

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр»
на тему:

**Підвищення ефективності технологічного процесу збирання
картоплі з обґрунтуванням параметрів і режиму роботи
удосконаленого комбайна**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-1-21
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Кузьменко Сергій Вікторович

Керівник: _____ Теслюк Геннадій Володимирович

Рецензент: _____ Рибкін Антон Петрович

Дніпро, 2022

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин
Освітній ступінь: «Магістр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Кузьменко Сергій Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності технологічного процесу збирання картоплі з обґрунтуванням параметрів і режиму роботи удосконаленого комбайна

керівник роботи Теслюк Геннадій Володимирович, канд. техн. наук, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« ____ » _____ 20__ року № _____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до проекту Огляд стану питання в галузі механізації збирання картоплі. Аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

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

1. Сучасний стан та тенденції розвитку картоплезбиральних машин. 2. Теоретичні дослідження пружного леміща. 3. Програма, методики проведення експериментальних досліджень картоплекопача. 4. Результати експериментальних досліджень. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6. Техніко-економічна ефективність роботи. Висновки. Список використаних джерел. Додатки

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема. Мета і задачі досліджень. Аналіз (4 аркуша, А4). 2. Теоретичні дослідження (3 аркуша, А4). 3. Експериментальні дослідження (3 аркуша, А4). 4. Економічні показники (1 аркуш, А4). 5. Висновки (2 аркуша, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
2	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
3	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
4	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
5	Деркач О. Д., доцент		
6	Вінніченко І. І., професор		
Нормоконтроль	Кобець О. М., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний		
2	Теоретичний		
3	Експериментальний		
4	Охорона праці		
5	Економічний		
6	Демонстраційна частина		

Студент

_____ (підпис)

Кузьменко С.В

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Теслюк Г.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». ДДАЕУ, Дніпро, 2022.

В першому розділі наведений сучасний стан та тенденції розвитку картоплезбиральних машин та підкопувальних органів. В другому розділі наведене теоретичні дослідження пружного леміша. Встановлено зв'язок між швидкістю руху агрегату і пластом руху картоплі з ґрунтом. В результаті експериментальних досліджень визначено вплив конструктивно-кінематичних параметрів підкопувача картоплі на процес пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами. Досліджено вплив швидкості подачі ґрунту на процес пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами. Проведено дослідження охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях під час виконання польових робіт. Виконано економічне обґрунтування модернізованої машини. Виконані висновки та наведено список літературних джерел.

Ключові слова: ґрунт, картоплезбиральна машина, сепаратор, копач, конструкція.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
Глава 1.	
1. Сучасний стан та тенденції розвитку картоплезбиральних машин та підкопувальних органів.....	9
1.1 Особливості збирання картоплі.....	9
1.2 Історія, сучасний стан та тенденції розвитку техніки для збирання картоплі...9	
1.3 Підкопні робочі органи картоплезбиральних машин.....	17
1.4 Аналіз конструкцій та принципу роботи активних підкопувальних органів...20	
Висновки до розділу.....	20
2. Теоретичні дослідження пружного леміша.....	22
2.1 Конструктивна-технологічна схема пружного леміша.....	22
2.2. Дослідження геометрії підпружиненого леміша.....	24
2.3 Механіка взаємодії леміша зі зв'язковим шаром ґрунту.....	25
2.4. Теоретичне обґрунтування параметрів пружини леміша.....	30
2.5. Дослідження величини піднімання компонентів пласта картоплі та ґрунту33	
Висновки до розділу.....	46
3. Програма, методики експериментальних досліджень картоплекопача...48	
3.1 Програма експериментальних досліджень.....	48
3.2 Методика агротехнічної оцінки.....	48
3.3 Методика визначення раціональних параметрів удосконаленого робочого органу.....	49
3.4. Методика проведення порівняльних польових досліджень серійного та вдосконаленого картоплекопача.....	52
Висновки до розділу.....	54
4. Результати експериментальних досліджень картоплекопача.....	56
4.1 Результати агротехнічної оцінки.....	56

4.2	Результати визначення раціональних параметрів удосконаленого копача.....	59
4.3	Результати досліджень серійного та вдосконаленого картоплекопача КТН-2В.....	61
4.4	Визначення повноти збирання, втрат та пошкоджень бульб картоплі.....	62
	Висновки до розділу.....	65
5.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	67
5.1.	Загальні вимоги.....	67
5.2.	Вимоги до причіпних та навісних сільськогосподарських машин.....	67
5.3.	Вимоги до технічного стану засобів механізації.....	68
5.4.	Вимоги до технологічних процесів.....	69
5.5.	Вимоги до персоналу, що бере участь у виробничому процесі.....	70
	Висновки до розділу.....	70
6.	Техніко-економічні показники картоплезбиральної машини з удосконаленим робочим органом.....	71
6.1	Вихідні дані	71
6.2	Розрахунок техніко-економічних показників.....	72
6.3	Експлуатаційні витрати.....	74
6.4	Показники ефективності інвестицій.....	76
	Висновки до розділу.....	78
	Загальні висновки.....	79
	Використана література.....	81

Вступ

Актуальність теми дослідження. Однією з причин, що обмежують розвиток вирощування картоплі в фермерських господарствах, є дешевизна основного процесу переробки картоплі, низька матеріально-технічна забезпеченість виробничим обладнанням. Тому, враховуючи найбільш трудомісткий процес збирання картоплі, зрозуміло, що використовувати на невеликій площі високопродуктивний картоплезбиральний комбайн економічно не вигідно. Тому існує нагальна потреба у розробці картоплекопачів, які можуть знизити економічні витрати. Збирання картоплі з мінімальними затратами праці та коштів можна досягти за рахунок підвищення продуктивності, створення машин з низьким енергоспоживанням, вдосконалення організації праці, високого рівня селекції та насінництва. Ефективність технології може бути забезпечена лише з урахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних умов і умов місцевого господарства.

Якісне виконання технологічного процесу збирання картоплі у багато в чому залежить від роботи підкопувальних органів, які у свою чергу повинні полегшувати процес сепарації. У зв'язку з цим, дослідження вплив параметрів робочих органів картоплезбиральних машин на якісні показники технологічного процесу є актуальним завданням, що має велике значення для народного господарства України.

Робота виконана відповідно до плану НДР кафедри ТСГМ 0122U000531 на тему «Обґрунтування параметрів робочих органів ґрунтообробних машин з використанням ресурсозберігаючих технологій в землеробстві».

Мета роботи. Підвищення ефективності та продуктивності картоплезбиральних машин.

Об'єкти досліджень. Технологія підкопування та взаємодії пласта ґрунту та картоплі з робочими органами картоплезбиральних машин

Предмет досліджень. Закономірності взаємодії пласта ґрунту з робочими органами картоплезбиральних машин.

Завдання досліджень:

1. Провести аналіз існуючих конструкцій картоплезбиральних машин та підкопувальних робочих органів, на основі якого визначити перспективний напрямок їх удосконалення.

2. Теоретично обґрунтувати параметри робочих органів картоплезбиральних машин.

3. Провести лабораторно-польові дослідження експериментального картоплекопача.

4. Визначити техніко-економічні показники експериментального картоплекопача в результаті проведення польових досліджень.

Структура та обсяг роботи. В цілому робота має вступу, шести розділів, висновків (загальних висновків), списку літератури, додатки, викладена на 84 сторінках, включає 42 малюнки та 10 таблиць.

1. СУЧАСНИЙ СТАН ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН ТА ПІДКОПУВАЛЬНИХ ОРГАНІВ

1.1. Особливості збирання картоплі

Як правило, перед прибиранням бадилля видаляють механічним способом. При механічному способі застосовують косарки КИР-1,5Б, роторні та ланцюгові [7,19]. Завдяки цьому заходу інтенсифікується процес дозрівання, усуваються зараження бульб фітофторою, забивання робочих органів та полегшується функціонування гичкозбиральних пристроїв машин для збирання картоплі, а також, підсихання ґрунту. Застосування різноманітних схем операцій збирання та машин визначається наступними параметрами здійснення робіт: вологість та тип ґрунту; біологічним урожаєм картоплі (продовольчою, фуражною або насінневою); кліматичними та природними умовами; розмірами полів; урожайністю культури; трудовими ресурсами у господарстві, наявністю сховищ та вільних засобів транспорту в період збирання [17,5].

1.2 Історія, сучасний стан та тенденції розвитку техніки для збирання картоплі

Продуктивність машини оцінювали за урожайністю картоплі близько 15 т/га порівняно з ручним збиранням [6, 3]. Приводи роторів екскаваторів-підбирачів і їх лопаті мають різну, іноді складну конструкцію. Перед ним два колеса з ременями безпеки. Деякі екскаватори мають бічний решітку для обмеження розповсюдження бульб. Для їх роботи потрібні двоє коней. У підйомного екскаватора штанга підйому розташована за плугом. Команда складається з чотирьох коней. Привід робочого механізму всіх моделей екскаваторів здійснюється від коліс зі шпорами [15, 4]. Випробування не показали явної

переваги жодної моделі екскаватора. Вони рекомендовані при дефіциті персоналу та екстремальних умовах [28].

Однак вони не знайшли широкого застосування через необхідність використання сильних коней для роботи з ними, а також через відсутність особливих переваг у використанні цих машин на збиранні картоплі порівняно із застосуванням кінних плугів [1, 4,6]. В цей же час до робіт Міжвідомчої комісії з всесоюзних випробувань сільськогосподарських машин було включено випробування картоплезбиральних машин. Вони необхідно було оцінити серійні машини цього призначення, виготовлені вітчизняних заводах, окремі їх зразки, створені за пропозиціями винахідників, і навіть наявні тоді країни зразки зарубіжних машин [3,5].

З враховуючи результати випробувань 1933 р. тривала робота з розробки нових конструкцій картоплезбиральних машин. До 1936 р. випускався однорядний кінний копальник швирного типу «К» (рис. 1.4). Він розпушував пласт, відривав бульби від стolonів і відокремлював їхню відмінність від ґрунту. Однак при цьому значно ушкоджував бульби і розкидав їх поверхнею поля смугою шириною 1,5-2,0 м.

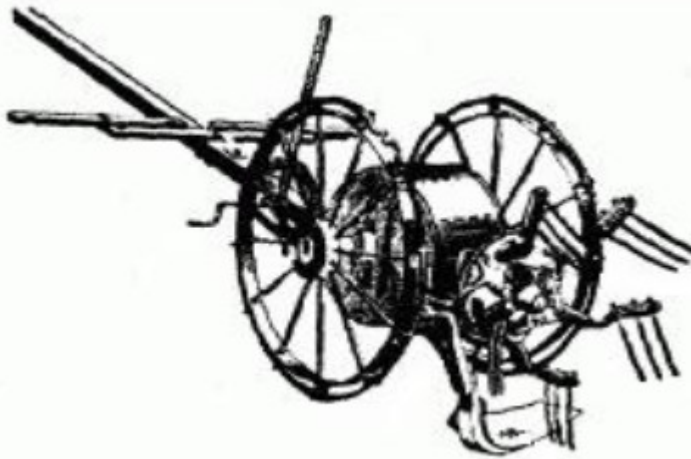


Рисунок 1.4 – Однорядний кінний копальник швирного типу «К»

Надалі основний наголос було зроблено для розробки копатель елеваторного типу (рис. 1.5). Для поліпшення якості роботи нерідко замість каскадного елеватора ставили ґрати зі сталевих лозин, з яких бадилля скидалося в

бік вилками, що гойдаються над решіткою, а бульби скочувалися по другій нижній решітці на ґрунт.

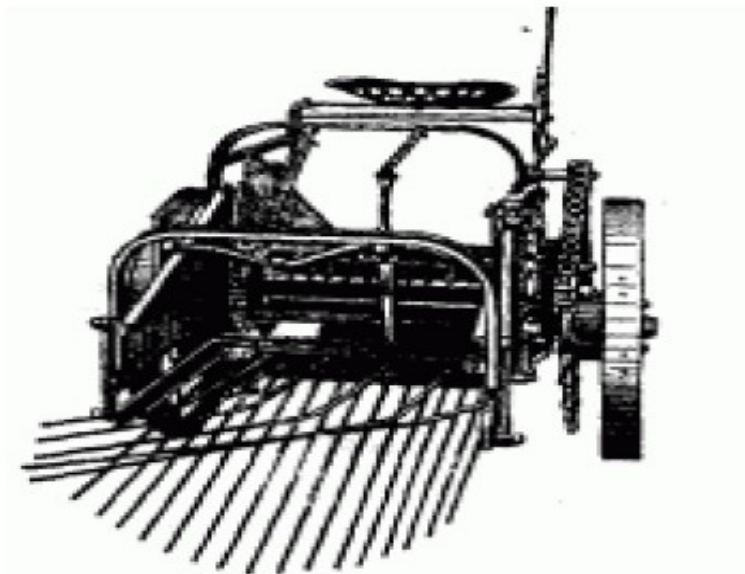


Рисунок 1.5 – Однорядний елеваторний копач «Джон Дір».

У ці ж роки з'явилися дослідні зразки комбайнів, які видавали в кошики чисту картоплю на піщаних ґрунтах, але на важких – із значними домішками.

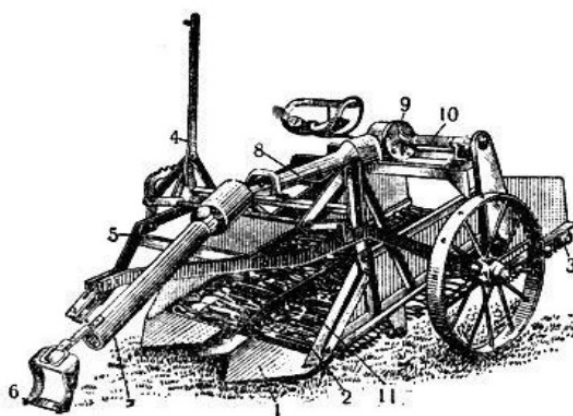


Рисунок 1.6 – Картоплекопач ПЕК-2

1 – леміш, 2 – основний елеватор, 3 – каскадний елеватор, 4 – важіль підйому, 5 – причіп, 6 – скоба захисного кожуха, 7 – захисний кожух, 8 – поздовжній вал із захисним кожухом, 9 – коробка передач, 10 – поперечний вал, 11 – середня стінка

Роботи зі створення картоплезбиральних комбайнів були продовжені у повоєнні роки. В основу цих робіт було покладено технологічну схему елеваторного комбайна КОК-2 з балонами-комкодавами, розроблену у довоєнні

роки. У середині 50-х рр. минулого століття було розроблено комбайн ККР-2(рис. 1.7.) зі збиранням бульб у кошики, що випускався серійно. На основі цього комбайна була розроблена модель під маркою ККР-2Б зі збором убраної картоплі в бункер, яка була випущена великою партією [9].

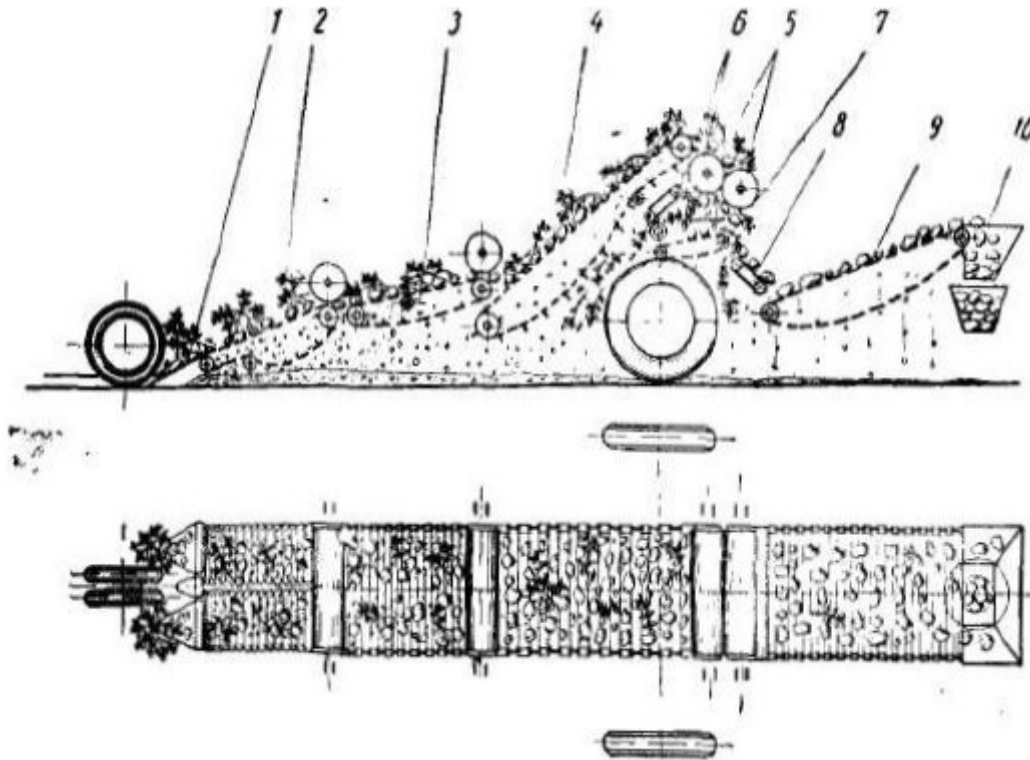


Рисунок 1.7-Схема картоплезбирального комбайна ККР-2:

1 – леміші, 2 – елеватор основний, 3 – елеватор каскадний, 4 – елеватор підйомний, 5 – пневматичні балони, 6 – гичковідділяючий пристрій, 7 – елеватор під гуркотом, 8 – гірка, 9 – перебірний транспортер, 10 – корзина.

Надалі за результатами випробувань та роботи названих комбайнів у господарствах, що виявили низькі показники якості роботи та практично відсутність достатнього економічного ефекту, був розроблений причіпний дворядний комбайн К-3 (рис. 1.8.) з перебірним столом на другому ярусі та бункером місткістю до 800 кг. Між основним елеватором та дворешітним сепаруючим гуркотом на комбайні було встановлено два (один над іншим) пневматичні балони-комкодавці.

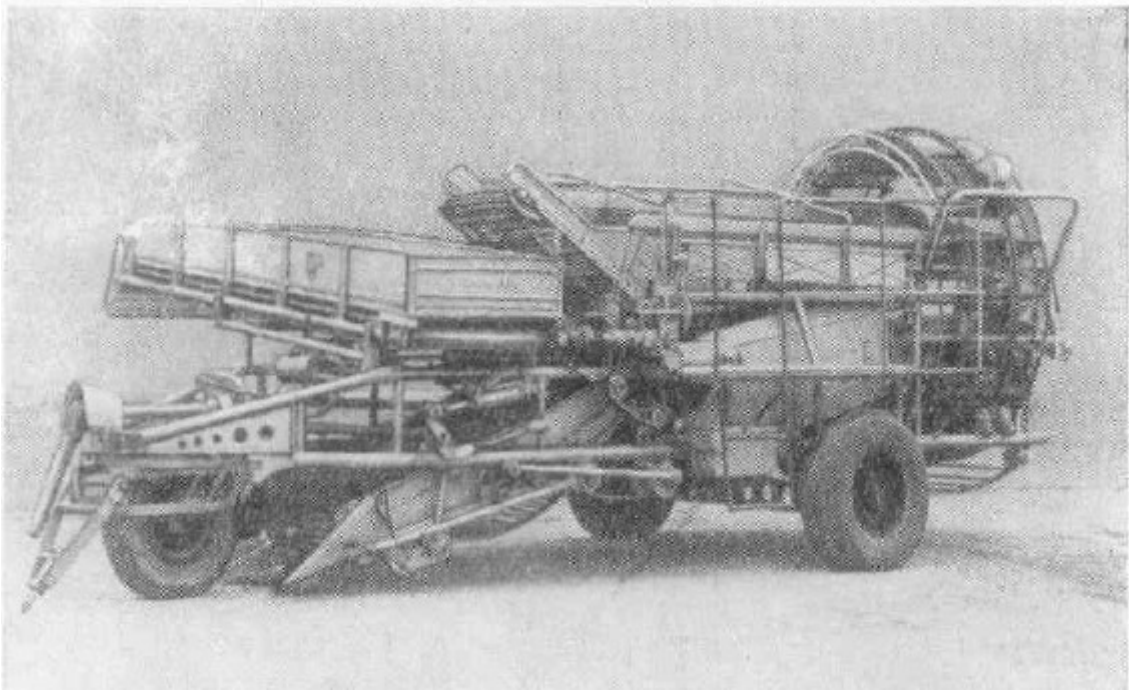


Рис 1.8–Причіпний дворядний картоплезбиральний комбайн К–3

Наприкінці 70-х комбайн ККУ-2 був модифікований, на нього встановили активний леміш, який дозволив, поряд з прямим комбайнуванням, прибирати картоплю окремим та комбінованим способом. Даній машині було присвоєно марку ККУ-2А (рис. 1.9), яка стала базовою моделлю причіпних комбайнів того часу і випускалася протягом багатьох років масовими серіями — до 10,0–12,0 тис. шт. окремі роки [3,9].



