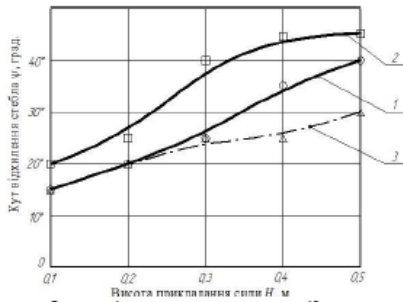


Залежність жорсткості EI стебла очерету, його діаметру d і висоти H від віку

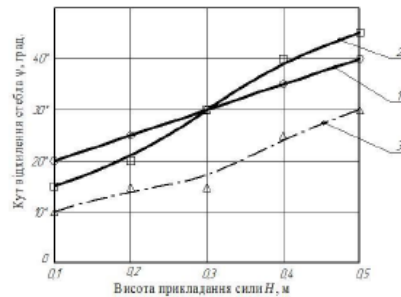


Залежність жорсткості стебел рослин від її діаметру: 1 - осот польовий; 2 - очерет; 3 - лобода.

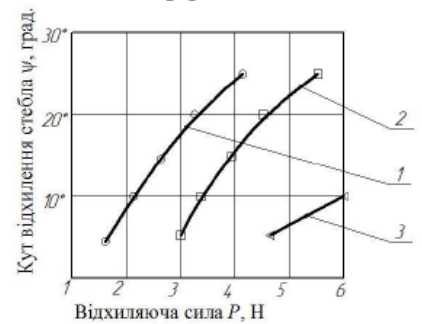
РЕЗУЛЬТАТИ ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНОГО КУТА ВІДХИЛЕННЯ



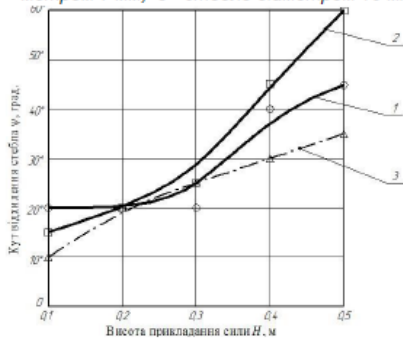
Залежність величини кута відхилення стебла будяка від висоти прикладання сили: 1 - стебло діаметром 5 мм; 2 - стебло діаметром 7 мм; 3 - стебло діаметром 10 мм.



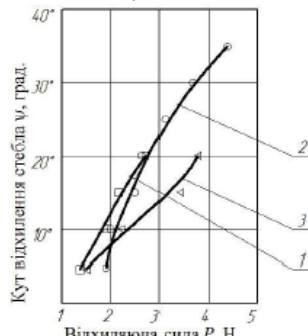
Залежність величини кута відхилення стебла лободи від висоти прикладання сили



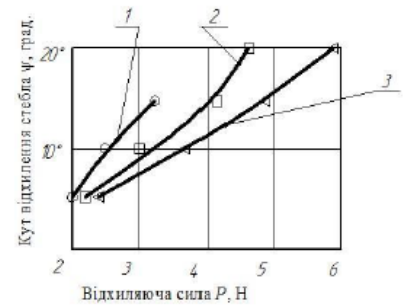
Залежність кута відгину стебла лободи від відгинаючої сили



Залежність максимального кута відхилення стебла очерету від висоти прикладання сили

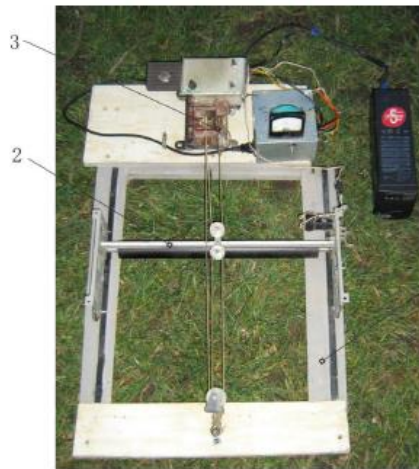


Залежність кута відгину стебла осоту від відгинаючої сили

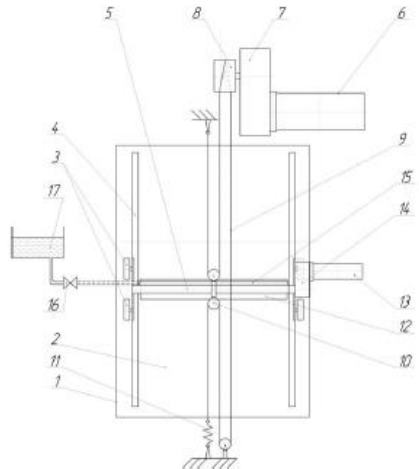


Залежність кута відгину стебла очерету від відгинаючої сили

ЛАБОРАТОРНО-СТЕНДОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТАКТНОГО ПРИСТРОЮ