Рисунок 1.9 – Картоплезбиральний комбайн ККУ– 2А

Сучасні комбайни та копачі Зіставлення показників причіпних дворядних комбайнів бункерного типу випуску різних періодів, отриманих під час роботи на важких суглинках, характеризує значний їх розвиток із покращенням якості роботи. В даний час виробляються картоплезбиральні комбайни різних технологічних схем та типів.

Сучасні комбайни, що використовуються в європейських країнах, зазвичай випускаються в модифікаціях. Збільшилася частка моделей причіпних комбайнів, виконаних за поворотною П – подібною технологічною схемою. У цій схемі більшою мірою реалізуються можливості технологічного процесу вторинної сепарації за рахунок застосування виносних гірок і відбивають валиків різної конструкції. Самохідні комбайни виконуються за прямоочною двоярусною технологічною схемою. Як основні робочі органи первинної сепарації у всіх типах комбайнів використовуються системи пруткових елеваторів на прогумованих ремнях [9, 6]. Передбачаються їх змінні полотна. Вони можуть відрізнятися за кількістю у системі, ширині та довжині [31]. На ряді моделей встановлюються бункери, що здійснюють вивантаження картоплі їх на ходу [4]. На комбайнах Rora Keiler майданчики перебірного столу для робітників виконані регульованими по висоті. Практично всіх останніх моделях причіпних дворядних комбайнів встановлені механічні роторні пальцеві сепаратори відділення ґрунтових грудок і каміння [2, 6]. Їхнє застосування дозволяє знизити кількість робочого персоналу на комбайні в 1,5 – 2 рази. У трансмісіях комбайнів широко використовується гідропривід, що дозволяє регулювати режими їхньої роботи. Спостерігається високий рівень автоматизації технологічного процесу комбайнів. Здійснюється автоматичний напрямок підкопувальних лемішів на рядки, що забираються, і підтримання заданої глибини підкопування. Є система автоматичного регулювання тиску копіювальних котків комбайнів на гребені рядків, що забираються. Це підвищує рівень сепарації ґрунту. З метою попередження пошкоджень бульб може бути встановлена автоматична система синхронізації швидкостей руху машини та елеваторних полотен [25, 10].

На самохідних комбайнах встановлюються гусеничні ходові системи, на причіпних – різні типи шин, у тому числі широкопрофільні, що підвищує їхню прохідність (рис. 1.10). Дані ходові системи дозволяють суттєво підвищити працездатність збиральних машин у важких умовах та меншою мірою впливають на структуру ґрунту. У кабінах тракторів причіпних та операторів самохідних комбайнів використовуються монітори для візуального контролю процесу їх роботи та регулювання робочих режимів [5].



Рисунок 1.10 – Самохідний комбайн Dewulf Kwarto

Не можемо обійти стороною сучасні картоплекопачі, широко поширені в господарствах завдяки дешевизні та можливості застосування у важких ґрунтово-кліматичних умовах, на малих ділянках. Технологічні процеси копачів включають однакові операції: підкоп пласта, його сепарацію та укладання картоплі на ґрунт, що просіює [3, 7]. Найбільш відомими марками копачів є КТН-2В (рис. 1.11), КСТ-1,4 А (рис. 1.12), Л - 652 та їх модифікації.



Рис 1.11 – Картоплекопувач КТН – 2В



Рис. 1.12 – Картоплекопач КСТ– 1,4А

За підсумками аналізу картоплезбиральної техніки можна зробити висновок, що переважна більшість виробників роблять ставку на розробку, виробництво та продаж картоплезбиральних комбайнів, т.к. їх економічно ефективно використовувати у великих господарствах, що займаються виробництвом картоплі. Виходячи з цього, найперспективнішим на наш погляд є напрямок удосконалення картоплекопувачів, які більш зручні у використанні в особистих та фермерських господарствах.

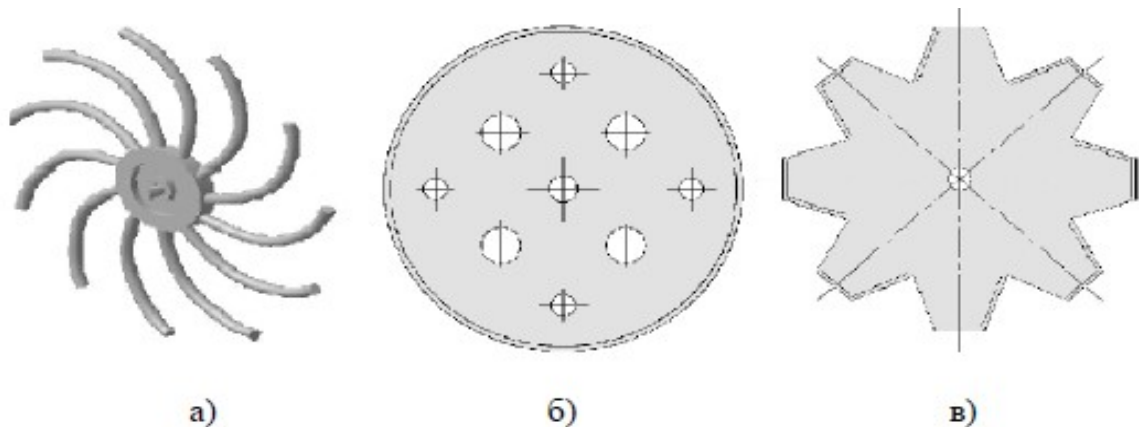
1.3 Підкопні робочі органи картоплезбиральних машин

Підкопні робочі органи можна класифікувати за декількома параметрами. Основними ознаками класифікації підкопних робочих органів картоплезбиральних машин послужили спосіб впливу на оброблюваний матеріал – картопляну грядку, форма і тип поверхні леміша [21]. Звернемося до основних типів підкопувальних органів та розглянемо їх застосування на картоплезбиральних машинах. Залежно від характеру на пласт описані органи поділяються на пасивні, активні і комбіновані [9]. Вони мають різноманітну форму (плоскі, коритоподібні тощо) і розрізняються на кшталт поверхні (суцільні, розрізні тощо. буд.) [10]. Суцільні леміші застосовувалися на картоплезбиральних кишеньках, розрізні - на машинах, що випускаються фірмою Г. Сакка (Німеччина), леміші з прямим кутом і розрізом посередині встановлені на агрегатах фірми «Джонсон» (Англія) [15]. Значний інтерес щодо конструкції підкопувального органу становить однорядний картоплезбиральний комбайн фірми «Рекорд» (ФРН). Він мав коритоподібний леміш з активними боковинами, катком та дисками [17]. Випробування показали, що завдяки наявності активних боковин та дисків леміш такого типу підкопує грядку без втрат бульб, не розвалює масу з боків і не забивається навіть при збиранні картоплі з розвиненою бадиллею [2,]. З огляду на це більшість зарубіжних комбайнів має комбіновану підкопуючу частину, що складається з плоских пасивних лемішів, копіювальних пристроїв, пасивних або активних дисків. Як приклад можна навести картоплезбиральну техніку фірми AVR (Бельгія), картоплезбиральні комбайни AVR 4100 і AVR 6200 SPIRIT (рис. 1.14), а також копачі-навантажувачі оснащені підкопуючим робочим органом, що включають плоскі пасивні диски. , 6].



Рисунок 1.14 – Картоплезбиральний комбайн AVR 6200 SPIRIT

Ще одним типом підкопних робочих органів є дискові леміхи (рис. 1.15), застосовані на комбайнах Е665 та Е660 (НДР) та «Імпульс». На кожну строчку встановлюють по одному диску. На елеватор підкопаний пласт спрямовується щитками [7, 6].



а) вертикальний прутковий диск; б) плоский диск; в) диск з трапецієподібними зубами

Рисунок 1.15 – Схеми дискових робочих органів

В картоплезбиральних машинах та підбирачах застосовується активний валиковий орган. Він зазвичай складається з двох валиків (квадратного та круглого), що обертаються у напрямку переміщення пласта (рис. 1.16.) [17, 11].

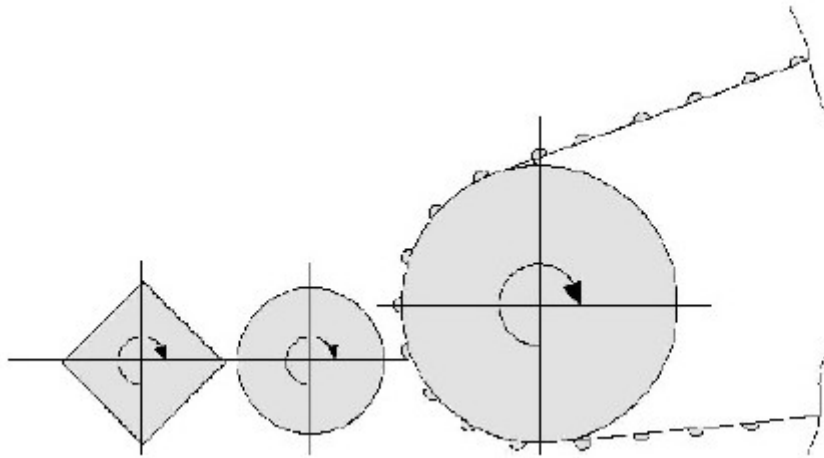


Рисунок 1.16 – Схема валикового робочого органу, що підкопує.

Найбільш поширеним типом підкопних органів є пасивні леміші. Незважаючи на ряд технологічних недоліків, найчастіше зустрічаються плоскі суцільні леміші (рис. 1.17). Це, насамперед, простотою і надійністю їх конструкції [11, 15].

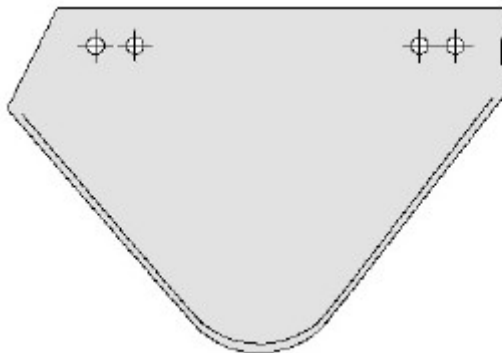


Рисунок 1.17 – Плоский суцільний леміш

Вібраційні підкопувальні робочі органи не набули широкого поширення у вироблених промисловістю картоплезбиральних машинах з цілого ряду причин, основною з яких є необхідність у коливальному русі великих мас, внаслідок чого в рамі та підвісах картоплезбиральних машин [21]. В даний час в машинах для збирання картоплі широко впроваджуються комбіновані леміхи. Вони мають

безперечні переваги по кришенню підкопуваного пласта, зниження тягового опору і передачі маси, що підкопується, на сепаруючі органи, але мають складну конструкцію, металомістки і пошкоджують бульби сильніше пасивних лемешів.

Аналізуючи цю класифікацію підкопних робочих органів, можна сказати, що, незважаючи на ряд технологічних недоліків, пасивні леміхи все ж таки мають найбільше поширення. З вищевикладеного, можна дійти невтішного висновку, що дослідження, спрямоване вдосконалення конструкції пасивного лемеха, є актуальним завданням.

1.4. Аналіз конструкцій та принципу роботи активних підкопувальних органів

На основі проведеного аналізу та обраної мети поставлені такі **завдання досліджень**:

1. Провести аналіз існуючих конструкцій картоплезбиральних машин та підкопувальних робочих органів, на основі якого визначити перспективний напрямок їх удосконалення.

2. Теоретично обґрунтувати параметри робочих органів картоплезбиральних машин.

3. Провести лабораторно-польові дослідження експериментального картоплекопувача.

4. Визначити техніко-економічні показники експериментального картоплекопувача внаслідок проведення господарських досліджень.

Висновки до розділу

1. Комбіновані підкопувальні робочі органи, на прикладі широко поширених дискових елементів мають свої недоліки: складність конструкції, велика матеріаломісткість по відношенню до машин без дисків, при установці бічних дисків потрібне точніше водіння по рядках, прослизання дисків щодо ґрунту, що призводить до неякісного виконання процесу.

2. Вібраційні леміхи також мають ряд недоліків: складність конструкції, необхідність приводити в коливальний рух великі маси, внаслідок чого виникають великі динамічні навантаження в рамі та підвісах, збільшення тягового опору та підвищення навантаження на сепаруючі робочі органи, та найголовніше збільшення пошкоджень бульб порівняно з пасивними органами, що підкопують.

3. Одним з перспективних шляхів удосконалення картоплезбиральних машин є застосування модернізованих лемішів, що забезпечують підвищення впливу робочих органів на початку технологічного процесу підкопування картоплі.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРУЖНОГО ЛЕМЕША

2.1 Конструктивна-технологічна схема пружного леміша

Відомо, що ефективність роботи серійних картоплезбиральних машин залежить від ґрунтово-кліматичних умов. Насамперед на показники роботи прибиральних машин впливає робота підкопувальної частини. Інтенсивна дія на пласт пружного лемеша на початку технологічного процесу картоплезбиральної машини дозволить поліпшити сепарацію без істотного збільшення пошкоджень бульб картоплі, тому що між лемішем і бульбами є прошарок ґрунту. Тому інтенсивність впливу підкопувальних органів на пласт має визначатися виходячи із ґрунтово-кліматичних умов на момент збирання. В умовах підвищеної та зниженої вологості інтенсивність впливу підкопувальних органів повинна бути максимальною, в умовах оптимальної вологості інтенсивність впливу повинна знижуватися, так само вона повинна змінюватись при зміні робочої швидкості картоплезбиральної машини. Для вирішення даної задачі ми пропонуємо вдосконалити підкопні робочі органи картоплезбиральної машини, а саме, конструкція підкопувального органу повинна дозволяти змінювати кут α нахилу лемеша до горизонту при підкопуванні картоплі на різних типах ґрунтів у різних ґрунтово-кліматичних умовах [6] (рис. 2).

Підкопуючий робочий орган містить леміш 1, який в нижній частині закріплений на лапці кронштейна 15 за допомогою болтового з'єднання 14 і кронштейна 7. На кронштейні 7 між плоским лемішем 1 і кронштейном 3 встановлена пружина 2. Кронштейн 12 встановлений в поперечному отворі рами 10 і утримується з одного боку завзятої шайбою 11, а з іншого боку г. Кронштейн 7 встановлений в поперечному отворі кронштейна 3 і утримується з одного боку упорною шайбою 13 і пружиною 2, а з іншого боку гайкою 4 і шплінтом 5. За рахунок регульовальних отворів 6, розташованих в кронштейні 7, і гайки 4 є можливість змінювати залежно від типу та стану ґрунту, на якому використовується збиральна машина (додаток А).

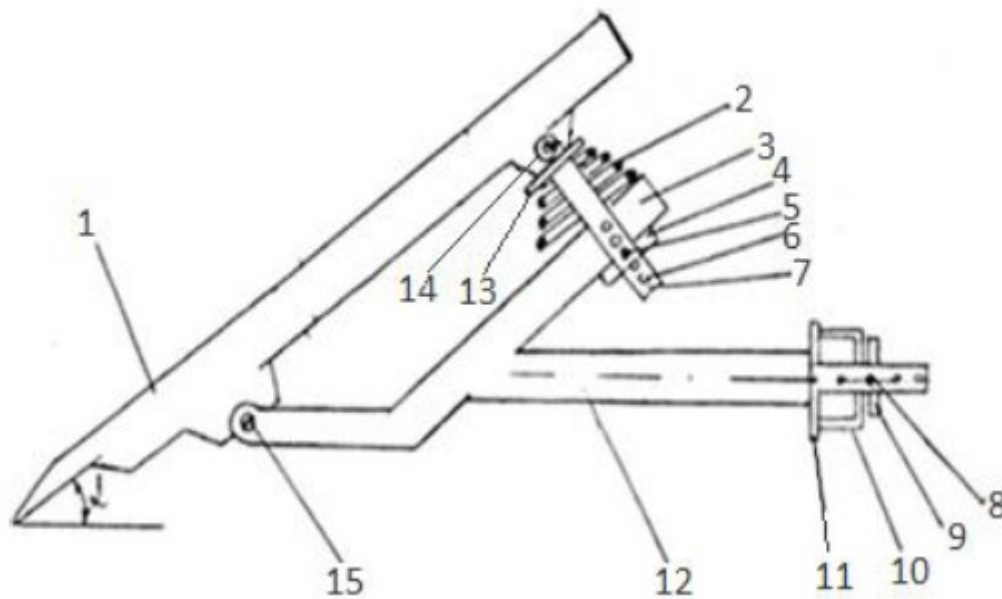


Рисунок 2.1 - Схема підкопуючий робочого органу у вигляді пружного леміша

1 – леміш, 2 – пружина стиснення, 3 – кронштейн, 4 – гайка, 5 – шплінт, 6 – регулювальні отвори, 7 – кронштейн, 8 – шплінт, 9 – гайка, 10 – рама, 11 – упорна 1, 13 – завзята шайба, 14 – болтове з'єднання, 15 – болтове з'єднання, α – кут нахилу лемеша до горизонту.

Удосконалений підкопуючий робочий орган працює в такий спосіб (рис. 2.1). Пружина 2, відрегульована на конкретне зусилля, яке визначається залежно від типу та стану ґрунту. При роботі картоплекопувача на заглиблений леміш 1, встановлений на певну глибину підкапування бульбоносного пласта, внаслідок нерівномірності опору ґрунту діють змінні сили, які передаються через опорну шайбу 13 кронштейна 7 на пружину 2 x 1 Кут нахилу лемеша до горизонту α встановлюють залежно від типу, стану та зв'язності ґрунту. Жорсткість пружини 2 регулюється гайкою 4 і встановлюється такою, при якій кут нахилу лемеша до горизонту виключає звантаження. Внаслідок нерівномірного опору ґрунту на леміш 1 діють змінні сили, які змушують леміш змінювати своє положення, тобто кут α нахилу леміш до горизонту. Пласт ґрунту у своїй відчуває вплив лемеша і кришиться. Цим досягається кришення бульбоносного пласта і покращується транспортування пласта через леміш 1 до пруткового елеватора. Шляхом

установки необхідного кута α нахилу леміша 1 до горизонту, що залежить від типу та стану ґрунту, запобігається звантаженню бульбоносного пласта перед прутковим елеватором. Таким чином, застосування розробленого робочого органу, що підкопує, покращує фарбування бульбоносного пласта і зменшує його звантажування перед прутковим елеватором, що призводить до підвищення продуктивності.

2.2. Дослідження геометрії підпружиненого леміша

Транспортування та фарбування пласта визначається формою підкопувальних робочих органів та взаємним розташуванням елементів. У нашому випадку підкопуючий пристрій складається з кронштейна з пружним лемішем, який змінює своє положення щодо валу першого елеватора.

Розглянемо геометричну схему леміша із змінним кутом нахилу (рис. 2.2).

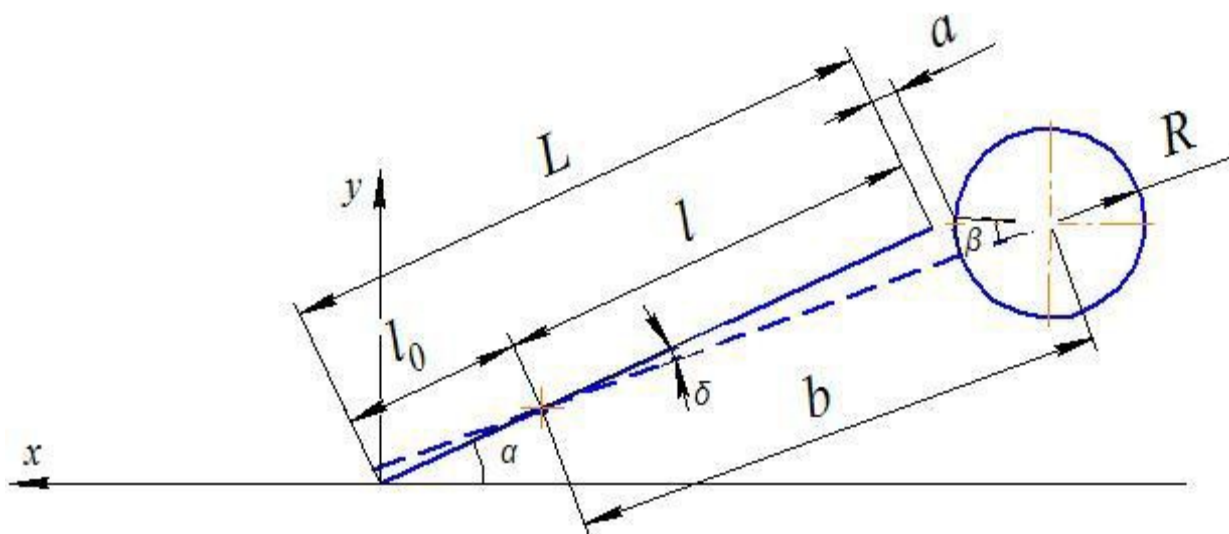


Рисунок 2.2 – Геометрична схема леміша із змінним кутом нахилу
 L – довжина леміша, a – зазор між лемішем та валом першого елеватора, l_0 – відстань від шкарпетки леміша до шарніра, l – довжина шарнірної частини леміша, R – радіус зірочки першого елеватора, β – кут впливу першого елеватора на підкопаний пласт, δ – зміна кута нахилу леміша, α – початковий кут установки

лемішів, b -відстань між шарніром леміша і центром обертання зірочки першого елеватора.

Відстань між шарніром леміша та центром обертання веденого валу першого елеватора:

$$b = (l + a) \cos \delta_{\max} + R \cos \beta \quad (2.1)$$

Тоді зазор між лемішем і валом елеватора:

$$a = \frac{b - R \cos \beta - l \cos \delta_{\max}}{\cos \delta_{\max}} \quad (2.2)$$

Визначимо значення кута впливу першого елеватора на підкопаний пласт:

$$\cos \beta = \frac{b - (l + a) \cos \delta}{R} \quad (2.3)$$

Тоді:

$$\beta = \arccos \frac{b - (l + a) \cos \delta}{R} \quad (2.4)$$

Знайдемо зміну кута нахилу леміша:

$$\alpha_s = \alpha + \delta \quad (2.5)$$

де a - початковий кут установки леміша;

α_l – поточний кут нахилу леміша;

δ – зміна кута нахилу леміша.

Звідси слідує що:

$$\delta = \alpha_s - \alpha \quad (2.6)$$

Таким чином, нами отримана залежність між геометричними параметрами кутів установки леміша, які будуть застосовані в подальших дослідженнях.

2.3. Механіка взаємодії леміша зі зв'язковим шаром ґрунту

При роботі машин із пасивними робочими органами, що мають форму клина, деформація ґрунту відрізняється великою різноманітністю внаслідок значної варіації її фізико-механічних властивостей, а також різноманіття видів та параметрів робочих органів [31].

Оскільки пропонується нами копальник призначений для роботи на різних види ґрунтів, у тому числі і важких, нас цікавить механіка взаємодії леміш зі зв'язним, що відокремлюється у вигляді стрічки пластом ґрунту в його функції підйомного пристрою, а також методики розрахунку невідомих реакцій зв'язків та тягового опору лемеша.

Показників взаємодії. Введемо такі припущення:

1. Суміш картоплі та ґрунту це пласт який є однорідним зв'язним пластом, ґрунту переплетений корінням рослин.
2. Швидкість руху пласта по лемішу в режимі, що встановився постійна.

На ділянку пласта, що розглядається, роблять дію нормальну реакція N та сила тертя T з боку робочої поверхні клина (леміша), а також реакція підпору Q з боку нерухомої ділянки, розташованої перед лемішем (рис. 2.3). Ці сили рівнодіючі відповідним розподіленим сил на робочій поверхні лемеша та межі розділів ділянок пласта [4].

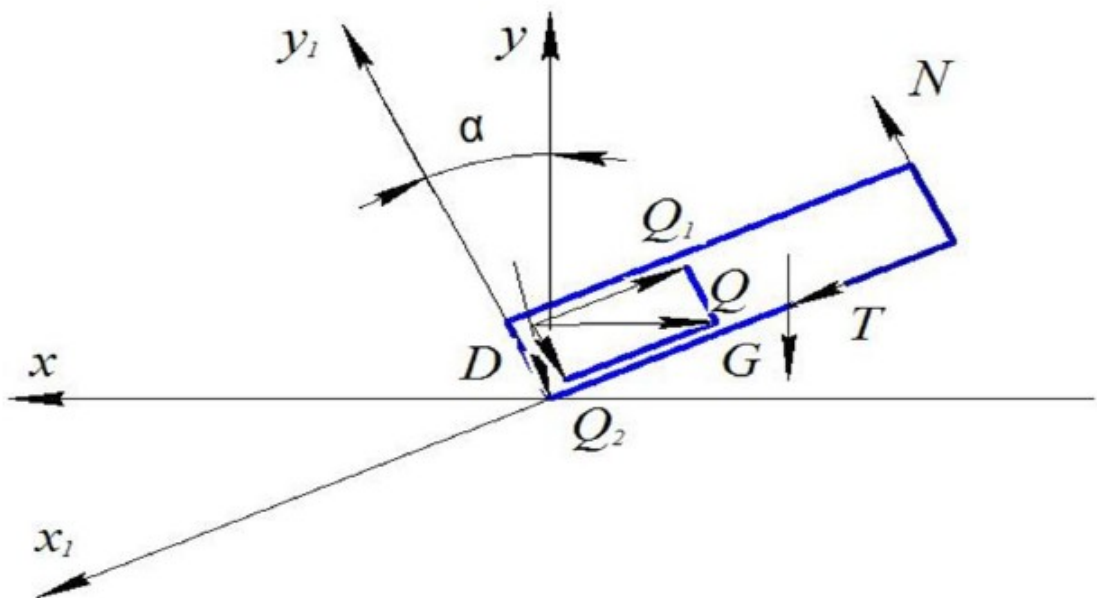


Рис. 2.3 – Схема сил, які діють ділянку пласта

N – нормальна реакція, T – сила тертя, G – сила тяжіння, D – сила

динамічного тиску пласта, Q – реакція підпору, Q_1 – складова реакції підпору діюча вздовж осі x_1 , Q_2 – складова реакції підпора, що діє вздовж осі y_1 , α – кут нахилу лемеша.

Для плоскої довільної системи сил можна скласти лише одне векторне рівняння рівноваги і два відповідних йому скалярних проекціях на осі x_1 та y_1 :

$$\begin{aligned}\bar{Q} + \bar{N} + \bar{T} + \bar{G} &= 0 \\ Q_1 - G \sin \alpha - T &= 0 \\ -Q_2 - G \cos \alpha + N &= 0\end{aligned}\tag{2.7}$$

де: \bar{Q} – реакція підпори, Н;

\bar{N} – нормальна реакція, Н;

\bar{T} – сила тертя, Н;

G – сила тяжкості, Н;

Q_1 – складова реакції підпору, що діє вздовж осі x_1 , Н;

Q_2 – складова реакції підпору, що діє вздовж осі y_1 Н;

α – кут нахилу лемеша, радий.

Складемо рівняння рівноваги лемеша:

$$P - N' \sin \alpha - T' \sin \alpha = 0\tag{2.8}$$

де:

$$T = fN; f = \tan \varphi; T' = T; N' = N$$

де:

f – коефіцієнт тертя,

φ – кут тертя ґрунту об метал, рад.

З урахуванням залежності $T = fN$ маємо чотири невідомі та три рівняння їх визначення, т. е. завдання статично невизначима. Значить, аналізований тип завдання статички не може бути вирішено застосуванням тільки методу складання рівнянь рівноваги. Рішення можливе у випадку, якщо число невідомих зробити рівним числу рівнянь. Для цього складемо додаткове рівняння на основі принципу можливих переміщень:

$$P - G \sin \alpha - T = 0 \quad (2.9)$$

де: P – тяговий опір лемеша, N .

Виключаючи силу тертя, отримаємо систему рівнянь:

$$\begin{aligned} Q_1 - G \sin \alpha - fN &= 0 \\ - Q_2 - G \cos \alpha + N &= 0 \\ P - G \sin \alpha - fN &= 0 \\ P - N \sin \alpha - fN \cos \alpha &= 0 \end{aligned} \quad (2.10)$$

З (1) і (3) рівнянь системи (2.10) випливає, що $P = Q_1$, тоді:

$$\begin{aligned} Q_1 - G \sin \alpha - fN &= 0 \\ - Q_2 - G \cos \alpha + N &= 0 \\ Q_1 - N \sin \alpha - fN \cos \alpha &= 0 \end{aligned} \quad (2.11)$$

Віднімемо з (1) рівняння (3):

$$- G \sin \alpha - fN + N \sin \alpha + fN \cos \alpha = 0 \quad (2.12)$$

звідки знайдемо N :

$$N = \frac{G \cos \varphi \cos \frac{\alpha}{2}}{\cos \left(\varphi + \frac{\alpha}{2} \right)} \quad (2.13)$$

Тепер можемо знайти Q_1 і Q_2 :

$$Q_1 = G \sin \alpha + fN = G \frac{\sin(\varphi + \alpha) \cos \frac{\alpha}{2}}{\cos \left(\varphi + \frac{\alpha}{2} \right)} \quad (2.14)$$

$$Q_2 = N - G \cos \alpha = G \frac{\sin(\varphi + \alpha) \sin \frac{\alpha}{2}}{\cos \left(\varphi + \frac{\alpha}{2} \right)} \quad (2.15)$$

Остаточні висловлювання до розрахунку силових показників будуть [4]:

Складові сили підпору пласта:

$$Q_1 = D \operatorname{tg} \left(\varphi + \frac{\alpha}{2} \right) \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right) \quad (2.16)$$

$$Q_2 = D \operatorname{tg} \left(\varphi + \frac{\alpha}{2} \right) \sin \left(\frac{\alpha}{2} \right) \quad (2.17)$$

Динамічний тиск пласта:

$$D = 2kabv_a^2 \sin \left(\frac{\alpha}{2} \right) \quad (2.18)$$

де k – питомий коефіцієнт опору ґрунту, H/m^2 .

Тяговий опір:

$$P = D \frac{\sin(\varphi + \alpha)}{\cos \left(\varphi + \frac{\alpha}{2} \right)} \quad (2.19)$$

Проаналізувавши значення цих сил за зміни кута нахилу α , розрахунки проводили у програмі MathCAD.

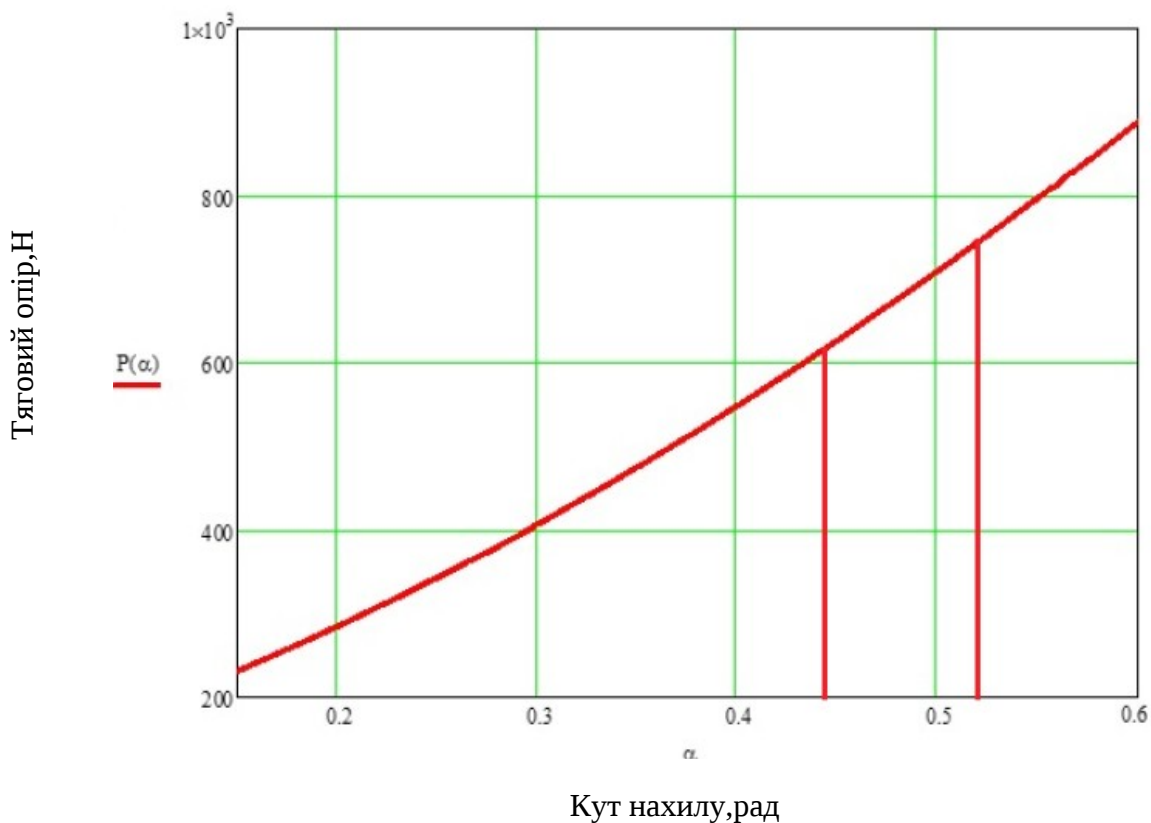


Рис. 2.4 – Графік залежності тягового опору леміша від його кута нахилу

Аналізуючи цей графік, можна помітити, що зі збільшенням кута нахилу леміша зростає тяговий опір, причому залежність буде параболічною. Слід

зазначити, що найбільший приріст тягового опору спостерігається при кутах нахилу леміша від 25° до 30° , що відповідає куту в радіанах від 0,44 до 0,52. Тому нами було запропоновано з метою зменшення тягового опору кут нахилу леміша зробити змінним залежно від стану ґрунту. Чим важчий ґрунт, тим менший кут нахилу.

2.4. Теоретичне обґрунтування параметрів пружини леміша

Змінний кут нахилу леміша забезпечується за рахунок застосування пружини. Для обґрунтування параметрів пружини розглянемо силову взаємодію бульбоносного пласта з лемішем. Оскільки рух картоплекопача в режимі, що встановився, здійснюється з постійною швидкістю, розглянемо рівновагу леміша під дією активних сил.

Допущення моделі наведено у розділі 2.3. Силами, що діють на лемі, будуть: реакція підпору пласта Q , вага пласта G і нормальна реакція поверхні леміша N (рис. 2.5).

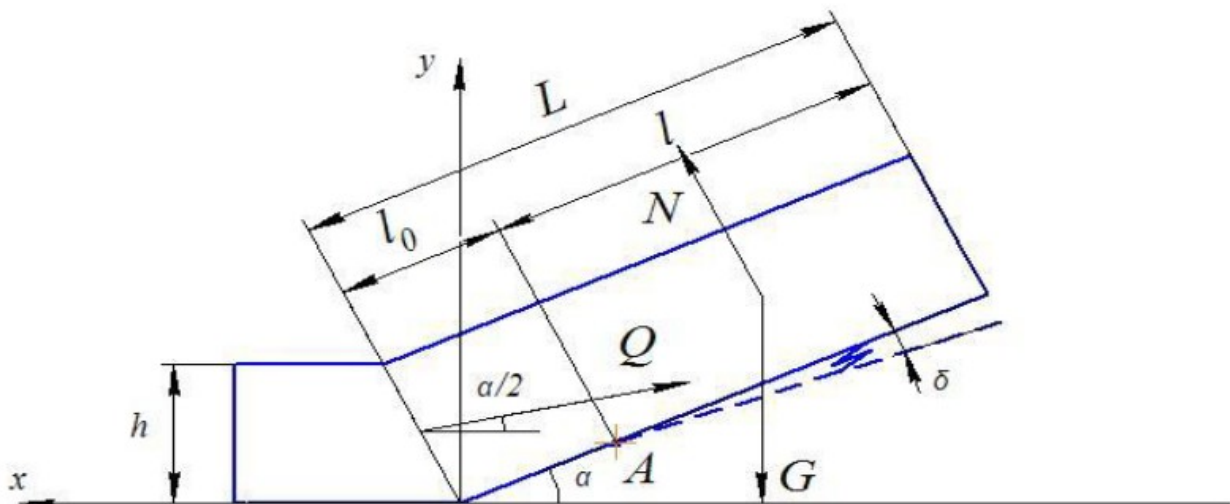


Рис. 2.5 – Схема силовій взаємодії пласта з лемішем.

N – нормальна реакція, G – сила тяжіння, h – висота пласта, Q – реакція підпора, L – довжина леміша, l_0 – відстань від шкарпетки леміша до шарніра, l – довжина шарнірної частини леміша, δ – зміна кута нахилу леміша, α – початковий кут установки леміша, $\alpha/2$ – кут між реакцією підпора та горизонталлю.

Для знаходження нормальної реакції пласта розглянемо суму моментів щодо шарніру леміша:

$$\sum M_A = 0$$

$$N(X_C - l_0) - G(X_C - l_0)\sin\alpha - Q\left(\frac{\alpha}{2} - l_0\text{tg}\frac{\alpha}{2}\right) = 0 \quad (2.20)$$

де:

X_C – центр тяжкості леміша, м.

Виразимо нормальну реакцію поверхні леміша з виразу (2.20):

$$N = \frac{G(X_C - l_0)\sin\alpha + Q\left(\frac{\alpha}{2} - l_0\text{tg}\frac{\alpha}{2}\right)}{X_C - l_0} \quad (2.21)$$

Для визначення зусилля пружини розглянемо взаємодію леміша з пружиною. Величину зусилля стиснення пружини можна визначити з рівняння рівноваги – сума моментів щодо шарніру А (рис. 2.6).