Загальний вигляд дослідної установки: 1 – рама; 2 – візок з робочим органом; 3 – привод візка; 4 – джерело живлення.



Кінематична схема дослідної установки:

- 1 – рама;
- 2 – робоча область;
- 3 – колеса;
- 4 – напрямні;
- 5 – візок;
- 6 – електродвигун приводу візка;
- 7 – редуктор приводу візка;
- 8 – барабан;
- 9 – трос;
- 10 – напрямні блоки;
- 11 – пружина;
- 12 – барабан пристрою контактного нанесення;
- 13 – електродвигун приводу барабана пристрою контактного нанесення;
- 14 – редуктор приводу барабана пристрою контактного нанесення;
- 15 – живильник;
- 16 – кран;
- 17 – резервуар

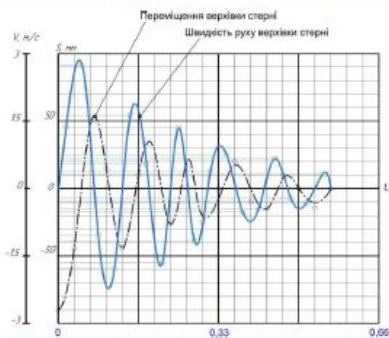
Розподілення імітатора робочого розчину по поверхні зрізу стебел з різними кутами



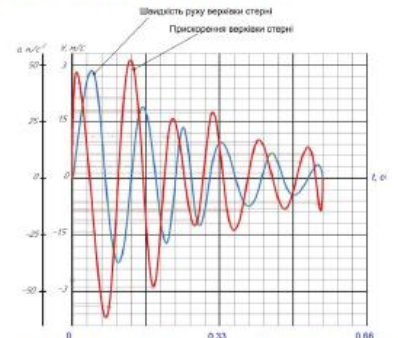
ОЦІНКА ВЕЛИЧИНИ ПРИСКОРЕНЬ ВЕРХІВКИ СТЕРНІ



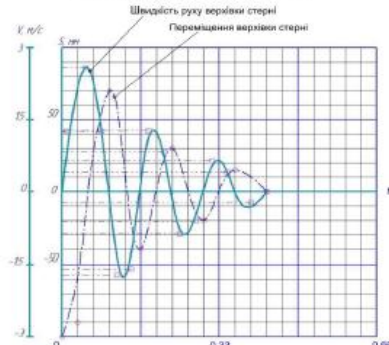
Визначення прискорення верхівки зрізаного стебла рослини:
1 – стебло рослини;
2 – аркуш паперу з сіткою.



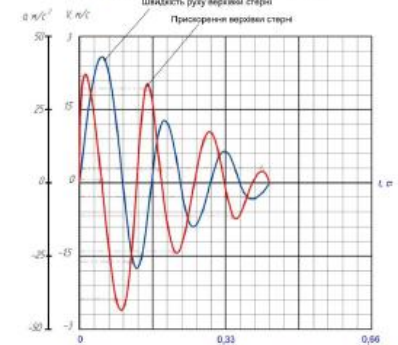
Графіки переміщення та швидкості руху верхівки стерні лободи діаметром 6 мм, зрізаного на висоті 0,15 м



Графіки швидкості руху та прискорення верхівки стерні лободи діаметром 6 мм, зрізаного на висоті 0,15 м



Графіки переміщення та швидкості руху верхівки стерні лободи діаметром 6 мм, зрізаного на висоті 0,25 м



Графіки швидкості руху та прискорення верхівки стерні лободи діаметром 6 мм, зрізаного на висоті 0,25 м