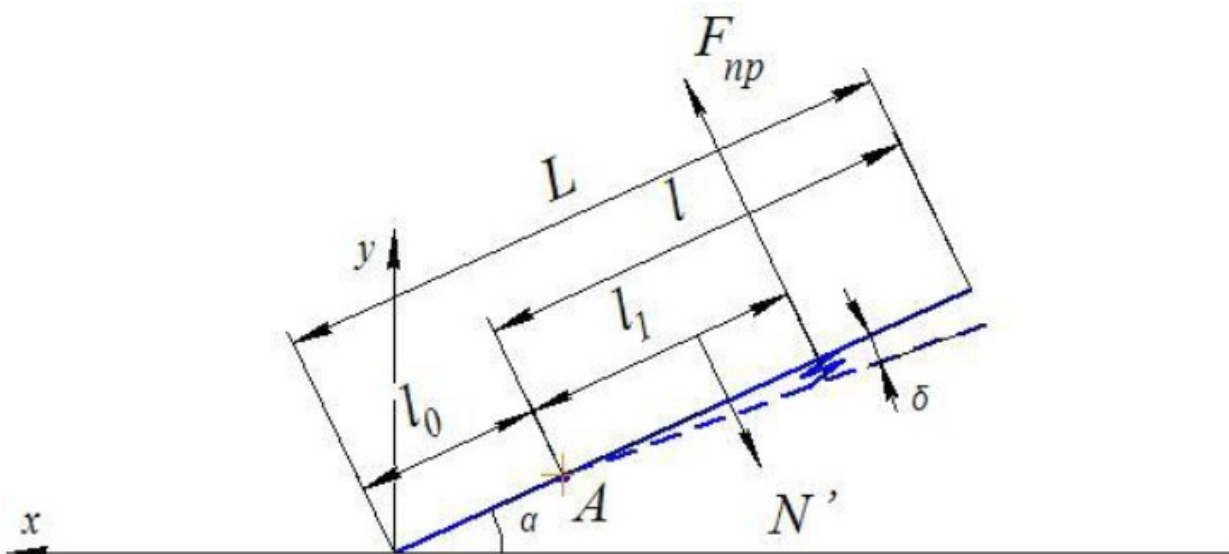


Рисунок 2.6 – Схема силової взаємодії леміша з пружиною

$$F_{np}l - N'(X_C - l_0) = 0 \quad (2.22)$$

Виразимо з виразу (2.22) величину зусилля стиснення пружини:

$$F_{\text{пр}} = \frac{N'(X_c - l_0)}{l_1} \quad (2.23)$$

Підставивши значення нормальної реакції N , отримаємо:

$$F_{\text{пр}} = -Gl_1(X_c - l_0)\sin\alpha - Ql_1\left(\frac{\alpha}{2} - l_0\text{tg}\frac{\alpha}{2}\right) \quad (2.24)$$

З урахуванням формул (2.16), (2.17) та (2.18) запишемо остаточне рівняння для розрахунку зусилля пружини:

$$F_{\text{пр}} = -Gl_1(X_c - l_0)\sin\alpha - 2kabv_a^2 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \text{tg}\left(\varphi + \frac{\alpha}{2}\right) l_1\left(\frac{\alpha}{2} - l_0\text{tg}\frac{\alpha}{2}\right) \quad (2.25)$$

Для аналізу впливу швидкості копача і параметрів підкопуючого пласта, що забирається, проведемо розрахунки в програмі MathCAD:

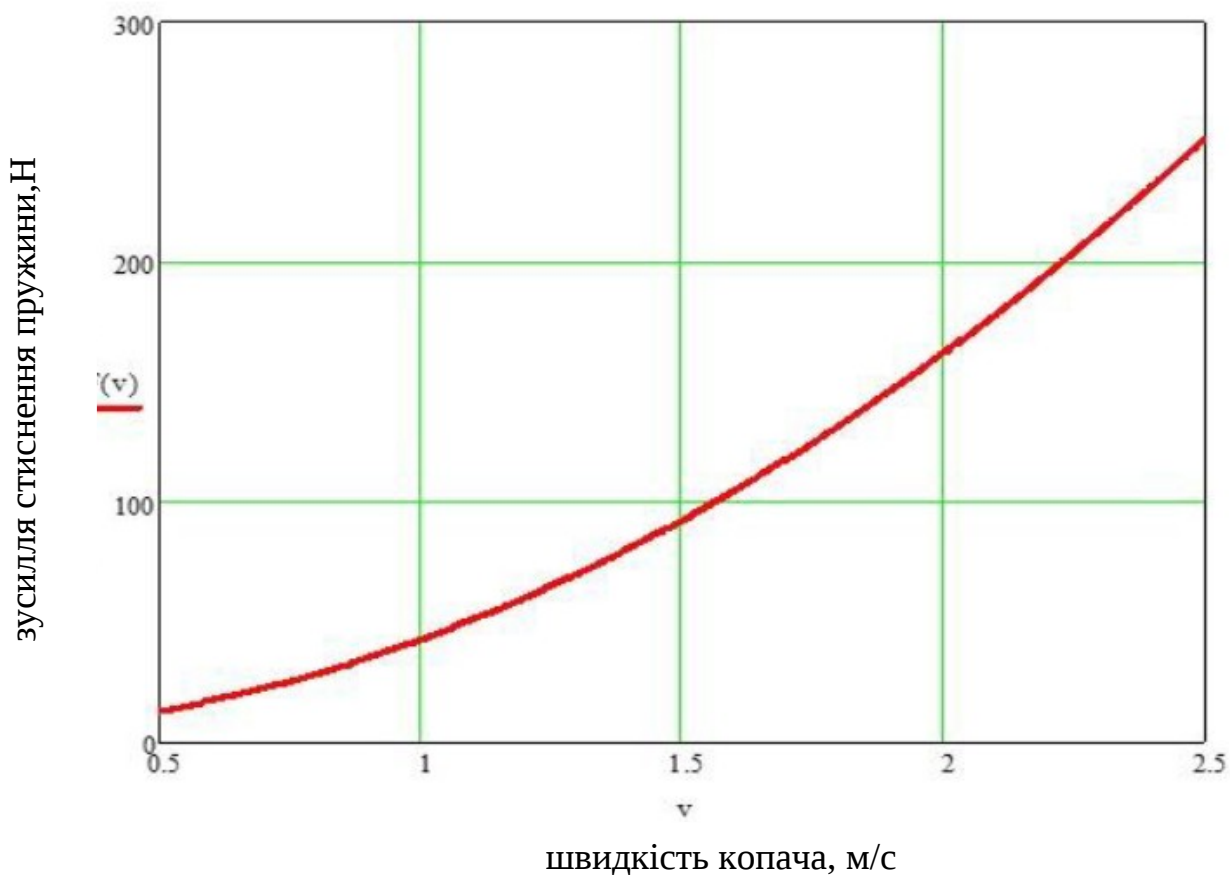


Рис. 2.7 – Графік впливу швидкості копача на величину зусилля стиснення пружини

З наведеного графіка видно, що величина зусилля стиснення пружини значно залежить від швидкості копача. Зі збільшенням швидкості зростає зусилля стиснення пружини. Представлені залежності дозволяють здійснити раціональний вибір пружин для конкретних умов роботи картоплезбиральної машини.

2.5. Дослідження величини піднімання компонентів пласта картоплі та ґрунту

Розглянемо взаємодію прутків елеватора з пластом. При зменшенні кута нахилу пружного леміша подача пласта може здійснюватися на різній висоті по відношенню до першого валу пруткового елеватора. У цьому випадку інтенсивність та напрямок впливу прутків на підкопаний пласт будуть істотно змінюватися, причому, чим більший опір картопляного пласта, тим менший кут нахилу пружного леміша, менше його тяговий опір, і тим інтенсивніший вплив прутковим елеватором на пласт.

Для виключення підрізання бульб леміша між бульбовим гніздом та лезом леміша залишають технологічний зазор не менше 2 см. Дана прошарок захищатиме бульби картоплі від інтенсивного впливу прутків.

Процес впливу прутків на пласт скрадатиметься з двох етапів. На першому етапі відбувається вплив прутків основного елеватора на пласт, в результаті якого компоненти набувають певної швидкості. На другому етапі компоненти з набутою швидкістю рухаються всередині картопляного купу. Обмеженням цього процесу є умова, за якої компоненти вороху не відкидаються назад на лемі картоплезбиральні машини.

Досліджуємо взаємодію прутків із компонентом картопляного вороху.

Введемо такі припущення:

1. Вплив прутків елеватора на пласт веде до його

руйнування, внаслідок чого утворюється картопляна купа з компонентами.

2. Потужність, що витрачається на холостий хід та підйом картопляного вороху мають постійні значення.

Оскільки взаємодія відбувається протягом досить короткого проміжку часу, скористаємося теоремою про зміну кількості руху [4].

$$m(\bar{V}_2 - \bar{V}_1) = F \Delta t \quad (2.26)$$

де m - Маса компонента картопляного вороху, кг;

\bar{V}_1 – швидкість руху компонента до взаємодії із прутком, м/с;

\bar{V}_2 – швидкість руху компонента після взаємодії із прутком елеватора, м/с;

\bar{F} – середня сила удару протягом Δt , Н;

Δt – час удару, с.

Так як вага прутка елеватора має невелику величину, то інерційна складова прутка незначно впливатиме на силу удару. Тому величину сили висловимо з потужності, що витрачається на привід основного елеватора. Загальна потужність на привід елеватора складається з наступних складових:

$$P_{заг} = P_{хх} + P_{пв} + P_{кр} \quad (2.27)$$

де $P_{заг}$ - загальна потужність, що витрачається на привід елеватора, Вт;

$P_{хх}$ - потужність холостого ходу основного елеватора, Вт;

$P_{пв}$ - потужність, що витрачається на підйом картопляного вороху, Вт;

$P_{кр}$ - потужність, що витрачається на кришення пласта, Вт.

Враховуючи, що потужності, що витрачаються на холостий хід та підйом картопляного волоху мають постійні значення, то потужність, що витрачається на кришення пласта буде виглядати так:

$$P_{кр} = P_{заг} - P_{хх} - P_{пв} \quad (2.28)$$

Сила удару дроту елеватора по компоненту пласта визначається виразом:

$$F = \frac{P_{кр}}{V_e} = \frac{P_{заг} - P_{хх} - P_{пв}}{V_e} \quad (2.29)$$

де V_e – швидкість елеватора, м/с.

Інтенсивність взаємодії пласта з основним елеватором залежить від кута β , який визначає напрямок впливу. В свою чергу кут залежить від точки подачі пласта до основного елеватора, тобто від кута нахилу леміша α .

Розрахункова схема взаємодії прутка основного елеватора з компонентом пласта наведено рис 2.8.

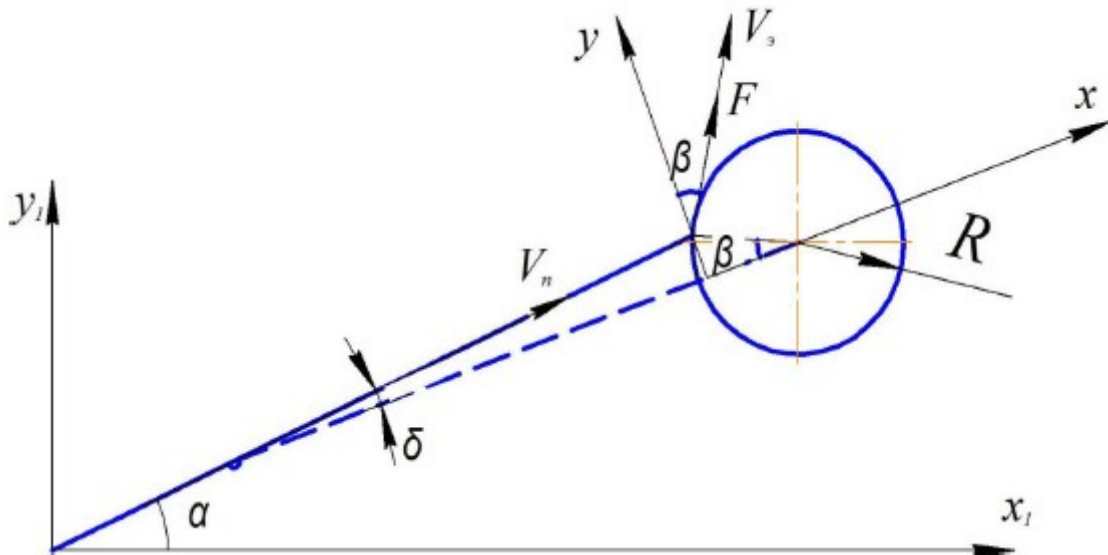


Рисунок 2.8 – Розрахункова схема взаємодії прутка основного елеватора з компонентом пласта

Спроекуємо швидкість руху пласта по лемішу до взаємодії з прутком. Тоді початкова швидкість руху пласта визначатиметься виразом:

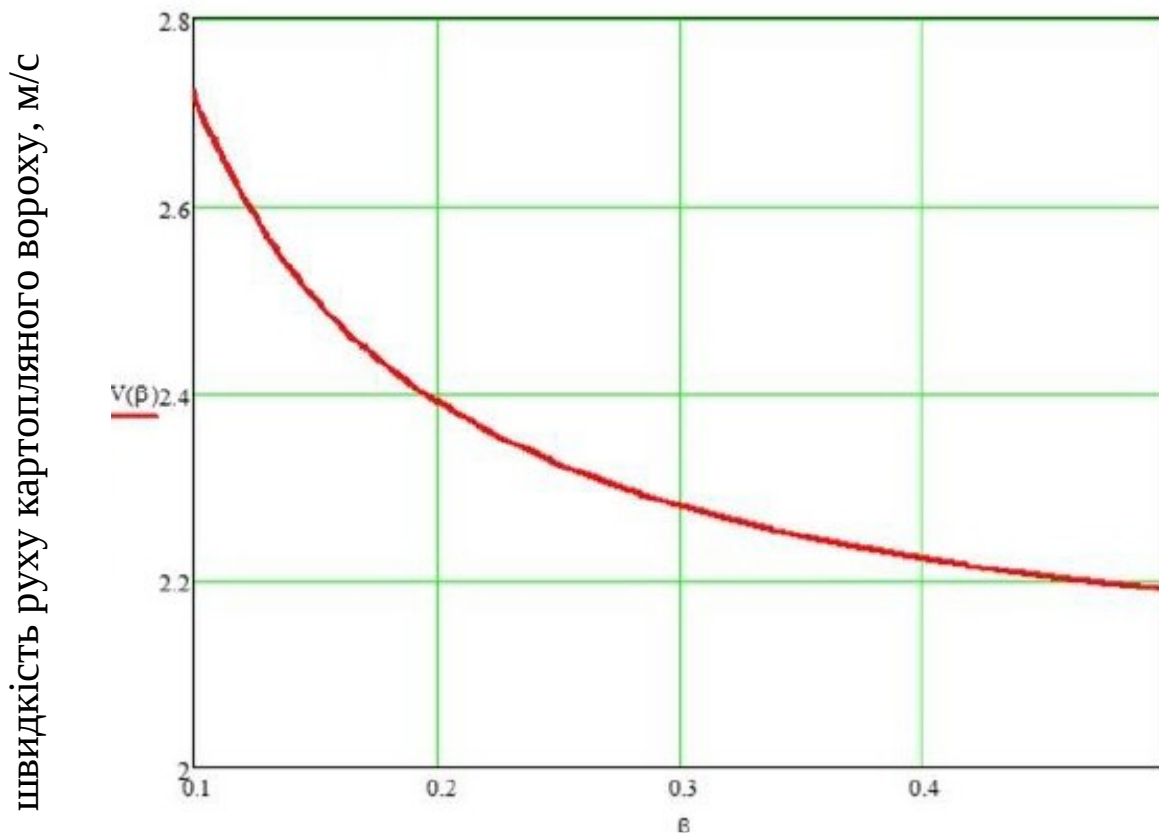
$$V_1 = \frac{V_n \sin \delta}{\cos \beta} \quad (2.30)$$

де V_n - швидкість руху пласта по лемі, м/с.

Знайдемо швидкість руху компонента картопляного вороху після взаємодії з прутком елеватора з формули (2.26) з урахуванням виразу (2.30).

$$V_2 = \frac{F \Delta t}{m} + \frac{V_n \sin \delta}{\cos \beta} \quad (2.31)$$

Розрахуємо значення швидкості руху компонента картопляного вороху після взаємодії з прутком елеватора на підставі виразу (2.31) та побудуємо графік у програмі MathCAD.



кут впливу першого елеватора на пласт, рад

Рис. 2.9 – Графік залежності швидкості руху картопляного вороху після взаємодії з робочими органами

Зменшення кута нахилу леміша веде до зменшення кута впливу та збільшення швидкості картопляного вороху. Виходячи з умов непошкодження бульб картоплі, а також можливостей регулювання кута нахилу леміша, діапазон його змін буде від 22 ° до 30 °.

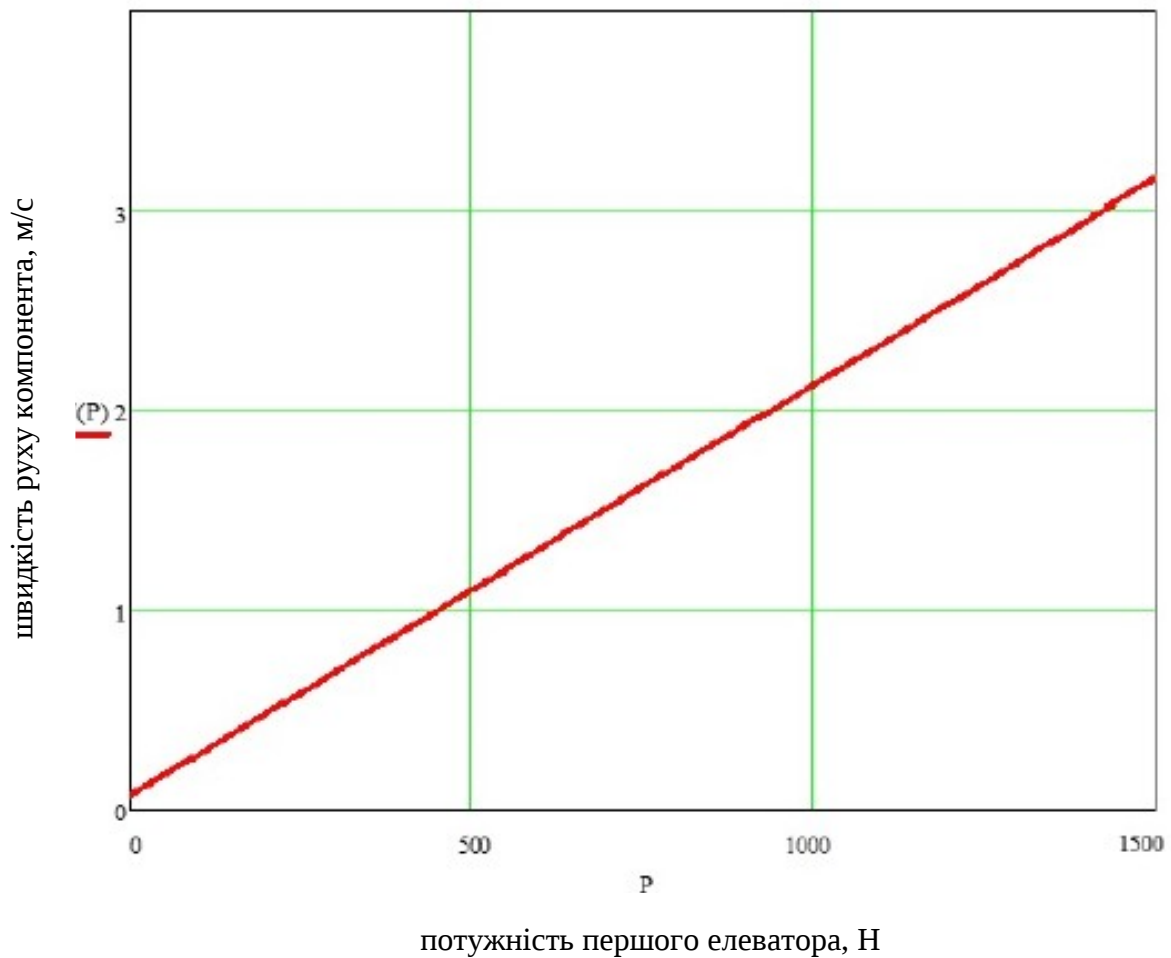


Рис. 2.10 – Графік залежності швидкості руху компонента картопляного вороху від потужності, що витрачається на піднімання пласта

З представленого графіка видно, що зі збільшенням швидкості руху компонента картопляного вороху після взаємодії з прутком елеватора, підвищується потужність, що витрачається на подрібнення пласта. Причому це лінійна залежність. Рух компонента картопляного вороху після взаємодії з прутком елеватора відбувається за рахунок інерції руху компонента по лемішу та взаємодії з прутком основного елеватора. При цьому напрямок руху вздовж леміша характеризуватиме поточний кут нахилу леміша α , а напрямок удару кут β . В результаті абсолютна швидкість частинок компонента визначатиметься за правилом паралелограма (рис. 2.11), а кут напрямку руху θ за лежатиме від величини та напрямку складових швидкостей:

$$V_p = V_{abc} = \sqrt{V_{\alpha 3}^2 + V_n^2 - 2V_{\alpha 3} V_n \cos \theta} \quad (2.32)$$

де $V_{\alpha 3} = V^2$ - швидкість руху компонента після взаємодії з прутком елеватора, м/с;

V_n -швидкість руху пласта по лемі, м/с.

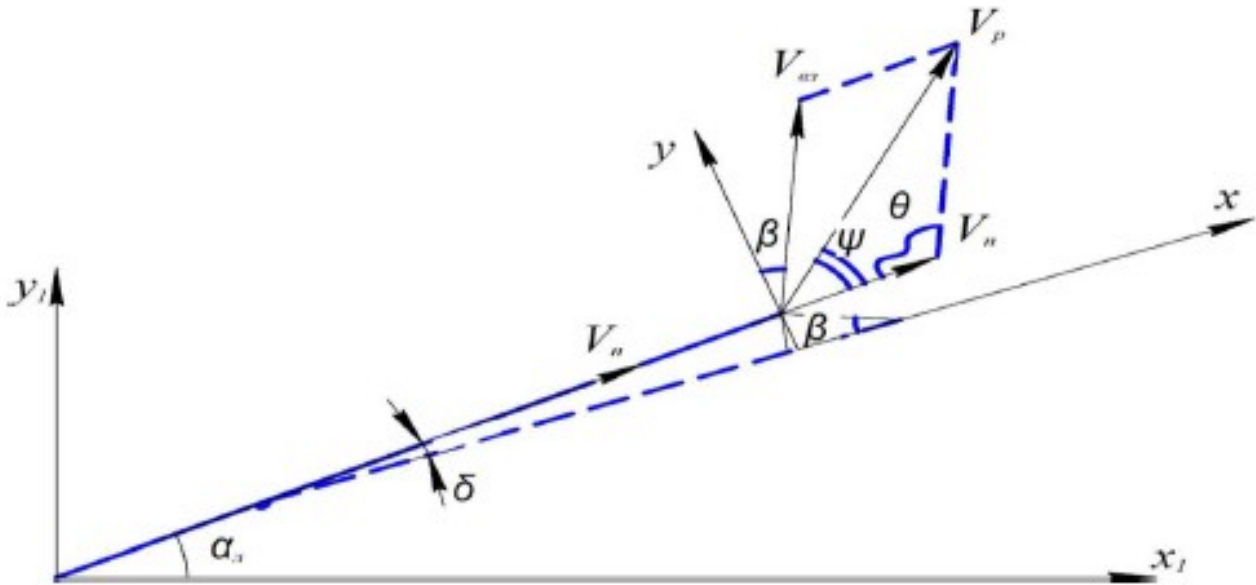


Рисунок 2.11 –Схема визначення взаємозв'язку кутів леміша і основного елеватора при їх взаємодії з компонентом пласта (суміш картоплі та ґрунту)

З рисунка 2.11 видно, що кут θ розташований між швидкістю компонента картопляного вороху і швидкістю компонента разом з пластом лемішу.

$$\theta = 180^\circ - \delta - (90^\circ - \beta) = 90^\circ + \beta - \delta \quad (2.33)$$

Кут напрямку результуючої швидкості після взаємодії з прутками основного елеватора знайдемо за теоремою синусів:

$$\frac{\sin \theta}{V_p} = \frac{\sin \psi}{V_{\alpha 3}} \quad (2.34)$$

З виразу (2.34) визначимо величину кута ψ

$$\psi = \arcsin \left(\frac{V_{\alpha 3} \sin \theta}{V_p} \right) \quad (2.35)$$

Введемо припущення:

1. Компоненти картопляного оберемка можуть переміщатися друг щодо друга.

2. Сили опору, що виникають при відносному русі компоненти пропорційні їх швидкості.

З урахуванням встановлених закономірностей запишемо рівняння руху компонента всередині картопляного вороху у вигляді диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} m \frac{d^2 x}{dt^2} = -G \sin \alpha_{\text{л}} - F_{\text{сопр}} \cos \psi \\ m \frac{d^2 x}{dt^2} = -G \cos \alpha_{\text{л}} - F_{\text{сопр}} \sin \psi \end{cases} \quad (2.36)$$

де G – вага компонента, кг;

$F_{\text{сопр}}$ -сила опору всередині картопляного вороху, Н.

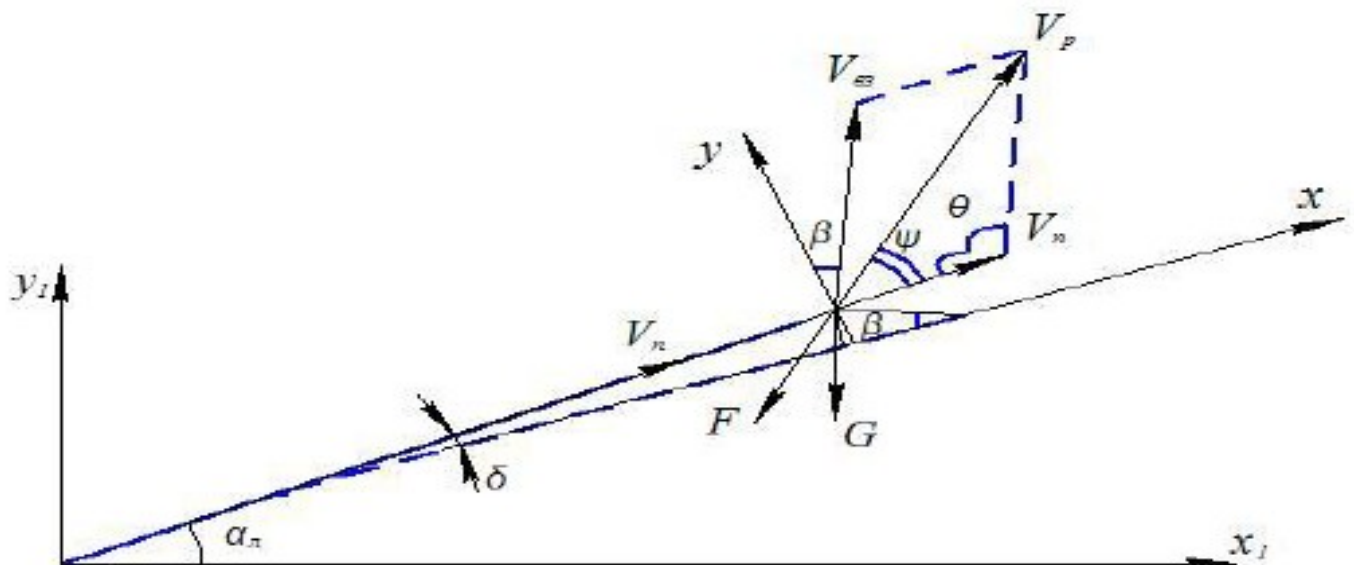


Рисунок 2.12 - Розрахункова схема дослідження руху пласта після дії основного елеватора

З малюнка 2.12 видно, що сила опору всередині картопляного вороха пропорційна швидкості руху компонента та визначається виразом:

$$F_{\text{сопр}} = v \frac{dx}{dt} \quad (2.37)$$

де v – коефіцієнт опору руху компонента картопляного вороху, Н/(м/с).

Перетворимо вираз (2.36) з урахуванням виразу (2.37):

$$\begin{cases} \frac{d^2x}{dt^2} = -g \cdot \sin \alpha_n - \frac{v}{m} \cdot \frac{dx}{dt} \cos \psi' \\ \frac{d^2x}{dt^2} = -g \cdot \cos \alpha_n - \frac{v}{m} \cdot \frac{dx}{dt} \sin \psi' \end{cases} \quad (2.38)$$

Розв'яжемо систему рівнянь, для чого розглянемо кожне рівняння системи окремо:

$$1) \frac{d^2x}{dt^2} = -g \cdot \sin \alpha_n - \left(\frac{v}{m} \cdot \cos \psi' \right) \cdot \frac{dx}{dt} \quad (2.39)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{v}{m} \cdot \cos \psi' \cdot \frac{dx}{dt} = -g \cdot \sin \alpha_n \quad (2.40)$$

Спочатку знайдемо загальне рішення ЛОДУ:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{v}{m} \cdot \cos \psi' \cdot \frac{dx}{dt} = 0 \quad (2.41)$$

Складемо характеристичне рівняння та знайдемо його розв'язання:

$$\lambda^2 + \frac{v}{m} \cdot \cos \psi' \cdot \lambda = 0 \quad (2.42)$$

$$\lambda \cdot \left(\lambda + \frac{v}{m} \cdot \cos \psi' \right) = 0 \quad (2.43)$$

$$\lambda = 0 \text{ або } \lambda = -\frac{v}{m} \cos \psi' \quad (2.44)$$

Дане рівняння має 2 різні корені, значить загальне рішення набуде вигляду:

$$\bar{x} = c_1 \cdot e^{\lambda_1 \cdot t} + c_2 \cdot e^{\lambda_2 \cdot t} \quad (2.45)$$

$$\bar{x} = c_1 \cdot e^{0 \cdot t} + c_2 \cdot e^{-\frac{v}{m} \cos \psi' \cdot t} = c_1 + c_2 \cdot e^{-\frac{v}{m} \cos \psi' \cdot t} \quad (2.46)$$

Знайдемо приватне рішення за видом правої частини:

$$f(x) = -g \cdot \sin \alpha_n \quad (2.47)$$

Знайдемо корень характеристичного рівняння:

$$k + j \cdot i = 0 \quad (2.48)$$

де k та j – деякі довільні числа.

$$r = 1 \quad (2.49)$$

де r – кратність числа $k + j \cdot i$ як кореня характеристичного рівняння.

Тоді приватне рішення ЛНДУ набуде вигляду:

$$x = e^{\alpha t} \cdot (A \cdot \cos \beta x + B \cdot \sin \beta x) \cdot t^r = e^{0t} \cdot (A \cdot \cos 0 + B \cdot \sin 0) \cdot t^1 = A \cdot t \quad (2.50)$$

де A та B – невизначені коефіцієнти.

Знайдемо невизначений коефіцієнт A :

$$\tilde{x} = A \quad (2.51)$$

$$\tilde{x}'' = 0 \quad (2.52)$$

$$0 + \left(\frac{v}{m} \cdot \cos \psi' \right) \cdot A = -g \cdot \sin \alpha_n \quad (2.53)$$

$$A = - \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha_n}{v \cdot \cos \psi'} \quad (2.54)$$

Підставимо значення невизначеного коефіцієнта A в \tilde{x} і визначимо правельне рішення:

$$\tilde{x} = - \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha_n}{v \cdot \cos \psi'} \cdot t \quad (2.55)$$

Загальне рішення:

$$x = \bar{x} + \tilde{x} \quad (2.56)$$

$$x = c_1 + c_2 \cdot e^{-\frac{v}{m} \cos \psi' t} - \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha_n}{v \cdot \cos \psi'} \cdot t \quad (2.57)$$

Знайдемо коефіцієнти c_1 і c_2 за початкових умов:

при $t=0$,

$$x(0) = 0 \quad (2.58)$$

$$\frac{dx}{dt}(0) = V_p \quad (2.59)$$

$$0 = c_1 + c_2 \cdot e^0 + 0 \quad (2.60)$$

Отримуємо:

$$c_1 + c_2 = 0 \quad (2.61)$$

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{v}{m} \cdot \cos \psi' \cdot c_2 \cdot e^{-\frac{v}{m} \cos \psi' t} - \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha_n}{v \cdot \cos \psi'} \quad (2.62)$$

$$V_p = -\frac{v}{m} \cdot \cos \psi' \cdot c_2 \cdot e^0 - \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha_n}{v \cdot \cos \psi'} \quad (2.63)$$

Маємо систему:

$$\begin{cases} c_1 + c_2 = 0 \\ V_p = -\frac{v}{m} \cdot \cos \psi' \cdot c_2 - \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha_n}{v \cdot \cos \psi'} \end{cases} \quad (2.64)$$

$$\begin{cases} c_1 = \frac{m \cdot (V_p \cdot v \cdot \cos \psi' + m \cdot g \cdot \sin \alpha_n)}{v^2 \cdot (\cos \psi')^2} \\ c_2 = \frac{m \cdot (V_p \cdot v \cdot \cos \psi' + m \cdot g \cdot \sin \alpha_n)}{v^2 \cdot (\cos \psi')^2} \end{cases} \quad (2.65)$$

Підставимо знайдені значення коефіцієнтів c_1 та c_2 у загальне рішення:

$$x = \frac{m \cdot (V_p \cdot v \cdot \cos \psi' + m \cdot g \cdot \sin \alpha_n)}{v^2 \cdot (\cos \psi')^2} - \frac{m \cdot (V_p \cdot v \cdot \cos \psi' + m \cdot g \cdot \sin \alpha_n)}{v^2 \cdot (\cos \psi')^2} \cdot e^{-\frac{v}{m} \cos \psi' t} - \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha_n}{v \cdot \cos \psi'} \cdot t \quad (2.66)$$

$$2) \frac{d^2 y}{dt^2} = -g \cdot \cos \alpha_n - \left(\frac{v}{m} \sin \psi' \right) \cdot \frac{dy}{dt} \quad (2.67)$$

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{v}{m} \sin \psi' \cdot \frac{dy}{dt} = -g \cdot \cos \alpha_n \quad (2.68)$$

Спочатку знайдемо загальне рішення:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{v}{m} \sin \psi' \cdot \frac{dy}{dt} = 0 \quad (2.69)$$

Складемо характеристичне рівняння та знайдемо його розв'язання:

$$\lambda^2 + \frac{v}{m} \cdot \sin \psi' \cdot \lambda = 0 \quad (2.70)$$

$$\lambda \left(\lambda + \frac{v}{m} \sin \psi' \right) = 0 \quad (2.71)$$

$$\lambda = 0 \text{ або } \lambda = -\frac{v}{m} \sin \psi' \quad (2.72)$$

Дане рівняння має 2 різні корені, значить загальне рішення набуде вигляду:

$$\bar{y} = c_1 \cdot e^{\lambda_1 t} + c_2 \cdot e^{\lambda_2 t} \quad (2.73)$$

$$\bar{y} = c_1 \cdot e^{0t} + c_2 \cdot e^{-\frac{v}{m} \sin \psi' t} = c_1 + c_2 \cdot e^{-\frac{v}{m} \sin \psi' t} \quad (2.74)$$

Знайдемо рішення за видом правої частини:

$$f(y) = -g \cdot \cos \alpha_n \quad (2.75)$$

Знайдемо корінь характеристичного рівняння:

$$k + j \cdot i = 0, \quad (2.76)$$

де k і j - деякі довільні числа.

$$r = 1, \quad (2.77)$$

де r – кратність числа $k + j \cdot i$ як кореня характеристичного рівняння.

Тоді, приватне рішення набуде вигляду:

$$\tilde{y} = e^{\alpha t} \cdot (A \cdot \cos \beta y + B \cdot \sin \beta y) \cdot t^r = e^{0t} \cdot (A \cdot \cos 0 + B \cdot \sin 0) \cdot t^1 = A \cdot t \quad (2.78)$$

де A та B – невизначені коефіцієнти.

Знайдемо невизначений коефіцієнт A :

$$\tilde{y}' = A \quad (2.79)$$

$$\tilde{y}'' = 0 \quad (2.80)$$

$$0 + \left(\frac{v}{m} \sin \psi' \right) \cdot A = -g \cdot \cos \alpha_n \quad (2.81)$$

$$A = -\frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha_n}{v \cdot \sin \psi'} \quad (2.82)$$

Підставимо значення невизначеного коефіцієнта A в \tilde{y} і визначимо приватне рішення:

$$\tilde{y} = - \frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha_n}{v \cdot \sin \psi} \cdot t \quad (2.83)$$

Загальне рішення:

$$y = \bar{y} + \tilde{y} \quad (2.84)$$

$$y = c_1 + c_2 \cdot e^{-\frac{v \cdot \sin \psi}{m} t} - \frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha_n}{v \cdot \sin \psi} \cdot t \quad (2.85)$$

Знайдемо коефіцієнти c_1 і c_2 за початкових умов:

при $t=0$,

$$y(0) = 0 \quad (2.86)$$

$$\frac{dy}{dt}(0) = V_p \quad (2.87)$$

$$0 = c_1 + c_2 \cdot e^0 + 0 \quad (2.88)$$

Отримуємо:

$$c_1 + c_2 = 0 \quad (2.89)$$

$$\frac{dy}{dt} = - \frac{v}{m} \sin \psi \cdot c_2 \cdot e^{-\frac{v \cdot \sin \psi}{m} t} - \frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha_n}{v \cdot \sin \psi} \quad (2.90)$$

$$V_p = - \frac{v}{m} \cdot \sin \psi \cdot c_2 \cdot e^0 - \frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha_n}{v \cdot \sin \psi} \quad (2.91)$$

Маємо систему:

$$\begin{cases} c_1 + c_2 = 0 \\ V_p = - \frac{v}{m} \sin \psi \cdot c_2 - \frac{m \cdot g \cdot \cos \alpha_n}{v \cdot \sin \psi} \end{cases} \quad (2.92)$$

$$\begin{cases} c_1 = \frac{m \cdot (V_p \cdot v \cdot \sin \psi + m \cdot g \cdot \cos a_n)}{v^2 \cdot (\sin \psi)^2} \\ c_2 = \frac{m \cdot (V_p \cdot v \cdot \sin \psi + m \cdot g \cdot \cos a_n)}{v^2 \cdot (\sin \psi)^2} \end{cases} \quad (2.93)$$

Підставимо знайдені значення коефіцієнтів c_1 та c_2 у загальне рішення:

$$y = \frac{m \cdot (V_p \cdot v \cdot \sin \psi + m \cdot g \cdot \cos a_n)}{v^2 \cdot (\sin \psi)^2} - \frac{m \cdot (V_p \cdot v \cdot \sin \psi + m \cdot g \cdot \cos a_n)}{v^2 \cdot (\sin \psi)^2} \cdot e^{-\frac{v \cdot \sin \psi}{m} t} - \frac{m \cdot g \cdot \cos a_n}{v \cdot \sin \psi} \cdot t, \quad (2.94)$$

На підставі отриманих рішень виразів (2.66) та (2.94) побудуємо графік у програмі MathCAD.