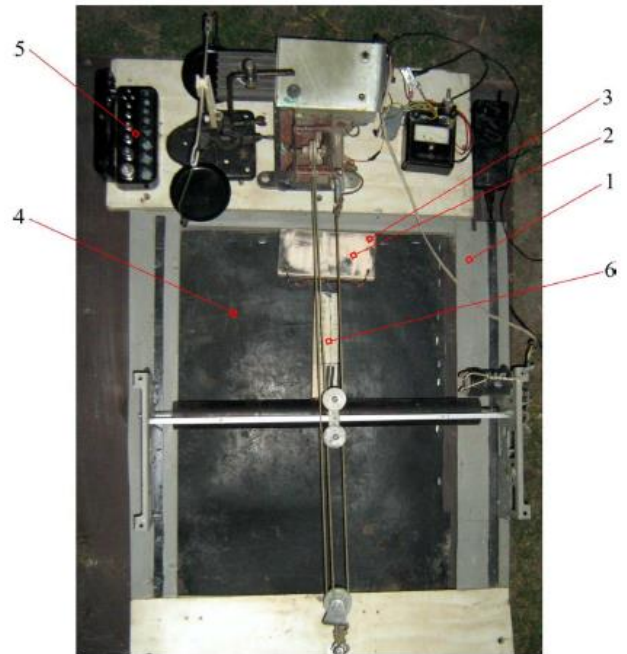
ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОБОЧОГО РОЗЧИНУ



Обладнання для визначення коефіцієнта поверхневого натягу робочого розчину: 1 – шприц; 2 – капілярна трубка; 3 – ваги; 4 – набір вантажів.



Визначення крайового кута змочування: 1 – підкладка поверхні стола; 2 – досліджуваний матеріал; 3 – крапля робочого розчину.



Обладнання для визначення коефіцієнта тертя ковзання площадки зрізу рослин по поверхні барабану: 1 – дослідна установка; 2 – брусок; 3 – досліджувані стебла рослин; 4 – досліджуваний матеріал; 5 – ваги лабораторні; 6 – динамометр.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИСОТИ, КУТА ЗРІЗУ ТА ЇХ ДІАМЕТРА НА ПОКАЗНИК ЕФЕКТИВНОСТІ ЗНИЩЕННЯ БУР'ЯНІВ

Враховувши зв'язок між кодованими і дійсними факторами згідно з виразом:

$$T = \frac{A-B}{A} \cdot 100\%,$$

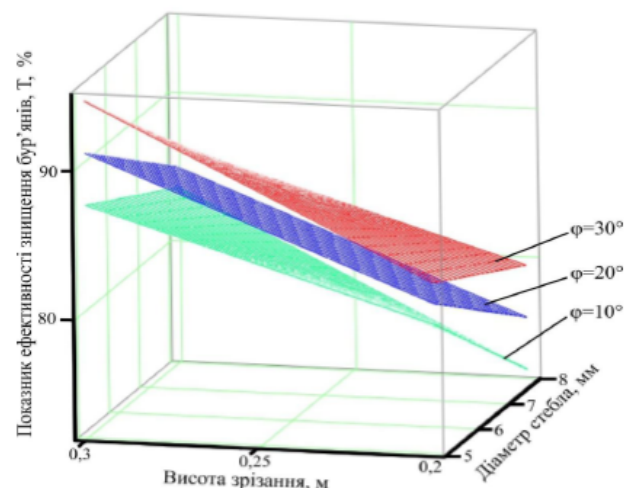
де T – показник ефективності, %;

A – середня кількість бур'янів на контрольній ділянці до обробки, шт.;

B – середня кількість бур'янів, не знищених після обробки через 20 днів, шт.

Отримаємо рівняння регресії у натуральних факторах:

$$\begin{aligned} T = & 0,35 \cdot \varphi \cdot d - 9,05 \cdot d - 92,7 \cdot H - \\ & - 2,05 \cdot \varphi + 9,17 \cdot \varphi \cdot H + 28,2 \cdot d \cdot H - \\ & - 1,41 \cdot \varphi \cdot d \cdot H + 114,85 \end{aligned}$$



Поверхні відгуку, зміна показника T ефективності знищення бур'янів від діаметру

ДОСЛІДНИЙ ЗРАЗОК МАШИНИ ДЛЯ ЗНИЩЕННЯ БУР'ЯНІВ



- 1 – трактор МТЗ-80;
- 2 – обв'язочна рама;
- 3 – стріла,
- 4 – рукоять;
- 5 – гідроциліндр стріли;
- 6 – ріжучий апарат з приводом;
- 7 – підбирач;
- 8 – привод підбирача;
- 9 – барабан контактного пристрою;
- 10 – привод барабана;
- 11 – живильник.