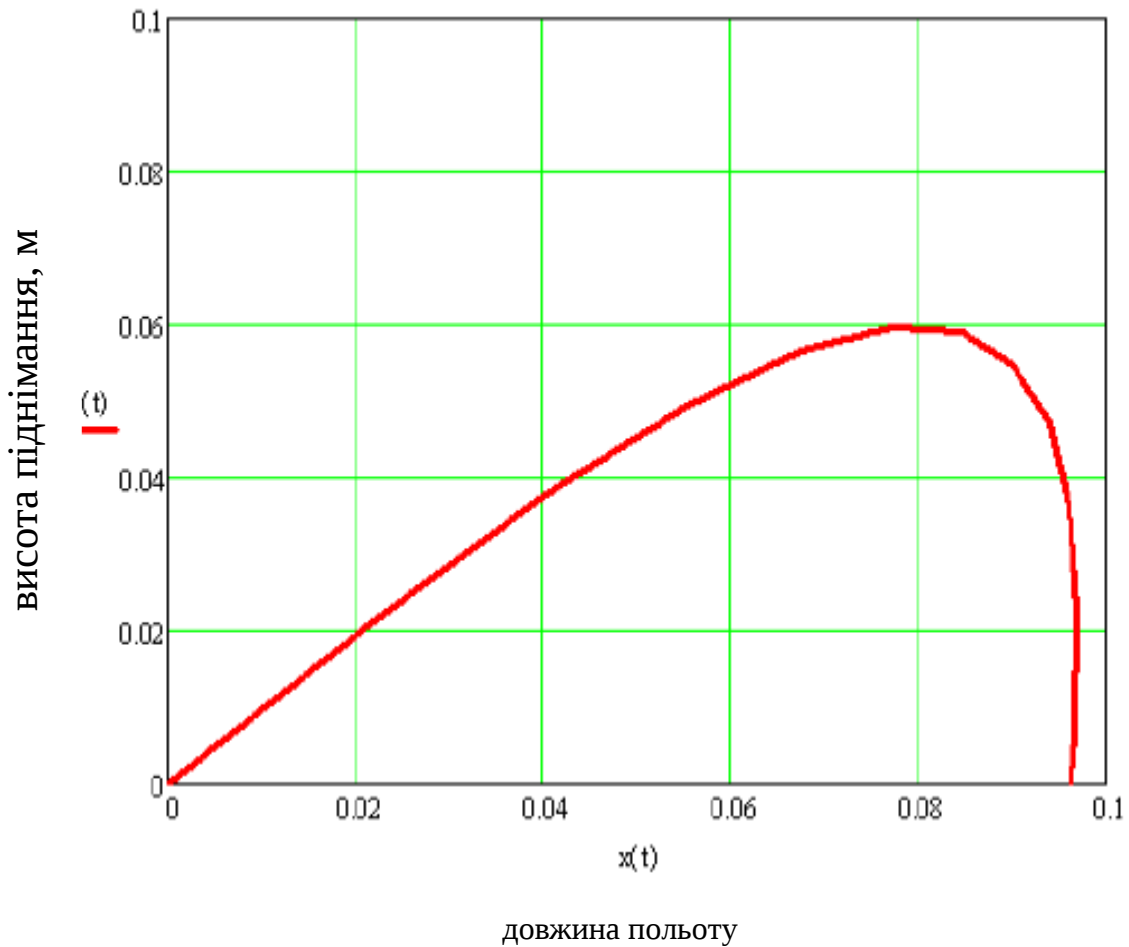


Рис 2.13 – Графік траєкторії руху компонента картопляного вороху після взаємодії з прутком елеватора

Аналізуючи отриманий графік, можна помітити, що траєкторія руху картопляного вороху є параболою і залежить від кута впливу першого елеватора на підкопаний пласт β і швидкості руху компонента по лемішу. При прийнятих нами значеннях ($V=1,2$ м/с, $m=3,5$ кг, $\nu= 25$ Н/(м/с), $\alpha=0,3$ рад, $\psi=0,5$ рад) висота підскоку становить $0,06$ м, дальність польоту частка приблизно $0,1$ м, що не перевищує значень, що спричиняють пошкодження бульб [19].

Висновки до розділу

1. Запропоновано модернізований підкопуючий пристрій у конструкції картоплекопача КТН-2В, що дозволяє змінювати кут α нахилу леміша до горизонту при підкопуванні картоплі на різних типах ґрунтів у різних ґрунтово-кліматичних умовах. Внаслідок нерівномірного опору ґрунту на леміш діють змінні сили, які змушують леміш змінювати своє положення, тобто кут α нахилу леміш до горизонту. Пласт ґрунту при цьому відчуває вплив леміша, що забезпечує хороше подрібнення пласта, зменшення залипання ґрунтом та виключення забивання масою перед прутковим елеватором, а також зниження тягового опору збиральної машини при роботі на різних типах ґрунтів.

2. Досліджено геометрію пружного леміша та отримано залежність між геометричними параметрами кутів установки леміша. Встановлено, що зі збільшенням кута нахилу леміша зростає тяговий опір, причому залежність буде параболічною. Слід зазначити, що максимальний приріст тягового опору спостерігається при кутах нахилу леміша від 25° до 30° . Тому нами було запропоновано з метою зменшення тягового опору кут нахилу леміша зробити змінним залежно від стану ґрунту. Чим важчий ґрунт, тим менший кут нахилу. Для кращого кришення ґрунту основний вплив на підкопаний пласт надаватиме передня частина елеватора.

3. Розглянуто силову взаємодію пласта з лемішем для теоретичного обґрунтування параметрів пружини, внаслідок чого було отримано графік впливу швидкості копача і параметрів пласта, що забирається, на величину зусилля

стиснення пружини. Встановлено, що величина зусилля стиснення пружини залежить від швидкості копача.

4. Проведено дослідження впливу робочих органів на компоненти пласта при переході з леміша на прутковий елеватор. При прийнятих нами значеннях ($V=1,2$ м/с, $m=3,5$ кг, $k=25$ Н/(м/с), $\alpha=0,3$ рад, $\psi=0,5$ рад) висота підскоку становить $0,06$ м дальність польоту частка приблизно $0,1$ м. Зменшення кута нахилу леміша веде до збільшення швидкості компонента картопляного вороху. Виходячи з умов не пошкодження бульб картоплі, а також можливостей регулювання кута нахилу леміша, діапазон його змін буде від 18° до 25° .

3. ПРОГРАМА, МЕТОДИКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КАРТОПЛЕКОПАЧА

3.1 Програма експериментальних досліджень

З метою оптимізації параметрів удосконаленого робочого органу, що підкопує, була прийнята наступна програма досліджень:

1. Проведення агротехнічної оцінки умов експериментальних досліджень.
2. Проведення лабораторно-польових досліджень для визначення раціональних параметрів робочого органу, що підкопує.
3. Проведення порівняльних польових досліджень серійного та вдосконаленого картоплекопачів.

3.2 Методика агротехнічної оцінки

Визначення функціональних показників машини для збирання картоплі проводили у оптимальні терміни проведення збиральних робіт для даної зони при температурі повітря не менше 10°C. Перед лабораторно-польовими дослідженнями ми налаштували картоплекопач КТН-2В згідно з рекомендаціями посібника з експлуатації машини.

Ділянки обирали таким чином, щоб на них було можливе проведення всіх робіт, передбачених програмою наших досліджень.

Для визначення функціональних показників копачів картоплі лабораторно-польові дослідження проводили таким чином, щоб завширшки захоплення машини не потрапляли стикові міжряддя. На наш погляд, ділянки зі зім'ятими

рядками картоплі, зруйнованими бульбовими гніздами для агротехнічної оцінки не придатні.

Методика досліджень. Характеристику культури визначали діляниці, відведеному щодо оцінки функціональних показників машин. По діагоналі ділянки розміщували п'ять ділянок шириною в два ряди, завдовжки 14,3 м, з таким розрахунком, щоб охопили всі ряди посадкового агрегату. Висоту гребня вимірювали по вертикалі від дна борозни до нижнього обрізу вимірювальної рейки, покладеної на два сусідні ряди гребнів. Число вимірів - не менше 10 на одному з рядів кожної ділянки.

Для виявлення параметрів гнізда обережно підкопували кожен другий кущ одного ряду ділянки. Потім вимірювали лінійкою відстань між зовнішніми точками крайніх бульб, щоб дізнатися про ширину гнізда. Глибину залягання нижнього (верхнього) бульби визначали виміром відстані від нижнього обрізу рейки, покладеної на гребінь, до верхньої точки нижнього (верхнього) бульби. Викопані з кожної облікової ділянки бульби перемішували і відбирали середню пробу кількості не менше 100 шт, потім у кожного бульби вимірювали довжину, ширину, товщину і масу, для визначення розмірно-масової характеристики бульб.

3.3 Методика визначення раціональних параметрів удосконаленого робочого органу

На підставі теоретичних досліджень було розроблено конструкцію підкопувальної частини (рис. 3.1). Удосконалений пристрій обладнаний пружним лемішем, механізм якого вказаний на рис 3.2



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд удосконаленого підкопувального пристрою

Зусилля стиснення пружини змінювалося попереднім натягом пружини за допомогою гайки. При стисканні пружини відбувається зміна кута нахилу пружного леміша, зусилля стиснення визначають за середньою величині стиснення тарованих пружин, встановлених між лемішем і основою.



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд пружинного механізму вдосконаленого робочого органу, що підкопує.

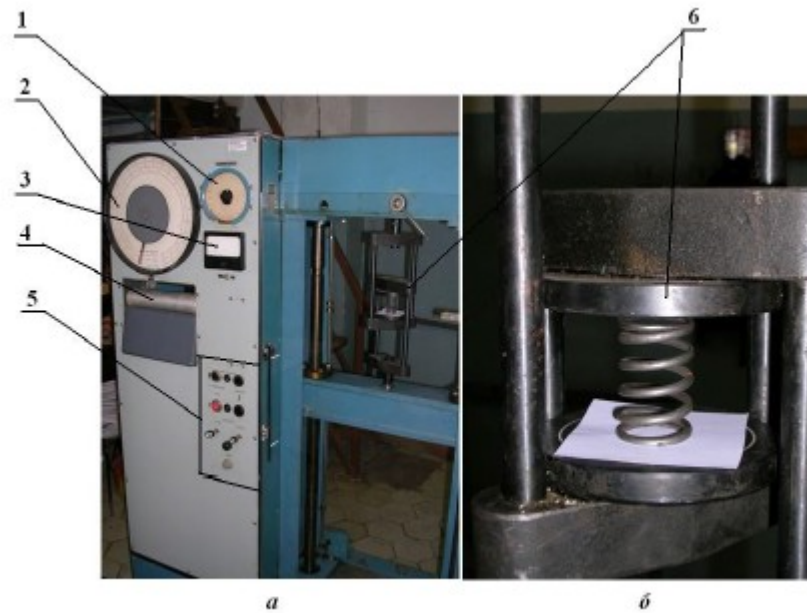


Рисунок 3.3 – Загальний вигляд станду Р5

a – станд Р5; *б* – пружина, встановлена на оснащенні;

1 – шкала деформації; 2 – манометр визначення зусилля; 3 – індикатор навантажень; 4-самописець паперовий; 5 – блок керування установкою; 6 – оснащення.

Величина зусилля визначалася за такою формулою:

$$F_n = C_n (x_{сжс} + a_{пр}) \quad (3.1)$$

де F_n - зусилля стиснення пружини, Н;

C_n – коефіцієнт жорсткості пружини, Н/м;

$a_{пр}$ – попереднє натяг пружини, м;

$x_{сжс}$ - стиснення пружини при впливі пласта, м.

На станді Р5 проводили тарування пружин (рис. 3.3), знімаючи характеристику з кожної окремо встановленої пружини, при цьому привласнюючи їй номер [22, 45].

Також у ході лабораторно-польових досліджень картоплекопача з удосконаленим копачем ми встановлювали залежність висоти підйому компонентів пласта від зміни кута нахилу леміша, що регулюється зусиллям стиснення пружини. Для фіксації підскоку компонентів пласта у місці переходу з

леміша на прутковий елеватор, була наклеєна вимірювальна шкала з кроком 0,05 м (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – Загальний вид вимірювальної шкали для фіксації висоти піднімання картопляного вороху.

Процес піднімання компонентів пласта у місці переходу з леміша на прутковий елеватор знімали за допомогою камери Nikon S9200.

Для проведення досліджень було складено матрицю планування експерименту, подана у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Матриця планування експерименту

Параметри експерименту, що варіюються		Висота піднімання, м
Попереднє натяг пружини		
Натуральні значення м	Кодовані значення	
0	-2	x_1
0,005	-1	x_2
0,01	0	x_3
0,015	+1	x_4
0,02	+2	x_5
Інтервал варіювання 0,005		

Експериментальні дослідження проводилися з трьох разів повторністю, перевірка достовірності проводилася за допомогою критерію Фішера.

3.4. Методика проведення порівняльних польових досліджень серійного та вдосконаленого картоплекопача

Початок і кінець дослідів визначали сигналом, що подається на початку та в кінці облікової ділянки. Тривалість дослідів фіксували секундоміром, визначення швидкості руху машини, м/с, застосовували формулу:

$$V_{руху} = L_{д} / t_{прох} \quad (3.2)$$

де $L_{д}$ -довжина облікової ділянки, м;

$t_{прох}$ - час проходження облікової ділянки, с.

Настановну глибину ходу робочих органів, що підкопують, регулювали на глибину до 2 см понад максимальну глибину залягання бульб, взятої з характеристики культури.

Фактичну глибину ходу робочих органів, що підкопують, визначали після проходження машиною облікової ділянки за допомогою лінійки і рейки, покладеної на вершину гребня.

Повноту збирання та втрати бульб визначали на облікових ділянках після проходження машини.

При цьому враховували:

- вільні бульби на поверхні ґрунту;
- бульби на поверхні ґрунту, але не відірвані від бадилля;
- бульби, залишені у ґрунті (засипані та непідкопані).

При визначенні втрат бульб (засипаних та непідкопаних) ділянки перекопували вручну лопатою на глибину, що перевищує на 3 см залягання нижнього бульби, після чого збирали в тару за видами зважували. За наслідками зважування обчислювали масову частку кожного виду втрат від загальної маси бульб на обліковій ділянці. Бульби масою менше 20 г (товщиною до 28 мм) до втрат не відносили.

Для визначення пошкоджень відбирали бульби масою понад 50 г подальшого аналізу. При аналізі бульби поділяли на дві групи: цілі та пошкоджені.

На пошкоджених бульбах у день відбору проб враховували такі види пошкоджень (за кількістю випадків):

- Здерти шкірку від 1/4 до 1/2 поверхні бульби;
- Здерта шкірка понад 1/2 поверхні бульби;
- вириви м'якоті завглибшки понад 5 мм;
- тріщини завдовжки понад 20 мм;
- розрізи та надрізи;
- розчавлена бульба.

Якщо на бульбі було кілька однотипних ушкоджень, то враховували кожне з них.

Потім цілі та пошкоджені бульби зважували та підраховували їх число, після чого закладали на десятиденне зберігання [24].

Після зберігання визначали потемніння м'якоті бульб. Для цього бульби розрізають перпендикулярно до поздовжньої осі на часточки завтовшки 5 мм:

- при різанні бульб з партії пошкоджених враховують лише кількість вогнищ з потемнінням м'якоті на глибину понад 5 мм;

Перелік показників, що враховувалися у день відбору проб:

- урожайність бульб, ц/га; - вологість ґрунту, %;
- твердість ґрунту по ширині та глибині між серединами суміжних рядків кг/см²;
- температура навколишнього повітря та ґрунту, °С;
- Повнота збирання бульб та їх втрати, %;
- видимі ушкодження бульб, %;
- Швидкість руху експериментального копача, км/год;
- глибина ходу робочих органів агрегату, м.

Для визначення функціональних показників використовувалися різні засоби вимірювання та обладнання:

Алюмінієві бюкси;

Шафа сушильна з точністю ± 1 °С;
Термометри ртутні із точністю $\pm 0,5$ °С;
Терези з похибкою вимірювань ± 10 мг, $\pm 1,0$ г та ± 40 г;
Лінійка металева 500 мм з точністю ± 1 мм згідно з ГОСТ 427;
Рулетки 3, 10 м з точністю ± 1 мм згідно з ГОСТ 7502;
Координатна рейка із точністю ± 1 см;
Кільця від 0,3 до 0,5 м;
Мішечки для зберігання проб;
Полотно целофанове 10х3 м;
Секундомір із точністю ± 1 с;
Твердомір ґрунтовий з точністю $\pm 5\%$.

Висновки до розділу

1. Під час проведення експериментальних досліджень використовувалися як стандартна методика, і методики, розроблені з їхньої основи. Перед лабораторно-польовими дослідженнями вдосконалений картоплекопач КТН-2В був налаштований згідно з рекомендаціями посібника з експлуатації машини.

2. Для визначення раціональних параметрів удосконаленого підкопувального пристрою проводили фіксацію підскоку компонентів пласта за допомогою камери Nikon S9200 та вимірювальної шкали з кроком 0,05 м. Зусилля стиснення пружини змінювалося попереднім її натягом.

3. У процесі лабораторно-польових та виробничих досліджень передбачалося проведення агротехнічної оцінки ділянки та визначення експлуатаційних та якісних показників роботи прибирального агрегату.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ КАРТОПЛЕКОПАЧА

4.1 Результати агротехнічної оцінки

У процесі досліджень визначили характеристику ділянки випробувань: типу ґрунту, вологості та твердості ґрунту, засміченості ділянки засміченими рослинами та камінням, а також дослідженням профілю грядки.

Зняли характеристику культури картоплі з визначенням урожайності, маси та розмірів бульб, стану бадилля, висоти гребнів та характеристики гнізда.

Провели лабораторно-польові та господарські випробування серійного та вдосконаленого картоплекопача КТН-2В, оснащеного підкопуючим пристроєм, виконаного у вигляді пружного леміша з дільником.

Визначили повноту збирання, втрати та пошкодження бульб картоплі.

Характеристика ділянки випробувань

Перед проведенням польових досліджень було обрано ділянку картопляного поля. У період збирання картоплі з вересня по жовтень було знято його характеристику.

Вологість ґрунту визначалася щодня під час експерименту, проби на вологість бралися на глибині 0-25 см з інтервалом кожні 2 см у триразовій повторності. Вологість проби визначалася ваговим способом. Результати вимірів заносилися до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Характеристика ділянки випробувань

Найменування показників	Значення показників
Дата зняття характеристики	вересень-жовтень
Тип ґрунту	темно-сіра лісова
Найменування ґрунту за механічним складом	середній суглинок
Вологість ґрунту, %	19,5 – 23,3
Твердість ґрунту, МПа	0,42
Спосіб посадки	Рядовий
Ширина міжрядь, см	70
Засміченість ділянки бур'янами, т/га	1,5
Фактичний урожай бульб, т/га	16,7
Стан бадилля	напівпідсохла/скошена
Кількість кущів, тис. шт/га	36,9
Висота гребенів, см	19,5



Рисунок 4.1 – Проби вологості ґрунту

Вологість ґрунту обчислювали за формулою:

$$W = \frac{c_{вл.н} - a_{сух.н}}{a_{сух.н}} 100\% \quad (4.1)$$

де $c_{вл.н}$ - маса вологого навішування ґрунту, г;

$a_{сух.н}$ – маса сухого навішування ґрунту, г.

Твердість ґрунту визначалася твердоміром Ревякіна, на глибину 0-25 см³ інтервалом через кожні 5 см, повторність трикратна вимірювань.

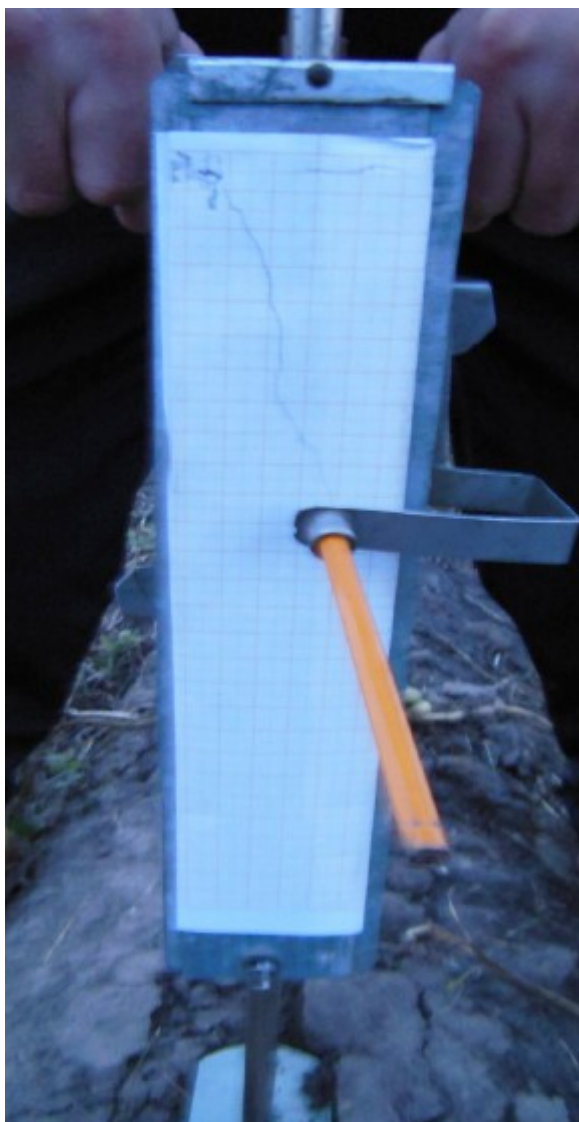


Рисунок 4.2 – Вимірювання твердості ґрунту твердоміром Ревякіна

Результати зняття характеристики культури картоплі

Таблиця 4.2 - Характеристика культури картоплі

Найменування показників	Значення показників
Дата зняття характеристики	вересень – жовтень
Сорт картоплі	«Гренада»
Фактичний урожай бульб, т/га	16,7
Кількість кущів, тис. шт/га	36,9
Середня кількість бульб на кущі, шт	11,9
Середня маса бульб, г	95,7

Середня маса бульб на кущі, г	1139,2
Середні розміри бульб:	
Довжина, мм	66,3
Ширина, мм	50,2
Товщина, мм	41,6
Висота гребенів, см	19,5
Характеристика гнізда:	
Ширина гнізда, см	18,1
Глибина залягання нижнього бульби, см	15,5

4.2 Результати визначення раціональних параметрів удосконаленого копача

Лабораторно-польові дослідження агрегату у складі трактора МТЗ-82 та картоплекопача КТН-2В з удосконаленим органом проводили прибирання на 2 передачі. Налаштування робочих органів картоплекопача здійснювалося з урахуванням агротехнічних вимог до якості збирання картоплі. Потім на попередньо налаштованому картоплекопачі ми здійснювали зміни натягу пружин леміша, тим самим регулюючи кут нахилу і місце подачі пласта на елеватор. Жорсткість пружини становила 10,3 Н/мм. Експериментальні дослідження проводилися згідно з розробленою методикою та матрицею планування експерименту. Результати експерименту наведено у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 -результати однофакторного експерименту, проведеного на картоплекопачеві КТН-2В з удосконаленим органом, що підкопує.

№	Фактор варіювання	Функція оптимізації
	Попереднє натяг пружини, м	Висота піднімання, м <i>хв</i> 1
1	0	0,05
2	0	0,066
3	0	0,061
4	0,005	0,055

5	0,005	0,065
6	0,005	0,069
7	0,01	0,054
8	0,01	0,057
9	0,01	0,068
10	0,015	0,038
11	0,015	0,047
12	0,015	0,053
13	0,02	0,038
14	0,02	0,039
15	0,02	0,032

Отримані результати були опрацьовані за допомогою програми STATISTICA V8, що дозволило отримати рівняння регресії:

$$V_{ar}^2 = 0,0599 + 0,9057 \cdot x_e - 107,619 \cdot x_e^2$$

де V_{ar}^2 - висота підскоку, Н;

x_e – попереднє натяг пружини, м.

Аналіз статистичних показників моделі дозволяє говорити про неї адекватності коефіцієнт детермінації становить $R^2=0,73$. Найбільш значним коефіцієнтом рівняння регресії є коефіцієнт при останньому члені рівняння дорівнює 107,619, що підкреслює параболічний характер залежності. На підставі отриманого рівняння регресії був побудований графік впливу натягу пружини на висоту піднімання картопляного вороху представлений на рис 4.3.

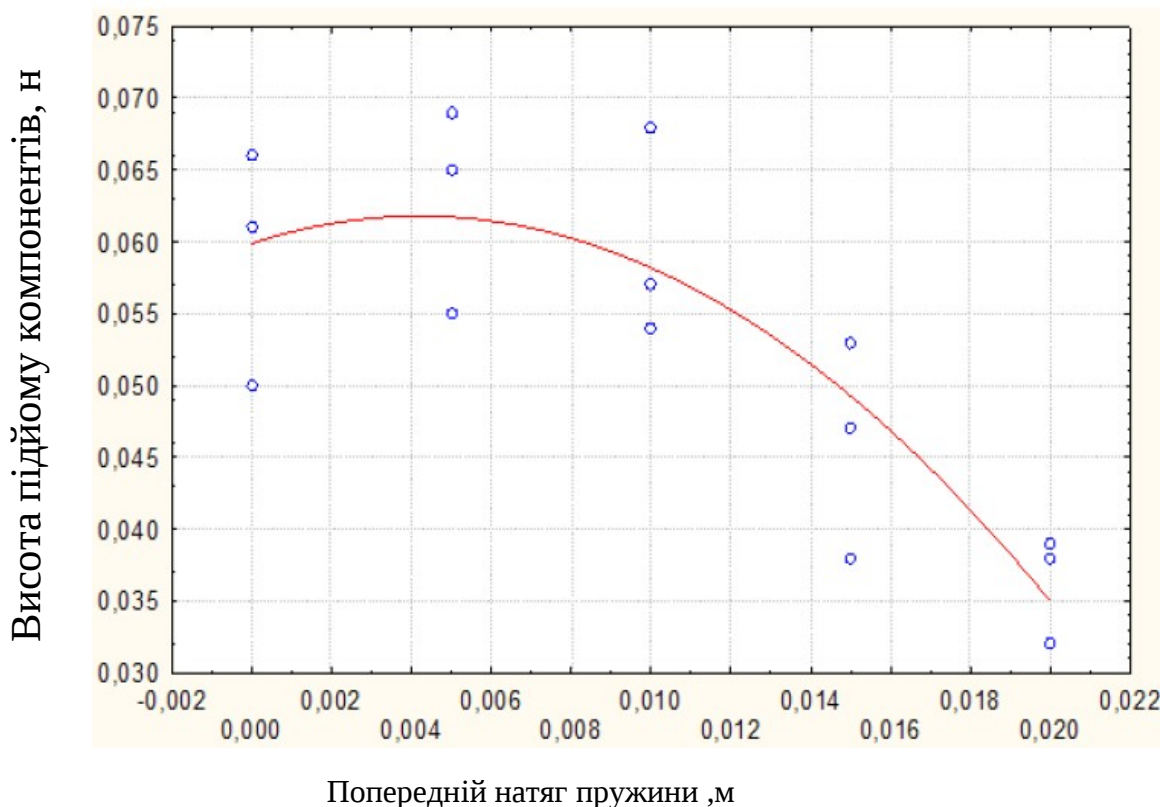


Рисунок 4.3 – залежність висоти піднімання картопляного вороху від попереднього натягу пружини

Аналіз графіка показав, що найбільша висота підйому картопляного вороху дорівнює 0,062 м спостерігалася при попередньому натягу пружини 0,005 м. Слід зазначити, що натяг пружини сприяє стабільності висоти піднімання. Враховуючи, що висота піднімання пов'язана з інтенсивністю впливу на пласт, нами також оцінювалися якісні показники роботи картоплекопача, а саме кількість бульб на поверхні, залишених у ґрунті, а також різні види пошкодження бульб.

Збільшення впливу не суттєво підвищує пошкодження, завдяки прошарку ґрунту між картоплею та прутками елеватора, але сприяє збільшенню сепарації.

4.3 Результати досліджень серійного та вдосконаленого картоплекопача КТН-2В

Експериментальні дослідження у польових умовах

Для отримання порівняних результатів випробувань, нами був обраний картоплекопач КТН-2В, що агрегується з трактором МТЗ-82, на якому встановлювали серійні та вдосконалені підкопувальні робочі органи.

Випробування картоплезбиральних машин проводили на ділянках із попередньо скошеним бадиллям. Висота зрізу бадилля була не більше 15 см.

Для визначення повноти збирання, втрат і пошкоджень бульб картоплі на досліджувані картоплекопачі була встановлена вісь з рулоном плівки довжиною 10 м, що вільно обертається. Так як довжина рулону плівки була порівнянна з довжиною облікової ділянки, то в процесі збирання, купа, що зійшла з елеватора, сипався на плівку, до закінчення облікової ділянки. Наприкінці облікової ділянки машину зупиняли та вимикали всі приводи робочих органів та технологічних ліній.



Рисунок 4.4 - Удосконалений картоплекопач КТН-2В під час визначення повноти збирання (вид ззаду)

Результати порівняльних випробувань картоплекопачів наведено у таблиці 4.4.

4.4 Визначення повноти збирання, втрат та пошкоджень бульб картоплі

Повноту збирання та втрати бульб визначали на облікових ділянках після проходження машини.

Визначення видимих пошкоджень проводилися в полі в день випробування картоплезбиральної машини, а для подальшого аналізу з ділянки брали частину бульб – не менше 15 кг. Інші бульби виключали з проби. Потім бульби ділили на дві групи: цілі та пошкоджені та закладали на десятиденне зберігання, після цього проводився другий огляд для визначення потемніння м'якоті бульб. Для цього бульби розрізали перпендикулярно до поздовжньої осі на часточки товщиною 5 мм, причому при різанні, враховували тільки число вогнищ з потемнінням м'якоті на глибину більше 5 мм.



Рисунок 4.5 – Повторний огляд після десятиденного зберігання бульб

Аналіз на наявність усіх видів пошкоджень бульб проводили згідно з ГОСТ 54781-2011 [20], результати заносили до таблиці 4.4.

При обробці даних для отримання показника ступеня пошкоджень бульб робився перерахунок кількості пошкоджень, що припадають на 100 штук картоплі, за формулою:

$$П = \frac{m_{пов} \cdot 100}{n_{кл}}, шт \quad (4.2)$$

де $П$ – кількість пошкоджень, що припадають на 100 штук бульб;

$m_{пов}$ – кількість випадків того чи іншого виду пошкоджень;

$n_{кл}$ – кількість бульб у пробі, прим.

100 – кількість бульб, якими проводиться перерахунок при перерахунку потемнінь м'якоті на 100 бульб, кількість вогнищ, виявлених у групі цілих та пошкоджених – підсумовувалося.

Таблиця 4.4 – результати польових випробувань серійного та вдосконаленого картоплекопача КТН-2В

Найменування даних	Картоплекопач КТН-2В	
	Серійний	Удосконалений
1. Строки проведення випробувань.	вересень – жовтень	
2. Температура повітря, °С	13	
3. Температура ґрунту на глибині залягання бульб, °С	8	
4. Попередня обробка	видалення бадилля (машина КИР-1,5Б)	
5. Робоча швидкість агрегату, км/год	3,4	3,9
6. Якість виконання технологічного процесу, %:	92,4	95,3
6.1. Кількість бульб на поверхні	0,8	0,8
6.2. Залишено у ґрунті	6,8	3,9
6.3 Присипано ґрунтом	-	-
6.4. Усього втрат	7,6	4,7
7. Ушкодження бульб, всього за масою, %:	4,08	4,19
7.1. Здерта шкірка від 1/4 до 1/2 поверхні бульби	0,58	0,62
7.2. Здерта шкірка понад 1/2 поверхні бульби	-	-
7.3. Вируви м'якоті завглибшки понад 5 мм	-	-
	1,25	1,29
7.4. Тріщини завдовжки понад 20 мм	0,3	0,25

7.5. Розчавлені бульби	0,2	0,2
7.6. Різані бульби		
7.7. Потемніння м'якоті від удару глибиною понад 5 мм.	1,75	1,83

Аналіз таблиці 4.4 показав переваги і незначні недоліки в роботі вдосконаленого картоплекопача з модернізованим органом у порівнянні з серійним:

- при роботі вдосконаленого картоплекопача КТН-2В втрати бульб знижуються на 2,9% у порівнянні з серійним, за рахунок зменшення кількості клубнів ;

- застосування модернізованого органу, що підкопує, в конструкції картоплекопача КТН-2В незначно підвищує пошкодження бульб на 0,11%.

- при роботі вдосконаленого картоплекопача КТН-2В встановлено, що збільшення впливу на пласт на початку технологічного процесу сприяє покращенню сепарації ґрунту, це дозволило збільшити робочу швидкість агрегату до 3,9 км/год.

Висновки до розділу

1. Знято характеристику ділянки випробувань з визначенням: типу ґрунту, вологості та твердості ґрунту, засміченості ділянки засміченими рослинами та камінням, а також дослідженням профілю грядки;

2. Знято характеристику культури картоплі з визначенням урожайності, розмірно-масових характеристик бульб, стану бадилля, висоти гребнів та характеристики гнізда;

3. Лабораторно-польові дослідження показали, що найбільша висота підскоку компонентів картопляного вороху в зоні передніх опор основного елеватора дорівнює 0,062 м. Вона спостерігалася за попереднього натягу пружини 0,005 м жорсткістю 10,3 Н/м. Слід зазначити, що натяг пружини сприяє стабільності висоти підскоку.

4. Господарські випробування серійного та вдосконаленого картоплекопача КТН-2В показали:

- при роботі вдосконаленого картоплекопача КТН-2В втрати бульб знижуються на 2,9% у порівнянні з серійним, за рахунок зменшення кількості бульб, присипаних ґрунтом;

- при роботі вдосконаленого картоплекопача КТН-2В встановлено що збільшення впливу на пласт на початку технологічного процесу сприяє поліпшенню сепарації ґрунту. Це дозволило збільшити робочу швидкість агрегату до 3,9 км/год.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Загальні вимоги

1. Будова тракторів, електроінструментів, моторизованих шасі, моторизованих сільськогосподарських машин, тракторів, напівпричепів, підвісних сільськогосподарських машин, причепів, інструментів, що використовуються в роботі, і агрегатів повинні відповідати чинним нормам безпеки праці.

2. Технічне обслуговування та введення устаткування здійснюються лише на підставі поведінки експлуатаційного підприємства (структурного підрозділу) і підтверджено відповідність вимогам безпеки праці.

3. Заборонено експлуатувати несправні машини та обладнання [25].

5.2. Вимоги до причіпних та навісних сільськогосподарських машин

1. Конструкція навантажувальної, напівнавантажувальної, навантажувальної, причіпної та напівпричіпної сільськогосподарської техніки, агрегатованої з різними енергетичними пристроями (далі - ЕЗ) з утворенням сільськогосподарського агрегату (СГА), функціональне призначення якого повинно відповідати вимогам ДСТУ 2189-93 .

2. Приведення в дію робочого гальма повинно здійснюватися з робочого місця оператора ЕЗ, а приведення в дію стоянкового гальма повинно бути встановлено на машині. Стоянкове гальмо має утримувати автомобіль на нахилі не менше 10- (18%). Відповідно до технічної документації машини типу тракторних причепів і напівпричепів повинні бути обладнані справними робочими і стоянковими гальмами і страхувальними ланцюгами (тросами). Замість світловідбивачів почергово розміщуються червоні або білі кола, трикутники або прямокутники, вписані в коло діаметром 100 мм, червоні, білі або жовто-чорні смуги під кутом 45° з відстанню між ними 50 мм. допускається на елементах машин.

4. Причепи та напівпричепи повинні мати пристрої жорсткого з'єднання.
5. Машини, призначені для використання в гірській місцевості, повинні бути обладнані зчіпним кільцем, що обертається навколо своєї поздовжньої осі.
6. Машини та (або) робочі механізми повинні бути обладнані механічними кріпленнями для утримання їх у транспортному положенні.
7. Автомобілі з перекидним кузовом повинні бути обладнані пристроєм для фіксації кузова в піднятому положенні.
8. Машини, що використовують соломку та інші легкозаймисті матеріали, повинні бути обладнані підключенням до основних засобів пожежогасіння: двох вогнегасників (сухий порошковий та вуглекислотний), лопати та швабри. Ємності для аміаку повинні мати два сухих хімічних вогнегасника і один вуглекислотний вогнегасник і окреме місце для підключення до резервуару для води місткістю не менше 10 л. Протипожежне обладнання має бути встановлено в такому місці, щоб до нього був легкий доступ і щоб його можна було зняти без використання інструментів.

5.3. Вимоги до технічного стану засобів механізації

1. Технічні умови тракторів, самохідних шасі, самохідних і спеціальних машин і знарядь (далі - машини) повинні відповідати ДСТУ 3158-95, ГОСТ 12.2.019, ГОСТ 12.2.042, ГОСТ 12.2.120. та інші стандарти.
2. Трактори, самохідні шасі та причепи тягачі повинні мати державні номерні знаки.
3. Рухомі частини машини (універсальні шарніри, ланцюги, ремені, шестерні тощо) повинні бути оточені захисними кришками для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу.
4. Перед початком роботи оновити (при необхідності) написи, що попереджають обслуговуючий персонал про небезпеку на огорожах і біля машинних вузлів, де технічне обслуговування є небезпечним. Внутрішня поверхня відкритого огороження повинна бути пофарбована в червоний або

жовтий колір. 5. Забороняється добудувати сидіння до самохідного, підвісного та причіпного обладнання.

5.4. Вимоги до технологічних процесів

1. Вимоги безпеки процесу повинні відповідати чинним національним стандартам, технологічним та експлуатаційним документам, положенням, інструкціям та іншим документам вимог безпеки та цьому правилу.

2. Під час розробки та впровадження нових технологій, нових процесів, нових матеріалів, нових речовин розробники повинні оцінювати їх безпеку та забезпечувати заходи з охорони праці, навколишнього середовища та охорони здоров'я населення. Забороняється виготовлення та впровадження нових технологій без попереднього розгляду (перевірки) проектної документації на відповідність нормативним актам з охорони праці.

3. Здійснення безпеки виробничого процесу: - попередження небезпеки та надзвичайних ситуацій; - облаштування території підприємства; - облаштування будівель і споруд.

4. Вимоги безпеки до окремих виробничих процесів або видів робіт встановлюються відповідно до законодавства України про працю, вимог, норм і правил охорони здоров'я та охорони навколишнього середовища з урахуванням аналізу виробничого травматизму та професійних захворювань, з урахуванням запобігання можливості виникнення небезпечних і шкідливих виробничих факторів, особливо тих, що пов'язані з використанням нових технологічних засобів.

5. Забруднення навколишнього природного середовища та розповсюдження шкідливих речовин у процесі виробництва не повинно

перевищувати допустимих норм, передбачених відповідними стандартами та іншими нормативними документами.

6. Нові технології, виробничо-технологічні процеси, технічні операції впроваджуються згідно з погоджувальними документами, погодженими розробником із відповідними установами та організаціями в установленому порядку.

5.5. Вимоги до персоналу, що бере участь у виробничому процесі

1. Право керування транспортним засобом надається особі, яка має посвідчення, видане відповідним органом.

2. Працівники (неелектротехнічний персонал), які працюють на електрифікованих технічних устаткуваннях або користуються електроінструментом, після проходження первинного інструктажу з електробезпеки можуть працювати та виконувати роботи на електрообладнанні за умови реєстрації в журналі охорони праці. Інструктаж проводить відповідальний за електрогосподарство або за його письмовим розпорядженням інженер-електрик не нижче III групи. Після запису в журналі перевірки та реєстрації цим особам присвоюється перша група з електробезпеки (посвідчення не видається).

3. До робіт із застосуванням пестицидів, аміаку та хімічних консервантів не допускаються особи віком до 18 років, вагітні жінки, жінки, які годують груддю, а також особи, які мають медичні протипоказання.

Висновок по розділу.

У розділу наведені вимоги з охорони праці та екологічності виробництва при вирощуванні та збиранні картоплі.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ З УДОСКОНАЛЕНИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ

6.1 Вихідні дані

Розрахунок показників економічного ефекту проводився для серійного та вдосконаленого картоплекопачів КТН-2В, агрегованих з трактором МТЗ-82, згідно методики [21].