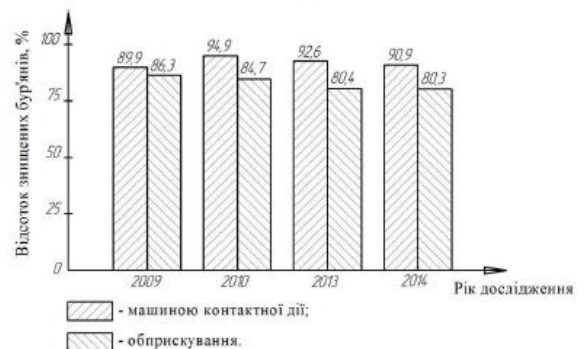
ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ЗНИЩЕННЯ БУР'ЯНІВ



а
Вигляд фрагменту дослідної ділянки до обробки (а) та на 20-й день після обробки (б).



Коренева система на 20-й день після обробки



Діаграма ефективності знищення бур'янів

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Найменування показників	Значення показників	
	Базова техніка	Нова техніка
Основні показники:		
1. Капітальні вкладення $C_{i.p.}$, грн.	577300	352800
2. Питомі капітальні вкладення $K_{пит}$, грн/га	742,37	453,67
Трудові витрати:		
3. Трудоемність машино-години $T_{м-г}, \frac{люд-год}{м-год}$	1,4	1,4
4. Трудоемність одиниці роботи $T_{од.р.}, \frac{люд-год}{га}$	1,73	1,73
5. Виробіток на людину-годину $V_{люд.год.}, \frac{га}{люд-год}$	0,467	0,467
6. Ріст продуктивності праці %		
7. Річний економічний ефект по витратам праці $E_{рiч}$, люд		
Грошові витрати:		
8. Собівартість маш/год $S_{м.г.}$, грн.	5310,36	4980,37
9. Собівартість одиниці роботи $S_{од.роб.}$, грн/га	6550,99	6150,27
10. Річний економічний ефект $E_{рiч}$, грн.		65340
Додаткові показники:		
11. Питома енергоємність $E_{пит}$, кВт/га	55,6	55,6
12. Ступінь зменшення питомої енергоємності $C_{ен}$, %	0	
13. Питома металоємність $M_{пит}$, кг/га	5062	5185
14. Ступінь зменшення питомої металоємності $C_{мет}$, %	2,4	

АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДІУ «ІНСТИТУТ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗМІСТУ ОСВІТИ»
ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ ЗВО «ІДУ»
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «КОМПАНІЯ ЛАН»
ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «БОСАЛ УКРАЇНА»



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ ЗВО «ІДУ»
ОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ
ІМЕНІ С.С. ГРИЦЬКОГО
ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «КОМПАНІЯ ЛАН»
ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «БОСАЛ УКРАЇНА»

**XVIII ВСЕУКРАЇНСЬКА
НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
СТУДЕНТІВ ТА
МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ**

"Перші наукові кроки – 2024"




18 квітня 2024 р.

**XIX ВСЕУКРАЇНСЬКА
НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
СТУДЕНТІВ ТА
МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ**

«Перші наукові кроки – 2025»

17 квітня 2025 р.




Кам'янець-Подільський
2024

Кам'янець-Подільський
2025

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

У роботі вирішено науково-практичне завдання підвищення ефективності процесу знищення бур'янів за рахунок використання машини контактної дії запропонованої конструкції та розроблення теоретичних основ її функціонування.

1. В процесі проведеного аналізу способів знищення бур'янів та обладнання, яке при цьому застосовують, встановлено, що для знищення бур'янів в останні роки набирає поширення контактний спосіб, який дозволяє: уникнути втрат на знесення вітром (у порівнянні з обприскуванням); звести до мінімуму втрати на скапування та випаровування; знищувати високорослі бур'яни, не завдаючи шкоди низькорослим рослинам; зменшити витрату робочого розчину; уникнути використання дорогих гербіцидів вибіркової дії; уникати забруднення культурних рослин хімікатами.

2. Процес знищення бур'янів у першому наближенні представлено як поступовий, що здійснюється внаслідок одночасного зрізання стебел бур'янів, виводу зрізаної маси, нанесення контактним способом на зрізи рослин розчину гербіциду. Отримана математична модель процесу знищення бур'янів, яка дозволяє оцінити інтенсивність його здійснення залежно від конструкції та режимів експлуатації обладнання.

3. Аналітичні дослідження процесу утримання краплі рідини на зрізі рослини дозволили встановити взаємозв'язок між складовими цього процесу (радіус краплі рідини, який утримується на зрізі, кут зрізу, кут нахилу ріжучого апарату). Встановлено, що раціональний кут зрізу $30^{\circ} \dots 35^{\circ}$ відповідає максимальному значенню радіуса краплі рідини майже у всьому діапазоні зміни кута ψ відхилення осі бур'янів під впливом робочих органів машини контактного способу нанесення гербіциду.

4. Обґрунтовано математичну залежність, яка розкриває зв'язок радіуса барабана машини контактного способу нанесення гербіциду з його кутовою швидкістю. Враховуючи, що барабан виготовлено зі сталевий труби, обгорнутої гумою товщиною 2 мм, з урахуванням, що робоча рідина не стікає на ґрунт з поверхні барабана рекомендовано:

- за умов застосування гербіциду без додавання поверхнево активних речовин радіус барабана приймати 0,02-0,04 м, кутову швидкість його обертання $6-8 \text{ с}^{-1}$;

- за умов додавання поверхнево активних речовин кутова швидкість обертання повинна становити $2,5-3,5 \text{ с}^{-1}$.

Обґрунтовано висоту встановлення барабана залежно від умов його взаємодії з рослинним матеріалом. Раціональною є установка барабана контактної пристрою на 0,02...0,028 м нижче висоти зрізання наземної частини рослини, починаючи з фази активної вегетації і до початку фази старіння.

5. Експериментальними дослідженнями встановлено, що виконувати процес знищення бур'янів контактним способом необхідно у період, коли діаметри їхніх стебел знаходяться у межах 5...7 мм, що відповідає фазі активної вегетації бур'янів. Ефективність технологічного процесу забезпечують за умови косої зрізу стебел рослин, що, як виявили в процесі експериментального дослідження, зменшує втрати робочої рідини на ґрунт в 1,89 рази у порівнянні з втратами, які зафіксовано при нанесенні гербіциду на стебла з прямим зрізом.

6. У ході проведення польових випробувань машини контактної дії встановлено, що витрата розчину гербіциду при щільності проростання бур'янів 255 шт/м^2 становить $22,7 \text{ л/га}$, ефективність процесу, оцінена кількістю знищених бур'янів, вираженою у відсотках, становить, в середньому за роки дослідження, $92,1 \%$.

7. Річний економічний ефект від застосування машини контактної дії становить 65340 грн.

ДОДАТОК Б

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ ЗВО «ПДУ»
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ
ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО
ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «КОМПАНІЯ ЛАН»
ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «БОСАЛ УКРАЇНА»

**ХІХ ВСЕУКРАЇНСЬКА
НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
СТУДЕНТІВ ТА
МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ**

«Перші наукові кроки – 2025»

17 квітня 2025 р.

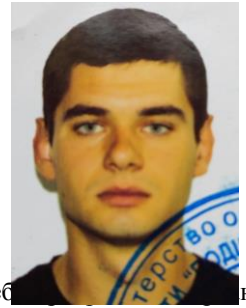


*Кам'янець-Подільський
2025*

РОБОЧІ ОРГАНИ МАШИНИ КОНТАКТНОЇ ДІЇ ДЛЯ ЗНИЩЕННЯ БУР'ЯНІВ

Гаврюшенко Д.В. – здобувач вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія»
Керівник – канд. техн. наук, доцент Грушецький С.М.

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»



Машина для контактної дії для знищення бур'янів комбінованим способом включає в себе ріжучий апарат, підбирач зрізаної рослинності та пристрій для контактної дії для нанесення гербіциду [1].

Машина контактної дії для знищення бур'янів повинна забезпечувати ефективне нанесення гербіциду на зріз стебла рослин, малу витрату робочого розчину та мінімальні непродуктивні його втрати та містити обладнання, що запобігає скапуванню робочого розчину з поверхні, що контактує з рослиною.