Вихідні дані серійного та вдосконаленого картоплекопача наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – для розрахунку економічного ефекту серійного та вдосконаленого картоплекопачів

Показники	Картоплекопач КТН-2В	
	Серійний МТЗ-82	Удосконалений МТЗ-82
Агрегування		
Продуктивність за годину основного часу, га/год	0,33	0,38
Маса, кг	730	735
Сума годинної оплати праці, грн.	139,6	139,6
Витрата ПММ, грн.	11,5	11,5
Комплексна ціна на 1 кг ПММ, грн.	36,50	36,50
Річна завантаження картоплекопача, год:	100	100
Вартість машини, грн.	181527,00	194647,00
Норма амортизаційних відрахувань, %	12,5	12,5

Норми відрахувань на поточний ремонт, технічне обслуговування та зберігання ТОРГ, %	15	15
---	----	----

6.2 Розрахунок техніко-економічних показників

Балансову вартість серійного картоплекопача визначали за формулою:

$$B_C = Ц \cdot E, \quad (6.1)$$

де $Ц$ - вартість машини, руб; E – коефіцієнт, що враховує додаткові витрати на транспортування, монтаж та постачальницько-торговельні витрати, $E = 1,15$.

$$B_{CC} = 181527,00 \cdot 1,15 = 208756,00 \text{ грн.}$$

Балансова вартість вдосконаленого картоплекопача:

$$B_{CY} = B_C + B_B \quad (6.2)$$

де B_B - додаткові витрати на переобладнання.

Додаткові витрати визначали так:

$$B_B = D + M + Z + H_p, \quad (6.3)$$

де D - вартість двох нових леміша $D = 13000,00$ грн.

Витрати матеріали $M = 120,00$ крб. Витрати на заробітну плату визначали як

$$Z = Z_z \cdot n_p \cdot k_z \quad (6.4)$$

де Z_z - годинна оплата, $Z_z = 1396$ грн/год;

n_p - кількість робочих, $n_p = 1$;

k_z – кількість годин, $k_z = 2$.

$$\text{Тоді } Z = 139,6 \cdot 1 \cdot 2 = 279,2 \text{ грн.}$$

Накладні витрати:

$$H_B = Z \cdot CBZ = 279,2 \cdot 31,3\% = 87,39 \text{ грн.}$$

де CBZ – страхові внески до позабюджетних фондів, %.

$$\text{Тоді } B_B = 13000,00 + 120,00 + 279,2 + 87,39 = 13486,59 \text{ грн.}$$

Балансова вартість вдосконаленого картоплекопача КТН-2В:

$$B_{CY} = B_{CC} + B_B = 208756,00 + 13486,59 = 222\,242,59 \text{ грн.}$$

Продуктивність за годину змінного часу:

$$W_{\Gamma} = 0,1 \cdot B_{p.u} \cdot V_{p.c} \cdot \tau \quad (6.5)$$

де $B_{p.u}$ - робоча ширина захоплення картоплекопача, м;

$V_{p.c}$ – робоча швидкість картоплекопача, км/год;

τ – коефіцієнт використання часу зміни.

$$W_{\Gamma C} = 0,1 \cdot 1,4 \cdot 3,4 \cdot 0,7 = 0,33 \text{ га/год}$$

$$W_{\Gamma Y} = 0,1 \cdot 1,4 \cdot 3,9 \cdot 0,7 = 0,38 \text{ га/год}$$

Продуктивність за зміну:

$$W_{зм} = W_{\Gamma} \cdot T_{з} \quad (6.6)$$

де $T_{з}$ – тривалість зміни, год.

$$W_{зм C} = 0,33 \cdot 8 = 2,64 \text{ га/зміну};$$

$$W_{зм Y} = 0,38 \cdot 8 = 3,04 \text{ га/зміну}.$$

Річний обсяг робіт, виконаних удосконаленим картоплекопачем, га.

$$W_{год} = T_{зм} \cdot W_{\Gamma} \quad (6.7)$$

де $T_{зм}$ – річне (сезонне) завантаження картоплекопача, год.

$$W_{год C} = 100 \cdot 0,33 = 33 \text{ га};$$

$$W_{год Y} = 100 \cdot 0,38 = 38 \text{ га}.$$

Зростання продуктивності картоплекопача:

$$P = \frac{W_{y} - W_{c}}{W_{y}} \cdot 100\% \quad (6.8)$$

$$P = \frac{0,38 - 0,33}{0,38} \cdot 100\% = 13,16\%$$

Питома матеріаломісткість:

$$y = \frac{m_{\text{коп}}}{W_{\text{год}}} \quad (6.9)$$

де $m_{\text{коп}}$ – маса копача, кг.

$$y_c = \frac{730}{0,33 \cdot 100} = 22,12 \text{ кг / га};$$

$$y_y = \frac{735}{0,38 \cdot 100} = 19,34 \text{ кг / га};$$

Ступінь зниження матеріаломісткості:

$$M_y = \frac{y_c - y_y}{y_c} \cdot 100\% \quad (6.10)$$

$$M_y = \frac{22,12 - 19,34}{22,12} \cdot 100\% = 13\%$$

6.3 Експлуатаційні витрати

Прямі виробничі витрати картоплекопача, визначали по формулою:

$$I = OT + A_{\text{отч}} + PTOРX + Г, \quad (6.11)$$

де OT - оплата праці, грн;

$A_{\text{отч}}$ - сума амортизаційних відрахувань, грн;

$PTOРX$ - витрати на поточний ремонт, ТО та зберігання, грн;

$Г$ - вартість ПММ, грн.

Оплата праці визначається за такою формулою:

$$O_r = \sum_{i=1}^n \frac{n_i \cdot T_{cm}}{W_r} \quad (6.12)$$

де n_l - кількість людей, які обслуговують агрегат, люд;

T_{cm} - середня величина тарифної ставки обслуговуючого персоналу, грн/год.

Оплата праці становила 139,6 гривнів за годину робочого часу.

$$OTC = 1 \cdot 139,6 / 0,33 = 423,03 \text{ грн / га};$$

$$OTY = 1 \cdot 139,6 / 0,38 = 367,37 \text{ грн / га}.$$

Сума амортизаційних відрахувань:

$$A = \frac{B_c \cdot A_m}{100 \cdot W_r \cdot T_{\text{год}}} \quad (6.13)$$

де B_c - балансова вартість картоплекопача, грн;

для серійного картоплекопача $B_{cc} = 208756,00$ грн;

для вдосконаленого копача $B_{cy} = 222\,242,59$ грн;

A_m – норма амортизаційних відрахувань, %;

$T_{\text{год}}$ - нормативне річне завантаження копача.

Тоді для серійного картоплекопача:

$$A_c = \frac{208756,00 \cdot 12,5}{100 \cdot 0,33 \cdot 100} = 790,74 \text{ грн / га}$$

$$A_y = \frac{222242,59 \cdot 12,5}{100 \cdot 0,38 \cdot 100} = 731,06 \text{ грн / га}$$

Витрати на ТОРГ:

$$P_{\text{ТОРГ}} = \frac{C_0 \cdot T_n}{100 \cdot W_r \cdot T_{\text{год}}} \quad (6.14)$$

де T_n - норма ТОРГ, %

$$P_{\text{ТОРГ}}^c = \frac{208756,00 \cdot 15}{100 \cdot 0,33 \cdot 100} = 948,89 \text{ грн / га}$$

$$P_{\text{ТОРГ}}^y = \frac{222242,59 \cdot 15}{100 \cdot 0,38 \cdot 100} = 877,27 \text{ грн / га}$$

Вартість ПММ визначали за формулою:

$$\Gamma = Qn \cdot \text{ЦК}, \quad (6.15)$$

де Qn - питома витрата палива, кг/га;

ЦК – комплексна ціна 1 кг палива.

$$\Gamma_C = 34,84 \cdot 36,50 = 1271,97 \text{ грн / га};$$

$$\Gamma_Y = 30,26 \cdot 36,50 = 1104,60 \text{ грн / га}.$$

Тоді отримуємо прямі виробничі витрати:

$$IC = 423,03 + 790,74 + 948,89 + 1271,97 = 3434,63 \text{ грн/га};$$

$$IY = 367,37 + 731,06 + 877,27 + 1104,60 = 3080,30 \text{ грн/га}.$$

Додатково визначаємо ступінь зниження прямих виробничих витрат:

$$I = \frac{I_c - I_y}{I_c} \cdot 100\% \quad (6.16)$$

$$I = \frac{3434,63 - 3080,30}{3434,63} \cdot 100\%$$

Річна економія скорочення прямих виробничих витрат від використання вдосконаленого картоплекопача визначали за формулою:

$$E = (IC - IY) \quad (6.17)$$

$$E = (3434,63 - 3080,3) \cdot 38 = 13464,54 \text{ грн.}$$

6.4 Показники ефективності інвестицій

Визначаємо питомі капіталовкладення за такою формулою:

$$K_y = \frac{B}{W_r \cdot T_{год}} \quad (6.18)$$

$$K_{yc} = \frac{208756,00}{0,33 \cdot 100} = 6325,93 \text{ грн / га}$$

$$K_{yy} = \frac{222242,59}{0,38 \cdot 100} = 5848,49 \text{ грн / га}$$

$$ПЗ = I + КУ \cdot E \quad (6.19)$$

де I – експлуатаційні витрати, грн/га;

$КУ$ - питомі капітальні вкладення, грн/га;

E - нормативний коефіцієнт капіталовкладень, $E = 0,15$.

Наведені витрати:

$$ПЗЗ = 3434,63 + 0,15 \cdot 6325,93 = 4383,52 \text{ грн / га};$$

$$ПЗУ = 3080,30 + 0,15 \cdot 5848,49 = 3957,57 \text{ грн/ га.}$$

Річний економічний ефект щодо наведених витрат:

$$EG = (ПЗЗ - ПЗМ) \cdot W_{год}, \quad (6.20)$$

$$EG = (4383,52 - 3957,57) \cdot 38 = 16186,1 \text{ грн.}$$

Витрати праці знаходимо за такою формулою:

$$z_r = \frac{\sum \Pi_n}{W_r} \quad (6.21)$$

де $\sum \Pi_n$ - кількість обслуговуючого персоналу, чол.

$$ЗТС = 1/0,33 = 3,03 \text{ чол} \cdot \text{год / га};$$

$$ЗТУ = 1/0,38 = 2,63 \text{ чол} \cdot \text{год / га.}$$

Термін окупності:

$$O = \frac{(I_c - I_y) \cdot W_{год}}{E_r} \quad (6.22)$$

$$O = \frac{(3434,63 - 3080,30) \cdot 38}{16186,1} = 0,84 \text{ год}$$

Удосконалений картоплекопача КТН-2В окупиться менш ніж за рік роботи.

Результати розрахунків зводимо до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2-Техніко-економічні показники

Показники	Серійний	Удосконалений
Продуктивність за годину змінного часу, га/год	0,33	0,38
Продуктивність за сезон (рік), га	33	38
Питома матеріаломісткість, кг/га	22,12	19,34
Витрати праці 1 га, люд*год/га	3,03	2,63
Балансова вартість машини, грн.	208756,00	222242,59
Зарплата обслуговуючого персоналу, грн/га	423,03	367,37
Амортизаційні відрахування, грн/га	790,74	731,06
Відрахування на ТОРХ, грн/га	948,89	877,27
Витрати на ПММ, грн/га	1271,97	1104,60
Прямі виробничі витрати, грн/га	3434,63	3080,30
Наведені витрати, грн/га	4383,52	3957,57
Річний економічний ефект, грн	16186,1	
Зниження прямих виробничих витрат, %	10,3	
Термін окупності інвестицій, рік	0,84	

З таблиці 5.2. бачимо, що балансова вартість удосконаленого картоплекопача КТН-2В у порівнянні з серійним зросла за рахунок модернізації підкопувальної частини. Поліпшення процесу сепарації ґрунту дозволило підвищити швидкість агрегату та при цьому збільшити продуктивність машини на 13,2%. За рахунок цього експлуатаційні витрати на оплату праці, амортизаційні відрахування та ТОРХ, а також питомі капіталовкладення та наведені витрати знизилися. Річний економічний ефект на один картоплекопача складе 16186,1 грн.

Висновки до розділу

Розрахунок техніко-економічної ефективності показав, що балансова вартість вдосконаленого картоплекопача КТН-2В порівняно з серійним дещо зросла за рахунок модернізації підкопувальної частини. Водночас зниження тягового опору підкопувальних органів та підвищення інтенсивності впливу на початку технологічного процесу дозволило покращити сепарацію ґрунту, підвищити швидкість агрегату та збільшити продуктивність машини на 13,2%. За рахунок цього знизилися прямі виробничі витрати на 10,3%, амортизаційні відрахування та ТОРХ на 7,55%, а також питомі капіталовкладення на 7,55% та наведені витрати на 9,72%. Річний економічний ефект на один картоплекопача складе 16186,1 грн., Термін окупності менше одного року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Одним з перспективних шляхів удосконалення картоплезбиральних машин є застосування модернізованих лемішів, що забезпечують підвищення впливу робочих органів на початку технологічного процесу підкопування картоплі.

2. Проведено теоретичне дослідження впливу робочих органів на компоненти пласта під час переходу з леміша на прутковий елеватор. При прийнятих параметрах робочих органів та компонентів картопляного вороху ($V=1,2$ м/с, $m=3,5$ кг, $\nu=25$ Н/(м/с), $\alpha=0,3$ рад, $\psi=0,5$ рад) висота підскоку становить 0,06 м, дальність польоту частинок приблизно 0,1 м. Визначено: залежність швидкості руху компонента картопляного вороху після взаємодії з прутком елеватора від кута впливу першого елеватора на пласт; траєкторія руху компонента картопляного вороху після взаємодії із прутком елеватора.

3. Лабораторно-польові дослідження показали, що найбільша висота підскоку компонентів картопляного вороху в зоні передніх опор основного елеватора дорівнює 0,062 м, і спостерігалася за попереднього натягу пружини 0,005 м жорсткістю 10,3 Н/м. Слід зазначити, що натяг пружини сприяє стабільності висоти підскоку. Збільшення впливу сприяло поліпшенню сепарації та незначному зростанню ушкоджень.

4. Господарські випробування серійного та вдосконаленого картоплекопача КТН-2В показали:

- при роботі вдосконаленого картоплекопача КТН-2В втрати бульб знижуються на 2,9% у порівнянні з серійним, за рахунок зменшення кількості бульб, присипаних ґрунтом;

- під час роботи вдосконаленого картоплекопача КТН-2В встановлено, що збільшення впливу на пласт на початку технологічного процесу дозволяє збільшити робочу швидкість агрегату до 3,9 км/год.

5. Розрахунок економічного ефекту показав, що за рахунок зниження тягового опору підкопувальних органів та підвищення інтенсивності впливу робочих органів на початку технологічного процесу підкопування збільшується продуктивність машини на 13,2%. Річний економічний ефект на один картоплекопача складе 16186,1 грн., Термін окупності менше одного року.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підруч. у 2 т: Т 1/ А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.; за ред. А.В. Рудя. – К.: Агроосвіта, 2012. – 584 с.
2. Горкуценко О.В. Виробництво ранньої картоплі, К., Урожай, 1991. – 168 с.
3. Практикум з використання машин у рослинництві / В.Ю. Ільченко, А.С. Кобець, В.П. Мельник, П.І. Карасьов, П.М. Кухаренко. ДДАУ. – Дніпропетровськ, 2002. – 212 с.
4. Погорілий С. О., Молоцький М. Я. Технологія вирощування картоплі в Лісостепу України: Монографія. – Біла Церква: БДАУ, 2007. – 164 .
5. Кучко А.А. Довідник картопляра, К., Урожай, 1991. – 232. с.
6. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: навчальний посібник / А. С. Кобець, Т. Д. Іщенко, Б. А. Волик, О. А. Демидов. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
7. Картопля / За ред. В. В. Кононученка, М. Я. Молоцького. – Біла Церква, 2002. – Т. 1. – 536 с.
8. Настенко П. М. Технологія виробництва картоплі. – К.: Урожай, 1975. – 165 с.
9. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. "Сільськогосподарські машини". - К.: Урожай, 1994 р.- 346 с.
10. Головчук А.Ф., Марченко В., Орлов В.Ф.,: Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки. Підручник: УЗ кн./ за ред. А.Ф. Головчука – К.: «Грамота», 2005. – Кн. 3: Машини сільськогосподарські. – 576с.
11. Теслюк П. С., Молоцький М. Я. Практичний poradник картопляра. К.: Київ, 1999. – 258 с.
12. Основи наукових досліджень в агрономії : Підручник / В.О.Єщенко, П.Г.Копитко, В.П.Опришко, П.В.Костогриз; за ред.. В.О.Єщенко. – К.: Дія. – 2005. – 288 с.

13. Про державну підтримку сільського господарства України: Закон України // Відомості Верховної Ради. – 2004. – № 49. – Ст. 527.
14. Шевченко І.А. Обґрунтування технологій та технічних засобів для обробки ґрунтів на базі їх агрофізичних показників: Дис... докт. техн. наук: 05.05.11. – Мелітополь, 2003. – 403 с.
15. Булгаков В.М., Шелудченко Б.А. Самоорганізація ґрунтових структур. – К.: Видавництво НАУ, 1998. – 58 с.
16. Операційна технологія виробництва картоплі / За ред. В. І. Дзюби, В. Г. Батюти. – К.: Урожай, 1987. – 197 с.
17. Czyz E.A., Dexter A.R., Niedzwiecki J. Wplyw zawartosci ilu koloidalnego i substancji organicznej oraz gestosci objetosciowej na przewodnosc hydrauliczna nasyciona i nienasyciona warstwy ormej gleb // IBMER. – Warszawa, 2002. – S. 101-109.
18. Погорельый Л.В. Научно-методические принципы обоснования и прогнозирования направлений развития сельскохозяйственной техники нового поколения и гибких технологических систем // Науковий вісник НАУ. – К., 1999. – Т. 6. – С. 9-19.
19. Українська асоціація виробників картоплі. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.potatoclub.com.ua/>
20. Козаченко Б.О. Механізація виробництва картоплі: Довідник / Б.О. Козаченко, В.В. Кононученко. - К.: Урожай, 1991. - 176 с.
21. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. – К.: Изд-во Укр. акад. с.-х. наук, 1960. – 283 с.
22. Ротаційний сепаруючий робочий орган картоплезбиральної машини: Патент № 37836А. Україна // І.Шевченко, В.Ткачук, А.Курко. – 17.07.2001. Бюл. № 6. – 4 с.
23. Шевченко І.А., Ковязин О.С. Обґрунтування максимально можливої продуктивності пруткового двобарабанного сепаратора ґрунту // Праці ТДАТА. – Вип. 21. – Мелітополь, 2004. – С. 188-197.

24. Шевченко І.А., Ткачук В.С. Фізико-механічні властивості ґрунту і картоплі, які визначають технологічний процес роботи картоплезбиральних машин // Праці ТДАТА. – Вип. 1. Т. 16. – Мелітополь, 2000. – С. 124-131.
25. Молоцький М.Я. Поради картопляру-аматору / М.Я. Молоцький, А.А. Бондарчук. – Біла Церква, 2005. – 168 с
26. Василенко П.М. Основи аналітичних методів землеробської механіки / За ред. В.М.Булгакова, В.П.Василенко. – К.: Вид-во НАУ, 1998. – 29 с.
27. Nawozenie mineralne rowlin uprawnych / Z. Ciecko, W. Cwojdzinski, R. Czuba, E. Gorlach, W. Grzebisz, A. Grzeskowiak, E. Kaminski / Pod redakcja R. Czuby. – Szczecin: Police, 1996. – 413 s.
28. Типові норми виробітку і витрачання палива на механізовані польові роботи. – К.: Урожай, 1991. – 472 с.
29. Ковязин О.С. Методика проведення експериментальних досліджень лемішно-барабанного сепаратора ґрунту // Праці ТДАТА. – Вип. 28. – Мелітополь, 2005. – С. 152-157.
30. Законах України «Про охорону праці». Документ 2694-ХІІ, **чинний**, поточна редакція — Редакція від 16.10.2020, підстава - [124-IX](#) URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>
31. Законах України «Про пестициди і агрохімікати». Документ 86/95-ВР, **чинний**, поточна редакція — Редакція від 16.10.2020, підстава - [124-IX](#) URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/86/95-%D0%B2%D1%80#Text>