Відповідно цим вимогам розроблено конструкцію машини для контактної дії для знищення бур'янів. На рис. 1 подано схеми робочих органів машини.

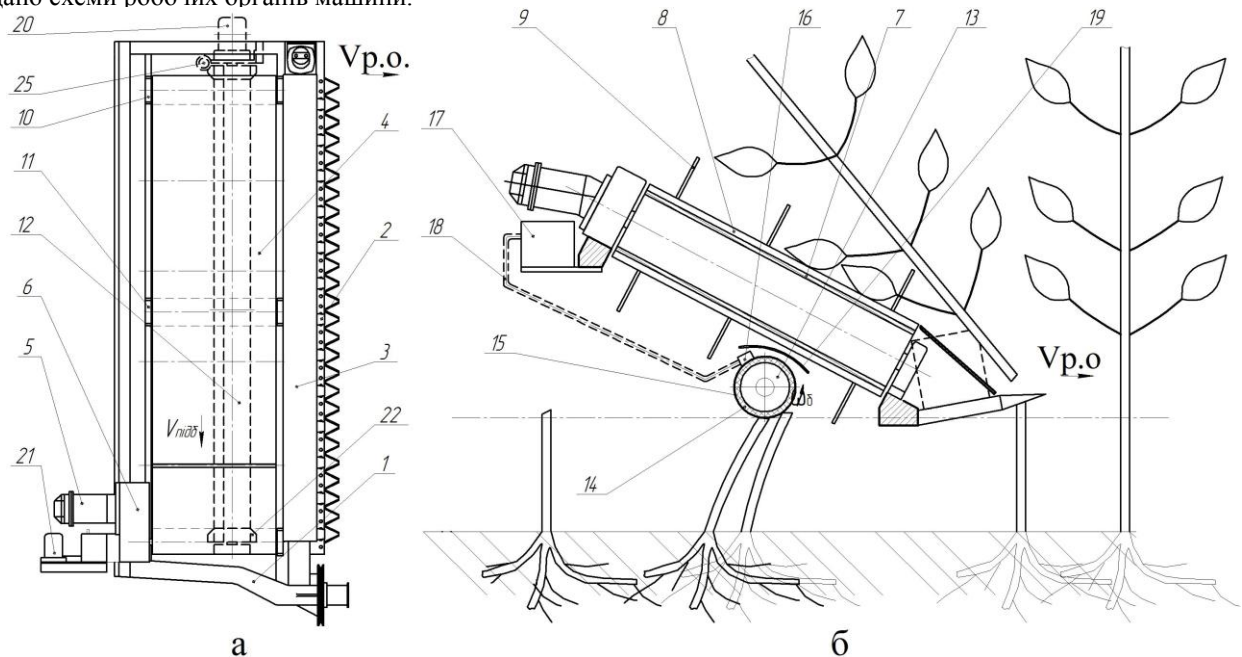


Рис. 1. Схема робочих органів машини контактної дії для знищення бур'янів, вид зверху (а), схема роботи (б):

1 – рама; 2 – ріжучий апарат; 3 – пластина; 4 – підбирач; 5 – гідромотор приводу підбирача; 6 – редуктор приводу підбирача; 7 – стрічка; 8 – кутники; 9 – пальці; 10 – механізм натягу; 11 – опори; 12 – пристрій контактної дії; 13 – барабан; 14 – пористо-капілярний матеріал; 15 – синтетична сітка; 16 – живильник; 17 – дозуючий насос; 18 – трубопроводи; 19 – кожух; 20 – привод валика; 21 – привод насоса; 22 – вловлювачі невикористаного робочого розчину; 23 – стакани; 24 – кільце з пористого матеріалу; 25 – відкачувальний насос; 26 – трубопровід

Висновки. Аналіз сучасних досліджень процесів знищення бур'янів виявив, що процеси, які відбуваються під час взаємодії робочих органів із рослинами за умови здійснення контактної дії практично не досліджувались і потребують вивчення та науково-практичного обґрунтування закономірностей їх здійснення.

Список використаних джерел

1. Грушецький С.М., Захотій М.О. Конструктивна схема машини контактної дії для знищення бур'янів. *Матеріали XI Всеукр. наук.-прак. конф. студ. та молодих науковців, «Перші наукові кроки – 2017»*. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2017. С. 77.